



**ГЕОДЕЗІЯ**

УДК 528.48

<https://doi.org/10.32347/0130-6014.2019.66.7-18>

**О.М. Самойленко**, *д-р техн. наук, професор,  
директор науково-виробничого інституту геометричних,  
механічних та віброакустичних вимірювань  
ДП “Укрметртестстандарт”*,  
**С.А. Сикал**, *аспірант кафедри інженерної геодезії  
Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **РОЗРОБЛЕННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ КООРДИНАТНО-ЧАСОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБОТИ УКРЗАЛІЗНИЦІ ГЕОДЕЗИЧНИМИ МЕТОДАМИ**

*У статті розглянуто питання, пов'язані з виконанням комплексу геодезичних робіт з метою створення системи координатно-часового і навігаційного забезпечення роботи Укрзалізниці та наведено її структуру. Запропоновано нові системи координат УСКУ-20XX та КСКУ-20XX, які дають змогу швидко, точно й однозначно ідентифікувати положення колії та інших об'єктів як у плані, так і в просторі.*

**Ключові слова:** залізнична колія, системи координат, нормативні документи, геодезичні мережі, ГНСС-приймачі.

**Вступ.** Підвищення швидкості руху залізницею України за одночасного підвищення безпеки руху та зниження експлуатаційних витрат є неможливим без застосування найсучасніших досягнень вимірювальних, комунікаційних та інформаційних технологій. Один з шляхів впровадження цих технологій – створення *Системи координатно-часового забезпечення роботи Укрзалізниці (далі – Система)*, призначеної для збирання, зберігання, оброблення та комплексного використання службами та підрозділами Укрзалізниці усієї інформації, яка так чи інакше пов'язана з просторовими координатами її об'єктів та їх зміною в часі. Економічний і соціальний ефект, який буде досягнутий завдяки створенню Системи, робить завдання з її розроблення вельми актуальним.

Система наповнюється та використовується всіма службами і підрозділами Укрзалізниці та залізниць України (колійного господарства, центру механізації

© О.М. Самойленко, С.А. Сикал, 2019

колійних робіт, енергозабезпечення, управління майном тощо). Кожна з них постачає у Систему та бере з неї свою специфічну інформацію, але у прив'язці до координат і часу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вирішення завдань для дотримання вимог, зазначених в документах [1] і [2], а також описаних у наукових публікаціях [9] і [10], щодо розбудови залізничних колій Європи, та зокрема України, організації на них безпечного руху є неможливим без створення Системи координатно-часового забезпечення роботи Укрзалізниці, адже подібної системи в Україні немає. Описані в Директиві [1] завдання, які дістали конкретні формулювання у нормативному документі [2], належать до пріоритетів державної політики на найближчу перспективу з метою формування єдиного інформаційного простору держави.

Опрацювавши нормативні документи Укрзалізниці (інструкції, технічні вказівки, положення, правила і технології) [4-8], можна дійти висновку, що вони взагалі не описують новітніх технологій із застосуванням сучасних геодезичних приладів і навігаційних систем і потребують переопрацювання. Наведемо тільки деякі застарілі положення цих документів:

- рихтування кривої, яка має малі відхилення II і більшого ступенів, виконується на «око» або з використанням шляхового рихтувального приладу (ПРП) [6, с. 50]. ПРП не є геодезичним приладом високої точності і з його допомогою неможливо контролювати положення осі колії на всій кривій (а тільки локально) з точністю, достатньою для вирішення сучасних задач збільшення швидкості і безпечності руху;

- стан кругової та перехідних кривих визначається за результатами вимірювань стріл вигину, коли як хорда використовується шнур з капронової нитки, а стріла вигину вимірюється лінійкою, графоаналітичним способом визначається місцеположення характерних точок та геометричні параметри кривої – радіус, довжини перехідних кривих, величини підвищення [6, с. 39-49]. Знову-таки контроль параметрів кривої виконується локально, а точність такої процедури – незадовільна;

