

Smart Manufacturing: практичний досвід цифровізації виробництва

Володимир Капустяк, ТОВ «Мікрол інжиніринг»

E-mail: asutp@microl.ua

У статті представлено практичний досвід ТОВ «Таркетт Вінісін» (м. Калуш), де послідовно реалізовано системи моніторингу мікроклімату, електроспоживання та ефективності роботи виробничого обладнання. На основі зібраних даних здійснюється контроль простоїв, продуктивності та якості продукції, розраховуються OEE, AGrade, питоме енергоспоживання та виробничі втрати. Рішення побудовані на базі обладнання ТОВ Мікрол, HMI/IIoT-пристроїв Weintek та програмного середовища CODESYS. Роботи з проектування, програмування, інтеграції обладнання, монтажу та пусконаладження систем виконані ТОВ «Мікрол інжиніринг».

Сучасне промислове підприємство потребує не лише автоматичного керування технологічним обладнанням. Для підвищення ефективності необхід-но розуміти, як воно фактично працює,

скільки енергії споживає, де виникають простої, які втрати вони створюють, скільки продукції виготовлено та якою є її якість. Саме тому одним із ключових напрямів розвитку промислової автомати-

зації стають системи енергомоніторингу, збору та аналізу виробничих даних і Smart Manufacturing (рис. 1). Практичним прикладом такого підходу є комплекс проектів, реалізованих на підприємстві ТОВ «Таркетт Вінісін» із використанням обладнання та програмних рішень:

- [TOB «Мікрол»](#) — українського виробника засобів промислової автоматизації, м. Івано-Франківськ;
- ТОВ «Мікрол інжиніринг» — української інжинірингової компанії, м. Івано-Франківськ, яка виконала роботи з проектування, програмування, інтеграції обладнання, монтажу та пусконаладження систем;
- [Weintek Labs., Inc.](#) — тайванського виробника HMI, IIoT-пристроїв та програмних рішень для промислової автоматизації.



Рис. 1. Дашбординг (від англ. dashboard — панель приладів) ефективності роботи обладнання системи та Smart Manufacturing

ТОВ «Мікрол» випускає широкий спектр засобів промислової автоматизації: регулятори та контролери для керування технологічними процесами, прилади для вимірювання електричних параметрів, температури та вологості, модулі вводу/виводу, комунікаційне обладнання та інші засоби збору, обробки й передачі технологічних даних.

Обладнання Weintek забезпечує операторський і програмний рівень систем автоматизації: візуалізацію технологічних процесів, збір, обробку та архівування даних, віддалений доступ і IIoT-функції. Панелі з підтримкою CODESYS додатково дозволяють реалізовувати PLC-логіку та розрахункові алгоритми безпосередньо на HMI-пристрої.

Торгове представництво та постачання обладнання Weintek в Україні забезпечує [ТОВ «Мікрол ТД»](#), м. Івано-Франківськ.

ТОВ «ТАРКЕТТ ВІНІСІН»: СТРАТЕГІЯ ПОЕТАПНОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ

ТОВ «Таркетт Вінісін» — промислове підприємство у місті Калуш Івано-Франківської області, що входить до французької міжнародної групи Tarkett. Основним напрямом діяльності підприємства є виробництво покриттів для підлоги для побутового та комерційного застосування.

Підприємство обрало шлях поступової автоматизації та цифровізації — від простих локальних систем до комплексного моніторингу й виробничої аналітики. Замість одночасної повної модернізації послідовно впроваджуються окремі системи, кожна з яких вирішує конкретне завдання та створює основу для наступного етапу. Це дозволяє розподіляти інвестиції в часі та максимально використовувати вже створену інфраструктуру.

Реалізовано три основні проекти:

- моніторинг температури та вологості у 9 точках контролю;
- моніторинг електроспоживання 25 одиниць виробничого обладнання;
- комплексний моніторинг ефективності роботи виробничого обладнання.

Проект 1. Система моніторингу температури та вологості

Першим проектом стала система безперервного моніторингу температури та відносної вологості у виробничих і складських приміщеннях.

