

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

БЄЛІКОВА НАТАЛІЯ ВІТАЛІЇВНА

УДК 624.072.31:075.23

**НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ОПОР
КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ ПІСЛЯ РЕМОНТУ ТА ПОСИЛЕННЯ**

Спеціальність 05.23.01 - будівельні конструкції,
будівлі та споруди

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2009

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі «Колія та колійне господарство» Української державної академії залізничного транспорту Міністерства транспорту та зв'язку України.

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, професор

Ватуля Леонід Павлович,

професор кафедри «Колія та колійне господарство»

Української державної академії залізничного транспорту.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор

Кожушко Віталій Петрович,

професор кафедри «Мости, конструкції і будівельна механіка»

Харківського національного автомобільно-дорожнього університету;

кандидат технічних наук, професор

Золотов Михайло Сергійович,

професор кафедри «Будівельні конструкції»

Харківської національної академії міського господарства.

Захист відбудеться 2 липня 2009 року о 12-00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.02 при Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, пл. Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, пл. Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий

2009 року

Учений секретар

спеціалізованої вченої ради

канд. техн. наук, доцент

Ватуля Г.Л.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Електрифікація залізниць дозволяє істотно збільшити їхню пропускну здатність. Від надійності пристроїв енергопостачання залежить безперебійність руху поїздів. Тому, не випадково, питанням діагностики стану та підвищення довговічності цих пристроїв, в першу чергу опор контактної мережі, надається особливе значення. Умови роботи контактної мережі характеризуються як важкі. Вихід з ладу одного елемента мережі спричиняє порушення функціонування всієї системи. Щоб не допустити аварійних ситуацій, необхідно ясно представляти руйнівні процеси, що розвиваються в конструкціях, уміти визначати їхні наслідки, вчасно вживати заходів до заміни або посилення, а також до вповільнення швидкості руйнування. З урахуванням цього, повинна вибиратися стратегія експлуатації конструкцій. Найбільш раціонально захисні заходи виконувати в перші роки експлуатації, коли потрібні мінімальні працевитрати. При такому підході загальні витрати на експлуатацію будуть найменшими. У наш час положення зворотне. Як правило, захист від впливу навколишнього середовища починається тоді, коли корозійні або інші види руйнування прийняли загрозливий характер. У результаті 70% опор контактної мережі вимагають реконструкції: посилення або ремонту.

На підставі сказаного, розробка методики оцінки несучої здатності залізобетонних опор контактної мережі та умов їхньої подальшої експлуатації, є важливим народногосподарським завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана на кафедрі «Колія та колійне господарство» в межах держбюджетної науково-дослідної роботи «Розробка способів оцінювання несучої здатності та посилення опор контактної мережі», реєстраційний номер 0107V000338.

Мета дослідження. Розробка методики оцінки несучої здатності та способів посилення опор контактної мережі.

Завдання дослідження:

1. Провести аналіз характерних дефектів і пошкоджень залізобетонних опор контактної мережі, придбаних в процесі експлуатації.

2. Розробити методику оцінки несучої здатності залізобетонних опор контактної мережі з урахуванням пошкоджень.

3. Розробити способи посилення та ремонту ушкоджених залізобетонних опор контактної мережі за допомогою сталевих кілець, розміщених по висоті опори, і полімерними, цементними та епоксидними розчинами.

4. Розробити нову конструкцію опори контактної мережі, що реалізує принцип роботи бетону в обоймі.

5. Провести чисельні дослідження напружено-деформованого стану опор контактної мережі залежно від товщини обойми, класу бетону, температурних та інших впливів, можливих пошкоджень і ін.

6. Впровадити результати досліджень в практику проектування та будівництва.

Об'єкт досліджень – залізобетонні опори контактної мережі.

Предмет досліджень – напружено-деформований стан залізобетонних опор контактної мережі.

Методи досліджень. Аналітичні і чисельні. Аналітичними методами отримані рівняння, що зв'язують напружено-деформований стан із силовими та температурними впливами. Рішення рівнянь здійснене шагово-ітераційними методами.

Наукова новизна:

1. Вперше врахований вплив факторів посилення та ремонту залізобетонних опор контактної мережі на несучу здатність конструкцій.

2. Розроблено спосіб посилення залізобетонних опор контактної мережі за допомогою сталевих кілець, розміщених по висоті опор.

3. Розроблено нову конструкцію опори контактної мережі у вигляді сталеві труби, заповненої бетоном.

4. Удосконалено методику розрахунку сталобетонної опори на силові та температурні впливи.

Практична цінність. Розроблена методика розрахунку та способи посилення дозволяють подовжити термін експлуатації існуючих залізобетонних опор і підвищити надійність опор, які проектуються.

Впровадження. Запропонований спосіб посилення конструкції опори контактної мережі за допомогою сталеві обойми впроваджено на дільниці Сортувальна - Південний пост Південної залізниці.

Особистий внесок. Проведений аналіз характерних дефектів і пошкоджень залізобетонних опор контактної мережі. Розроблені способи посилення залізобетонних опор контактної мережі. Розроблені методики розрахунку посилених залізобетонних опор і нової опори. Проведені чисельні дослідження та виконано аналіз отриманих результатів, здійснено їх впровадження.

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на:

1. Міжнародних науково-технічних конференціях кафедр УкрДАЗТ і фахівців залізничного транспорту та підприємств (м. Харків, 1999р., 2000р., 2001р., 2003р., 2004р., 2005р., 2008р.).

2. Першій науково-практичній конференції «Швидкість – комфорт - безпека – ефективність». Проблеми й перспективи розвитку транспортних систем» (м. Київ 2003р.).

Публікації. Основний зміст дисертації опубліковано в 7 наукових працях. З них 6 статей у виданнях, рекомендованих ВАК України для публікації результатів дисертаційних робіт і одна стаття у вигляді тез доповіді на міжнародній конференції.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку літератури з 135

найменувань. Загальний обсяг роботи – 151 сторінка, у тому числі: 43 рисунка, 14 таблиць, 4 додатка.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертації, наведена загальна характеристика роботи та її зв'язок з державними науковими програмами, сформульовані мета і завдання досліджень. Відзначено практичну цінність, здійснено впровадження.

У першому розділі проведено огляд досліджень залізобетонних опор контактної мережі, що перебувають в експлуатації. Розглянуто консольні проміжні та перехідні конічні залізобетонні опори, отримані методом центрифугування.

Проблемі оцінки несучої здатності, методам контролю напруженого стану експлуатованих опор, вдосконаленню вимірювальних приладів для цієї мети, присвячені роботи Гукова А.І., Кожушко В.П., Золотова М.С., Шагина О.Л., Чадина А.Б., Вайнштейна А.Л., Павлова А.В., Подільського В.І. Котельникова А.В., Терентьева В.Н., Москвина В.М., Старосельського О.О., Плугіна А.М., Плугіна А.А., Возненко С.І., Мирошніченко С.В., Ватулі Л.П., Чихладзе Е.Д., Галагурі Е.І., Опанасенко О.В., Черненко М.Г. і ін.