- у «Технічних вказівках» [8, с. 20], зазначено, що пікети і кілометри відмічаються на стрічці автоматично у вигляді засічок. Ці засічки, як правило, не збігаються з фактичними місцями розташування пікетних і кілометрових знаків через похибки, пов'язані з конструкцією вагона та встановленням знаків, або за наявності пікетів, довжина яких не дорівнює 100 м. Це також не є прийнятним, тому що неможливо на місцевості точно ідентифікувати, де знаходиться визначений приладами вагона дефект чи відхил;

- винесення пікетажу в натуру не є достатньо точним і добре закріпленим: його можуть зображувати на опорах контактної мережі, фарбуванням шпал у білий колір (1 штука – пікет, 2 штуки – кілометр), а у визначенні кошторисної вартості будівництва нової ділянки залізниці пікетажні стовпчики не входять в загальну вартість будівництва, що автоматично вказує на те, що їх не встановлюють. Під час створення Системи фізичне закріплення пікетажу буде непотрібним, але треба буде відходити від застарілих тлумачень цього поняття і переходити до так званих колійних координат, які математично точно ув'язані з

іншими системами координат і можуть бути інструментально відтворені геодезичними приладами з похибкою у декілька сантиметрів;

- в інструкції ЦПО269 [4, с. 29] зазначено, що на всіх кривих ділянках колії початок і кінець кругової кривої позначають білою олійною фарбою на шийці рейки відповідними записами ПКК та ККК, а з високою вантажонапруженістю та високою інтенсивністю руху поїздів потрібно встановлювати постійні знаки (репери), що позначають початок і кінець кругової кривої. Але пікетажні значення і координати цих знаків математично не обраховані за результатами інструментальних вимірювань тахеометрами та ГНСС-приймачами. У випадку застосування сучасних засобів вимірювань, обрахунків і зберігання даних в Системі треба замислитись про необхідність їх встановлення взагалі, тому що вони дорогі в утриманні.

Що стосується наукових праць [9; 10], то в них розглянуто світовий досвід впровадження швидкісного залізничного руху в різних країнах світу та перспективи його розвитку в Україні [9, с. 470-476], [10, с. 23-25]. Зокрема, висвітлено такі питання:

- будівництво самостійних швидкісних ліній;
- реконструкція наявних залізниць;
- збільшення швидкості рухомого складу завдяки скороченню зупинок тощо.

Та, як бачимо з викладеного, немає жодного слова про координатно-часове забезпечення роботи Укрзалізниці. Автори, на жаль, не знайшли публікацій, у яких була б описана аналогічна система, створена в іншій країні і на досвід створення якої можна було б спиратися. Але описане в статтях застосування ГНСС-приймачів на залізницях різних країн опосередковано вказує на те, що такі системи в тому чи іншому вигляді повинні існувати.

**Постановка завдання.** Завданням публікації є розроблення основних теоретичних засад створення Системи координатно-часового забезпечення роботи Укрзалізниці та її впровадження в практику.

**Основна частина.** Розроблення Системи полягає у створенні ефективної технічної й організаційної структури для збирання, зберігання і використання інформації про об'єкти Укрзалізниці, пов'язаної з просторовими координатами та їх зміною у часі, яка за повнотою, точністю, структурою є відповідною вимогам всіх служб і підрозділів Укрзалізниці, наповнюється та використовується ними.

Система повинна забезпечувати координування в державній, міжнародній, колійній та інших системах координат необхідної вимірювальної та іншої інформації Укрзалізниці з точністю, заданою нормативними документами Укрзалізниці, іншими чинними в Україні нормативними документами. Система покликана забезпечувати математично коректні перерахунки координат з системи до системи координат у будь-якій комбінації.

Система повинна забезпечувати збирання вимірювальної та іншої необхідної інформації, а також її надійне зберігання і накопичення у встановлених у нормативно-методичних документах Укрзалізниці системах координат і форматах даних.