Організовано 9 точок контролю температури та відносної вологості (рис. 2). Система в режимі реального часу збирає й архівує дані та автоматично реагує на вихід параметрів за встановлені межі.

Для реалізації використано:

- блоки перетворення вологості та температури [БПВТ-423](#);
- модулі збору та архівування даних [MAS-100](#);
- [Weintek cMT3102X](#) із [CODESYS Runtime](#).

Окрім відображення поточних значень, виконується програмна обробка даних, зокрема розрахунок рівноважної вологості та середньозважених параметрів (рис. 3).

Для деревообробного виробництва це особливо важливо, оскільки деревина є гігроскопічним матеріалом. Середньозважена температура краще характеризує умови, у яких матеріал перебував протягом тривалого часу, ніж окреме миттєве вимірювання. Разом із відотною вологістю вона дозволяє оцінювати умови, що впливають на вологість деревини, її висихання, набухання та геометричну стабільність.



Рис. 2. Точка контролю вологості та температури



Рис. 3. Графіки вологості та температури на cMT3102X

На cMT3102X з CODESYS виконується обробка вимірних значень, виконання розрахунків, контролю допустимих меж та формування аварійних станів. Таким чином, панель одночасно виконує функції HMI та програмованого контролера (рис. 3).

При виході температури або вологості за встановлені межі система формує аварійне повідомлення. Відповідальні працівники можуть отримувати push-повідомлення та повідомлення електронною поштою. Передбачено також віддалений перегляд параметрів.

У результаті підприємство отримало безперервну автоматизовану систему контролю мікроклімату з архівуванням, розрахунковими функціями та повідомленням про відхилення.

Проект 2. Моніторинг електроспоживання 25 одиниць обладнання

Наступним етапом стала система індивідуального моніторингу електроспоживання та параметрів електричної мережі виробничого обладнання.

До системи підключено 25 об'єктів моніторингу.

Для реалізації використано:

- індикатори параметрів трифазної мережі [ІПМ-103](#);
- модулі збору та архівування даних [MAS-100](#);
- безекранний HMI/IIoT-пристрій [Weintek cMT-FHDX820](#).



Рис. 4. Точка вимірювання параметрів електричної енергії



Рис. 5. Візуалізація споживання електроенергії у Weintek cMT Viewer

ІПМ-103 вимірюють напругу, струм, частоту, активну, реактивну та повну потужність, а також коефіцієнт потужності (рис. 4).

Дані через RS-485/Modbus RTU, MAS-100 та локальну мережу передаються на cMT-FHDX820.

Для кожного підключеного споживача можна аналізувати:

- момент запуску;
- поточні та пікові навантаження;
- споживання під час продуктивної роботи та простою;
- споживання за зміну та добу;
- історію зміни електричних параметрів.

Особливе значення має контроль електроспоживання під час простоїв. Обладнання може не випускати продукцію, але продовжувати споживати електроенергію. Індивідуальний моніторинг дозволяє виявляти таке непродуктивне споживання (рис. 5).

Weintek cMT-FHDX820 (рис. 6) використовується як центральний HMI/IIoT-пристрій системи. Він забезпечує збір, архівування та візуалізацію даних, перегляд поточних і історичних значень, побудову мнемосхем і дашбордів.

HMI-проект створюється у Weintek EasyBuilder Pro, а для віддаленого доступу використовується [cMT Viewer](#).

[EasyBuilder Pro](#) — безплатне програмне середовище Weintek, призначене для створення HMI-проектів, мнемосхем, трендів, аварійних повідомлень, архівів та засобів взаємодії з оператором. Створення й розширення HMI-про-



Рис. 6. Weintek cMT-FHDX820

ектів не потребує придбання окремої ліцензії на середовище розробки.

Таким чином, на базі cMT-FHDX820 реалізовано локальний диспетчерський рівень, який дозволяє аналізувати режими роботи обладнання та виявляти непродуктивне споживання електроенергії.

