

В. В. БОЖКО, О. О. КРАСНОВ, С. В. ДЕМЧЕНКО (ДНДЦ УЗ)

Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України, вул. І. Федорова, 39, м. Київ-38, 01038, Україна, тел. (044) 465-38-10, ел. пошта: bozhko_vv@mail.ru, ORCID: orcid.org/0000-0002-3963-8461

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ ЗМІННОГО СТРУМУ ДЛЯ ШВИДКОСТЕЙ РУХУ 160–200 КМ/ГОД ДЛЯ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ

Вступ

Одним з найважливіших напрямків розвитку транспортної інфраструктури залізниць України є електрифікація ділянок з інтенсивним рухом вантажних і пасажирських поїздів, а також оновлення пристроїв електропостачання на існуючих електрифікованих ділянках. Окремі лінії повинні стати полігонами прискореного та швидкісного руху пасажирських поїздів.

При підвищенні вагових норм та швидкостей руху змінюються умови роботи контактної мережі (КМ): розширюється температурний діапазон, зростають струмові та механічні навантаження. Динамічні процеси взаємодії КМ і струмоприймача суттєво впливають на якість струмознімання при швидкісному русі [1].

Разом з тим, слід відмітити ряд проблем, які не дозволяють забезпечувати ефективну роботу КМ на залізницях України:

- старіння та знос контактних мереж на значній частині електрифікованих ділянок УЗ є головною причиною їх незадовільної експлуатаційної надійності [2];

- при електрифікації вітчизняних залізниць використовуються типові проекти серії 7.501-1 «Контактная сеть электрифицированных железных дорог и воздушные линии на опорах контактной сети», розроблені інститутом «Транселектропроект» у 70–80 рр. минулого століття. Ряд технічних рішень, представлених у проектах, не відповідають сучасному рівню розвитку науки і техніки та потребують оновлення;

- необхідно розробити КМ для ділянок зі швидкісним рухом поїздів.

Аналіз світового досвіду проектування та експлуатації сучасних контактних мереж показав необхідність наближення вітчизняних норм і стандартів до міжнародних, перегляду розрахункових методик і принципів проектування, розробки нових технічних рішень і окремих вузлів та деталей контактної мережі, удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту КМ.

Основні технічні характеристики контактної мережі

На замовлення Головного управління електрифікації та електропостачання (ЦЕ) «Укрзалізниця» фахівцями ДНДЦ УЗ здійснено розробку типових технічних рішень контактної мережі змінного струму для швидкостей руху 160–200 км/год (проект КМ-200-25). Розроблені проектні рішення включають в себе:

- схеми підвіски, спряжень та вузлів контактної мережі;

- конструкцію ізольованих горизонтальних консолей, їх робочі креслення, типорозміри, схеми встановлення і таблиці застосування;

- розрахунки консолей на міцність;

- каталог арматури контактної мережі змінного струму для швидкостей руху 160–200 км/год.

Для розв'язання поставленої задачі були проведені дослідження, які включали в себе вивчення зарубіжних нормативних документів, досвіду експлуатації аналогічних контактних підвісок в Росії та інших країнах, виконання інженерних розрахунків та проектування КМ. Результатом досліджень стали основні технічні характеристики і проектні параметри КМ-200-25.

Важливою задачею при проектуванні КМ є визначення натягу проводів. Використання методу допустимих напружень [3] не дозволяє реалізувати натяг, необхідний для КМ при високих швидкостях руху. Тому максимальний допустимий натяг розраховано методом граничних станів відповідно до стандарту EN 50119 [4]. Розрахункове значення натягу несучого тросу М-120 складає $T_{max} = 23,50$ кН, контактного проводу БрФ-120 $K_{max} = 23,67$ кН.

Основні технічні характеристики контактної мережі КМ-200-25 наведено в табл. 1.

За результатами розрахунків навантажень і згинальних моментів обрано опорні та підтримуючі конструкції залежно від умов застосування. Мінімальний радіус кривих при цьому прийнято 1500 м.

