

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Представництво Польської академії наук в Києві  
Польська академія наук Відділення в Любліні  
Академія інженерних наук України  
Українська асоціація аграрних інженерів

Міністерство  
освіти і науки  
України



122 річниці НУБіП України присвячується

**ЗБІРНИК**  
**ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**  
**XVI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**  
**«РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ В ТЕХНІЦІ»**  
*з нагоди 89-ї річниці від дня народження*  
**МОМОТЕНКА**  
*Миколи Петровича*  
*(1931-1981)*

**TechEnergy 2020**

*19-22 травня 2020 року*  
*м. Київ*

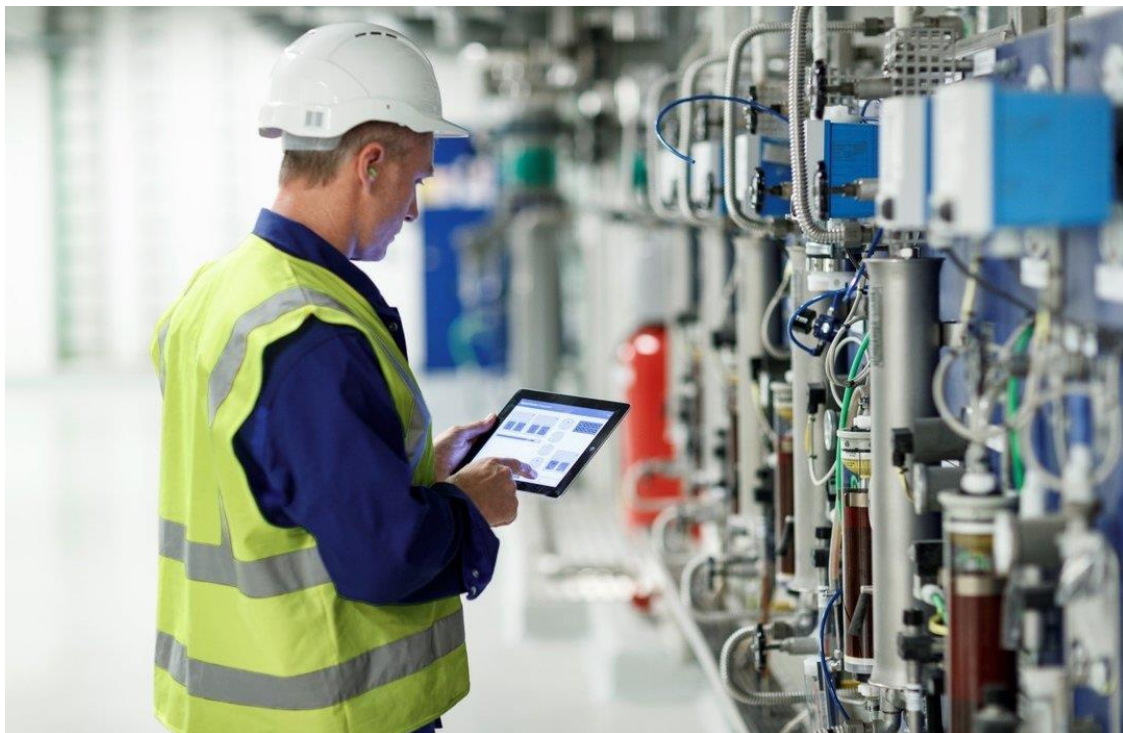
УДК 631.331.85

## **ОСОБЛИВОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ В ЧЕТВЕРТІЙ ПРОМИСЛОВІЙ РЕВОЛЮЦІЇ**

***Н. В. Діденко, аспірант***

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
м. Київ, Україна*

Матеріальний світ поєднується з віртуальним і породжує нові підходи та бізнес-моделі. Виробники заробляють більше та інвестують у покращення якості продукції та послуг



Термін "Індустрія 4.0" з'явився в Європі ще в 2011 році. На одній із промислових виставок у Ганновері уряд Німеччини заговорив про необхідність більш широкого застосування інформаційних технологій у виробництві. Спеціально створена для цього група офіційних осіб та професіоналів розробила стратегію перетворення виробничих підприємств країни на "розумні".