Проект 3. Комплексний моніторинг ефективності виробничого обладнання

Найбільш комплексним етапом автоматизації стало створення системи моніторингу фактичної роботи виробничих верстатів. Основним завданням було отримати достовірну інформацію про те, скільки часу обладнання реально працює, скільки простоє, з яких причин виникають зупинки, яку кількість продукції виготовлено, якою є її якість та наскільки ефективно використовується обладнання протягом зміни.

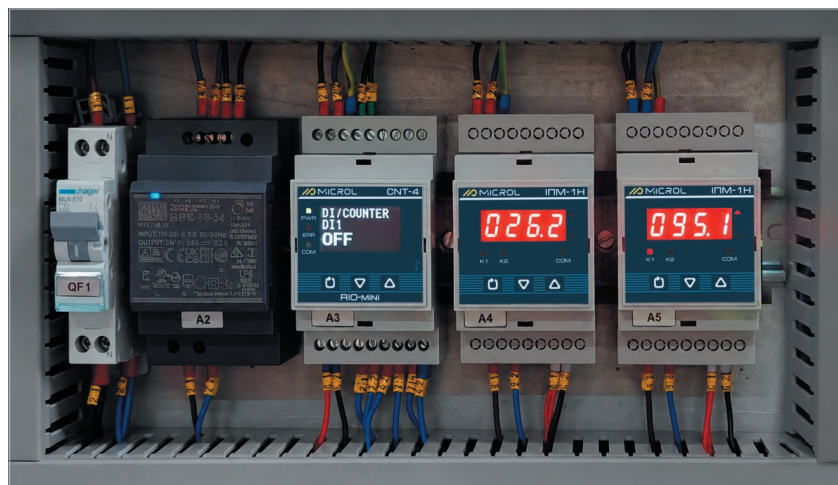


Рис. 7. Контур збору та обробки виробничої інформації



Рис. 8. Екран оператора станка

Важливою умовою було те, що нова система не повинна втручатися у штатне керування верстатами. Тому її реалізовано як паралельний контур збору та обробки виробничої інформації, який отримує необхідні сигнали від обладнання, але не змінює його базові алгоритми роботи.

Для збору первинної інформації використовуються CNT-1, ІПМ-1Н, ТНМ-1 та RIO-mini DI8 (рис. 7) виробництва ТОВ «Мікрол»:

- **CNT-1** застосовується для підрахунку продукції, імпульсів від датчиків та інших технологічних подій.
- **ІПМ-1Н** використовується для вимірювання аналогових сигналів постійного струму та напруги.
- **ТНМ-1** забезпечує контроль частоти обертання або швидкості руху механізмів та облік напруження.
- **RIO-mini DI8** отримує дискретні сигнали стану обладнання, датчиків, кінцевих вимикачів та інших технологічних сигналів.

Уся отримана інформація передається на HMI **Weintek cMT3162X** із **CODESYS Runtime**. У цьому проекті cMT3162X використовується не лише як операторська панель, а і як платформа виконання програмної логіки та розрахункових алгоритмів.

У CODESYS реалізовано визначення часу роботи та простою, накопичення статистики за зміну, класифікацію причин простоїв, підрахунок продук-

ції, облік якісної та дефектної продукції, розрахунок продуктивності, OEE, AGrade, питомого енергоспоживання, напруження, моторесурсу та економічних показників.

Таким чином, прилади Мікрол формують рівень отримання первинних виробничих даних, а cMT3162X із CODESYS забезпечує їх обробку, розрахунок показників та операторську візуалізацію (рис. 8).

МОНІТОРИНГ РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ, ПРОСТОЇВ І ВИРОБНИЧИХ ВТРАТ

На підприємстві використовується 12-годинний режим роботи зміни. Після її початку система автоматично накопичує статистику та визначає періоди продуктивної роботи і простою.

