



УДК 621: 631.3:519.711.3

DOI: 10.37128/2520-6168-2020-1-11

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДИКИ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Веселовська Наталія Ростиславівна, д.т.н., проф.
Вінницький національний аграрний університет
Natalia Veselovska, PhD, Professor
Vinnitsia National Agrarian University

Проблема забезпечення необхідної якості та експлуатації властивостей деталей машин набуває в машинобудуванні все більш важливого значення. Проте до теперішнього часу не розроблені узагальнені теоретичні залежності між параметрами якості поверхні, точністю обробки, експлуатаційними властивостями деталей і параметрами процесів механічної обробки, що дозволяють вирішувати задачу технологічного забезпечення заданих експлуатаційних властивостей деталей. Керування процесом формування поверхні з необхідними властивостями здійснюється переважно шляхом використання часткових експериментальних залежностей і таблиць режимів обробки. Складність проблеми полягає в тому, що при обробці деталей необхідно встановити такі умови обробки, які б забезпечували комплекс вимог щодо зносу інструменту, точності обробки, характеристикам якості поверхні, продуктивності тощо. Області найбільш ефективного використання виробничих систем перш за все визначаються технологічним обладнанням, яке є складовою частиною системи, номенклатурою оброблюваних деталей та автоматизованою системою керування.

Досвід розробки і експлуатації механізмів паралельної кінематики підтверджує їх високу ефективність і перспективність даного напрямку машинобудування. Внаслідок конструктивних особливостей компоновки, механізми паралельної кінематики мають замкнені кінематичні ланцюги, які утворюють просторові структури. Як правило ці структури основані на базі трикутних стержневих систем. Вони мають високі жорсткісні характеристики, забезпечують високі швидкості і прискорення робочих органів. Відповідно дані можливості дозволяють суттєвим чином підвищити статичну і динамічну точність позиціонування механізмів. Широкому впровадженню механізмів паралельної кінематики заважає відсутність теоретичних основ розробки механізмів, зокрема механізмів підвищеної точності. Підвищення точності потребує комплексного дослідження кінематики та робочих процесів, що мають місце в їх основних вузлах. Тому дослідження направлені на підвищення параметрів статичної та динамічної точності просторових механізмів паралельної кінематики є актуальними.

Ключові слова: верстатний комплекс, функціональні можливості, моніторинг, калібрування обладнання, процес механічної обробки, верстати з паралельною кінематикою.

Рис. 11. Літ. 5.

1. Постановка проблеми

Робочі машини спеціального та загального призначення, їх окремі вузли і механізми постійно вдосконалюються, при цьому підвищення технічного рівня машин здійснюється шляхом впровадження нових технічних рішень, використанням сучасних технологій та наукових розробок.

Досвід розробки і експлуатації механізмів паралельної кінематики підтверджує їх високу ефективність і перспективність даного напрямку машинобудування. Внаслідок конструктивних особливостей компоновки, механізми паралельної кінематики мають замкнені кінематичні ланцюги, які утворюють просторові структури. Як правило ці структури основані на базі трикутних стержневих систем. Вони мають високі жорсткісні характеристики, забезпечують високі швидкості і прискорення робочих органів. Відповідно дані можливості дозволяють суттєвим чином підвищити статичну і динамічну точність позиціонування механізмів. Широкому впровадженню механізмів паралельної кінематики заважає відсутність теоретичних основ розробки механізмів, зокрема механізмів підвищеної точності. Підвищення точності потребує комплексного дослідження кінематики та робочих процесів, що мають місце в їх основних вузлах. Тому дослідження направлені на підвищення параметрів статичної та динамічної точності просторових механізмів паралельної



кінематики є актуальними.

При механообробці в технологічній системі протікає безліч процесів, що впливають на результати обробки: коливальні і теплові процеси, обумовлені внутрішніми і зовнішніми обуреннями, інші. Математичне моделювання вказаних процесів на етапі розробки і оцінка їх впливу на вихідні показники деталей затруднене через різномірність фізичних процесів, тому складно прогнозувати з достатньою достовірністю значення параметрів якості виготовлених деталей. Відомо, що основними виробничими причинами відхилень дійсних розмірів і форми деталей від теоретичних є: погрішності обладнання, пристосувань, ріжучого і вимірювального інструменту; неточності установки і деформації деталей і інструменту під дією прикладених до них сил; нерівномірний нагрів деталей і інструменту і знос інструменту в процесі обробки деталей; деформації литих, зварних і термічно оброблених деталей під дією залишкових і внутрішніх напружень. Характер прояву цих погрішностей випадковий, тому розрахунок їх проводиться по імовірнісних характеристиках розсіяння, яке визначається по характеристиках поля допуску і передбачуваних законах розподілу відповідних похибок.

Для підтримки працездатного стану технологічної системи і забезпечення заданої якості деталей необхідно здійснювати в умовах експлуатації моніторинг верстатів і техпроцесу. Під моніторингом машин розуміють науково спроектовану систему (засоби і методи) безперервних спостережень і вимірювань із застосуванням відповідних оцінних процедур ідентифікації, аналізу поточного стану, розпізнавання особливих ситуацій, короткострокового і довготривалого прогнозування і автоматичного прийняття оперативних і тактичних рішень. Система моніторингу дозволяє здійснювати експлуатацію обладнання по стану, ресурсу або рівню надійності і на цій основі використовувати концепцію обслуговування по стану як найбільш економічний, гнучкий і ефективний метод експлуатації заводського обладнання і транспортних машин, що є основним компонентом процесу експлуатації, орієнтованого на максимум безпеки і надійності. Аналізуючи вихідні результати моніторингу робиться висновок про необхідність виконання додаткових робіт. Програмування маршруту технологічного процесу механічної обробки деталі полягає у заданні траєкторії та швидкості взаємного руху інструменту й деталі, а також дій допоміжних механізмів верстата з паралельною кінематикою пристроєві числового програмного управління з відповідною керуючою програмою.