Розрахунок динамічних параметрів (табл. 2) показав, що при обраних значеннях натягу проводів КМ-200-25 відповідає європейським нормам [5].

© Божко В. В. та ін., 2015

**Основні технічні характеристики контактної
мережі КМ-200-25**

Найменування технічних характеристик	Параметри
Несучий трос (головні колії)	М-120
Натяг несучого тросу, кН	18
Контактний провід (головні колії)	БрФ-120
Натяг контактного проводу, кН	20
Струни, марка проводу струн	мірні регульовані, МГ-16 або VzII-10
Підсилюючий провід	2×АС-150 або А-185
Максимально допустимий тривалий струм контактної підвіски, А	1280
з підсилюючим проводом А-185	1536
Максимальна довжина прольоту, м	65
Конструктивна висота підвіски, мм	1800
Висота контактного проводу від рівня головки рейки (РГР), мм	6000
Стріла провисання контактного проводу в середині прольоту, мм	35
Допустимий середній знос контактного проводу, %	20
Максимальний місцевий знос контактного проводу, %	25
Максимально допустиме відхилення натягу несучого тросу, % на прямих ділянках на кривих	±5 ±10
Спряження анкерних ділянок неізолювані та ізолювані	3- або 4-прольотні
Максимальна довжина анкерної ділянки, м	1400 (2×700)
Відхилення висоти підвішування контактного проводу в опорних вузлах на суміжних опорах, мм, не більше	±30
Допустимі основні ухили контактного проводу при зміні висоти його підвішування (з перехідними 2–3 ділянками з ухилом 0,5 від вказаних)	0,001
Розрахункове приведенне натиснення струмоприймача, Н	120
Допустимий підйом контактного проводу в момент проходження стру- моприймача, мм	120
Максимально допустимий вільний підйом контактного проводу в опорному вузлі, мм	240
Допустимий інтервал температур (на перегоні / на станції)	120/100
Необхідність вертикального регулювання контактного проводу	при зносі 10%
Розрахункова швидкість руху, км/год	200

Таблиця 2

Динамічні параметри КМ-200-25 при швидкості 200 км/год

Найменування параметра	Норма	Розрахунок
Швидкість розповсюдження поперечної хвилі, км/год	не менше 330	481
Коефіцієнт відбиття	не більше 0,5	0,486
Коефіцієнт Доплера	не менше 0,28	0,413
Коефіцієнт підсилення	не більше 2	1,176

Конструкція контактної мережі

Схемні та конструктивні рішення КМ-200-25 мають ряд відмінностей від зарубіжних аналогів [6] та російського проекту КС-200-25 [7]. Це пояснюється дещо іншими технічними вимогами до КМ-200-25 та наявним асортиментом вузлів та деталей КМ, що випускаються вітчизняною промисловістю.

На рис. 1 зображена типова схема армування проміжної опори. Контактна підвіска головних колій перегонів і станцій – вертикальна компенсована, без ресорного тросу. На опорах можуть підвішуватися проводи ДПР, екрануючі та підсилюючі проводи.

У КМ-200-25 передбачається застосування проводів з підвищеними механічними властивостями:

- несучого тросу (НТ) М-120 з натягом 18 кН, розривне зусилля не менше 43,6 кН;
- контактного проводу (КП) БрФ-120 з натягом 20 кН, опір при розтягненні не менше 411,6 Н/мм².

Проектне положення контактного проводу, а також задовільний струмозподіл між проводами підвіски забезпечується за допомогою мірних струмопровідних струн (рис. 2), регульованих по довжині. Матеріал струн – багатодроговий мідний гнучкий провід МГ-16 або бронзовий VzII-10. Розташування струн, їх довжина і міжструнові прольоти визначаються при робочому проектуванні і оформлюються у вигляді монтажних карток для кожного прольоту.

Електричні з'єднувачі між НТ, КП та підсилюючим проводом повинні встановлюватися в прольотах анкерених гілок спряжень, з обох боків від середньої анкерівки і додатково посередині між вказаними місцями. Матеріал електричних з'єднувачів – провід М-95.

