

УДК 626.862.2

Клімов С. В., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ПОЗИЦІЮВАННЯ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ТРУБЧАСТОГО ДРЕНАЖУ

**В статті наводиться аналіз сучасного обладнання для позиціювання дре-
ноукладачів при будівництві горизонтального трубчастого дренажу.**

Ключові слова: горизонтальний трубчастий дренаж, екскаватор-
дреноукладач, лазерні системи.

**В статье анализируется современное оборудование для позиционирования
дреноукладчиков при строительстве горизонтального трубчатого
дренажа.**

Ключевые слова: горизонтальный трубчатый дренаж, экскаватор-
дреноукладач, лазерные системы.

**The article analyzes the advanced equipment for positioning of drainage ma-
chines for construction of horizontal pipe drainage.**

Keywords: horizontal pipe drainage, drainage machines, laser systems.

**При проведенні будівельних робіт для того, щоб відповідати високим
вимогам сучасного будівництва усе частіше й частіше використовуються си-
стеми керування машинами, що дозволяють з високою точністю виконувати
земляні роботи, зокрема механізованим способом.**

**В попередніх публікаціях вже розглядалися особливості використання і
конструкції машин для будівництва горизонтального трубчастого дренажу¹,
де вказувалось, що для збільшення продуктивності праці дреноукладачі, як і
більшість сучасних землерийних та землерийно-транспортних машин, облад-
нано системою позиціонування (або більш точно – системою дотримання
проектного похилу дна траншеї).**

**Використання сучасних систем позиціювання в сполученні з можливістю
контролю переміщення об'єкта в реальному часі дозволило забезпечити май-
же автоматизовану роботу землерийних машин. При цьому інформація про
положення об'єкта щодо вихідного пункту використовується для спільного
аналізу з іншими даними, одержуваними від цілого ряду датчиків, таких як
лазерні сканери, ультразвукові датчики а також системи GPS.**

**Автоматичні системи, які застосовуються у будівництві можна розділити
на дві групи: традиційні системи автоматичного керування (умовно 2D сис-
теми) і новітні 3D системи.**

У традиційних системах здійснюється контроль висоти робочого органу

(для дреноукладачів – глибини вкладання дрени) і іноді поперечного ухилу. Для такого роду робіт упродовж останніх 40 років, використовуються лазери.

Вони прийшли на заміну систем з контролем положення за зовнішніми копіями початкового рівня – з колірним тросиком або дротом, через цілий ряд суттєвих переваг. По-перше, це невагомість лазерного променя, а відповідно і зменшення похибки дотримання похилу від провисання (в кращому випадку провисання дроту сягає 1,5 см, а частіше до 2,0 см і більше). По-друге це зменшення трудовитрат на встановлення системи - відпадає необхідність у встановленні системи підтримуючих колірний тросик опор. По-третє усуваються певні недоліки руху по колірному тросику, чим створюється можливість збільшити швидкість вкладання дренажної лінії 2.

У водогосподарському будівництві України для будівництва дренажу в зоні осушення використовувались екскаватори-дреноукладачі ЕТЦ-202 з лазерною системою дотримання похилу з вітчизняним лазерним вказівником проектного похилу УКЛ-1 на основі газового лазера, який було розроблено ще в 1977 році а в 1981 р. розпочалося їх серійне виробництво. Технічна характеристика УКЛ-1 наведена в табл. 1. До слова кажучи, в Білорусі на сьогодні ще працюють близько 100 машин ЕТЦ-2023, а ВАТ "Кохановський екскаваторний завод" (м. Коханово, Білорусь) (в СРСР він був відомим як «БЕЛЗКС» – «Білоруський екскаватор») розпочав випуск причіпного дреноукладача МДІ (машина дреноукладальна іригаційна) і розробляє нову модифікацію ЕТЦ-202 (рис. 1) на яких також встановлено лазерну систему дотримання похилу.