Система, що розробляється, умовно поділяється на три великих сегменти:

- *нормативно-методичний*, який охоплює інструкції, методичні та технічні вказівки щодо методик вимірювання й оброблення їх результатів, збирання та визначення форматів представлення інформації, її зберігання та використання тощо;

- *матеріально-технічний*, який включає прилади для збирання та реалізування координатно-часової інформації – мережа базових станцій Глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС), пересувні ГНСС-приймачі, зокрема на колієвимірювальних візках та рухомому складі, геодезичні сканери, електронні тахеометри, колієвимірювальні вагони тощо;

- *комунікаційно-інформаційний*, який складається із засобів передавання й оброблення результатів вимірювань, різноманітного програмного забезпечення для подальшого оброблення, зберігання, представлення та використання інформації на базі геоінформаційних систем (ГІС).

Як вже було сказано, наявна нормативно-методична база Укрзалізниці застаріла і не відповідає потребам часу, тому необхідно виконати велику роботу з її модернізації і розробленню ряду нових документів. Отже, *нормативно-методичний* сегмент Системи повинен містити директивні і методичні документи, які встановлюють:

- взаємопов'язані і зручні для використання системи координат Укрзалізниці, насамперед колійної, пов'язані з державною та всесвітньою геодезичними системами координат;

- методики і норми точності побудови геодезичної мережі Укрзалізниці та її зв'язок з державною та всесвітньою геодезичною мережею;

- нормативно-методичні документи з топографічних і кадастрових знімків, вимірювань геометричних та інших параметрів колії, контактного проводу тощо;

- методики та норми точності вимірювання координатно-часових характеристик об'єктів (координат точок на рейках колій, верхній будові шляху, об'єктах інфраструктури тощо);

- методики оброблення результатів вимірювання і форми представлення результатів координатно-часових характеристик об'єктів (геометричних параметрів прямих, кругових та перехідних кривих в плані та профілі, геометричних параметрів контактної мережі в прив'язці до осі колії, координат стовпів, семафорів, стрілкових переходів тощо);

- формати здавання в базу даних і зберігання результатів вимірювань й оброблення координатно-часових характеристик об'єктів та пов'язаною з нею інформацією;

- методики використання координат і координатно-часових характеристик об'єктів.

Нормативно-методичні документи є обов'язковими для всіх підрозділів Укрзалізниці й організацій і підприємств усіх форм власності, які Укрзалізниця залучає до виконання робіт з координатно-часовою інформацією.

Ефективність застосування Системи координатно-часового забезпечення роботи Укрзалізниці безпосередньо залежить від стратегічного рішення щодо

вибору систем координат, які будуть застосовуватися для її створення й експлуатування.

Декілька слів докладніше щодо наявних систем координат і пропонуваннях.

*Всесвітня геодезична система координат* (неофіційна назва всіх Земних взаємопов'язаних систем координат) втілюється через світову геодезичну систему WGS-84, Міжнародну земну референцну систему – International Terrestrial Reference System (ITRS) та європейську земну референцну систему 1989 року ETRS89 [3]. ITRS реалізується на певні часові епохи у вигляді Міжнародної земної референцної системи відліку International Terrestrial Reference Frame (наприклад, остання ITRF2015 на епоху 2015 року). ГНСС-приймачі вимірюють просторові координати  $X, Y, Z$  в ITRF на останню епоху. За ними розраховують геодезичні координати - геодезична широта, довгота та висота  $B, L, H^G$  – на відліковому еліпсоїді Геодезичної референцної системи 1980 року GRS-80 або його більш пізній реалізації. Всі названі системи мають чіткий математичний зв'язок через параметри переходу з системи в систему координат. Недоліком цих систем є те, що їх застосування на практиці ускладнене тим, що вісь  $Z$  збігається з усередненим на епоху положенням осі обертання Землі, а площина  $XY$  – з усередненим на епоху положенням площини екватора. Для практичних цілей потрібно переходити до плоских прямокутних декартових координат на поверхні землі.