Спряження анкерних ділянок виконуються 3- або 4-прольотними, залежно від довжини перехідного прольоту. Ізолюючим елементом на спряженнях із секціонуванням є натяжні полімерні ізолятори. Консоли на перехідних опорах повинні встановлюватися на окремих опорах для кожної підвіски.

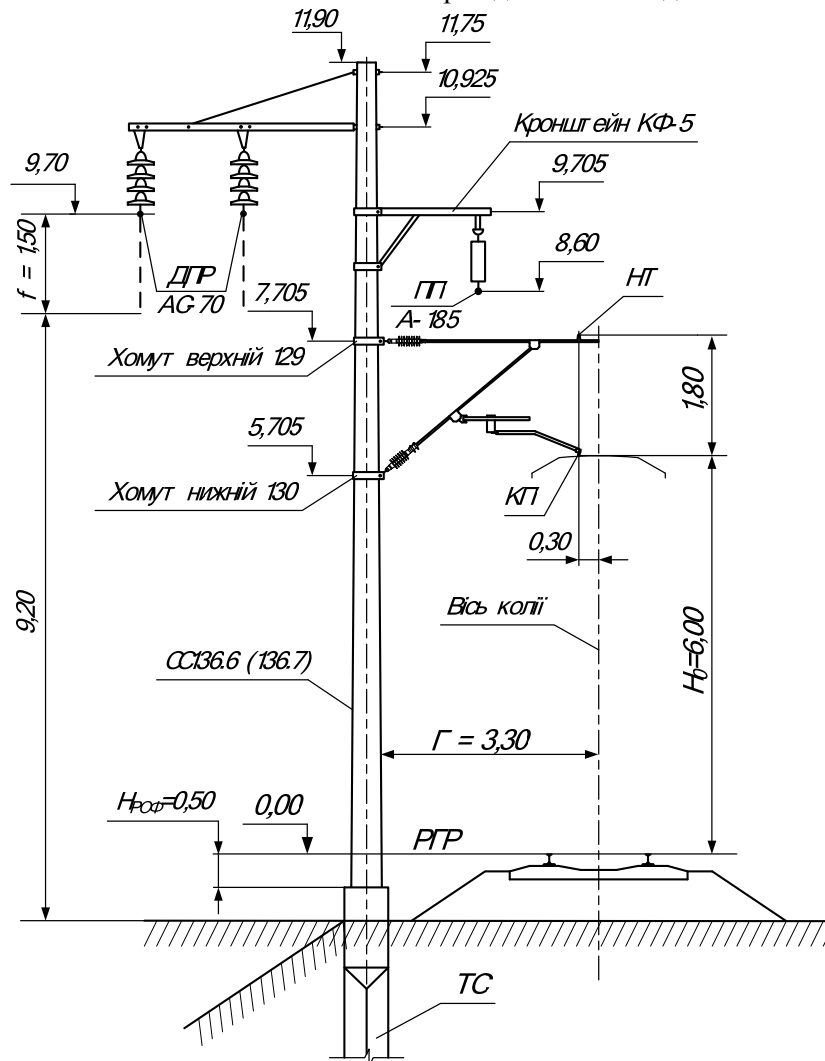


Рис. 1. Армування проміжної опори з нормальним габаритом на прямій. Насип, нульове місце

© Божко В. В. та ін., 2015

Нейтральна вставка для моторвагонної тяги може виконуватися у двох варіантах: із спряженнями або з секційними ізоляторами підвищеної довжини.

Анкеровка несучого тросу і контактного проводу є роздільною в різних рівнях. У проекті передбачено виконання вузла анкерівки із залізобетонними або з чавунними вантажами, розроблено графіки регулювання положення вантажів при монтажі. Компенсацію температурних переміщень НТ і КП забезпечує блоково-поліспастичний компенсатор КП-3-30 з коефіцієнтом передачі 3:1 і максимальним робочим навантаженням 30 кН. Заспокоювач вантажів виконується тросовим.