Для кожної зміни розраховуються тривалість продуктивної роботи та про-



Рис. 9. Встановлений в цеху екран з показниками роботи зміни в реальному часі

Вікно внесення дефектів контролю

Перелік дефектів контролю

Д1 - Відлашана ламела	0	шт	Д12 - Механічне пошкодження	0	шт
Д2 - Розламаній ВШ	0	шт	Д13 - Невідповідність довжини	0	шт
Д3-Т Тріснула з торця	0	шт	Д14 - Слід від фолії	0	шт
Д3-В Тріснула (внутрішні)	0	шт	Д15 - Перепад по висоті	0	шт
Д4 - Вибитий кутик	0	шт	Д16 - Інші	0	шт
Д5 - Нема кута	0	шт	Д17 - Засохлий клей	0	шт
Д6 - Помилка сортування	0	шт	Д18 - Зазубрили	0	шт
Д7 - Зазори по довгій стороні	0	шт	Д19 - Слід від пили	0	шт
Д8 - Зазори по короткій стороні	0	шт	Д20 - ВШ пошкоджений	0	шт
Д9 - Нанесений клей	0	шт	Ремонт	0	шт
Д10 - Збій Матриці	0	шт	Переглянута	0	шт
Д11 - Ламела на ламелу	0	шт			

Налаштування продукту

Порода	Тип продукту	Ширина	Довжина
дуб	Salsa	200.1	2288.7
ясень	Rumba		2542.8
бук	Tango		2034.4
береза	Professional Salsa XL		
дуб	Salsa	200.1	2288.7

Підтвердити

Завершити внесення

Дата	Час	Д01	Д02	Д03	Д04	Д05	Д06	Д07	Д08	Д09	Д10	Д11	Д12	Д13	Д14	Д15	Д16	Д17	Д18	Д19	Д20	Ремонт, шт	Ремонт, м2	Переглянута	A Grade m2	Scrap m2	A Grade %	Scrap %	Euro	Порода	Продукт	Довжина	Ширина
21/09/2026	15:24	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0	820.2	4.1	99.5	0.5	51.5	дуб	Salsa XL	2288.7	200.1
21/09/2026	15:24	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	дуб	Salsa XL	2288.7	200.1
21/09/2026	15:22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	675	307.3	1.8	99.4	0.6	23.8	дуб	Salsa XL	2288.7	200.1
21/09/2026	15:21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	720	324.2	5.5	98.3	1.7	-6.7	дуб	Rumba	2288.7	200.1
21/09/2026	15:21	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	720	325.2	4.6	98.6	1.4	-0.2	дуб	Rumba	2288.7	200.1
21/09/2026	15:20	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	720	325.2	4.6	98.6	1.4	-0.2	дуб	Rumba	2288.7	200.1
18/09/2026	11:26	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	дуб	Rumba	2288.7	200.1
18/09/2026	08:18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.9	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	720	326.5	3.2	99.0	1.0	9.6	дуб	Tango	2288.7	200.1
17/09/2026	17:40	0.0	0.0	0.5	1.4	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	дуб	Rumba	2288.7	200.1
17/09/2026	16:54	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10	4.6	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	дуб	Tango	2288.7	200.1

Рис. 10. Екран введення видів дефектів контролю

стю, фактична продуктивність, кількість виготовленої продукції, кількість якісної та дефектної продукції, а також електроспоживання. Показники оновлюються протягом зміни, тому оператор і керівництво бачать не лише підсумковий результат, а й поточний стан виробництва.