Для отримання керуючої програми маршруту технологічного процесу механічної обробки деталі необхідно:

- визначити обсяг обробки та вибрати верстат;
- визначити спосіб фіксації заготовки в робочій зоні верстата та вибрати необхідне інструментальне забезпечення;
- організувати раціональну послідовність обробки поверхонь та можливість заміни інструменту;
- визначити умови обробки кожної поверхні, а саме частоту обертання шпинделя, швидкість різання тощо.

Для управління рухом формоутворення інструмента, що створює контур деталі, необхідно визначити взаємне розміщення заготовки та інструмента в робочому просторі верстата з паралельною кінематикою, точність якого безпосередньо впливає на точність обробленої деталі. Це пов'язане з тим, що точність розмірів деталі витримують відносно початку координатної системи багатопільового верстата, а не відносно базуючих поверхонь пристрою, як при обробці заготовок на верстатах із непрограмованою обробкою. При цьому розташування окремих поверхонь і конструктивних елементів в об'ємі деталі задають у системі координат деталі, яку зв'язують із системою координат верстата. Тому під час технологічного процесу механічної обробки на багатопільових верстатах використовують три системи координат: систему координат верстату, систему координат деталі, систему координат вихідної точки. Відповідно точність розташування оброблених поверхонь відносно технологічних баз деталі залежить від точності розміщення системи координат деталі в системі координат верстата. Під час закріплення заготовки технологічна база суміщується з відповідною опорною поверхнею пристрою. Для забезпечення зв'язку між системами координат деталі й верстата використовують координати базових точок. Базові точки верстата характеризують положення робочих органів в його системі координат, що визначаються конструктивними особливостями робочих органів.



2. Аналіз останніх досліджень і публікації

Існуючий парк багатоцільового технологічного обладнання України має досить великий запас по керуванню, який майже повністю задовольняє потребам виробництва, але при цьому виникає проблема подовження технологічного ресурсу цього обладнання. Достатньо зауважити, що з вартості нового верстата на виготовлення механічної частини верстата припадає до 70-80%, а можливість проведення реставраційних робіт з обладнанням сучасними автоматизованими системами управління дозволить значно подовжити робочий ресурс верстатів[1-3]. Окрім цього поступовий підйом української промисловості призводить щодо необхідності введення до експлуатації сучасного технологічного обладнання з механізмами паралельної кінематики, але постає проблема атестації цього обладнання по точності. Існуючі методи калібровки технологічного обладнання або є недостатньо точними, або вимагають використання коштовного обладнання[4-5].

3. Мета дослідження

Актуальною є задача розробки методики дослідження похибок багатоцільового технологічного обладнання з використанням універсального комплексу комп'ютерного моделювання STATEFLOW-SIMULINK, які на відміну від існуючих будуть дешевшими та не поступатися у точності при застосуванні.

4. Основна частина. Реалізація програмного методу підвищення ефективністю управління процесами механічної обробки.

В роботі запропонована структура стратегії прийняття рішень при керуванні технологічними процесами. Стратегія базується на застосуванні особливих можливостей комплексу Stateflow-Simulink, призначенням якого є створення моделей систем, що можуть змінювати свою структуру в залежності від зміни стану та параметрів систем. Комплекс вибраний із великого числа наявних програмних продуктів. Його можливості перевищують можливості інших моделюючих систем. Цей комплекс немає обмеження рівня складності систем.

Використання даного продукту є новим інтерактивним інструментом для розробки в області моделювання складних систем, які керуються подіями і дозволяє суттєво підвищити ефективність управління технологічними процесами в системах механічної обробки. Інтегроване середовище з Matlab та засноване на теорії кінцевих автоматів, пропонується для проектування систем із вбудованою логікою. При цьому нові вдосконалення включають: підтримку даних та операцій; виконання функцій відміни та повтору; програмований доступ до комплексу; підтримку двовимірних матриць для передачі даних; експорт графічних функцій із бібліотечних таблиць. За допомогою даного комплексу є можливість проконтролювати технічний стан багатокоординатного обладнання, параметри режимів механічної обробки та параметри верстату та деталі.

Stateflow - інструмент для чисельного моделювання систем, що характеризуються складною поведінкою. До таких систем належать гібридні системи. Такі системи складаються з аналогових і дискретних компонентів. Тому гібридні системи - це системи із складною взаємодією дискретної і безперервної динаміки. Вони характеризуються не лише безперервною зміною стану системи, але і стрибкоподібними варіаціями відповідно до логіки роботи керуючої програми. У тому випадку, коли логіка роботи керуючої підсистеми, є жорсткою, а зовнішні умови відносно стабільні, говорять про трансформаційні системи (Рис. 1). Для таких систем фази здобуття інформації, її обробки і видачі вихідних сигналів чітко розмежовані. На момент звернення до системи всі вхідні сигнали визначені. Сигнали на виходах утворюються після деякого періоду обчислень, які виробляються за деяким алгоритмом, що трансформує вхідний набір даних у вихідний. У протилежному випадку систему відносять до класу керованих подіями або реактивних (рис.2). Реактивна - це така динамічна система, яка сприймає зовнішні дискретні дії і відповідає своїми реакціями на ці дії. Причому реакції системи різні і самі залежать як від дій, так і від стану, в якому система знаходиться. Основна відмінність реактивних систем від трансформаційних - в принциповій непередбачуваності моментів вступу тих або інших дій.