У якості опорних конструкцій в проекті прийнято залізобетонні опори СС136.6 (136.7) на фундаментах типу ТС-100, ТС-120. Габарити проміжних опор, як правило, типові 3,3 м і 4,9 м. У обґрунтованих випадках допускається встановлення опор з габаритом 5,7 м. Габарити анкерних опор повинні вибиратися так, щоб відхилення анкерованої підвіски від її напрямку в горизонтальній площині вздовж колії в перерізному прольоті не перевищувало 5°.

Консолі контактної підвіски ізольовані горизонтальні. Передбачено три серії консолей: без підкосу ІГ, з підкосом ІГП та консолі середньої анкерівки ІГС. У консолях використовуються зчленовані прямі фіксатори ФІП, зворотні ФІЗ та анкерні ФІА.

Типова консоль (рис. 3), складається з горизонтального стрижня 1, до якого через поворотний затискач 4 кріпиться несучий трос (а на консолях ІГС також трос середньої анкерівки несучого тросу), похилого стрижня 2, та підкосу 3. З'єднання стрижнів між собою, а також з

підкосом та фіксатором 5 виконується за допомогою спеціальних вузлів. При габариті опори більше 4,5 м консолі встановлюються на спеціальних подовжувачах 7. Залежно від місця встановлення фіксатори кріпляться до консолей за допомогою жорстких розпірок 6 або підтримуючих струн.

Консолі, основні стрижні фіксаторів та жорсткі розпірки виготовляються із сталевих безшовних холоднодеформованих труб по ГОСТ 8734-75 і мають захисне цинкове покриття.

Вимоги до арматури КМ, застосованої в проекті, визначаються ГОСТ 12393-77 та Технічним завданням на проектування КМ-200-25, затвердженим ЦЕ 27.11.2008 р. Арматура, що сприймає натяг проводів подовжньої підвіски, повинна забезпечувати міцність заділу не менше 90% від розривного зусилля проводів.

Арматура повинна виконуватися методом лиття зі сталі або чавуну марок КЧ-33-8 або ВЧ-40. Кріпильні вироби (болти, гайки і шайби) повинні мати захисне цинкове покриття [8]. Деталі, що з'єднуються з бронзовим контактним проводом, допускається виготовляти з бронзи або латуні.

Останнім часом вітчизняними виробниками освоєно виробництво ряду нових деталей КМ. Зокрема, ТОВ ЛМЗ «ВЕСТА» розроблено бронзові затискачі для електричних з'єднувачів, затискач середньої анкерівки несучого тросу (рис. 4), безболтові затискачі. При виготовленні цих деталей застосовується технологія об'ємного гарячого штампування. Це забезпечує підвищення механічної міцності матеріалу, стабільність якості, оптимізацію виробів по масі та габаритам. Такі деталі знайшли широке застосування у вузлах КМ-200-25.