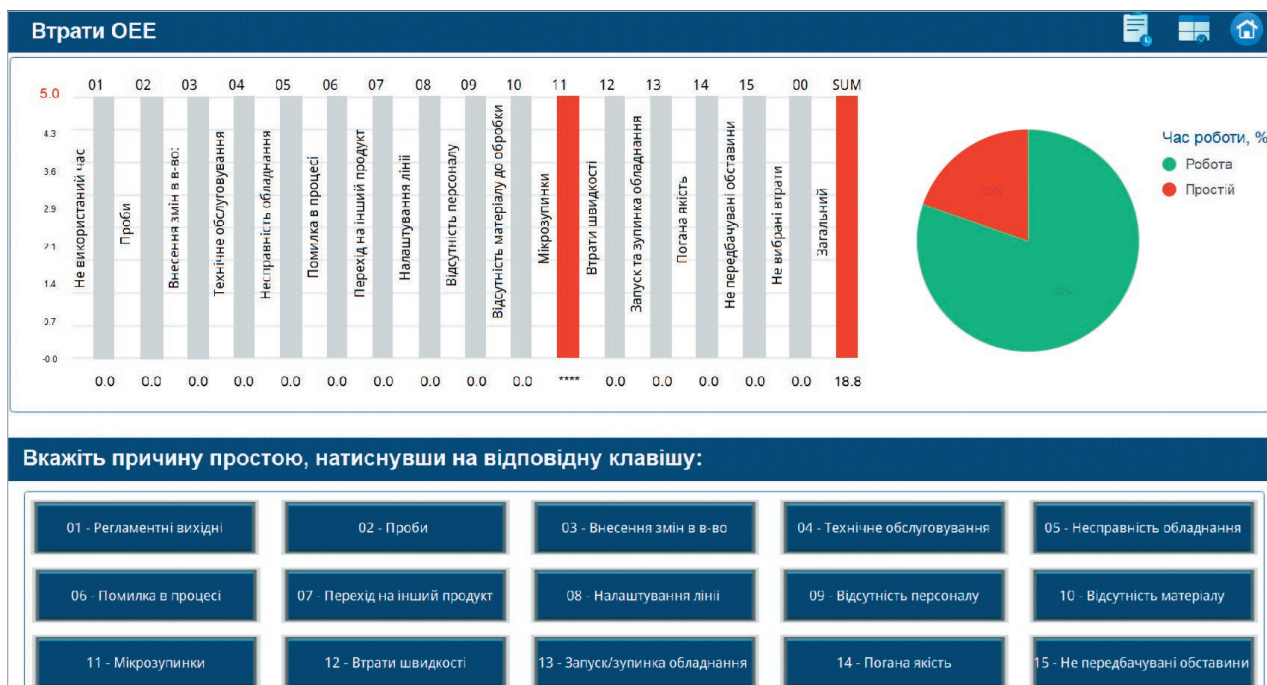
При кожній зупинці система автоматично фіксує початок і тривалість простою, а оператор може вибрати його

причину. Передбачено до 15 категорій втрат часу, серед яких переналагодження, очікування матеріалу, технологічні зупинки, технічне обслуговування, ремонт, відсутність оператора, очікування суміжних операцій та інші організаційні або технологічні причини.

У результаті формується не лише загальний час простоїв, а й структура виробничих втрат, що дозволяє визна-

чати основні причини непродуктивного часу.

Для оперативного контролю ключові показники поточної зміни додатково виводяться на великий телевізор (рис. 9), встановлений безпосередньо у цеху. Персонал у реальному часі бачить продуктивність, виконання плану, кількість виготовленої продукції, продуктивний час, простої, OEE та показ-



Вкажіть причину простою, натиснувши на відповідну клавішу:

01 - Регламентні вихідні

02 - Проблеми

03 - Внесення змін в в-во

04 - Технічне обслуговування

05 - Невправність обладнання

06 - Помилка в процесі

07 - Перехід на інший продукт

08 - Налаштування лінії

09 - Відсутність персоналу

10 - Відсутність матеріалу

11 - Мікрозупинки

12 - Втрати швидкості

13 - Запуск/зупинка обладнання

14 - Погана якість

15 - Не передбачувані обставини

Рис. 11. Екран розрахунку OEE (загальна ефективність обладнання)



Рис. 12. Візуалізація техпроцесу на WEINTEK cMT3162X 15

ники якості. Це дозволяє реагувати на відхилення безпосередньо під час зміни.

Паралельно система веде облік кількості та якості продукції. Окремо реєструються загальна кількість продукції, якісна та дефектна продукція, типи дефектів, відсоток якісної продукції та рівень браку (рис. 10). Для додаткової оцінки виходу якісної продукції використовується показник AGrade.