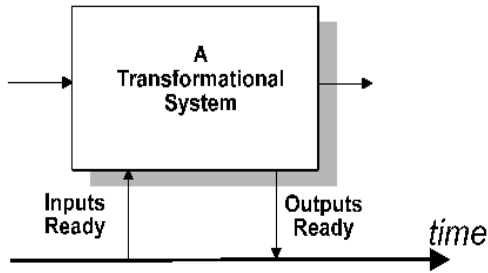


Рис. 1. Трансформаційна система

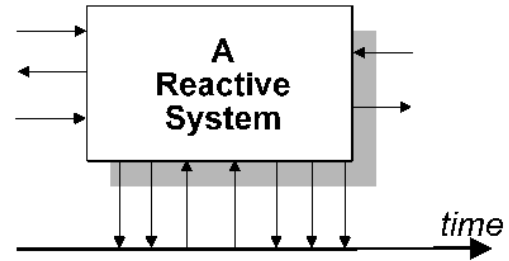


Рис. 2. Реактивна система

Моделювання фізики технологічних процесів (безперервна складова поведінки системи) доповнюється моделюванням логіки роботи керівними пристроями (дискретна компонента). Математичний апарат опису в даному випадку - це система диференційно-алгебраїчно-логічних рівнянь, для яких відсутня струнка теорія і єдиний підхід, так само і з наочністю. Візуалізація протікання фізичних процесів забезпечується графіками зміни в часі тих або інших величин. В даний час для моделювання дискретної динаміки реактивних систем широко використовується візуальний формалізм - Statechart (діаграми станів і переходів). Основні неграфічні компоненти таких діаграм - це подія і дія, основні графічні компоненти - стан і перехід. Побудова моделей можлива з використанням програм Stateflow і Simulink, що входять до складу пакету MATLAB.

MATLAB забезпечує доступ до різних типів даних, високорівневого програмування та інструментальних засобів візуалізації. Simulink підтримує проектування безперервних і дискретних динамічних систем в графічному середовищі (у вигляді блок-схем). Stateflow - діаграми, включаються в Simulink - моделі, щоб забезпечити можливість моделювання процесів, керованих подіями. Комбінація MATLAB-Simulink-Stateflow є потужним універсальним інструментом моделювання систем. Додаткова можливість стежити в режимі реального часу за процесом виконання діаграми шляхом включення режиму анімації робить процес моделювання систем наочним. Stateflow - потужний графічний інструмент проектування і моделювання комплексних систем локального управління і супервізорного логічного контролю дозволяє:

1. Візуально моделювати комплексні системи.
2. Проектувати детерміновані системи супервізорного управління.
3. Легко змінювати проект, оцінювати результати змін і досліджувати поведінку системи на будь-якій стадії проекту.
4. Автоматично генерувати програмний код безпосередньо за проектом.
5. Користуватися перевагами інтеграції з середовищами MATLAB і Simulink в процесі моделювання і аналізу систем (рис.3).

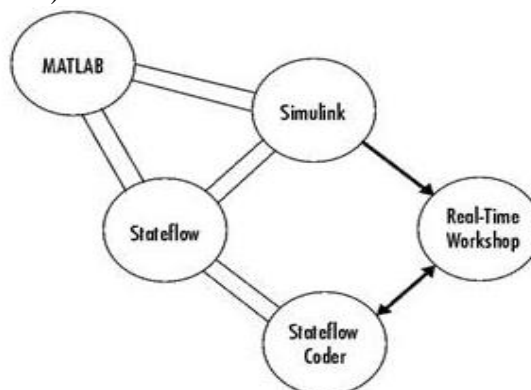


Рис. 3. Інтеграція MATLAB, Simulink та Stateflow

Stateflow складається з таких компонентів:

1. Stateflow graphics editor - графічний редактор
2. Stateflow Explorer - провідник
3. Stateflow Coder -генератор об'єктної коди
4. Stateflow Debugger - відладчик
5. Stateflow Dynamic Checker -динамічний перевірючий пристрій.

Під час виконання завдання забезпечує перевірку умов зациклення і порушення діапазону даних. При проектуванні моделей реактивних систем Stateflow використовується разом з Simulink і з RTW (Real-Time Workshop - майстерня реального часу) під управлінням MATLAB. Модель проектується починаючи з керуючої частини Stateflow, а потім компонується модель Simulink і додає діаграму Stateflow. Можливо поліпшити існуючу модель Simulink, замінюючи логічні блоки Simulink на діаграми Stateflow. Stateflow машина - сукупність Stateflow блоків в моделі Simulink. Simulink модель і Stateflow машина працюють спільно. Запуск моделювання автоматично запускає виконання як Simulink, так і Stateflow частин моделі. Модель Simulink може складатися з комбінацій Simulink блоків, додаткових блоків з комплектів інструментів і Stateflow блоків (Stateflow діаграм). Stateflow діаграма (Stateflow chart) складається з набору графічних (стани, переходи, з'єднання (вузли), хронологічні з'єднання) і неграфічних (події, дані, програмні коди) об'єктів (Рис. 4). Є взаємно однозначна відповідність між моделлю Simulink і Stateflow машиною. Кожен блок Stateflow в моделі Simulink представлений в Stateflow окремою діаграмою (Stateflow діаграма). Кожна Stateflow машина має власну ієрархію об'єктів. Stateflow машина - найвищий рівень в Stateflow ієрархії. Нижче в об'єктній ієрархії Stateflow машини знаходиться комбінація графічних і неграфічних об'єктів.