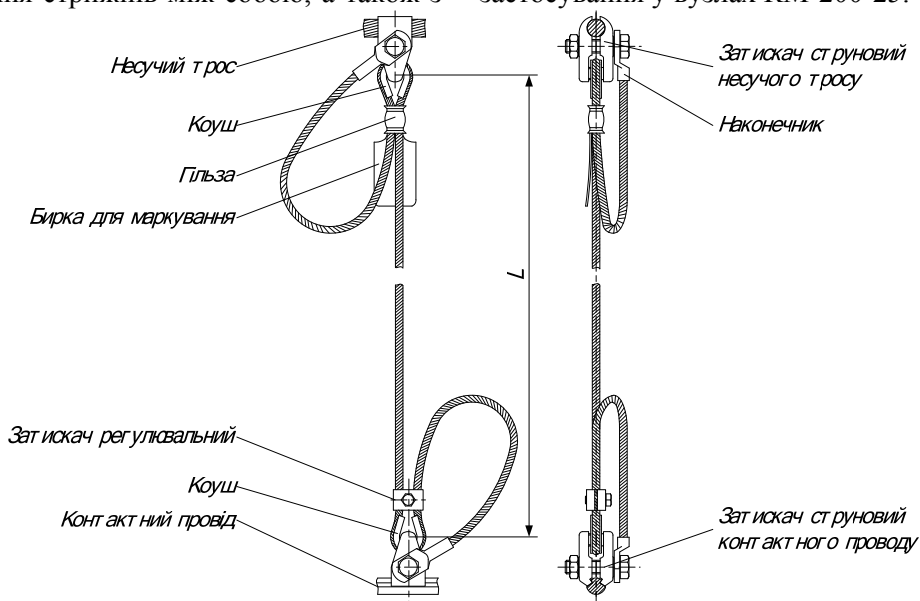


Рис. 2. Струна мірна регульована

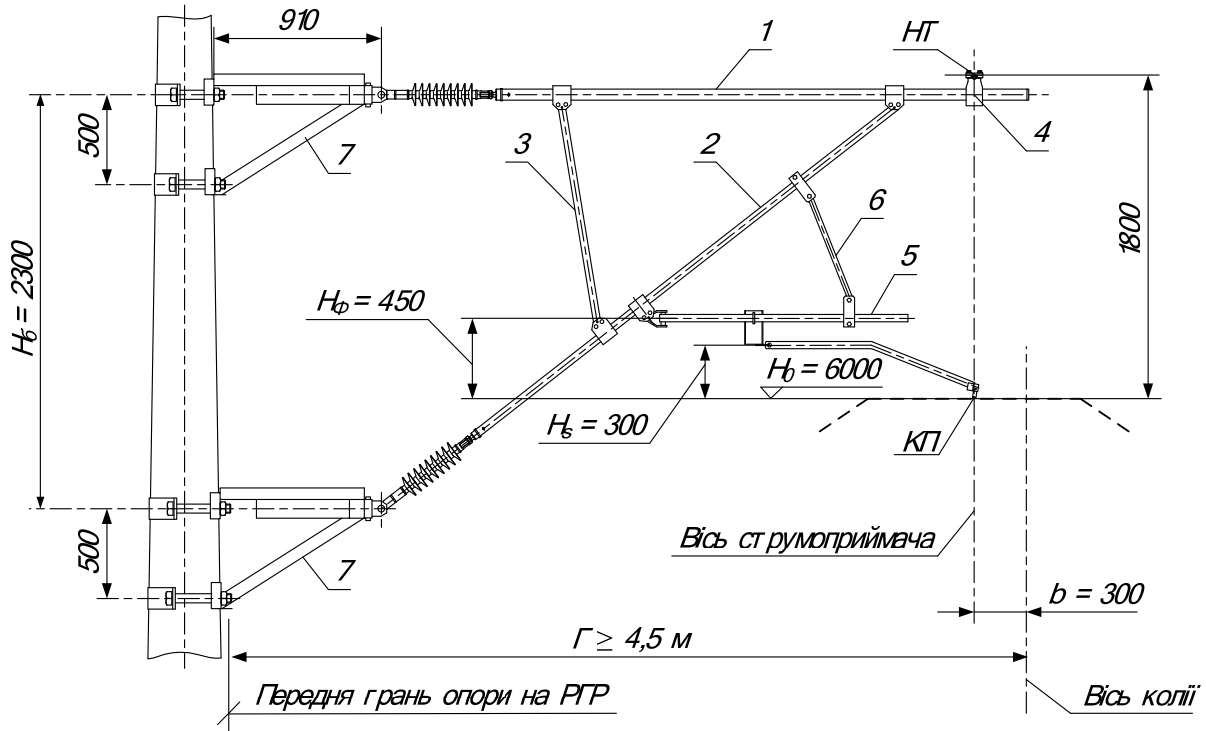


Рис. 3. Схема встановлення консолі на опорі із збільшеним габаритом

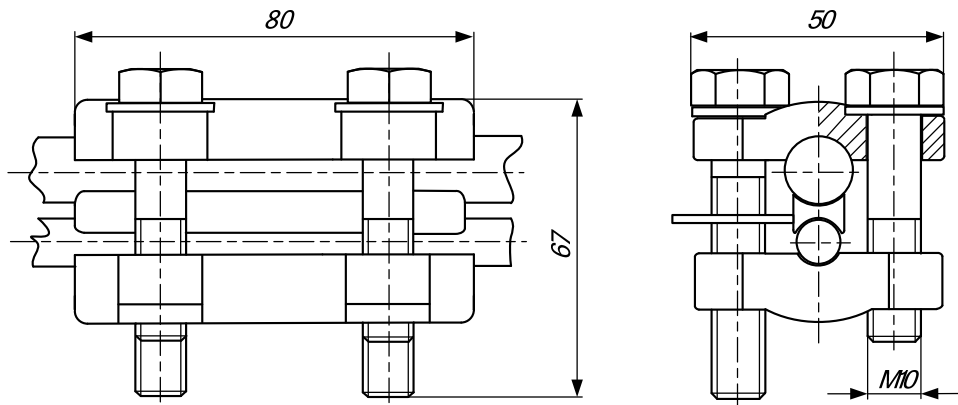


Рис. 4. Затискач середньої анкерівки несучого тросу 052-9

Контактна підвіска на станціях повинна закріплюватися на жорстких поперечинах з використанням консольних стійок, що виключає механічний зв'язок підвісок сусідніх колій. На з'їздах між головними коліями і коліями, що примикають до них, повинні встановлюватися секційні ізолятори з погонною масою 4 кг/м.

Технологія монтажу проводів контактної підвіски і поздовжнього регулювання повинна забезпечувати мінімальне відхилення від проектного натягу. На кожній анкерній ділянці натяг несучого тросу у компенсаторів повинен відповідати розрахунковому.

Розробка та практичне відпрацювання технології спорудження швидкісної контактної мережі, а також методів діагностики її параметрів на сьогодні залишаються актуальними науково-технічними задачами.

Висновки

Результатом проведених досліджень та розробок стали типові технічні рішення контактної підвіски змінного струму для швидкостей руху поїздів 160–200 км/год. Окремі вузли та деталі КМ-200-25 можуть успішно використовуватись при реконструкції ділянок залізниць зі швидкостями руху до 160 км/год. У рамках подальшої роботи над проектом планується розробка вузлів контактної мережі на станціях та анкерівок контактної підвіски на металевих опорах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Миронос, Н. В. Токосъем и тяговое электро-снабжение при высокоскоростном движении на постоянном токе / Н. В. Миронос, П. Г. Тюрнин; Сб. науч. тр. ОАО «ВНИИЖТ». – Москва: Интекст, 2010. – 192 с.