Проведений огляд показує: опори контактної мережі відносяться до найбільш відповідальних конструктивних елементів електрифікованих залізниць. В ході експлуатації залізобетонних опор почали проявлятися їхні недоліки: корозія та вивітрювання поверхневого шару бетону; корозійне та електрокорозійне руйнування арматури у наземній і підземній частині; поздовжні тріщини в надфундаментній і у фундаментних частинах опор; поперечні та похилі тріщини; сітка тріщин на поверхні опори; відшаровування бетону та короткі вертикальні тріщини в стислій зоні біля обрізу фундаменту. До пошкоджень фундаментів відносяться: електрохімічна корозія арматури; поздовжні та поперечні тріщини в стінках і ін.

Усі пошкодження класифіковані за двома основними категоріями: пошкодження, що істотно не впливають на несучу здатність (ремонт таких конструкцій здійснюється полімерними, цементними та епоксидними розчинами); пошкодження, що впливають на несучу здатність (посилення виконується із застосуванням сталевих обойми). На підставі проведеного аналізу сформульовані мета та складені завдання досліджень.

Другий розділ присвячений обґрунтуванню розрахункових схем проміжної та перехідної опор контактної мережі залізниць. У роботі проведена класифікація діючих на опори навантажень. Відзначено, що до

постійних відносяться всі навантаження від власної ваги, зусилля, обумовлені нормальними натягами проводів, впливи попередньої напруги конструкцій. До короточасних відносять навантаження, що виникають при екстремальних температурах повітря, впливі вітру, ожеледиці і снігових утвореннях, при транспортуванні і монтажі опор та інших елементів мережі. До виняткових відносять навантаження, що виникають при обриві проводів контактної мережі.

Розрахунок консольних опор виконують на найбільш не вигідні сполучення зовнішніх навантажень: ожеледь із максимальним вітром (режим j), ожеледь із максимальним вітром і мінімальною температурою (режим i) у небезпечних перерізах. Небезпечними перерізами консольних проміжних, встановлених на перегонах і на сполученнях анкерних ділянок, і перехідних, які встановлюються між анкерними опорами, вважаються: умовний обріз фундаменту і рівень п'яти консолі (рис. 1). У табл. 1, для ілюстрації, наведені значення деяких основних навантажень. Рівномірно розподілені навантаження від ваги консолей і кронштейнів для спрощення розрахунку замінюються зосередженими і прикладеними на половині довжини горизонтальної проекції даної конструкції. Наявність двох підвісок і консолей на перехідних опорах враховують відповідним збільшенням вертикальних і горизонтальних навантажень.

Згинальний момент, щодо умовного обрізу фундаменту для схеми при режимі j.

$$\begin{aligned}
 M_{oj} = & n_{\Pi} G_{\Pi j} z_{\Pi} + n_{\text{кн}} G_{\text{кн}j} z_{\text{кн}} + n_y G_{y j} z_y + G_{\text{кр}uj} z_{\text{кр}uj} - \\
 & - \sum_{i=1}^{n_{\text{пр}}} G_{\text{пр}j} z_{\text{пр}i} - n_{\text{кр}} G_{\text{кр}j} z_{\text{кр}} \pm P_{\text{н}j} h_{\text{н}} \pm P_{\text{к}j} h_{\text{к}} \pm \\
 & \pm \sum_{i=1}^{n_{\text{пр}}} P_{\text{пр}j} h_{\text{пр}j} \pm n_y P_{y j} h_y \pm P_{\text{оп}j} h_{\text{оп}j}.
 \end{aligned} \quad (1)$$

Згинальний момент, щодо рівня п'яти консолі при тому ж режимі j.

$$\begin{aligned}
 M_{\text{п}j} = & n_{\Pi} G_{\Pi j} z_{\Pi} + n_{\text{кн}} G_{\text{кн}j} z_{\text{кн}} + n_y G_{y j} z_y + G_{\text{кр}uj} z_{\text{кр}uj} - \\
 & - \sum_{i=1}^{n_{\text{пр}}} G_{\text{пр}j} z_{\text{пр}i} - n_{\text{кр}} G_{\text{кр}j} z_{\text{кр}} \pm P_{\text{н}j} (h_{\text{н}} - h_{\text{п}j}) \pm P_{\text{к}j} (h_{\text{к}} - h_{\text{п}j}) \pm \\
 & \pm \sum_{i=1}^{n_{\text{пр}}} P_{\text{пр}j} (h_{\text{пр}j} - h_{\text{п}j}) \pm n_y P_{y j} (h_y - h_{\text{п}j}) \pm P_{\text{оп}j} (h - h_{\text{п}j})^2 / (2h).
 \end{aligned} \quad (2)$$

У формулах (1), (2) $n_{п}$, $n_{кн}$, $n_{кр}$, n_y і $n_{пр}$ – відповідне число підвісок, консолей, кронштейнів і проводів, всі інші позначення наведені на рис.1.