Цей приклад наслідували й інші країни, які активно опановують нові технології. А сам термін "Індустрія 4.0" почали використовувати як синонім четвертої промислової революції. Суть її полягає в тому, що матеріальний світ сьогодні зливається з віртуальним, у результаті чого створюються нові кіберфізичні комплекси, які поєднані в єдину цифрову екосистему. Роботизоване виробництво та "розумні" заводи — один із компонентів трансформованої галузі.

Четверта промислова революція означає все більшу автоматизацію абсолютно всіх процесів та етапів виробництва: від цифрового проектування виробу, створення його віртуальної копії — до віддаленого налаштування обладнання на заводі відповідно до технічних вимог для випуску цього конкретного "розумного" продукту. Виробник автоматично замовляє необхідні компоненти в потрібній кількості, контролює їхню поставку, має можливість відслідковувати шлях готового продукту від складу на фабриці та магазину до кінцевого клієнта. Але й після продажу компанія не забуває про свій продукт, як це було раніше у класичній моделі, а контролює умови його використання, може віддалено змінювати налаштування, оновлювати програмне забезпечення, попереджати клієнта про можливу несправність, а під кінець циклу використання — приймати продукт на утилізацію.

Так, зараз виробляють що завгодно — від "розумних" чайників та сковорідок до смартфонів. Минулого року Apple розпочала програму переробки старих айфонів: роботи розбирають їх, знімають найцінніші деталі, які потім знову використовуються, а все інше утилізується, до того ж із мінімальною шкодою для навколишнього середовища. Концепцію "Індустрії 4.0" часто зображають у вигляді математичного знака безкінечності — він ілюструє цей нескінченний цикл взаємодії виробника з продуктом та клієнтом.

Принципи побудови Індустрії 4.0. Німці сформулювали кілька основних принципів побудови "Індустрії 4.0", дотримуючись яких компанії можуть впроваджувати сценарії четвертої промислової революції на своїх підприємствах.

Перший — це сумісність, що означає здатність машин, пристроїв, сенсорів та людей взаємодіяти один з одним через інтернет речей (IoT).

Це веде до наступного принципу — прозорості, яка з'являється у результаті такої взаємодії. У віртуальному світі створюється цифрова копія реальних об'єктів, систем, функцій, яка точно повторює все те, що відбувається з її фізичним клоном. Внаслідок цього накопичується максимально вичерпна інформація про всі процеси, які відбуваються з обладнанням, "розумними" продуктами, виробництвом у цілому і так далі. Для цього потрібно забезпечити можливість збору всіх цих даних із сенсорів та датчиків, а також з обліку контексту, у якому вони генеруються.

Технічна підтримка — третій принцип "Індустрії 4.0". Комп'ютерні системи допомагають людям приймати рішення завдяки збору, аналізу та візуалізації всієї інформації, про яку говорилося вище. Ця підтримка також може полягати у повному заміщенні людей машинами при виконанні небезпечних чи рутинних операцій.

Четвертий принцип — деталізація управлінських рішень, делегування деяких із них кіберфізичним системам. Ідея полягає в тому, щоб автоматизація була настільки повною, наскільки це взагалі можливо: всюди, де машина може ефективно працювати без втручання людей, рано чи пізно повинно відбутися заміщення людини машиною. Співробітникам при цьому відводиться роль контролерів, які можуть приєднатися в екстрених ситуаціях.

Внаслідок переходу промисловості на ці принципи відбуваються також зміни у бізнес-моделях. Так, замість того, аби сфокусуватись на заощадливому виробництві, компанії прагнуть запровадити випуск персоналізованої масової продукції за принципом Agile і переходять на випуск партій розміром в один-єдиний продукт. При цьому зберігається принцип економії: роботизоване виробництво більш енергоефективне, воно супроводжується меншою кількістю відходів та браку.

Ідея в тому, щоб автоматизація була настільки повною, наскільки це взагалі можливо. Співробітникам при цьому відводиться роль контролерів

Трансформація виробничої галузі називається революцією саме тому, що зміни відбуваються не поверхневі, а радикальні: індустрія перебудовується згори донизу. Змінюються бізнес-моделі, народжуються нові компанії, а

всесвітньовідомі бренди з довгою історією просто зникають, якщо не встигають вступити до лав цифрових революціонерів. Клієнти змінили свою поведінку, вони хочуть індивідуального підходу та унікальних товарів.