2. Корниенко, В. В. Эксплуатационная надежность контактных сетей переменного тока железных дорог Украины / В. В. Корниенко, И. В. Доманский // Залізничний транспорт України. – 2009. – Вип. 4. – С. 22–27.
3. ВБН В.2.3-3-2009. Споруди транспорту. Контактна мережа. Норми проектування. – Затв. Наказом МТЗУ від 04.08.2009 № 826. – Київ, 2009. – 188 с.
4. EN 50119:2009. Railway applications. Fixed installations. Electric traction overhead contact lines. — European Standard, CELENEC, 2009.
5. 2002/733/EC. Commission decision of 30 May 2002 concerning the technical specification for interoperability relating to the energy subsystem of the trans-European high-speed rail system referred to in Article 6 (1) of Directive 96/48/EC // Official Journal of the European Communities. — 12.09.2002. — L 245 / P. 280–369.
6. Design of high speed overhead contact lines and its execution in projects [Electronic resource]. – Mode of access: www.uic.org/apps/presentation/tessun.pdf. – Title from the screen. – Date of Access: 20.06.2014.
7. Беляев, Н. В. Новые типовые проектные решения «УКС» по контактным сетям КС-200 и КС-160 / Н. В. Беляев, Д. И. Чередников // Электрификация и развитие инфраструктуры энергообеспечения тяги поездов на железнодорожном транспорте: тезисы докл. шестого международного симпозиума «Элтранс-2011». – СПб.: ПГУПС, 2011. – 14 с.
8. Шеремет, О. П. Удосконалення арматури контактних підвісок для поліпшення струмознімання в умовах швидкісного руху / О. П. Шеремет, В. О. Дьяков, В. Г. Сиченко // Электрификация транспорта: тезисы докл. междунар. научно-практ. конф. (3.06 – 5.06.2009). – Мисхор, 2009. – С. 70–71.