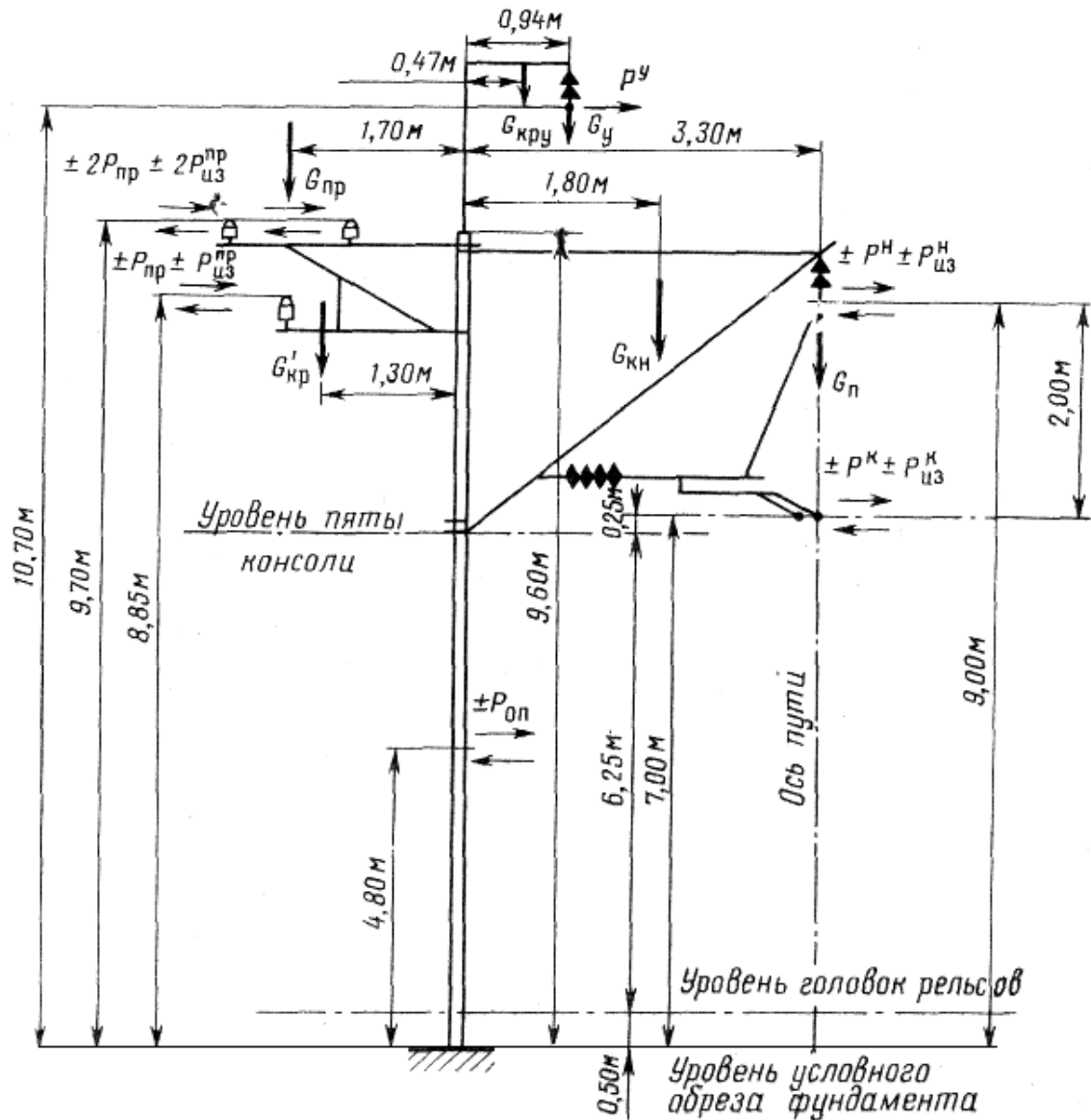


Рис. 1. Розрахункова схема консольної опори:

$G_{п}$ – вага контактної підвіски; $G_{пр}$ – вага проводу; G_y – вага стояка посилюючих проводів; $P^у$ – тиск вітру на несучий трос; $P^к$ – тиск вітру на контактну підвіску; $P^{пр}$ – тиск вітру на окремих провід; $P^у$ – тиск вітру на стояк для посилюючих проводів; $P^н$ – тиск на несучий трос від зміни напрямку контактних проводів; $P^кз$ – тиск на контактну підвіску від зміни напрямку контактних проводів; $P^{прз}$ – тиск на окремих провід від зміни напрямку контактних проводів; $P_{он}$ – тиск від вітру на опору.

Знайдемо для даних перерізів крім згинальних моментів поздовжні сили, щодо умовного обрізу фундаменту для схеми, представленої на рис. 1 при режимі j .

$$N_{oj} = n_{\Pi} G_{\Pi j} + n_{\text{кн}} G_{\text{кн}j} + n_y G_{y_j} + G_{\text{кpy}j} - \sum_{i=1}^{n_{\text{пр}}} G_{\text{пр}j_i} - n_{\text{кр}} G_{\text{кр}j} \pm \sum_{i=1}^{n_{\text{пр}}} P_{\text{пр}j} \pm n_y P_{y_j} \pm P_{\text{опп}j}, \quad (3)$$

Поздовжні сили, щодо рівня п'яти консоли при тому ж режимі j .

$$N_{\text{пт}j} = n_{\Pi} G_{\Pi j} + n_{\text{кн}} G_{\text{кн}j} + n_y G_{y_j} + G_{\text{кpy}j} - \sum_{i=1}^{n_{\text{пр}}} G_{\text{пр}j} - n_{\text{кр}} G_{\text{кр}j} \pm P_{\text{в}j} \pm P_{\text{к}j} \pm \sum_{i=1}^{n_{\text{пр}}} P_{\text{пр}j} \pm n_y P_{y_j} \pm P_{\text{опп}j}, \quad (4)$$

У табл. 1 у чисельнику зазначені навантаження при режимі ожеледі з вітром, а в знаменнику – при режимі максимального вітру при мінімальній температурі.

Таблиця 1

Навантаження, що діють на консольну проміжну та перехідну опори контактної мережі

Навантаження	Значення навантажень на опори, кН	
	Проміжну та перехідну на прямій	Проміжну на кривій
G_{Π} , вага контактної підвіски	3,16/2,33	2,82/2,09
$G_{\text{пр}}$, вага проводу	1,51/0,39	1,34/0,35
G_y , вага стояка посилюючих проводів	1,71/0,67	—/—
P^u , тиск вітру на несучий трос	0,72/0,81	0,63/0,71
P^k , тиск вітру на контактну підвіску	0,67/0,99	0,60/0,89
P^{np} , тиск вітру на окремий провід	0,60/0,53	0,53/0,47
P^y , тиск вітру на стояк для посилюючих проводів	0,75/0,96	—/—
P^u , тиск на несучий трос від зміни напрямку контактних проводів	—/—	1,18/1,18
$P_{\text{уз}}^k$, тиск на контактну підвіску від зміни напрямку контактних проводів	0,35/0,35	1,31/1,31

P_{uz}^{np} , тиск на окремий провід від зміни напрямку контактних проводів	-/-	0,27/0,20
P_{on} , тиск від вітру на опорі	0,61/1,65	0,61/1,65

Знаючи згинальні моменти та поздовжні сили для перерізів, використовуємо далі криві М-Н, що обмежують зону несучої здатності сталобетонних або залізобетонних елементів, характерний вид яких показаний на рис. 2.

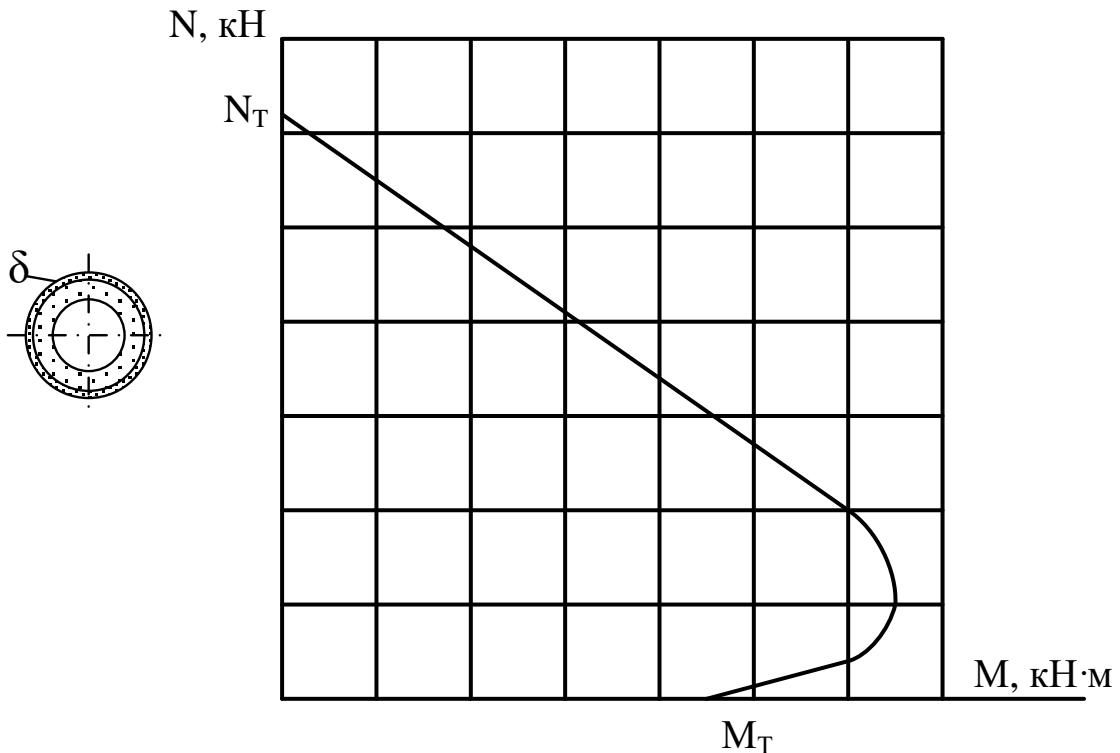


Рис.2. Графік несучої здатності сталобетонного елемента: N_T , M_T – значення несучої здатності при стисканні та вигині.