Представники покоління так званих native digital, які виростили в епоху інтернету, звикли до того, що перед ними відкрито цілий світ пропозицій: мільйони варіантів принтів на футболках, усі відтінки джинсів, яка завгодно техніка та меблі на відстані одного кліку. Вони стараються підкреслити свої індивідуальні особливості та виразити настрій.

Підприємствам, що звикли виробляти однакові речі, доводиться змінюватись. Впровадження принципів "Індустрії 4.0" дозволяє отримати низку переваг, що не були доступні в традиційних моделях минулого. Наприклад, тепер компанії можуть досягнути індивідуального підходу та персоналізувати замовлення згідно з особистим уподобанням клієнтів, що стрімко підвищує їхню лояльність. Старі заводи та фабрики перетворюються на "розумні" та починають випускати буквально унікальні продукти за індивідуальним замовленням. При цьому знижуються питомі витрати на виробництво одиниці продукції, компанії отримують можливість продукувати унікальний персоналізований продукт за ціною масового стандартизованого продукту.



Наприклад, сьогодні ви можете, сидячи в кафе на Хрещатику, завантажити додаток Nike або зайти на сайт компанії, вибрати модель кросівок, розмалювати їх кольорами улюбленої футбольної команди, оплатити покупку та отримати її за кілька тижнів. І коштувати це буде \$120, не враховуючи

вартості доставки, — не дорожче за звичайні неперсоналізовані кросівки цієї ж компанії. Виробник отримує можливість пропонувати клієнтам більшу кількість унікальних опцій для свого продукту, що стає додатковим джерелом прибутку та підвищує маржинальність бізнесу.

За індивідуальним замовленням можуть вироблятися і двигуни, і сервери, і взагалі будь-що. На заводі Fujitsu Siemens у німецькому місті Аугсбург випускаються комп'ютерні системи та сервери буквально в одному екземплярі для конкретного замовника.



Витрати на випуск продукції за індивідуальним замовленням на підприємстві з високим рівнем автоматизації невеликі: якщо раніше під кожен таку пару кросівок довелося б переналаштовувати обладнання вручну, то зараз комп'ютерна система за лічені секунди робить це самостійно. Роботизація заводів Tesla, що випускають електромобілі, дозволила компанії розгорнути виробництво не в Китаї, а в Каліфорнії. Це виявилось дешевше, ніж оплачувати працю китайських робітників і транспортування готових машин. Четверта промислова революція не тільки змінює бізнес окремих компаній — вона впливає на розстановку сил на глобальному рівні. Хто б міг подумати, що виробник автомобілів, якому немає й десяти років (Tesla заснована у 2008 році), зможе обігнати по капіталізації лідера другої промислової революції, яка відбулась у результаті винаходу конвеєра та переходу на масове виробництво, — Ford Motors.

Завдяки новим технологіям й інший відомий виробник — компанія Adidas — переносить своє виробництво назад до Німеччини. На новій фабриці всі операції будуть виконувати роботи. Це не тільки оптимізує виробництво, але й суттєво збільшить швидкість.

Ресурси для змін. Не всі компанії з довгою історією переживуть цю хвилю цифрової трансформації. 52% компаній з рейтингу Fortune 500 за 2000 рік сьогодні вже не існує. Але ті, які зможуть трансформуватись, матимуть вдвічі більший вигравш: споживачі лояльні до брендів, які вони поважають, і готові залишатися з ними, якщо ті переходять на індивідуальний формат. Так, наприклад, акції компанії Harley-Davidson після трансформації бізнесу в партнерстві та завдяки впровадженню принципів Індустрії 4.0 зросли у ціні в 7 разів за шість років. І це незважаючи на те, що компанія пережила серйозне падіння попиту на свою продукцію через економічну кризу. Тепер можна замовити свою особисту модель легендарного Harley в улюблених кольорах та отримати її вже за 6 годин одразу із заводу.

