

УДК 004

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІНТЕГРАЦІЇ RTK-НАВІГАЦІЇ В
АСФАЛЬТОУКЛАДАЧАХ CATERPILLAR, VÖGELE ТА DYNARAC**

Кудінов Є.О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків

Сучасне будівництво та ремонт дорожніх покриттів вимагає високої точності укладання асфальту для забезпечення якості й довговічності. Однією з найважливіших технологій, яка допомагає досягти цього, є RTK-навігація (Real-Time Kinematic) — високоточна система позиціонування, яка дозволяє асфальтоукладачам працювати з мінімальними відхиленнями. Виробники асфальтоукладацької техніки впроваджують різні підходи до інтеграції RTK-навігації в свої моделі.

RTK-навігація є методом корекції GPS-сигналу, що дозволяє досягати сантиметрової точності у реальному часі, порівняно зі звичайною точністю GPS у кілька метрів. У випадку з асфальтоукладачами, RTK-система використовується для контролю траєкторії руху, підтримання заданої товщини та рівномірності укладання асфальту. Така точність особливо важлива на складних ділянках доріг, де навіть невеликі відхилення можуть призвести до порушення якості покриття. Розглянемо особливості RTK-систем у асфальтоукладачах кількох провідних виробників: Caterpillar, Vögele та Dynarac.

Асфальтоукладачі Caterpillar оснащуються RTK-навігацією, яка інтегрується з системою Cat Grade Control [1]. Ця система надає змогу автоматично регулювати товщину укладання залежно від проектного профілю. Caterpillar також використовує технологію AccuGrade, яка базується на RTK і дозволяє працювати з точністю до 2-3 см. За допомогою RTK-сигналу асфальтоукладач отримує точні координати свого місцезнаходження від базових станцій, що дозволяє уникнути похибок у визначенні висоти. Система виконує автоматичні коригування під час руху

асфальтоукладача, підтримуючи задану висоту та нахил покриття. Це знижує необхідність ручного управління та залежність від людського фактора.

Відображення параметрів укладання на дисплеї для контролю оператором дозволяє швидко налаштовувати параметри через інтерфейс Cat Grade Control. RTK-навігація інтегрується з іншими системами Caterpillar для повного контролю процесу [2].

Завдяки RTK-навігації досягається висока точність укладання (до 2 см). А легке налаштування та інтуїтивний інтерфейс робить систему зручною у використанні для операторів будь-якого рівня досвіду.

Німецький виробник Vögele, відомий своєю серією асфальтоукладачів SUPER, пропонує RTK-навігацію у поєднанні з власною системою 3D-Nivellier Automatik, яка використовує поєднання RTK-навігації та лазерних сенсорів для точної орієнтації асфальтоукладача відповідно до проектного профілю дороги [3]. RTK-навігація забезпечує точне позиціонування машини з сантиметровою точністю, але якщо сигнал стає нестабільним або недоступним, система автоматично переключається на лазерні сенсори. Це дозволяє 3D-Nivellier Automatik підтримувати стабільну роботу навіть у зонах зі слабким супутниковим сигналом (наприклад, у тунелях або під мостами), що корисно для міських умов. Також система синхронізується з 3D-планом проекту, що дозволяє автоматично адаптувати налаштування укладання відповідно до рельєфу дороги

Завдяки роботі як у RTK-режимі, так і з лазерними датчиками, 3D-Nivellier Automatik досягає високої стабільності та можливості корекції траєкторії в реальному часі.

З цих особливостей витікають переваги у вигляді адаптації для роботи в складних умовах та підтримки гнучкого налаштування RTK і лазерних параметрів.

Але для максимальної ефективності система потребує якісного та детального 3D-плану дороги, який може бути трудомістким та витратним у створенні [4].

Дунарас пропонує асфальтоукладачі, що використовують RTK-навігацію разом із системою Precision Paving [5]. Вона використовує RTK-навігацію для позиціонування асфальтоукладача з сантиметровою точністю. RTK-сигнал надходить від базових станцій, що дозволяє визначати точне положення машини та керувати параметрами укладання асфальту відповідно до проектних вимог. Precision Paving також контролює подачу матеріалу й адаптує швидкість укладання для забезпечення рівномірної товщини покриття на кожному етапі. Це дозволяє досягати високої якості поверхні навіть на складних ділянках доріг із численними поворотами та ухилами.

Precision Paving дозволяє оператору відстежувати усі дані у реальному часі. Використання RTK-сигналу для точного позиціонування дозволяє дотримуватися сантиметрової точності на складних ділянках. Також RTK-навігація інтегрована з системою контролю подачі матеріалу, що дозволяє контролювати швидкість укладання, щоб уникнути перевитрати матеріалу та забезпечити точне дотримання проектного профілю [6].

Таблиця 1 - Порівняння основних параметрів систем з RTK-навігацією

Виробник	Система	Точність	Основні особливості	Рекомендовані умови застосування
Caterpillar	Cat Grade Control	До 2-3 см	Просте налаштування, автоматична корекція	Рівні ділянки без складного рельєфу
Vögele	3D-Nivellier Automatik	До 2 см	Підтримка лазерних сенсорів	Складний рельєф, міські зони
Дунарас	Precision Paving	До 2 см	Контроль подачі асфальту, висока точність	Ділянки з численними поворотами, складний рельєф

Але у разі нестабільного RTK-сигналу точність роботи може знижуватися, особливо на ділянках із поганим покриттям супутниковим зв'язком.

Вибір асфальтоукладача з RTK-навігацією залежить від типу проекту, складності ділянок та умов роботи, проте всі ці виробники пропонують інструменти для підвищення якості та точності укладання асфальту.

Література:

1. ACCUGRADE® GRADE CONTROL SYSTEM. Дата звернення: 2 листоп. 2024. [Онлайн]. Доступно: https://www.cat.com/en_ID/support/technology/earth-moving-solutions/accugrade-grade-control-system.html
2. Retscher, G., & Mok, E. (2002). GPS navigation and guidance systems for construction industry. In *Advances in Building Technology* (pp. 1645-1652). Elsevier.
3. “Road pavers | Vögele”. Home | Wirtgen Group. Дата звернення: 2 листоп. 2024. [Он-лайн]. Доступно: <https://www.wirtgen-group.com/ocs/en-ua/voegele/road-pavers-50-c/>.
4. Wasle, E., Berglez, P., Seybold, J., Ligier, A., Urquijo, S., & Euler, H. J. (2011, September). High-precision positioning of asphalt fleet machines. In *Proceedings of the 24th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS 2011)* (pp. 2167-2174).
5. “ТЕХНІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ”. Dynapac - Road Construction Equipment. Дата звернення: 2 листоп. 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://dynapac.com/ru/my-dynapac/tools/dynadocweb-free>.
6. Raza, S., Al-Kaisy, A., Teixeira, R., & Meyer, B. (2022). GNSS-RTN Role in Transportation Applications: An Outlook. In *International Conference on Transportation and Development 2022* (pp. 182-195).