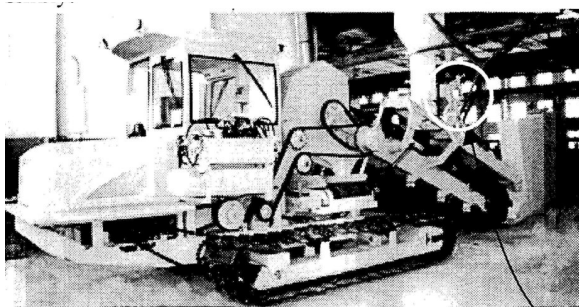


Рис. 1. Екскаватор-дреноукладач ЕТЦ-202 вироблений ВАТ «Кохановський екскаваторний завод» (перспективна назва ЕТЦ-203) з лазерною системою дотримання похилу

При будівництві дренажу провідні закордонні виробники використовують лазерні ротаційні нівеліри (іноді побудовники площини), що стали звичним і найбільш частим інструментом для контролю положення робочого органа землерийних машин. Це стало можливим завдяки малогабаритним напівпровідниковим лазерам, які послугуються основою для компактних і відносно недорогих приладів (деякі зразки, наприклад лазерний ротаційний рівень LASERLINER AquaPro 120 коштує 4800 грн., щоправда основна маса приладів коштує більше 10 тис. грн.), що дозволяють за допомогою лазерного променя позначити горизонтальну чи задану з певним кутом нахилу площину

на відстані до 800...900 м.

В даний час у багатьох будівельних фірмах усього світу для контролю положення робочого обладнання землерийної техніки, зокрема дреноукладачів, використовуються лазерні системи виробництва компанії Trimble4, тому розглянемо на їх прикладі будову і роботу традиційних автоматичних систем контролю рівня.

Основними компонентами систем Trimble Laser Machine Control (LMC) є лазерний ротаційний нівелір (рис. 2), лазерний приймач, електрогідроклапан, що вбудовується паралельно основній гідравлічній системі машини і блок керування гідравлічною системою.

Система LMC працює наступним чином. Лазерний нівелір установлюється на будівельному майданчику в зручному для роботи місці. Нівелір формує лазерну площину – горизонтальну чи під визначеним проектним ухилом. Фактично ця площина задається паралельно до формованої проектної площини.

Лазерний приймач (один чи два) закріплюється на телескопічній щоглі на робочому органі машини (для дреноукладачів це рама скребкового або ківшевого ланцюга, ротора, або безпосередньо на трубоукладач). Для роботи робочий орган машини встановлюється на початок траси дрени і заглиблюється до заданої робочої глибини. Після цього, регулюючи щоглу по висоті, приймач установлюється на рівень лазерної площини і машина починає вкладати дренажну лінію.

Можна працювати в двох режимах. В першому (індикаторний режим) у процесі роботи оператор орієнтується на покази індикаторів приймача чи панелі керування в машині, що дозволяє йому бачити, у якому напрямку варто переміщати відвал, щоб вийти на проектний рівень. В другому, автоматичному режимі, оператор тільки веде машину по трасі, а автоматика сама за допомогою електрогідроклапана вмонтованому в гідравлічну систему керування положення робочого органу буде постійно корегувати гідроциліндрами проектне положення трубоукладача, а відповідно і дотримуватись проектного похилу дренажної лінії.

У стандартний комплект системи входить лазерний приймач LR50, телескопічна щогла, блок керування CB25, комплект електрогідроклапана. Система легко монтується і демонтується, що дозволяє при необхідності легко переставити її на іншу машину.

З чого складається лазерний побудовник площини: всередині приладу зазвичай встановлений лазерний світлодіод червоного кольору, потужністю до 5 мВт і довжиною хвилі 633-670 нм, що належать до другого або третього класу лазерів, що припускає відсутність додаткового захисту для очей (див. рис. 2).