У третьому розділі на підставі досліджень професора Чихладзе Е.Д. і його учнів, розроблена методика розрахунку, посилених за допомогою сталевих кілець, опор контактної мережі. Спочатку отримані рішення НДС сталобетонного та залізобетонного елементів суцільного і кільцевого перерізів при осьовому та позацентровому стисканні. Рішення для елементів покладені в основу задачі розрахунку опори (рис. 3). Реалізація цієї завдання виражена в графіках несучої здатності (рис. 2).

Відобразимо основні положення методики розрахунку. Приймаємо, що сталева обойма захищена від втрати місцевої та загальної стійкості. Критерієм настання граничного стану сталі, вважаємо досягнення $\bar{\sigma}_{s1}$ по Мізесу.

$$\bar{\sigma}_{s1} = \frac{\sigma_T}{\sqrt{1 + \eta_s^2 - \eta_s}}, \quad (5)$$

де η_s - відношення поперечних напруг до поздовжніх.

Роботу ядра і обойми в поздовжньому напрямку приймаємо спільними. Із цієї умови одержуємо розподіл поздовжнього навантаження компонентами перерізу.

З огляду процесу деформування матеріалу ядра в умовах тривісного напруженого стану, бетон приводиться до ізотопного матеріалу зі змінними параметрами деформування E і ν . Граничні значення середньої напруги $\bar{\sigma}$ та інваріанта S_1 визначаються відповідно до критерію міцності Яшина А.В. і рекомендаціями НДІЗБ.

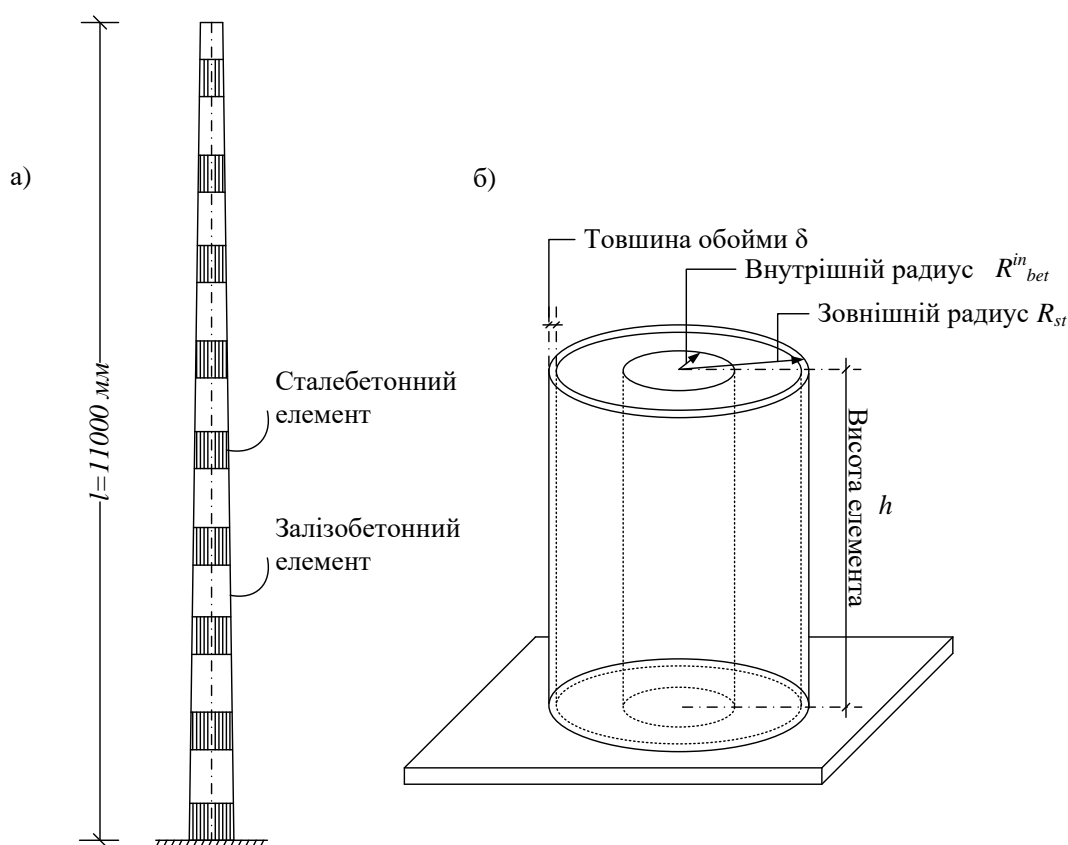


Рис. 3 Схема посиленої колони (а) і сталобетонного елемента (б).

Крім силових впливів (при осьовому стисканні рівномірно-розподілена по торцях елемента навантаження інтенсивністю q ; при позацентровому стисканні - змушена деформація $\varepsilon_z = kx$, де k - кривизна перерізу), елемент сприймає рівномірний тепловий вплив по висоті та власну вагу. Поля температур змінюються в діапазонах від $+50^\circ\text{C}$ до -50°C . Для оцінки напружено-деформованого стану елемента розглядається контакт між бетоном і сталлю. В якості невідомих приймаємо сили контактної взаємодії. Для їхнього визначення використовуємо умови рівності переміщень на границі контакту. При осьовому стисканні в силу симетрії завдання, контактні сили однакові для перерізу. При позацентровому стисканні симетрія властивостей бетону не дотримується,

в розтягнутій зоні можливе виникнення тріщин, критерієм утворення яких, є досягнення у волокнах бетону граничних напруг. У силу відмінних рис роботи бетону, контактні сили будуть різні в точках перерізу. У результаті розрахунків на осьове стискання одержуємо несучу здатність елемента - поздовжню силу.

$$N = \bar{\sigma}_l A_{bet} + \bar{\sigma}_s A_s, \quad (6)$$

У результаті розрахунків сталобетонного елемента на згинання та позацентрове стискання, знаходимо залежність між згинальним моментом і кривизною (рис.4).