Оцінка ефективності, енергоспоживання та економічного результату

На основі накопичених даних система автоматично розраховує OEE (Overall Equipment Effectiveness) (рис. 11), який враховує три основні складники: доступність $\times$ продуктивність $\times$ якість.

Таким чином, ефективність обладнання оцінюється комплексно. Висока швидкість роботи сама по собі не забезпечує високого результату, якщо обладнання часто простоє або виробляє значну кількість дефектної продукції.

OEE розраховується протягом зміни, що дозволяє оперативно оцінювати фактичну ефективність використання обладнання.

Виробничі показники також можуть переводитися у фінансовий еквівалент, наприклад: простій $\rightarrow$ зниження продуктивності $\rightarrow$ недовипуск продукції $\rightarrow$ фінансова втрата.

При перевищенні планових показників система аналогічно може показувати позитивний економічний результат.

Поєднання інформації про електроспоживання та фактичний випуск якісної продукції дозволяє розраховувати кВт-год/одиночку якісної продукції. Такий показник характеризує не просто загальне споживання електроенергії, а реальну енергоефективність виробничого процесу.

Додатково система забезпечує облік напруження та моторесурсу обладнання, ідентифікацію оператора, архівування основних показників, експорт даних у Microsoft Excel та віддалений перегляд інформації (рис. 12).

У результаті підприємство отримало єдину систему моніторингу, яка поєднує дані про роботу обладнання, простої, продуктивність, якість, енергоспоживання та економічний результат.

НАСТУПНИЙ ЕТАП – MICROSOFT SQL SERVER ТА POWER BI

Наступним етапом розвитку системи планується централізація виробничих даних у Microsoft SQL Server та використання Microsoft Power BI для їх подальшого аналізу і візуалізації.

До єдиної бази можуть надходити дані про мікроклімат, енергоспоживання, роботу обладнання, простої та їх причини, продуктивність, випуск і якість продукції, OEE, AGrade, моторесурс та роботу операторів.

Microsoft SQL Server виконуватиме функцію централізованого сховища виробничої інформації, а Power BI — інструмента для побудови аналітичних моделей, звітів та інтерактивних дашбордів.

Для створення звітів і дашбордів можна використовувати безплатний Power BI Desktop, що дозволяє розпочати впровадження виробничої аналітики з мінімальними початковими витратами на програмне забезпечення.

Значна частина вже реалізованих функцій — контроль роботи обладнання, облік продукції, аналіз простоїв і якості, розрахунок OEE, контроль енергоспоживання та інших виробничих показників — належить до завдань, які також вирішуються MES-системами. Водночас впровадження повноцінної MES може потребувати значних інвестицій у програмне забезпечення, інтеграцію, серверну інфраструктуру та подальший супровід.

Обраний поетапний підхід на базі Мікрол, Weintek та CODESYS дозволяє реалізовувати необхідні підприємству функції поступово, використовуючи вже створену інфраструктуру та розширюючи систему відповідно до виробничих потреб. При цьому накопичені дані та наявні канали їх отримання можуть у майбутньому використовуватися для інтеграції з MES або іншими корпоративними інформаційними системами.

Такий підхід дозволяє отримувати практичний результат на кожному етапі цифровізації, контролювати обсяг інвестицій і поступово формувати єдине інформаційне середовище виробництва.

Більш детальну інформацію щодо продукції, про яку йшла мова у статті, ви можете дізнатися у ТОВ «Мікрол»:

**+38 (0342) 502-701,
+38 (067) 359-70-90,
+38 (095) 092-07-28,
sale@microl.ua,
microl_zbut@microl.ua,
zbutmicrol@gmail.com,
www.microl.ua**

та у представництві компанії Weintek Labs., Inc. в Україні:

**+38 (067) 359-70-90,
+38 (095) 092-07-28,
sale@weintek.in.ua,
www.weintek.in.ua**

Відділ технічної підтримки:

**+38 (0342) 502-702,
+38 (067) 704-00-29,
+38 (095) 302-37-57,
support@microl.ua,
supmicrol@gmail.com**