Для забезпечення заходів із безпеки праці при бу-



Рис. 2. Лазерний побудовник площини GL742

дівництві дренажу одразу ж хочу вказати на небезпеки, які можуть виникнути при роботі з такими приладами, для чого зокрема наведу класифікацію лазерних приладів з погляду безпеки лазерного випромінювання для користувачів, які відповідно до IEC 60825-1:2007¹ поділяються на чотири класи.

Клас 1. Найбільш безпечний або за своєю природою (максимально допустима межа випромінювання (ДПВ) не може бути перевищена і відповідно можливий вплив на сітківку ока людини), так і за конструктивним виконанням (доступ до лазера конструктивно закритий – лазерні принтери, DVD або CD приводи, та інші, хоча потужність лазера може бути більшою 5 мВт, але випромінювання назовні не виходить).

Клас 2. Це малопотужні лазерні прилади, що випромінюють тільки у видимому ($0,4 < \lambda < 0,7$ мкм) діапазоні, їхня безупинна потужність обмежена 1 мВт, тому що передбачається, що людина має природну реакцію захисту своїх очей від впливу безупинного випромінювання (рефлекс миготіння). У випадку короткочасних опромінь ($\Delta t < 0,25$ хв.) енергетика лазерних випромінювачів класу 2 не повинна перевищувати відповідні ДПВ для приладів класу 1.

Клас 3. Випромінювачі цього класу займають перехідне положення між безпечними приладами класів 1, 2 і лазерами класу 4 (які безумовно вимагають уживання заходів по захисту персоналу).

Клас 3А. До них належать умовно безпечні випромінювачі. Вони не здатні зашкодити зору людини, але за умови не використання яких-небудь додаткових оптичних приладів для спостереження прямого лазерного випромінювання. Відповідно до цієї умови потужність видимого випромінювання безупинних лазерів підкласу 3А не повинна перевищувати 5 мВт (тобто п'ятикратного значення ДПВ для класу 2), а опромінення – 25 Вт/м^2 . Припустима енергетика для інших довжин хвиль і тривалості опромінення не повинна більш ніж у 5 разів перевищувати ДПВ для класу 2.

Клас 3Б. До них належать випромінювачі середньої потужності, безпосереднє спостереження яких навіть неозброєним (без фокусуючої оптичної системи) оком небезпечно для зору. Однак при дотриманні визначених умов – видаленні ока більш ніж на 13 см від розсіювача і часу впливу не більш 10 с – припустиме спостереження дифузно розсіяного випромінювання. Тому безупинна потужність таких лазерів не може перевищувати 0,5 Вт, а енергетична експозиція – 100 кДж/м^2 .

Клас 4. Це потужні лазерні установки, здатні пошкодити зір і шкірні покриви людини не тільки прямим, але і дифузно розсіяним випромінюванням. Значення ДПВ в даному випадку перевищують значення, прийняті для підк-

¹ - IEC 60825-1:2007 IEC 60825-1:2007 «Safety of laser products - Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide», або відповідно ГОСТ Р МЗК 60825-1-2009 Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация оборудования, требования и руководство для потребителей.

ласу 3Б. Робота з лазерними випромінювачами класу 4 вимагає обов'язкового дотримання відповідних захисних заходів.

Отже, при використанні лазерного нівеліру класу 3 необхідно вжити наступних заходів безпеки:

промінь лазера не повинен потрапляти в очі, а для унеможливлення осліплення робітників лазерним променем застосовувати захисні окуляри;

робітники не повинні залишати на шляху проходження лазерного променя дзеркал або блискучих металевих речей;

промінь лазера по можливості повинен проходити вище голови або нижче пояса робітників.