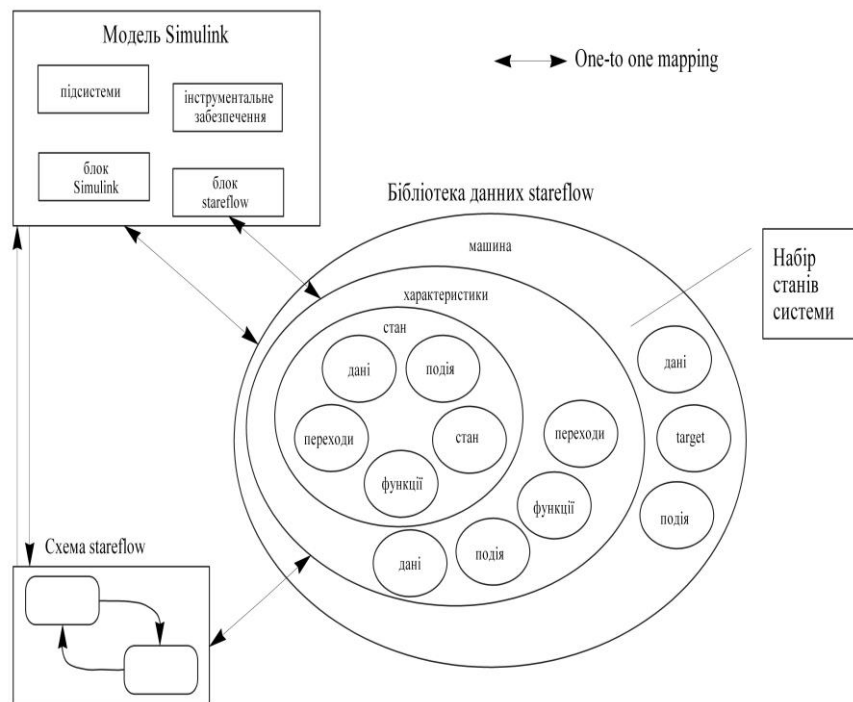


Рис. 4. Комбінація Simulink блоків, додаткових блоків з комплектів інструментів і Stateflow блоків

Визначення інтерфейсу для блоку Stateflow може включати такі завдання:

1. Визначення методу модифікації блоку Stateflow.
2. Визначення **Output to Simulink** (Вихідних до Simulink) подій .
3. Додавання і визначення нелокальних подій і нелокальних даних в межах діаграми Stateflow.
4. Визначення зв'язків з будь-якими зовнішніми джерелами .

Розглянемо детальніше основні можливості даного комплексу. Комплекс дозволяє створювати та моделювати системи зі складною поведінкою. При цьому система, яка може знаходитися в різних станах (режимах) і здійснювати переходи з одного стану в інший при виникненні події. Використовуючи комплекс можна створювати діаграми, які є графічним уявленням кінцевого автомату. Стани та переходи є основними блоками системи, які створюють ієрархічну систему. Ієрархія дозволяє організувати складну систему розташування одних об'єктів (стани, точки прийняття рішень) всередині інших об'єктів (стани, піддіаграми)(рис.5).

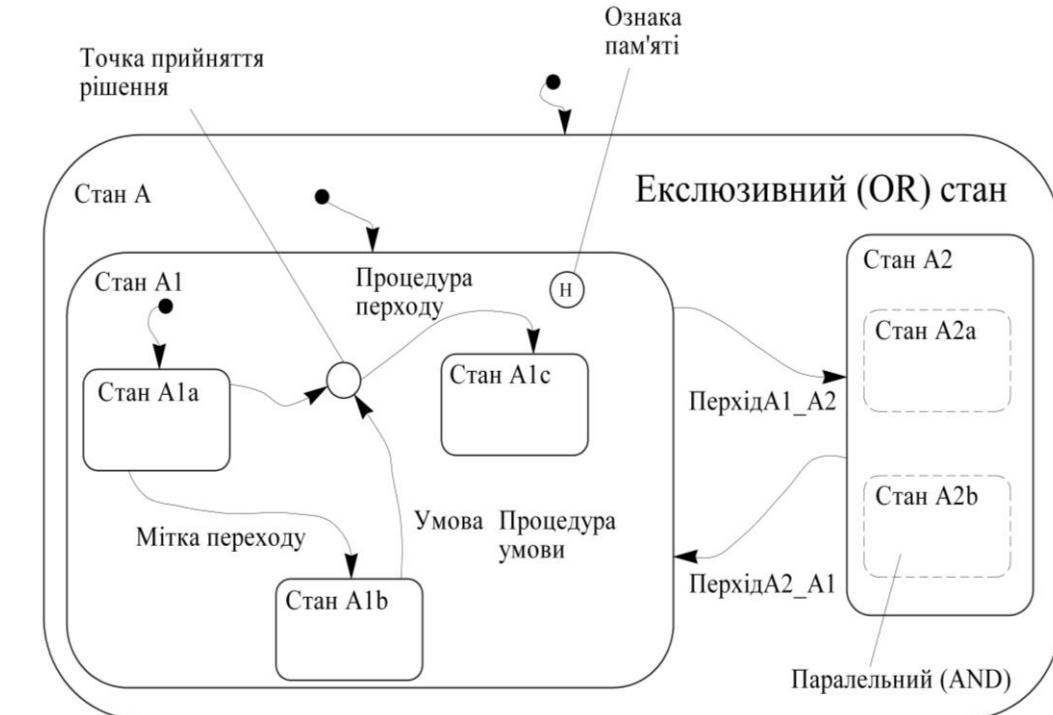


Рис. 5. Об'єкти Stateflow діаграми

При цьому існує можливість виконання декількох операцій із паралельним звертанням до моделюючого блоку симулінк, а також застосуванням рекурсивних алгоритмів управління, виконання комплексу прогнозних оцінок із уточненням стратегії роботи ГВС.