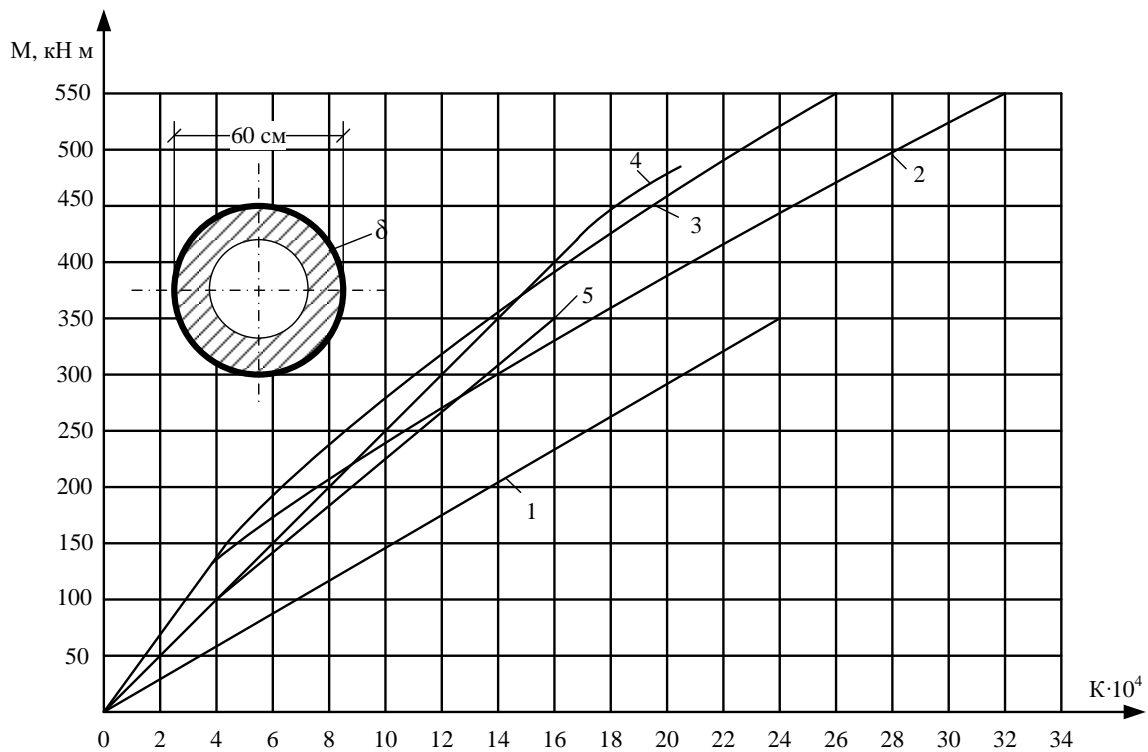


Рис.4. Деформування сталобетонного елемента: 1 - вигин, $N=0$;
2,3,4,5 – позацентрове стискання,
($N:1 \cdot 10^3, 2 \cdot 10^3, 3 \cdot 10^3, 4 \cdot 10^3$ кН відповідно)

$$K_i = f(M_i) = \frac{M_i}{D_i}, \quad (7)$$

де $M_i = N(e + u_i)$ - згинальний момент у перерізі; e - ексцентриситет; u_i - функція прогинів; N - поздовжнє зусилля; D_i - жорсткість при згинанні.

Зв'язок між кривизною та згинальним моментом $K_i = f(M_i)$ - для чисельних розрахунків, приймаємо в табличній формі. Для проміжних значень M_i кривизна визначається інтерполяцією. Рішення здійснене методом кінцевих різниць. Для цього опора розбивається на n - елементів. У кожному вузлі (крім торцевих) записується розрахункове рівняння, отримане заміною диференціального оператора кінцево-різницевою, з

похибкою апроксимації $[n^2]$. Число рівнянь дорівнює числу внутрішніх вузлів .

Розрахункове рівняння має вигляд:

$$U_{(i-1)} - 2 U_i + U_{(i+1)} = K_i D_x^2, \quad (8)$$

де i - номер вузла сітки.

Величина прогинів у вузлах сітки уточнюється в ітераційному процесі, що триває до досягнення необхідної точності.

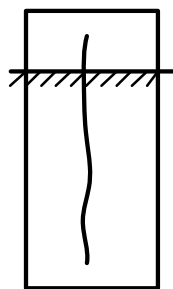
Четвертий розділ присвячений впровадженню та застосуванню сталобетонних обойм при посиленні, та полімерцементних розчинів при ремонті залізобетонних опор контактної мережі, що перебувають в експлуатації.

На перегоні Роговка – Ковяги електрифікація планувалася в 1992 – 1994 роках. Роботи з встановлення залізобетонних опор контактної мережі були проведені в 1993 році.

В 2006 - 2007 роки до електрифікації цієї ділянки повернулися, і перед монтажем контактного проводу було зроблено обстеження опор встановлених 13 років тому.

При цьому виявилось, що найбільш розповсюджені пошкодження опор контактної мережі - це одна поздовжня тріщина (рис. 5, а), або безліч (сітка) тріщин у стислій зоні (рис. 5, б).

а)



б)

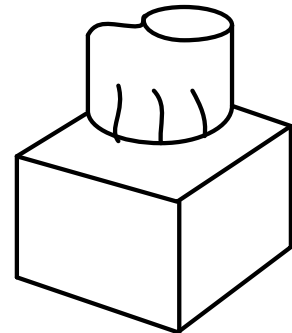


Рис. 5. Пошкодження центрифугованих опор: а) одиночна поздовжня тріщина; б) сітка тріщин на поверхні опори.

Утворення одиночної поздовжньої тріщини (рис. 5, а) спричиняє появу вздовж її берегів концентраторів напруг і зниження міцносних характеристик бетону у вузькій смужі вздовж тріщини.

Позначимо : R_B^T - міцність бетону в зоні тріщини, причому $R_B^T < R_B$, де R_B - міцність іншої частини стислої зони; ζ_0 - відносна площа стислої зони

перерізу зі зниженою міцністю бетону біля тріщини; $\zeta_{до}$ - відносна площа іншої частини стислої зони перерізу з розрахунковою площею бетону. Використовуючи відому методику розрахунку кільцевих елементів без тріщин, знайдемо:

$$M = [R_B A_{r_B} + \sigma'_c A_s r_s + R_s A_s r_s] \frac{\sin \pi(\zeta_0 + \zeta_k)}{\pi} - A(R_B - R_B^T) r_B \frac{\sin \zeta_0}{\pi}, \quad (9)$$

де A_s - площа напруженої арматури; A - площа всього бетонного кільцевого перерізу опори; $\sigma'_c = 3 - R_s - \sigma_0$ - опір напруг арматури в момент руйнування бетону ($R_{sc} = 400$ МПа); r_s - радіус розташування напружених стержнів. Для оцінних розрахунків прийнято: $\zeta_0 = 0,0182 \dots 0,0728$; $R_B^T = (0,3 \dots 0,8)R_B$; $R_B = 38$ МПа; $R_s = 1400$ МПа; $A = 700$ см²; $\sigma_c = -400$ МПа й $A_s = 6,28$ см².