Виробнича компанія BRP-Rotax змогла налагодити виробництво персоналізованих моторів для легких літаків, снігоходів та автомобілів для картингу. Лояльність клієнтів, які тепер можуть отримувати двигуни відповідно до власних уподобань та під конкретні потреби, значно виросла — як і продажі BRP-Rotax.

Перехід на "розумне" виробництво, звичайно, не така вже й проста справа. Якщо компанія використовує застарілу ERP-систему, то це може виявитись "вузьким місцем" під час впровадження принципів Індустрії 4.0. Якщо потрібна індивідуальна конфігурація для виробництва десятків тисяч готових виробів, то об'єм даних зростає на декілька пунктів, і підтримати таку кількість інформації здатна тільки спеціально створена для цього система. Така, як, наприклад, SAP S/4HANA — ERP-система нового покоління, корпоративне рішення для управління ресурсами підприємства.

Система розроблена з урахуванням найсучасніших технологій: підтримкою Інтернету речей, машинного навчання, обробки великих об'ємів даних в оперативній пам'яті. Вона вміє вирішувати задачі, які раніше, через недостатній розвиток технологій та невиправдано високі витрати на людські ресурси, було важко реалізувати.

Наприклад, один із клієнтів SAP виробляє один двигун кожні вісім секунд на трьох виробничих лініях. На такому комплексному виробництві для індивідуального замовлення клієнта необхідно виконати десять тисяч матеріальних транзакцій за хвилину. Завдяки використанню S/4HANA компанія виробляє списання компонентів у режимі реального часу без необхідності пакетної обробки наприкінці кожної зміни. Це дозволяє кожній миті мати актуальну інформацію про залишки товарно-матеріальних цінностей. Система підтримує функціональність точного планування виробництва та можливість максимального планування логістичної мережі на єдиних основних даних та в одній системі. Це суттєво підвищує точність та оперативність планування.

За сучасних умов ринкової економіки актуальним є питання правильної підготовки наявної техніки до проведення збиральних робіт. Техніка, яку сезонно використовують (наприклад, зернозбиральні комбайни), має бути виведена на лінійку готовності не пізніше, як за 20 днів до початку виконання агротехнічних робіт.

За сучасних умов ринкової економіки актуальним є питання правильної підготовки наявної техніки до проведення збиральних робіт. Техніка, яку сезонно використовують (наприклад, зернозбиральні комбайни), має бути виведена на лінійку готовності не пізніше, як за 20 днів до початку виконання агротехнічних робіт.

Розглядаючи питання про проведення робіт із підготовки до збирання зернових культур, слід зауважити, що життя наполегливо вказує на потребу вирішувати його комплексним шляхом, а саме: із застосуванням сучасних, передових технологій передпольової підготовки машин та новітніх знань про технічне обслуговування й ремонт машин в аграрних господарствах нашої країни.

Нині дедалі активніше пропагують запозичений із досвіду західних країн метод проведення ремонтно-обслуговуючих робіт на відмову. За наявності широкої мережі дилерських і обслуговуючих регіональних центрів реалізація такого методу може бути виправданою за широкого резервування основних машин у парках господарств. В умовах же сучасного господарювання в нашій країні використання методу ремонту та обслуговування на відмову є невиправданим і може призвести до катастрофічних наслідків. Невчасне постачання в господарство потрібних запасних частин, вузлів і агрегатів спричинить простої машин і комбайнів під час збирання зернових культур і втрату врожаю. Впроваджена раніше в нашій країні планово-запобіжна система проведення ремонтно-обслуговуючих робіт є найсприятливішою і найефективнішою. Вона дає змогу вчасно поставити на лінійку готовності зернозбиральну техніку й провести збирання зернових культур без збоїв — у визначені агротехнічні строки.