4. Результати дослідження. Оптимізація процесу механічної обробки на верстаті паралельної кінематики у гнучкій виробничій системі за допомогою Stateflow-Simulink

Як вже було зазначено автоматизація і технологія не можуть бути відокремлені. При цьому області найбільш ефективного використання гнучких виробничих систем перш за все визначаються технологічним обладнанням, яке є складовою частиною системи, номенклатурою оброблювальних деталей та автоматизованою системою управління. За допомогою Stateflow-Simulink реалізована загальна модель гнучкої виробничої системи обробки, що наводиться на рис.6. Вхідними даними моделі є електронний образ деталі, який включає геометричні та конструктивні параметри. Ця система описує всі зазначені вище потоки і відображає такі дії:

- 1) декомпозицію електронного образу і перетворення його в технологічний процес обробки, який відображає система;
- 2) отримання оптимізованого технологічного процесу (шляхом моделювання в симулінке);
- 3) в залежності від поточного стану системи, вибирається маршрут обробки.

Модель гнучкої виробничої системи обробки складається із підсистем:

- декомпозиції геометричного образу деталі, отриманого із системи автоматизованого проектування;
- декодування керуючої програми для системи числового програмного управління, отриманої із системи адаптивного управління;
- вибору і призначення інструменту;
- моніторингу стану процесу обробки на верстаті тощо.

Як додаток до автоматизованого виробництва моніторинг обладнання і техпроцеса орієнтований на обслуговування верстатів по фактичному технічному стану і включає на практиці систему контролю, що реалізовує спостереження, супровід, захист і управління технічним станом об'єкту з використанням комп'ютерних систем реального часу. У загальному випадку моніторинг обладнання є складовою частиною виробничого моніторингу разом із моніторингом робочих процесів, що забезпечують контроль визначальних параметрів верстатів, техпроцеса і продукції, виявлення ступеня розладнання, прогнозування моментів коректування, запобігання аварійним режимам тощо.



Декілька відмінне поняття моніторингу включає діагностування, ідентифікацію, прогнозування і управління станом верстатної системи на основі аналізу інформації і прийняття рішення. Оптимізація технології обробки деталі на верстаті здійснюється за класичною методикою на основі критерію максимальної продуктивності обробки.

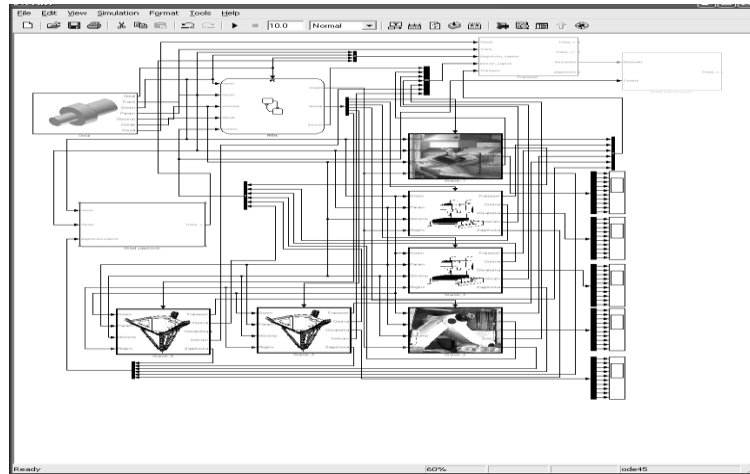


Рис. 6. Загальна модель гнучкої виробничої системи реалізована засобами комплексу Stateflow-Simulink

У верстатів традиційних схемних рішень задаються і вимірюються порівняно прості графічні об'єкти лінії, площини, циліндри, які відповідають простим рухам. Верстати паралельної кінематики мають складні елементарні рухи контроль яких є утруднений. Елементарні рухи змінюються під впливом експлуатаційних факторів температури, деформації тощо, тому з метою суттєвого підвищення обробки запропоновано періодичний контроль точності верстату із визначенням його реальної геометрії. За допомогою STATEFLOW-SIMULINK формується набір раціональних варіантів обробки в ГІВС. Варіанти порівнюються шляхом моделювання або розрахунку (рис.7-10). Вибираються оптимальні варіанти для певного проміжку часу. Стадія (інтервал) моніторингу після реалізації даного оптимального варіанту повторюється. При цьому вибирається оптимальний та раціональний варіант всієї системи. Застосування комплексу потребує детального опису кожного елемента та потоку в системі. Наведено отриману модель обробки деталі з послідовності керуючих дій та діаграм STATEFLOW-SIMULINK стану окремого блоку моделі та моніторинг стану як окремого верстату, так і системи в цілому. Можливості моніторингу є досить широкими від визначення ефективності до енергетики цілого комплексу.