*Державна геодезична референцна система координат УСК-2000* [3] також математично пов'язана з всесвітньою системою через ITRF2000 (утворена від неї), але за відліковий еліпсоїд в ній взято референц-еліпсоїд Красовського з іншими параметрами. За геодезичними координатами у цій системі розраховують плоскі конформні координати у проекції Гаусса – Крюгера, які становлять основу картографування країни, топографічних і кадастрових зніманих, а також утворення інших місцевих систем, тобто і для Укрзалізниці ця система також є обов'язковою для зазначених видів робіт. Недолік УСК-2000 – досить складні додаткові розрахунки під час переходу з еліпсоїда GRS-80 на референц-еліпсоїд Красовського і назад. Проблему також створюють великі викривлення масштабу на краю шестиградусних зон, пов'язані з проектуванням еліпсоїда на площину, а також розворот прямокутної сітки відносно напрямку на північ. Крім того, Україна поділена на чотири шестиградусних зони та сім триградусних (вони потрібні для складання великомасштабних карт і топографічних планів). Через це на краях зони точки мають координати в системах координат двох зон, а також і в системах координат шести- і триградусних зон, що для визначення координат в реальному часі видається незручним.

Від згаданих недоліків вільною є запропонована авторами цієї публікації *Умовна система координат Укрзалізниці УСКУ-20XX* [11]. Вона будується на еліпсоїді GRS-80 або більш пізніх його реалізаціях. Горизонтальні координати в ній обчислюють в проекції Гаусса – Крюгера для кожного окремого структурного елемента колії – прямих, перехідних та кругових кривих. Ця система є проміжною між *ITRF* і *УСК-2000*, тому координати відносно можна легко перерахувати із системи в систему координат. Кожній точці в межах України (і не тільки) надається одна пара координат, що вигідно її відрізняє від *УСК-2000*. Ця система

не дає координати в проекції на площину загалом у країні, але на деякій локальній ділянці, на якій різницею між координатами на площину в проекції Гаусса – Крюгера в її класичному застосуванні і координатами у запропонованій системі можна знехтувати.

Уведення в дію *УСКУ-20XX* дасть змогу впровадити також запропоновану авторами цієї публікації *Колійну систему координат Укрзалізниці КСКУ-20XX* [11]. Ця система координат однозначно математично пов'язана через *УСКУ-20XX* з всесвітньою і державною геодезичними референцними системами. Горизонтальною віссю  $x_k$  в *УСКУ-20XX* на еліпсоїді GRS-80 є апроксимована на певну епоху вісь колії, а віссю  $y_k$  – відстань від осі колії перпендикулярно до неї. Така система координат дасть можливість в режимі реального часу розраховувати пікетажне значення і відстань до осі колії будь-якого ГНСС-приймача за результатами його вимірювань в *ITRF*, що знаходиться в русі на колії або встановлений чи рухається поблизу неї. Під час побудови геодезичних мереж і знімання колії за пропонуваними методами і з похибками в наведеній далі таблиці похибка вимірювань колійних координат в будь-якій точці країни може не перевищувати декількох сантиметрів, а від найближчих точок – міліметрів. Треба зазначити, що колійні координати слід розраховувати не тільки в проекції на відліковий еліпсоїд GRS-80, а й у просторі за віссю колії як лінії, що усереднює положення рейок в плані і за висотою.

Таким чином, впровадження *УСКУ-20XX* і *КСКУ-20XX* дасть можливість всім службам, підприємствам і підрозділам Укрзалізниці, а також субпідрядникам швидко, точно й однозначно ідентифікувати положення в плані й у просторі не тільки будь-яких об'єктів (стрілочних переходів, стовпів, перонів, меж земельних ділянок тощо), а й проблем, які виникли, зокрема деформацій рейкових колій відносно останнього знімання, положення дефектів рейок під час їх дефектоскопіювання, місць і величин зміщення контактного проводу. Докладний перелік завдань, які можуть бути вирішені, займе не одну сторінку.