Для цього, насамперед, слід привести до ладу наявні в господарствах машини, які були задіяні в збиранні врожаю торік або й списані. Відомо, що до комплексу основних машин для збирання зернових культур входять такі: зернозбиральні комбайни СК-5, СК-6, СКД-5, “ДОН-1200”, “ДОН-1500”, “ЛАН”; іноземного виробництва John Deere; Claas; Case New Holland тощо, а також транспортні засоби (трактори з причепами й автомобілі) та засоби навантаження. Стан справ, що склався з підготовкою зернозбиральної техніки до проведення збиральних робіт у багатьох господарствах, потребує від механізаторів вжиття невідкладних заходів для прискорення темпів ремонтно-обслуговуючих робіт. Дальшого поліпшення й вдосконалення потребує організація технічного обслуговування машинно-тракторного парку, а також виконання ремонтно-обслуговуючих робіт перед постановкою техніки на лінійку готовності. Важливою умовою підготовки зернозбиральних машин до сезону є підготовка, передусім, молотильного апарата.

Головною частиною кожного з комбайнів є молотильний агрегат, від дієздатності якого залежить ефективність роботи машини. Основними дефектами молотильного барабана комбайна є: спрацювання бичів, деформація вала, порушення балансування, а іноді порушення цілісності остову барабана. На збільшення ресурсу молотильного агрегату впливають здебільшого стан остову барабана, підшипникових вузлів і динамічна незрівноваженість самого барабана. Під час ремонту молотильного агрегату застосовують спеціальний стенд, який оснащено пневматичним і гідравлічним інструментом, а це дає змогу підвищити продуктивність праці під час ремонтних робіт на 15–20 відсотків.

Пошкоджені бичі, а також такі, що мають спрацювання до висоти менше 4 мм, замінюють новими. Радіальне биття барабана перевіряють за допомогою лінійки; воно не має перевищувати 1 мм. Несправність усувають підбором бичів за товщиною або кладуть під них прокладку завтовшки 1 мм. Якщо один чи кілька бичів замінюють новими, їх обов'язково підбирають за масою. Різниця в масі нового й того, що міняють, не має перевищувати 10 грамів.

Потреба у ремонті барабана спричинена його прогинанням на більш ніж 0,5 мм. З вала знімають корпус підшипників, а барабан встановлюють на ложе стенда, яке може підніматися чи опускатися за допомогою пневматичного циліндра, при цьому вал опирається на призми і його закріплюють притискачами. Зафіксований вал правлять гідропневмопресом із зусиллям на штоку 40 кН і перевіряють величину прогинання за допомогою індикатора.

Відремонтований барабан балансують спочатку на роликовому механізмі статично. Величина незрівноваженості молотильного барабана має бути такою, щоб вантаж масою 37 г, який прикладають на радіусі барабана, виводив його із стану рівноваги.

Тріщини на бічних дисках барабана усувають з допомогою зварювання і встановлення підсилювальних кілець, як це показано на рис. 1. Кільця виготовляють із сталі Ст.3 і приварюють до диска барабана перервним швом, а до ступки — суцільним.

Під час ремонту барабанів може з'явитися їхня незрівноваженість, яка спричинена зміною положення бичів, хибною установкою балансувальних пластин, наявністю зазорів у підшипниках, а також збільшенням прогинання вала. За статичного балансування барабана на стенді під гайки болтів кріплення бича підкладають шайби. Зрівноважувальні вантажі розміщують рівномірно за всією довжиною або симетрично з торців барабана й вирівнюють масу протилежних бичів. Правильне встановлення зрівноважувальних шайб дає підстави вважати барабан статично зрівноваженим за умови, що після обертання барабан зупиняється в довільному положенні. Шків балансують окремо.

Надійність і довговічність відремонтованих комбайнів залежить від величини динамічного дисбалансу молотильних барабанів, маса яких становить 150 кг, робоча частота обертання — 1500–1800 об./хв. Динамічне балансування барабанів здійснюють на балансувальних машинах БМ-У4, які за допомогою

спеціальних електронно-вимірювальних пристроїв показують величину й місце розміщення дисбалансу на лівому й правому боці барабана. Стенд для динамічного балансування барабанів наведено на рис. 2.

Під час експлуатації зернозбиральних комбайнів спостерігають значні деформації, особливо каркаса, як наслідок потрапляння в молотильний апарат разом із хлібною масою сторонніх предметів. Відтак, наявне значне спрацювання поздовжніх планок, притуплення робочих граней планок підбарабання. Це погіршує результати обмолоту.