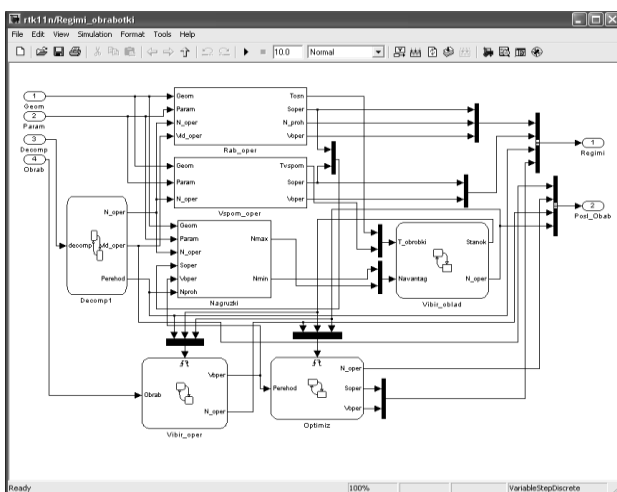


Рис. 7. Режими обробки STATEFLOW-SIMULINK

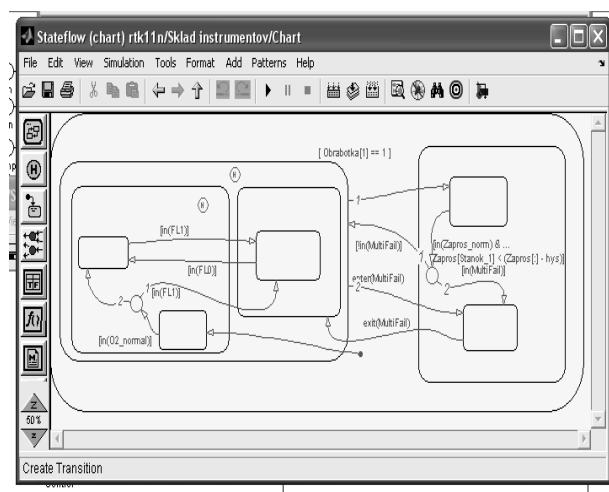


Рис. 8. Вибір інструменту для проведення обробки реалізовані засобами STATEFLOW-SIMULINK

Розроблено подійно-орієнтований граф станів процесу обробки, який реалізований за допомогою комплексу. Представлено режим, в якому знаходиться система, яка керована подіями. Події змінюють свої властивості, при цьому стан системи може бути активним та пасивним. Виникненням таких подій керує STATEFLOW-SIMULINK діаграма. Як видно - всі стани можна розташувати один в одному. Моделювання поведінки системи проводиться зміною активних станів, тобто система змінює свої режими, переходячи із одного стану в інший через об'єкти.

Основними виробничими причинами відхилень дійсних розмірів і форми деталей від теоретичних є: погрішності обладнання, пристосувань, ріжучого і вимірювального інструменту; неточності установки і деформації деталей і інструменту під дією прикладених до них сил; нерівномірний нагрів деталей і інструменту і знос інструменту в процесі обробки деталей; деформації литих, зварних і термічно оброблених деталей під дією залишкових і внутрішніх напружень.

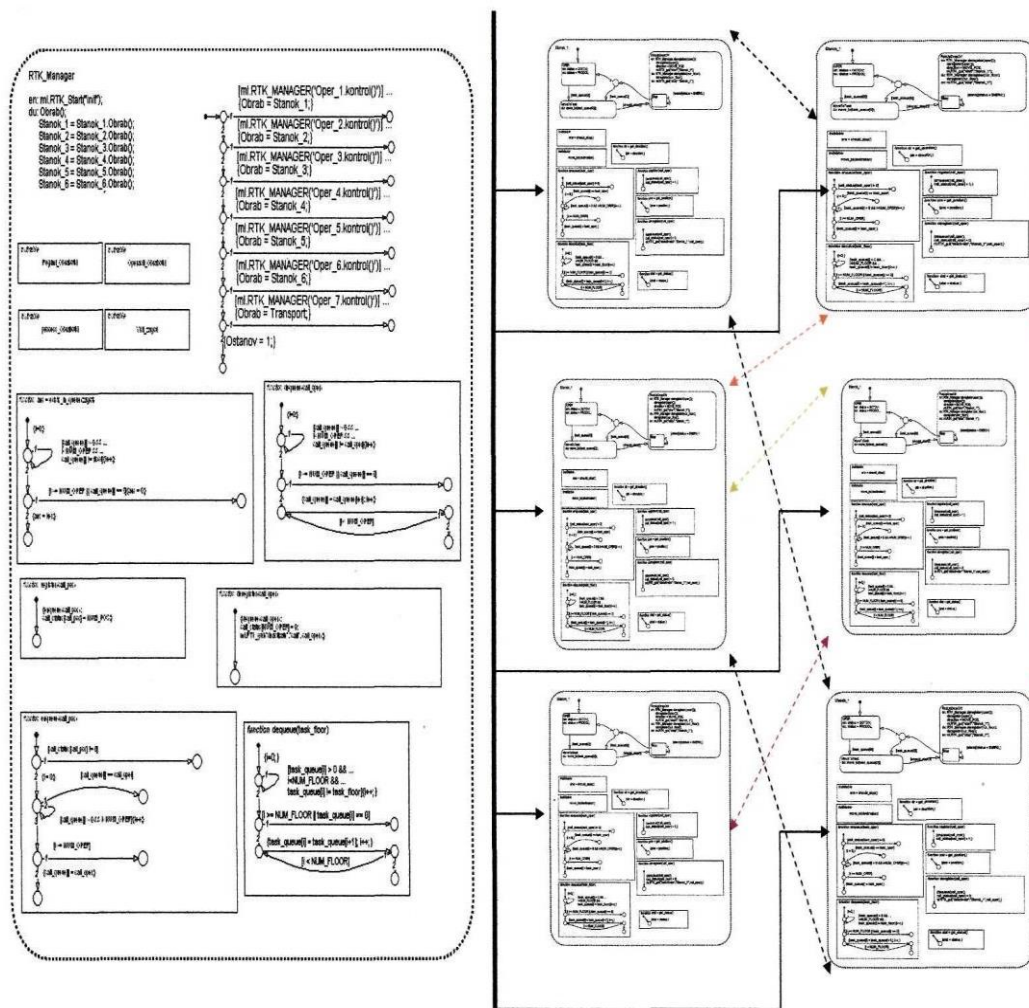


Рис. 9. Подійно-орієнтований граф верстатного комплексу, реалізований засобами комплексу STATEFLOW-SIMULINK