Розрахунки показали, що несуча здатність опор для прийнятих даних знизилася на $\approx 6,1\%$. У цьому випадку ремонт надземної частини може бути вирішений при використанні составів РС, призначених для ремонту залізобетонних і бетонних конструкцій в процесі експлуатації. Состави РС призначені для застосування структурними підрозділами Державної адміністрації залізничного транспорту України «Укрзалізниця», що виконують поточне утримання і ремонт залізобетонних і бетонних конструкцій. Состави РС виготовлені вченими кафедри «Будівельні матеріали, конструкції і споруди» Української державної академії залізничного транспорту.

Використання составів РС дозволяє провести відновлення надійності опор контактної мережі без застосування виробництва додаткових «підтримуючих» залізобетонних виробів, створення спеціалізованих машин і механізмів і, що суттєво, не потрібно спеціальної підготовки робітничих спеціальностей.

Тепер розглянемо зміни несучої здатності опор із сіткою (безліччю) тріщин у стислій зоні, під якою розуміється таке їхнє розташування, при якому тріщини розташовані вздовж окружності із кроком, величина якого менше товщини стінки (рис.5, б).

Досвід показує, що при значному розтріскуванні бетону опор, тріщини мають невелике розкриття (у межах 0,05-0,1 мм): і розташовуються із кроком 20-40 мм. Дослідження характеристик тріщиноутворення показує, що при значному утворенні тріщин у бетоні опор, ці тріщини поширюються на глибину, що не перевищує половини товщини стінки. У результаті цього два шари з різною міцністю бетону: зовні розташовується бетон зниженої міцності, а всередині стінки зберігається шар бетону з первісною структурою та міцністю. При такому розподілі міцності бетону рівняння для визначення несучої здатності, має вигляд:

$$M = [A_t R_B^t r_n + A_0 R_B r_B + (R_s + \sigma_c') A_s r_s] \frac{\sin \pi \zeta_0}{\pi}, \quad (10)$$

де A_t - площа зовнішнього кільця зі зниженою міцністю бетону; A_0 - площа внутрішнього кільця з нормальною міцністю бетону; R_{TB} - міцність розтріскавшого бетону зовнішнього кільця; R_B - початкова міцність бетону при відсутності в ньому тріщин; $r_n = \frac{r_1 + r_t}{2}$; $r = \frac{r_t + r_2}{2}$; r_t - радіус окружності, що розділяє зовнішнє та внутрішнє кільце; r_1 , і r_2 - зовнішній і внутрішній радіуси перерізу опори.

Зменшення несучої здатності опор, у цьому випадку, в порівнянні з опорами без тріщин, може досягати $\approx 20\%$.

Як правило, зменшення несучої здатності на таку величину, свідчить про сильний вплив сітки тріщин на міцність опор. Це підтверджують випадки руйнування опор, які експлуатуються на окремих залізницях. У зв'язку з цим опори з зазначеними пошкодженнями ставляться до категорії гостродефектних і повинні підсилюватися. В цьому випадку рекомендовано застосовувати посилення сталобетонною обіймою кільцевого перерізу.

На перегоні Сортувальна-Південний пост була обрана проміжна консольна залізобетонна опора контактної мережі. Вибір обумовлений наявністю в надземній частині стислої зони опори сітки тріщин (рис. 6). На підставі вищенаведеного аналізу та розрахунків пропонується спосіб посилення сталобетонною обіймою кільцевого перерізу (рис. 7,8).

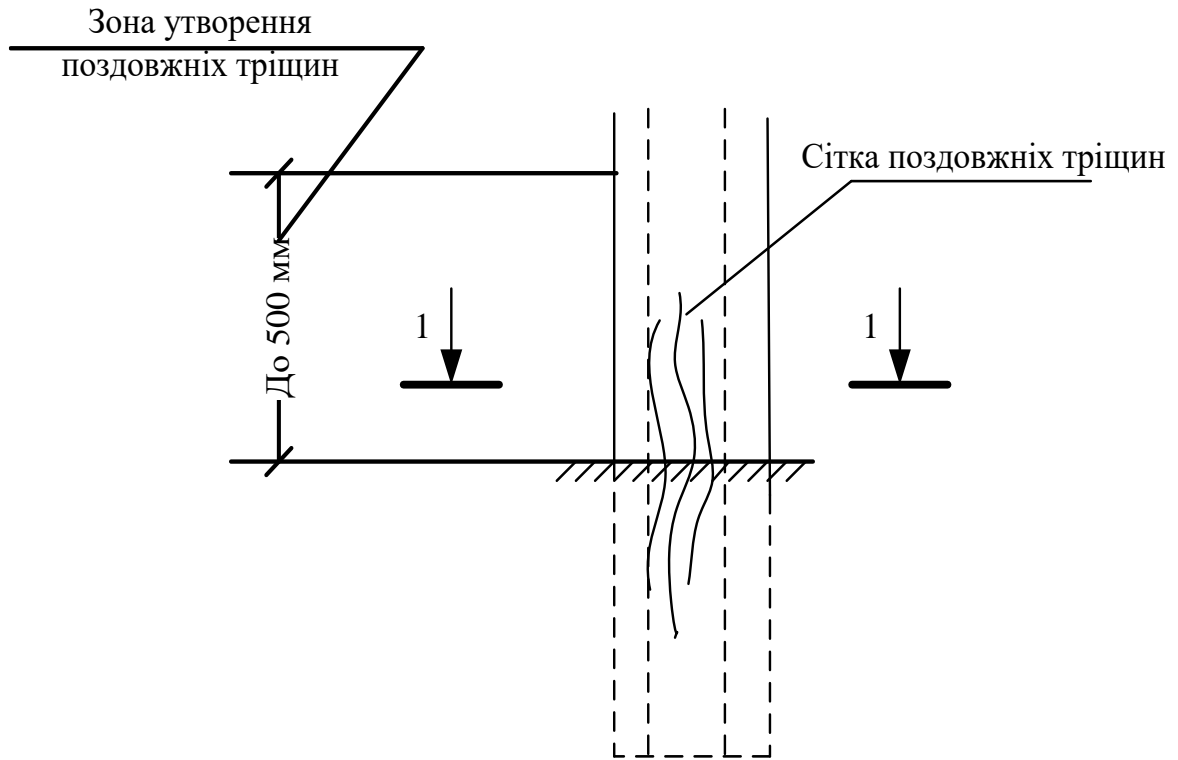


Рис. 6. Вид опори в місці пошкодження.