Підбарабання із спрацьованими передніми робочими гранями перевертають на  $180^\circ$  для роботи спрацьованими крайками планок. За поздовжнього й поперечного згину планок більш як на 2 мм каркас підбарабання правлять без знімання прутів на стенді з профільною оправкою, в якій поверхня виконана за радіусом  $287 \pm 1$  мм, що дорівнює радіусу підбарабання. Стенд для виправлення підбарабання подано на рис. 3.

До комплекту стенда входить пристосування для виправлення планок підбарабання і радіусний шаблон для контролю геометрії робочої поверхні підбарабання.

За горизонтального згинання планок підбарабання встановлюють на стенд робочою поверхнею вгору й фіксують. У перехресті поздовжніх планок із поперечними або прутками на ділянках найбільшої деформації вставляють стійки важеля, підводять упор до місця найбільшої деформації і правлять планки. Для виправлення планок у вертикальній площині виводять фіксатори з отворів передніх втулок щік, повертають підбарабання на  $180^\circ$  навколо стержнів фіксаторів і вкладають його робочою поверхнею на оправку. Лапки притискачів заводять у вільні отвори втулок щік і притискають підбарабання до оправки гвинтами. Різкими ударами молота виправляють планки й каркас підбарабання. Перевіряють якість роботи лінійкою і шаблоном із радіусом 287 міліметрів.

Спрацьовані торці планок підбарабання до висоти менше 25 мм наплавляють до висоти 30 мм. Наплавлені робочі грані планок проточують на переобладнаному верстаті РР-4А.

У молотильного апарата зазори регулюють так, як показано на рис. 6, гвинтами 3 й тягами 8 за закріпленого важеля 5 на першому секторі 6. У комбайнів “Дон” цей зазор регулюють стяжними гайками 2 і 4. Від величини цього зазора залежать пропускна здатність комбайна та якість обмолоту. Механізм регулювання частоти обертання барабана комбайнів “Дон” регулюють спеціальним болтом, який обмежує хід маточини шківів.

Відстань від торців бил бильного й торців планок штифтового барабанів до першого переходу кінця вала з боку встановлення приводного шківів має становити  $245,0 \pm 1,0$  мм, а у комбайнів “Дон” — від першого переходу вала до маточини крайнього диска остова барабана —  $164,0 \pm 2,5$  мм. Біла з правим і лівим напрямом нахилу рифів встановлюють почергово. Зазори між билем і підбилем допускаються не більше 1,0 мм. Виступання бил відносно підбил допускається не більше 2,0 мм. Радіальне биття бил відносно опорної поверхні

вала за всією шириною барабана не має перевищувати 1,0 мм. Допускається балансування барабана на власних підшипниках без знімання його з комбайна. Молотильний барабан встановлюють симетрично панелям молотарки, а зазори між торцями барабана й панелями молотарки мають сягати не менше 5,0 мм. До того ж, різниця відстаней не має перевищувати 2,0 мм. Після виконання повного комплексу складальних робіт перевіряють кріплення підшипників, шківів, зірочок на валах і величину затягування нарізних з'єднань.

По закінченні регулювальних і складальних робіт комбайн обкатують на місці й на ходу. Перед проведенням обкатування всі механізми змащують відповідно до карти мащення, що відповідає вимогам інструкції з експлуатації. Обкатують комбайни на місці протягом 10 хв за частоти обертання головного контрпривідного вала 700,0–750,0 хв<sup>-1</sup>. Якщо під час обкатування чуються сторонні шуми чи стукіт або виникають пошкодження, процес припиняють, усувають усі виявлені несправності, потім повторюють знову. Обкатують комбайни на ходу на першому, другому, третьому (для комбайнів “Дон”) діапазонах по 10 хв.; на третьому (див. раніше), четвертому й діапазоні заднього ходу — по 5 хв. Під час обкатування комбайна на ходу перевіряють справність роботи механізмів ходової частини та гальмівної системи. Відремонтований комбайн під час підготовки до проведення збиральних робіт має бути обладнаний пристроями та засобами, що запобігають втратам зерна і передбачені конструкцією комбайна. Отже, для підтримання високого рівня дієздатності зернозбиральної техніки потрібне вчасне проведення операцій, які передбачено системою технічного обслуговування й ремонту машинно-тракторного парку.