*Матеріально-технічний* сегмент Системи повинен включати різноманітні засоби вимірювальної техніки, за допомогою яких вимірюють координати під час збирання та використання координатно-часової інформації:

- геодезичні ГНСС-приймачі на пунктах мережі базових станцій, яка підтримує із заданою точністю систему координат на всій території України та забезпечує із заданою точністю визначення координат будь-яких інших ГНСС-приймачів під час виконання конкретних робіт;

- геодезичні ГНСС-приймачі і сканери, які використовуються персоналом як у ручному статичному режимі, так й у динамічному режимі, коли вони закріплені на колієвимірювальних візках або вагонах;

- ручні прилади, візки та вагони для вимірювання положення контактного дроту та інших дротів відносно осі колій;

- інші геодезичні прилади - електронні тахеометри та нівеліри;

- навігаційні ГНСС-приймачі на рухомому складі Укрзалізниці, підбивочних машинах, дефектоскопічних візках тощо.

На теперішній час значна частина рухомого складу підбивочних машин і дефектоскопічних візків оснащена навігаційними ГНСС-приймачами, але без

високоточного координування всіх колій за допомогою високоточних геодезичних ГНСС-приймачів та виконання інших заходів, передбачених створенням Системи, неможливо досягти того ефекту, який би міг бути досягнений.

Зважаючи на великі витрати, пов'язані зі створенням мережі базових ГНСС-станцій для потреб Укрзалізниці, можуть бути залучені державні, наукові та приватні аналогічні мережі чи їх окремі пункти у разі дотримання вимог Укрзалізниці до таких мереж. Умови включення таких мереж і окремих пунктів, й їх експлуатації, комерційної складової тощо, обумовлюються відповідними договорами. За потреби обчислені проектні чи апроксимовані координати легко перераховуються і в *ITRF*, і в *УСК-2000*. Такий підхід дає змогу під час вимірювання ГНСС-приймачами у режимі реального часу однозначно одержувати координати в *УСКУ-20XX* у будь якій точці країни.

*Комунікаційно-інформаційний* сегмент повинен передбачати як режим обробки результатів вимірювань з метою визначення місцеположення після їх виконання, так й оброблення і передавання результатів вимірювань в режимі реального часу із затримками, що не перевищують нормативно встановлених методичною документацією, а також забезпечувати передавання інформації з будь-якої точки України у будь-яку точку.

Таким чином, *комунікаційно-інформаційний* сегмент охоплює:

- засоби зв'язку (радіозв'язок, провідний зв'язок, Internet, GSM-зв'язок)
- засоби комп'ютерної техніки для збирання, зберігання та використання даних;
- програмне забезпечення для оброблення результатів вимірювань та введення їх до локальних баз даних та загальної бази даних на основі геоінформаційних систем (ГІС);
- програмне забезпечення для використання даних з локальних баз даних та загальної бази даних на основі ГІС;
- для передавання в центр оброблення результатів вимірювань ГНСС-приймачами на базових станціях.

Технічні, обчислювальні, комунікаційні, програмні та інші засоби Системи повинні забезпечувати визначення геодезичних і колійних координат та нормальних висот над квазігеоїдом, а також часу цих визначень, будь-якого рухомого чи статичного об'єкта Укрзалізниці із заданою для цих об'єктів точністю.

Система містить такі підсистеми:

- геодезична мережа Укрзалізниці;
- топографічні плани та карти;
- землевпорядкування та земельний кадастр;
- план і профіль колії та її інші геометричні параметри;
- об'єкти енергозабезпечення;
- об'єкти інфраструктури тощо.

Середня квадратична похибка (СКП) або межі допустимої похибки та діапазон роботи вимірювальних складових системи встановлюються експлуатаційною та нормативно методичною документацією на них.

Основні визначувані системою параметри, діапазони та похибки вимірювання геодезичних і колійних координат пунктів геодезичної мережі, точок осі та рейок колії, точок на інших об'єктах Укрзалізниці наведено в таблиці.