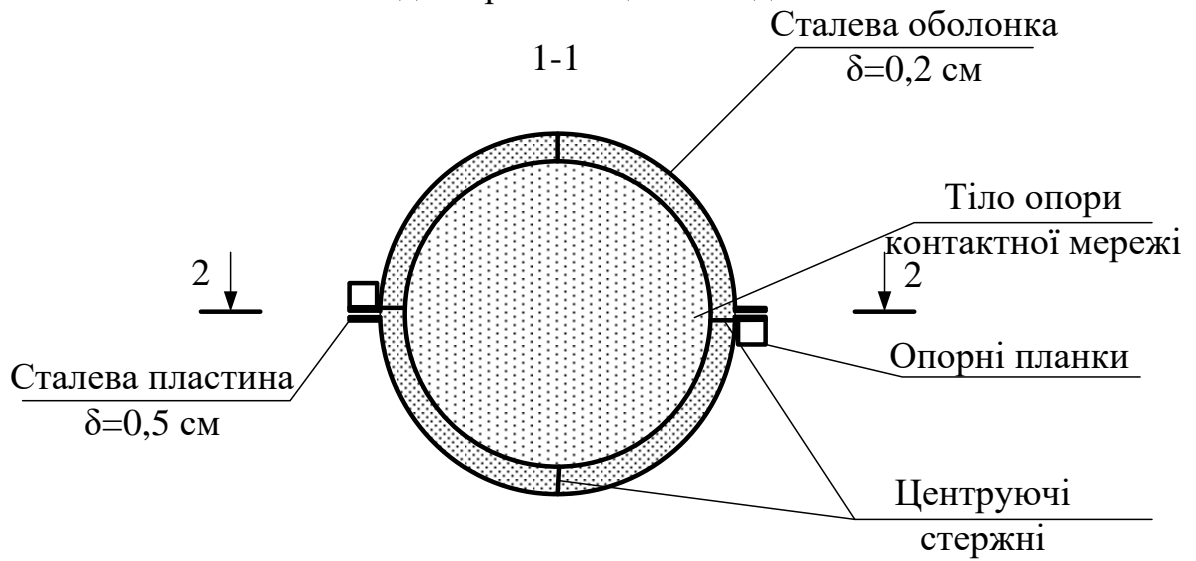


Рис. 7. Геометричні параметри сталевій обійми в місці посилення залізобетонної опори. Переріз 1-1.

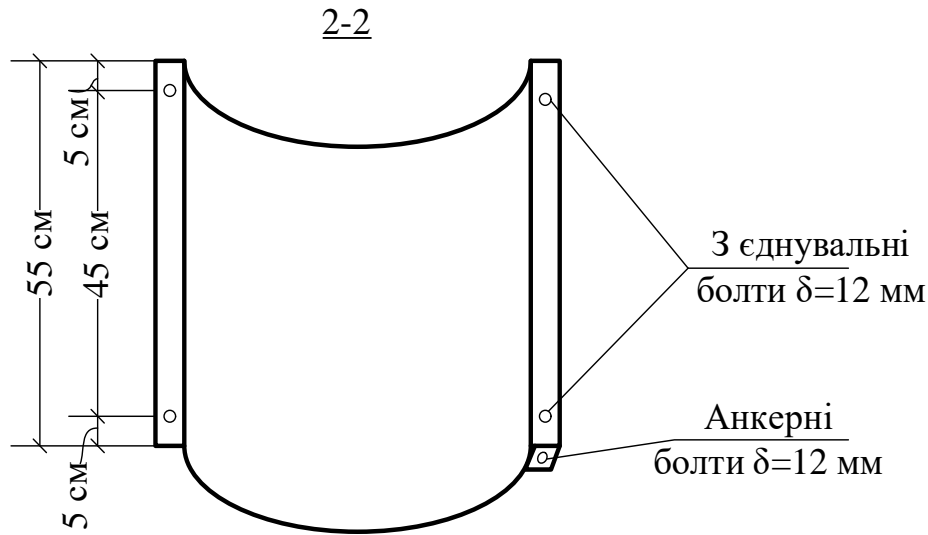


Рис. 8. Геометричні параметри сталевій обойми в місці посилення залізобетонної опори. Переріз 2-2

Роботи з посилення залізобетонних опор контактної мережі по запропонованому методу проводяться без зняття контактної мережі, без надання "вікна", без залучення монтажної бригади. Роботи проводить бригада з двох чоловік (співробітників ЕЧ). Матеріали, що використовуються в цьому методі посилення доступні: бетон марки В20 (товщиною 3-4 см), лист металу (товщиною 2 мм), розрахункова кількість болтів О12 мм. Перед установкою сталевій обойми виконується торкретування бетоном ушкодженої області. Вартість посилення по запропонованому методу в 2,7 рази менше, ніж вартість нової залізобетонної опори, з урахуванням роботи по її монтажу та встановленню в проектне положення.

ВИСНОВКИ

1. Реконструкція опор контактної мережі є актуальною для нормального функціонування залізниць України та має важливе народногосподарське значення.
2. Запропоновані в роботі нові конструктивні рішення для посилення опор, у вигляді кільцевої і суцільної обойми, дозволяє забезпечити надійність і збільшити термін експлуатації опор.
3. Для різних режимів навантажень опор отримані рівняння для знаходження згинального моменту та поздовжньої сили в різних по довжині перерізах.
4. У роботі отримані частні рішення НДС сталобетонних елементів кільцевого і суцільного перерізу, залізобетонного елемента, бетонного елемента, і на цій основі, отримане загальне значення для посиленої колони.

5. Розроблена в роботі методика розрахунку несучої здатності посилених і нових опор контактної мережі враховує дійсні закономірності деформування бетону, особливості контакту сталеві обійми та бетонного ядра, поздовжню силу, прогини та інші специфічні умови їхньої роботи.

6. Розроблена в роботі методика розрахунку експериментально перевірена на численних лабораторних моделях і натурних зразках, вченими кафедри будівельної механіки та гідравліки УкрДАЗТ за участю автора дисертації.

7. Проведено чисельні дослідження, та в результаті, побудовані графіки несучої здатності опор контактної мережі для різних товщин обійми, класів бетону, розмірів кільцевого перерізу, довжин опор.

8. Розроблена в дисертації методика дозволяє оцінити несучу здатність опор, що експлуатуються з урахуванням пошкоджень і прийняти обґрунтоване рішення про спосіб ремонту або посилення.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАНИХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Беликова Н.В. О совершенствовании организации и технологии работ при реконструкции искусственных сооружений. /Н.В. Беликова// Железнодорожный транспорт Украины. – Киев, 1999. - №5.- С.24.

2. Беликова Н.В. К вопросу о восстановлении эксплуатационных характеристик железобетонных конструкций /Н.В. Беликова// Зб. наук. праць.- Харків: УкрДАЗТ, 2000. – Вип. 37. - С.125-160.

3. Беликова Н.В. Ремонт подземной части опор контактной сети методом цементации грунта. /Н.В. Беликова// Железнодорожный транспорт Украины. – Киев, - 2001. - №5. - С.24-25.

4. Беликова Н.В. Прогнозирование замен опор контактной сети. /Н.В. Беликова// Железнодорожный транспорт Украины. – Киев, - 2004. - №1. - С.39-40.

5. Методика прогнозування замін опор контактної мережі. /Н.В. Белікова, С.М. Камчатна// Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – Вип. 91. – С.71-78. (Особистий внесок здобувача – проведення аналізу та обробка результатів досліджень).

6. Деформації довгострокової повзучості бетону при роботі опорних конструкцій, які знаходяться в експлуатації /Н.В. Белікова, С.М. Камчатна// Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – Вип. 88. – С.220-226. (Особистий внесок здобувача – участь у проведенні експериментальних досліджень).