Надійшла до друку 12.05.2015.

Внутрішній рецензент *Гетьман Г. К.*

Зовнішній рецензент *Панасенко М. В.*

Ключові слова: швидкісний рух; контактна мережа; консоль; анкерна ділянка; несучий трос; контактний провід.

У статті розглянуто особливості конструкції контактної мережі змінного струму для швидкостей руху 160–200 км/год для залізниць України. Значна частина електрифікованих залізниць України потребують оновлення контактної мережі. У ДНДЦ УЗ розроблено проект контактної мережі змінного струму для швид-

© Божко В. В. та ін., 2015

REFERENCES

1. Mironos N. V., Tyurnin P. G. Tokosyem i tyagovoe elektrosnabzhenie pri vysokoskorostnom dvizhenii na postoyannom toke [Current collection and traction power during high-speed driving at a CC]. Moscow, Intekst Publ., 2010. 192 p.
2. Korniyenko V. V., Domanskiy I. V. Ekspluatatsionnaya nadezhnost kontaktnykh setey peremennogo toka zheleznykh dorog Ukrainy [Operational reliability catenary AC railways of Ukraine]. Zaliznychniy transport Ukrainy — Railway transp. of Ukraine, 2009, issue 4, pp. 22–27.
3. VBN V.2.3-3-2009. Sporudy transportu. Kontaktna merezha. Normy proektuvannya [Transp. facilities. Contact network. Design standards]. Kyiv, Standartinform Publ., 2009. 188p.
4. EN 50119:2009. Railway applications. Fixed installations. Electric traction overhead contact lines — European Standard, CELENEC, 2009.
5. 2002/733/EC. Commission decision of 30 May 2002 concerning the technical specification for interoperability relating to the energy subsystem of the trans-European high-speed rail system referred to in Article 6 (1) of Directive 96/48/EC. Official Journal of the European Communities. 12.09.2002, L 245, P. 280–369.
6. Design of high speed overhead contact lines and its execution in projects. Available at: www.uic.org/apps/presentation/tessun.pdf. (Accessed 20 June 2014).
7. Belyaev N. V., Cherednikov D. I. Novye tipovye proektnye resheniya «UKS» po kontaktnym setyam KS-200 i KS-160 [New model design decisions "UCN" on contact networks CN-200 and CN-160]. Tezisy shestogo mezhdunarodnogo simpoziuma «Eltrans-2011. Elektrifikatsiya i razvitie infrastruktury energoobespecheniya tyagi poezdov na zheleznodorozhnom transporte» [Sixth Int. Symposium "Eltrans 2011. Electrification and energy infrastructure traction trains in rail transport"]. SPb., PGUPS Publ., 2011. 14 p.
8. Sheremet O. P., Dyakov V. O., Sychenko V. G. Udoskonalennya armatury kontaktnykh pidvisok dlya polipshennya strumoznimannya v umovakh shvydkisnogo rukhu [Improving reinforcement pin suspension to improve the current collection in terms of high-speed traffic]. Tezisy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Elektrifikatsiya transporta (3.06 – 5.06.2009)" [Proc. of the Int. Scientific and Practical Conf. "Electrification of transport"]. Mishor, 2009, pp. 70–71.