Таблиця

**Похибки під час вимірювання геодезичних та колійних координат**

№ п/п	Найменування параметра Системи, координати якого визначаються (режим вимірювань)	Діапазон вимірювання	СКП вимірювання
1	Геодезичні координати пунктів перманентної ГНСС-мережі один відносно одного: - горизонтальні - вертикальні (відносний перманентний режим вимірювань ГНСС)	від 40 км до 1500 км	$(10 + 0,01 \cdot L)$ мм $(20 + 0,05 \cdot L)$ мм
2	Геодезичні і колійні координати пунктів основної ГНСС-мережі один відносно одного та пунктів перманентної геодезичної мережі: - горизонтальні - вертикальні (відносний статичний режим вимірювань ГНСС)	від 5 км до 40 км	$(5 + 0,5 \cdot L)$ мм $(10 + 1,0 \cdot L)$ мм
3	Геодезичні і колійні координати пунктів мережі згущення один відносно одного та пунктів основної та перманентної геодезичної мережі: - горизонтальні - вертикальні	від 0,2 км до 5 км	$(5 + 0,5 \cdot L)$ мм $(10 + 1,0 \cdot L)$ мм
4	Геодезичні і колійні координати осі колії та інших точок відносно пунктів мережі згущення, основної, перманентної геодезичної мережі та один відносно одного: - горизонтальні - вертикальні (відносний кінематичний режим вимірювань ГНСС, зокрема в реальному часі)	від 1 м до 20 км	$(10 + 1,0 \cdot L)$ мм $(20 + 2,0 \cdot L)$ мм
5	Геодезичні і колійні координати осі колії, рейок та їх елементів під час високоточного знімання швидкісних ділянок колії відносно пунктів мережі згущення, основної, перманентної мережі й один відносно одного: - горизонтальні - вертикальні (відносний режим вимірювань високоточним тахеометром у реальному часі)	від 1 м до 400 м	$(1 + 1,0 \cdot L)$ мм $(1 + 1,0 \cdot L)$ мм



6	Геодезичні і колійні координати точок на інших об'єктах відносно пунктів мережі згущення, основної, перманентної мережі, колії й один відносно одного під час топографічних та кадастрових зніманих, будівельних робіт: - горизонтальні - вертикальні (всі режими відносних вимірювань ГНСС, координування тахеометром, сканером, аерофотозніманням тощо)	від 1 м до 1 км	(25 + 25·L) мм (25 + 25·L) мм
7	Геодезичні і колійні координати рухомого складу (автономний диференційний режим вимірювань у реальному часі)	На всій території країни	1 м
8	Геодезичні і колійні координати рухомого складу (автономний навігаційний режим вимірювань у реальному часі)	На всій території країни	10 м

*Примітка:* L – вимірювана довжина, км.

**Висновки.** Запропонована Система дає можливість:

- збирати, зберігати й ефективно використовувати інформацію про об'єкти Укрзалізниці, пов'язані з просторовими координатами та їх зміною у часі;
- забезпечувати координування в державній, всесвітній (міжнародній), колійній та інших системах координат усіх об'єктів Укрзалізниці;
- виконувати математично коректні перерахунки координат з системи до системи у будь-якій комбінації;
- за єдиними правилами наповнювати базу даних Системи і використовувати цю інформацію всіма службами та підрозділами Укрзалізниці;
- переводити інформацію до Єдиної державної бази даних;
- підвищити точність і достовірність визначення координат об'єктів Укрзалізниці, що особливо важливо для геометричних параметрів рейкової колії.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Директива 2008/57/ЄС* європейського парламенту та ради від 17 червня 2008 року про оперативну сумісність/ інтегрованість залізничних систем у межах Співтовариства (оновлена).
2. *Розпорядження* «Про схвалення Концепції реалізації державної політики України у сфері космічної діяльності на період до 2032 року» – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/>
3. *Порядок* побудови Державної геодезичної мережі. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 7 серпня 2013 р. № 646.
4. *Інструкція* з улаштування та утримання колії залізниць України /Е.І. Даніленко та інші. – Київ: ТОВ «Поліграфсервіс», 2012. – 456 с.

5. *Інструкція з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні колійних робіт на залізницях України* / Е. І. Даніленко та ін.; Державна адміністрація залізничного транспорту України. Головне управління колійного господарства. – Київ: Транспорт України, 2012. – 110 с.