7. Експлуатація та довговічність залізобетонних опор контактної мережі. / Н.В. Белікова// Тези доповідей першої науково-практичної конференції. Частина 1. Київ: Київський університет економіки і технологій транспорту. Транспортна академія України. Науково-технічне товариство залізничників України .–2003. – с.43.

АНОТАЦІЯ

Белікова Н.В. Несуча здатність залізобетонних опор контактної мережі після ремонту та посилення

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди. - Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2009.

Дисертація присвячена розробці методики розрахунків та способів посилення, які дозволяють продовжити термін експлуатації залізобетонних опор контактної мережі та збільшити надійність опор, що проектуються.

У першому розділі обґрунтовано тип конструкцій, що вивчаються. Це проміжні та перехідні консольні залізобетонні опори, виготовлені методом центрифугування. Приведена класифікація дефектів та пошкоджень опор, наведені причини, що їх визивають. Найбільш розповсюдженими дефектами є – поодинокі поздовжні тріщини та сітка тріщин в стислій зоні небезпечних перерізів.

У другому розділі наведені постійні, короточасні, особливі навантаження, що діють на опори, які знаходяться в експлуатації. Розроблена методика визначення несучої здатності опор контактної мережі, завдяки використанню розрахованих згинальних моментів, поздовжніх сил та кривих залежності M-N.

У третьому розділі розроблена методика розрахунку посилення за допомогою сталевих кілець опор контактної мережі. Посилена опора складається із сталебетонних та залізобетонних елементів. Використані рішення напружено-деформованого стану сталебетонного та залізобетонного елементів суцільного та кільцевого перерізу при осьовому та позацентровому стисканні.

Четвертий розділ присвячено впровадженню та використанню сталевих обойм при посиленні залізобетонних опор контактної мережі. В залежності від виявленого пошкодження, втрати несучої здатності опор будуть коливатися від 6 % до 20 % та більше. Для ремонту поодиноких поздовжніх тріщин використовуємо цементні та полімерцементні розчини групи РС. Для опор з сіткою тріщин в стислій зоні застосовується посилення сталеву обоймою.

Матеріали дисертації використовуються в навчальному процесі при підготовці спеціалістів і магістрів за спеціальністю 7.100.502 «Залізничні споруди і колійне господарство»

Ключові слова: електрифікація, контактна мережа, залізобетонні опори, напружено-деформований стан, несуча здатність, згинальний момент, небезпечний перетин, стисла зона.

АНОТАЦІЯ

Беликова Н.В. Несущая способность железобетонных опор контактной сети после ремонта и усиления

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения. - Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2009.

Диссертация посвящена разработке методики расчета и способов усиления, позволяющих продлить срок службы существующих железобетонных опор и повысить надежность вновь проектируемых опор.

В первом разделе обоснован выбор конструкции, которая подвергается исследованию. Это промежуточные и переходные консольные железобетонные опоры контактной сети, изготовленные методом центрифугирования. Данные опорные конструкции наиболее массово представлены на электрифицированных участках железных дорог Украины. Опоры, находящиеся в эксплуатации, подвержены внешним воздействиям, что является причиной возникновения коррозии арматуры и бетона, а также электрокоррозии, что является следствием воздействия "блуждающих" токов. Электрокоррозия возникает только на участках переменного тока, но проходит быстро. В этом разделе дана классификация дефектов и повреждений опор контактной сети, приведены причины их вызывающие. Отмечено, что самыми распространенными дефектами являются - одиночные продольные трещины и сетка трещин в сжатой зоне опасных сечений.

Во втором разделе представлены постоянные, кратковременные и особые нагрузки, действующие на опоры контактной сети, находящиеся в эксплуатации. Расчет консольных опор выполняют на наиболее невыгодные сочетания внешних нагрузок: гололед с максимальным ветром (режим j), гололед с максимальным ветром и минимальной температурой (режим i) в наиболее опасном сечении. Опасными сечениями консольных промежуточных, устанавливаемых на перегонах и на сопряжениях анкерных участков и переходных, которые устанавливаются между анкерными опорами, считаются: условный обрез фундамента и уровень пяты консоли. Разработана методика определения несущей способности опор контактной сети, которая заключается в следующем: определяется изгибающий момент и продольная сила для любого сечения, далее пользуясь кривыми зависимости M-N делается вывод о прочности рассматриваемого сечения опоры.

В третьем разделе разработана методика расчета усиленных при помощи стальных колец опор контактной сети. Усиленная опора контактной сети представляет собой колонну, состоящую из набранных сталебетонных и железобетонных элементов. Используются решения напряженно-деформированного состояния сталебетонного и железобетонного элементов сплошного и кольцевого сечения при осевом и внецентренном сжатии.

Четвертый раздел посвящен внедрению и применению сталебетонных обойм при усилении, и полимерцементных растворов при ремонте железобетонных опор контактной сети. Расчеты, по предложенной методике, показали, что несущая способность опор с одинокой продольной трещиной снизилась на $\approx 6,1\%$. В этом случае, ремонт может быть решен при использовании составов РС, предназначенных для восстановления железобетонных и бетонных конструкций в процессе эксплуатации. Изменения несущей способности опор с сеткой (множеством) трещин в сжатой зоне, с шагом, величина которого меньше толщины стенки опоры, может достигать $\approx 20\%$ и более. Опоры с указанными повреждениями относятся к категории острodefектных и усиливаются стальной обоймой.

Материалы диссертации используются в учебном процессе при подготовке специалистов и магистров по специальности 7.100502 «Железнодорожные сооружения и путевое хозяйство».

Ключевые слова: электрификация, контактная сеть, железобетонные опоры, напряженно-деформированное состояние, несущая способность, изгибающий момент, опасное сечение, сжатая зона.

ANNOTATION

Belikova N.V. Carrying capacity of reinforced concrete railway poles after renovation and strengthening – Manuscript.

The candidate's of technical sciences thesis on speciality 05.23.01 – building constructions, buildings and structures, Ukraine State Academy of Railway Transport, Kharkiv, 2009.

The candidate's thesis is devoted to elaboration of calculation methodology and strengthening techniques of railway poles. Proposed methodologies and techniques can be also used for new poles reliability increase.

The author developed the methodology of carrying capacity definition of railway poles with different cross-sections. The renovation methodology and strengthening techniques using the steel case are proposed due to damage type.

Results of candidate's thesis were used during the educational process for speciality 7.100502 “Railways Structures and Track Facilities”

Keywords: electrification, railway poles, contact system, stress-strained state, carrying capacity, ultimate cross-section, compression area.

.

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ОПОР КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ ПІСЛЯ РЕМОНТУ ТА ПОСИЛЕННЯ

Белікова Наталія Віталіївна

Відповідальний за випуск
Романенко В.В.

Підписано до друку 05.2009 р.
Формат паперу 60x84.1/16 Папір для копіювальних апаратів.
Офсетний друк. Умовн. -друк. арк. 0,9. Обл. -вид арк. 1,0.
Замовлення № . Тираж 100 вим. Безкоштовно

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК № 2874 від 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДАЗТу: 61050, Харків - 50, пл. Фейєрбаха, 7