кісного руху (КМ-200-25). У результаті проведених досліджень визначено її основні технічні характеристики та проектні параметри. При цьому використовувалися зарубіжні нормативні документи, світовий досвід проектування та експлуатації аналогічних контактних мереж. Головні конструктивні відмінності КМ-200-25 від традиційних підвісок — підвищений натяг несучого тросу і контактного проводу, використання мірних струмопровідних струн, регульованих по довжині, компенсована роздільна анкерівка. Розроблено конструкцію ізольованих горизонтальних консолей з кріпленням несучого тросу у спеціальному поворотному затискачі. Окремі вузли та деталі КМ-200-25 можуть успішно використовуватись при реконструкції ділянок залізниць зі швидкостями руху до 160 км/год.

УДК 621.332.3

В. В. БОЖКО, А. А. КРАСНОВ, С. В. ДЕМЧЕНКО (ДНДЦ УЗ)

Государственный научно-исследовательский центр железнодорожного транспорта Украины,
ул. И. Федорова, 39, г. Киев-38, 01038, Украина, тел. (044) 465-38-10, эл. почта: bozhko_vv@mail.ru,
ORCID: orcid.org/0000-0002-3963-8461

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ДЛЯ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ 160–200 КМ/Ч ДЛЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ УКРАИНЫ

В статье рассмотрены особенности конструкции контактной сети переменного тока для скоростей движения 160–200 км/ч для железных дорог Украины. Значительная часть электрифицированных железных дорог Украины требует обновления контактной сети. В ДНДЦ УЗ разработан проект контактной сети переменного тока для скоростного движения (КМ-200-25). В результате проведенных исследований определены ее основные технические характеристики и проектные параметры. При этом использовались зарубежные нормативные документы, мировой опыт проектирования и эксплуатации аналогичных контактных сетей. Главные конструктивные отличия КМ-200-25 от традиционных подвесок — повышенное натяжение несущего троса и контактного провода, использование мерных токопроводящих струн, регулируемых по длине, компенсированная раздельная анкерировка. Разработана конструкция изолированных горизонтальных консолей с креплением несущего троса в специальном поворотном зажиме. Отдельные узлы и детали КМ-200-25 могут успешно использоваться при реконструкции участков железных дорог со скоростями движения до 160 км/ч.

Ключевые слова: скоростное движение; контактная сеть; консоль; анкерный участок; несущий трос; контактный провод.

Внутренний рецензент *Гетьман Г. К.*

Внешний рецензент *Панасенко Н. В.*

UDC 621.332.3

V. V. BOZHKO, A. A. KRASNOV, S. V. DEMCHENKO (DNDTS UZ)

State Railway Transport Research Center of Ukraine, I. Fedorova str., 39, Kiev, 01038, Ukraine, tel. (044) 465-38-10, e-mail: bozhko_vv@mail.ru, ORCID: orcid.org/0000-0002-3963-8461

CONSTRUCTION FEATURES OF AC CONTACT NETWORK FOR DRIVING SPEEDS 160-200 KM/H FOR THE RAILWAYS IN UKRAINE

This article describes construction features of AC contact network for driving speeds 160-200 km/h for the railways in Ukraine in the article. The significant part of the electrified railways in Ukraine requires updating a contact network. There was developed a draft of AC contact network for high-speed driving in DNDTS UR (KM 200 25). Research results showed its main technical characteristics and design parameters. The foreign regulatory documents, international experience of design and operation for similar contact networks were used. The main structural differences between KM 200 25 and the traditional hangers are the increased tension of the suspension cable and the contact wire, the using conductive dimensional strings, which are adjustable in length and the compensated separate anchorage. The construction of isolated horizontal mounting brackets with suspension cable in a special twist clamp was developed. The individual components and spare parts KM-200-25 can be successfully used in the reconstruction of railway sections with speeds up to 160 km / h.

Keywords: high speed traffic; contact line; mounting bracket; anchor portion; suspension cable; contact wire.

Internal reviewer *Getman G. K.*

External reviewer *Panasenko M. V.*