6. *Правила і технологія виконання робіт при поточному утриманні залізничної колії* / Е. І. Даніленко, та ін.; Державна адміністрація залізничного транспорту України. Головне управління колійного господарства. – Київ: Транспорт України, 2002. – 156 с.

7. *Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України* / Е. І. Даніленко та ін.; Державна адміністрація залізничного транспорту України. Головне управління колійного господарства. – Київ: Транспорт України, 2004. – 40 с.

8. *Технічні вказівки щодо оцінки стану рейкової колії за показниками колієвимірювальних вагонів та забезпечення безпеки руху поїздів при відступах від норм утримання рейкової колії (зі змінами та доповненнями у відповідності до наказу від 01.12.2004р. № 917-ЦЗ)* / Міністерство Транспорту України. – Київ, 2005. – 48 с.

9. *Полтавська О.С.* Світовий досвід розвитку залізничного транспорту та перспективи його розвитку в Україні / О.С. Полтавська // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2014. – №797. – С. 470-476.

10. *Возненко А.Д.* Досвід зарубіжних країн в проведенні колієвимірювальних робіт при будівництві та експлуатації швидкісних магістралей / А.Д. Возненко// Збірник наукових праць ДЕГУТ.– 2011 - №19. – С. 23-25.

11. *Самойленко О.М.* Основні принципи створення та використання колійної системи координат Укрзалізниці КСКУ – 20XX / О.М. Самойленко, С.А. Сикал // Інженерна геодезія. – 2017. – Вип. 64. – С.44-55.

## REFERENCES

1. *Dyrektyva 2008/57/yes yevropejskogo parlamentu ta rady vid 17 chervnyua 2008 roku pro operatyvnu sumisnist interoperabelnist zaliznychnykh system u mezhax Spivtovarystva (onovlennia)[Directive 2008/57 / EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 on interoperability of rail systems within the Community (updated)].* [in Ukrainian].

2. *Rozporiadzhennia: «Pro skhvalennia Kontseptsii realizatsii derzhavnoi polityky Ukrainy u sferi kosmichnoi diial'nosti na period do 2032 roku» [The Order "On Approval of the Concept for the Implementation of the State Policy of Ukraine in the Sphere of Space for the Period until 2032"].* Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/>. [in Ukrainian].

3. *Poriadok pobudovy Derzhavnoi heodezychnoi merezhi [Procedure for construction of the State Geodetic Network], Zatverdzheno postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 7 serpnia 2013 r. № 646.* Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/646-2013-p>. [in Ukrainian].

4. *Danilenko, E. I. et al. (2012). Instruktziia z ulashtuvannia ta utrymannia kolii zaliznyts' Ukrainy [Instruction on the arrangement and maintenance of the railways of*

Ukrain], Kyiv: TOV «Polihrafservis» [in Ukrainian].

5. Danilenko, E. I. et al. (2012). *Instruktsiya z zabezpechennya bezpeki ruhu poyizdiv pri vikonanni koliynih robit na zaliznitsyah Ukrayini* [Instructions for ensuring the safety of trains when performing track operations on the Ukrainian railways], Kyiv: Transport Ukrainy [in Ukrainian].

6. Danilenko, E. I. et al. (2002). *Pravyla i tekhnolohiia vykonannia robit pry potochnomu utrymanni zaliznychnoi kolii* - [Rules and technology for performing work under the current maintenance of the railroad], Kyiv: Transport Ukrainy [in Ukrainian].

7. Danilenko, E. I. et al. (2004). *Polozhennya pro provedennya planovo-zapobizhnyx remontno-kolijnyx robit na zaliznytsyah Ukrayiny* - [Regulations on carrying out scheduled maintenance and repair works on the railways of Ukraine], Ministerstvo Transportu Ukrayiny, Kyiv: Transport Ukrainy [in Ukrainian].