Характер прояву цих погрішностей випадковий, тому розрахунок їх проводиться по імовірнісних характеристиках розсіяння, яке визначається по характеристиках поля допуску і передбачуваних законах розподілу відповідних погрішностей.

Погрішності розмірів є скалярними первинними погрішностями і викликають накопичені погрішності переміщення і відхилення швидкостей відомих ланок. Погрішності розташування робочих поверхонь, а також складальні зсуви і перекося, скалярні і векторні; у першому випадку вони викликають накопичення погрішності переміщення і відхилення швидкостей, а в другому –

періодичні погрішності переміщення і коливання швидкостей. Погрішності форми робочих поверхонь викликають завжди змінні нерегулярні погрішності переміщення і коливання швидкостей.

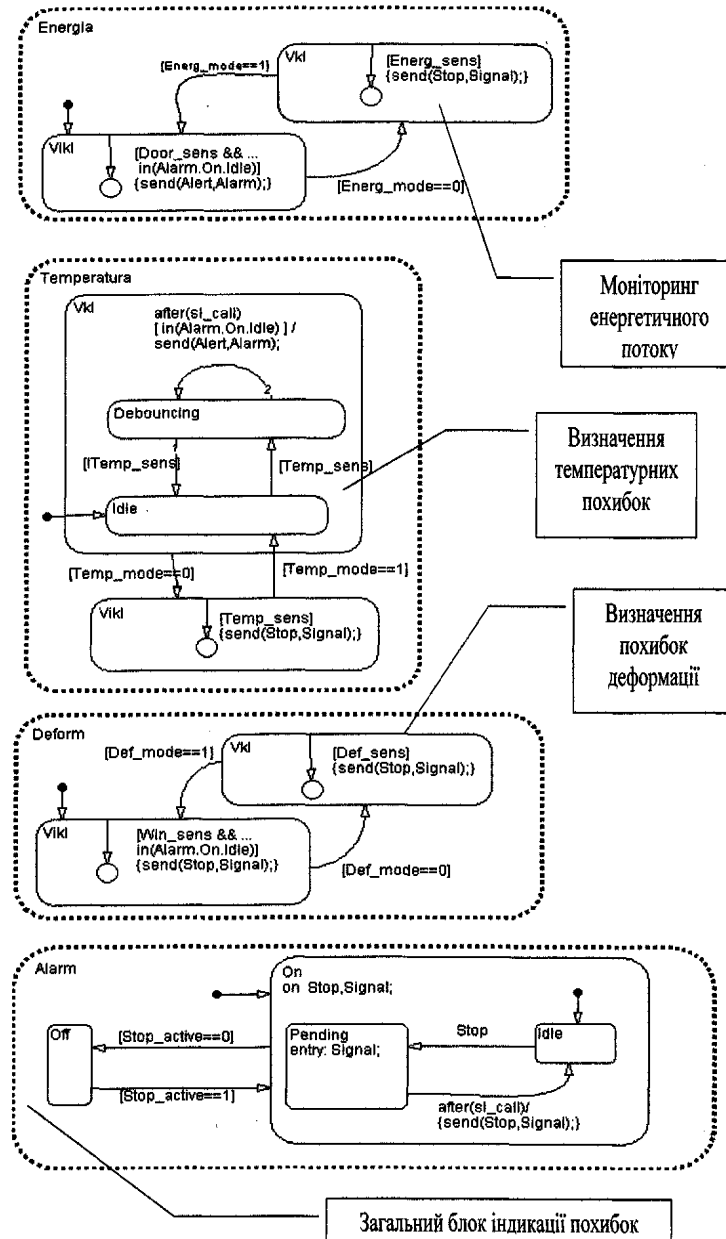


Рис. 10. Моніторинг стану окремого верстату

Під час експлуатації механізмів з'являються погрішності, викликані зсувами в зазорах кінематичних пар, деформаціями деталей і зносом. Причинами їх можуть бути сили, що діють на деталі, нагрів деталей і внутрішні залишкові напруги. Величини цих зсувів визначаються величинами зазорів, напрямом зсувів – напрямом діючих зусиль. Зазори є технологічними погрішностями і мають випадковий характер. Величини їх визначаються імовірнісними характеристиками розсіання. Регулярні і плавні зсуви в зазорах викликають накопичені погрішності переміщення або відхилення швидкості відомої ланки. Стрибкоподібні зсуви, що виникають при реверсуванні руху, є основними причинами мертвих ходів механізмів.

Причинами силових деформацій деталей є сили тяжіння деталей, зовнішні сили, сили тертя, зусилля, що виникають при статично невизначній конструкції. Найбільший вплив на точність механізмів роблять звичайно деформації від зовнішніх сил. Проте в машинах, що мають масивні конструкції, мають велике значення і деформації від сил тяжіння деталей.