Таблиця 1

Технічні характеристики лазерних приладів

	GL422	GL722	УКЛ-1
Точність / роздільча здатність/величина зони нечутливості	$\pm 0.015\%$ (± 3.0 мм на 30м) $\pm 10,0$ кут.секунди	$+0,001\%$ (1.5 мм на 30 м), $+4,6$ кут. секунд	20-150 м – 25 мм, більше 150 м - 40 мм. $\pm 15\%$ кут. секунд
Діапазон завдання ухилів	-10 до $+15\%$ по двох осях	$\pm 10\%$ по X $0,5..25\%$ по Y	0...2%
Ширина зони керування на заданій відстаням	-		20м -0,3м 150м -2,0м 500м -5,0м
Точність кутів ухилу	0.001% до 9.999%, 0.01% при більшому ухилі		$+1,2..2,0$ см
Радіус дії	800м	900м	500*
Тип лазера / класифікація	<5 мВт 635 нм, Class 3A/3B		0,2 мВт 632,8 нм
Швидкість обертання, об/хв	300, 600	300, 600, 900	-
Час роботи від батарей	55 год		-
Робоча температура	-20° до $+50^{\circ}\text{C}$		-10° до $+40^{\circ}\text{C}$
Вага, кг	3.1	8,5	7,2

* - параметри при метеорологічній дальності видимості не менше 1000 м та зовнішньому освітленні до 40 000 лк.

УКЛ-1 забезпечує роботу до освітленості в 40 тис. лк, в той же час сонячним днем природна освітленість може сягати 100 тис. лк.

Отже, з проведеного аналізу конструкції і параметрів, даних табл. 1 можна вказати, що використання лазерних ротаційних нівелірів має ряд переваг в порівнянні з УКЛ-1: 1) більші радіуси дії (до 900 м) і можливість роботи з одного положення по декільком трасам дрен; 2) швидка установка, мінімальний час навчання й автоматична функція компенсації кутів нахилу, що дозволяють скоротити експлуатаційні витрати і підвищити продуктивність; 3) більший ресурс роботи, можливість сумісної роботи в більш сучасних 3D системах; 4) більша потужність лазера, а відповідно і можливість роботи в несприятливих погодних умовах.

Однак вони мають і певні недоліки, зокрема є можливість створення перешкод при роботі декількох машин в зоні дії одного ротаційного нівеліру, хоча частково проблему вирішують розбивкою зон дії нівеліру на 4 сегменти, з можливістю їх затемнення, а більша потужність лазера вимагає вживання спеціальних заходів безпеки при виконанні робіт.

На заміну розглянутим системам в останні роки приходять 3D системи. Тривимірна цифрова модель місцевості, створена за допомогою проектувального програмного забезпечення, завантажується в бортовий комп'ютер машини і дозволяє здійснювати повний контроль за проведенням робіт прямо з кабіни. Система позиціонування визначає положення робочого органа машини і передає цю інформацію в бортовий комп'ютер машини. Контролююче програмне забезпечення порівнює поточне положення робочого органу (будь-якої конкретної точки, на якій закріплений активний відбивач) із проектним положенням.

Отже, на прикладі системи Trimble Laser Machine Control, ми побачили, що на сьогодні техніка, яка випускається для будівництва горизонтального трубчастого дренажу обладнано сучасними системами автоматизації керування технологічним процесом вкладання дренажного трубопроводу, що дозволяє підвищити продуктивність, зменшити трудовитрати і забезпечити високу якість будівельних робіт. Однак є цілий ряд питань технічного і технологічного характеру, а також питання нормування робіт з вкладання дренажу з використанням даних систем, які необхідно вирішити для їх ефективного застосування водогосподарськими організаціями України.

1. Клімов С. В. Сучасні технології будівництва горизонтального трубчастого дренажу вузькотраншейним способом / С. В. Клімов // Вісник НУВГП. – Вип. 3(51). – Рівне : НУВГП, 2010. – С. 35-42.
2. Отчет по теме № 54-8 «Усовершенствование шнекороторного экскаватора ЭТР-206». – Ровно : УИИВХ, 1981. – 196 с.
3. <http://www.tolochin.info/2011/09/blog-post.html>.
4. <http://www.mastenbroek.com>

Рецензент: д.т.н., професор Ткачук М. М. (НУВГП)