8. Harkivska derzhavna akademiya zaliznichnogo transportu. (2005). *Texnichni vkazivky shhodo ocinky stanu rejkovoyi kolii za pokaznykamy koliyevymiryvalnyx vagoniv ta zabezpechennya bezpeky ruxu poyizdiv pry vidstupax vid norm utrymannya rejkovoyi kolii (zi zminamy ta dopovnennyamy u vidpovidnosti do nakazu vid 01.12.2004r. № 917-CzZ)* - [Technical instructions for assessing the track gauge in terms of track gauge and ensuring trains' safety when deviating from the track gauge (with amendments and additions in accordance with the order of 01.12.2004. No. 917-CZ)], Kyiv: Transport Ukrainy [in Ukrainian].

9. Poltavska O.S. (2014). *Svitovyj dosvid rozvytku zaliznychnogo transportu ta perspektyvy jogo rozvytku v Ukrayini* - [World experience of development of railway transport and prospects of its development in Ukraine] *Visnik Natsionalnogo universitetu "Lvivska politehnika"* - *Bulletin of the Lviv Polytechnic National University*, 797, 470-476 [in Ukrainian].

10. Voznenko A.D. (2011). *Dosvid zarubizhnyx krayin v provedenni koliyevymiryvalnyx robit pry budivnyctvi ta ekspluatatsiyi shvydkisnyx magistralej* - [Experience of foreign countries in the conduct of track measurements in the construction and operation of high-speed railways]. *Zbirnyk naukovykh pracz DETUT* - *Collection of scientific works DETUT*, 19 23-25 [in Ukrainian].

11. Samoilenko O.M., Sykal S.A. (2017). *Osnovni pryntsyipy stvorennia ta vykorystannia koliinoi systemy koordynat Ukrzaliznytsi KSKU – 20XX* [Main principles of creation and use of the collection system of coordinate of Ukrzaliznytsya KSKU - 20XX]. *Inzhenerna heodeziia - Engineering geodesy*, 64, 44 – 55 [in Ukrainian].

**А. Н. Самойленко, С. А. Сыкал**

**РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ  
КООРДИНАТНО-ВРЕМЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТЫ  
УКРЗАЛИЗНЫЦИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

*В статье рассмотрены вопросы, связанные с выполнением комплекса геодезических работ по созданию Системы координатно-временного и навигационного обеспечения работы Укрзалізницьи и приведена ее структура.*

*Предложены новые системы координат УСКУ-20XX и КСКУ-20XX, которые предоставят возможность быстро, точно и однозначно идентифицировать положение пути и других объектов инфраструктуры как в плане, так и в пространстве.*

***Ключевые слова:** системы координат, железнодорожный путь, нормативные документы, геодезические сети, ГНСС-приемники.*

**A. Samoilenko, S. Sykal**

**DEVELOPMENT OF MEASURES TO CREATE A SYSTEM OF  
COORDINATE-TIME PROVISION OF UKRZALIZNYTSIA WORK BY  
GEODETIC METHODS**

*Providing high-speed motion in railways is impossible without the use of the latest achievements of measurements, communications and informations technologies. Therefore, to address this issue, on the introduction of advanced technology, the authors of this publication, the proposed System of Coordinate-Time Provision of Ukraine Railways. This system is roughly divided into three major segments: normative and methodological, equipments and logistics, communications and information. Describe the segments, which includes instructions, measuring instruments, means of transmission and processing of measurement results and more.*

*In this article is provides a comparative analysis of the existing system of coordinates, and proposed new coordinate system convenient for the Ukraine Railways. Conditional coordinate system USKU-20XX – rectangular coordinate system associated with ITRF2015, and Gauge coordinate system KSKU-20XX in which the horizontal axis  $x_k$  is approximated, to a certain epoch, axis of the track and the axis  $y_k$  is the distance from the axis lines perpendicular to it. These two systems give opportunity quickly, accurately and uniquely identify position of the track and another objects, both in horizontal plane and in space.*

*The methods and accuracy of the coordinates of the geodetic network, track and other facilities was valuated too.*

***Keywords:** coordinate system, railway, regulations, geodetic networks, GNSS receivers.*

Надійшла до редакції

12.02.2018