Деформації можуть бути наступних видів:



- 1) об'ємні – розтягування, стиснення, зрушення, вигину, кручення;
- 2) контактні;
- 3) деформації в шарах мастила.

Об'ємні деформації визначаються достатньо точно звичайними методами опору матеріалів. Найбільший вплив з них роблять деформації поперечного вигину і кручення.

Температурні деформації деталей виникають від коливань теплового режиму роботи машини. Погрішності механізму, викликані тепловими деформаціями, малі, і їх можна не враховувати, якщо всі деталі виготовлені з одного матеріалу і рівномірно нагріваються або охолоджуються. В цьому випадку об'єм і розміри всіх деталей змінюються рівномірно і точність роботи механізму міняється мало. Якщо ж деталі виготовлені з матеріалів з різними коефіцієнтами теплового розширення, то теплові деформації помітно впливатимуть на точність механізму і їх потрібно враховувати. При нерівномірному нагріві і при нагріві біметалічних деталей з'являються також деформації вигину.

Деформації деталей від сил тертя в кінематичних парах є головними причинами пружних мертвих ходів, що грають особливо велику роль при довгих кінематичних ланцюгах. Знос деталей – одна з характеристик надійності роботи механізмів точних приладів.

Нерегулярний зсув деталей в кінематичних парах внаслідок непостійності сил тертя є головними причинами невідтворюваності положень відомих ланок.

Причинами коливань і вібрацій в машинах є:

- неврівноваженість деталей, що обертаються з великою швидкістю;
- зазори і тертя в кінематичних парах;
- недостатня жорсткість несучих конструкцій;
- відсутність або недостатність пристроїв амортизації.

Вплив первинних погрішностей на точність механізму необхідно обмежувати раціональним конструюванням і технологією виготовлення. Представлено індикація станів одиниці обладнання при моніторингу (імпульси вкл-викл), параметри, які підлягають моніторингу (Рис.11).

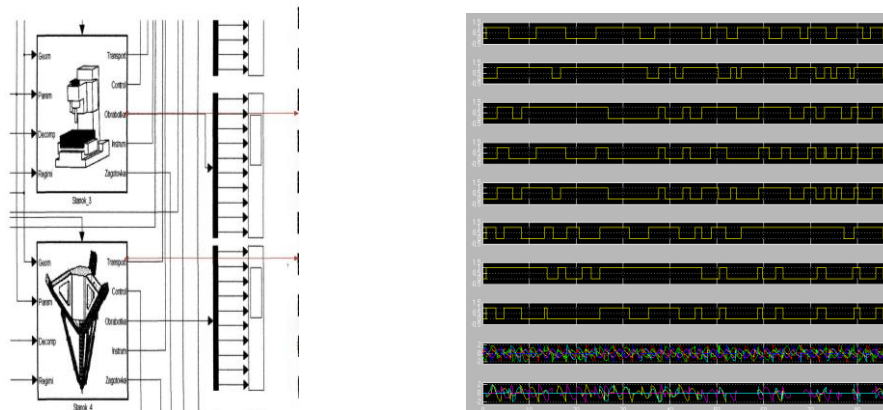


Рис. 11. Індикація станів одиниці обладнання при моніторингу верстатного комплексу засобами комплексу STATEFLOW-SIMULINK

Після виконання STATEFLOW – діаграми і повній обробці початкового запуску по події із SIMULINK, вона передає управління SIMULINK - моделі і переходить в режим очікування, але залишається при цьому активною. В роботі підвищення ефективності управління за допомогою комплексу STATEFLOW-SIMULINK дає можливість суттєвим чином підвищити якість організації процесу обробки та впорядкувати систему вибору стратегії оптимізації із врахуванням результатів моніторингу ГВС. Наявність розгалуженої системи моделюючого комплексу реалізує ефективне імітаційне моделювання процесу обробки.

5. Висновки

1. Використання даного інструменту дозволяє автоматизувати процес програмування і модифікації та налаштувань системи ЧПК з метою зниження трудомісткості проведення контрольних робіт.



2. Використання результатів роботи суттєво підвищить показники ефективності та надійності виробничих систем механообробки і дозволить ввести корекцію в план-графіки роботи автоматизованої лінії, що забезпечує більш ефективне її використання і зниження енергозатрат на одинадцять відсотків (11%).

3. Встановлені умови обробки забезпечують вимогу до зносу інструменту, точності обробки, характеристик якості поверхні, продуктивності. Продуктивність корпусної деталі з кількістю отворів, що оброблюються, 8-12 підвищує ефективність обробки на 15-20 %, а при більшій кількості отворів складає 25-32%. Компенсація похибки шляхом калібрування знижує загальний рівень похибок в 2-10 раз.

Список використаних джерел

1. Клюев В. В., Глазов В. В., Дубровский А. Х. Клюев А. С. Проектирование систем автоматизации технологических процесов : справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Энергоатомиздат, 1990. 464с.
2. Пістунів І. М. Проектування інформаційних систем. Д. : Національний гірничий університет, 2008. 71с.
3. Харченко В. С., Скляр В. В., Тарасюк О. М. Методи моделювання і оцінки якості та надійності програмного забезпечення. Харків. 2004. 158с.
4. Кунцевич В.М. Управление в условиях неопределенности: гарантированные результаты в задачах управления и идентификации. Киев Наукова Думка. 2006. 260с.
5. Струтинський В. Б., Веселовська Н. Р., Зелінська О. В. Автоматизація проектування технологічних процесів та систем. Всеукраїнський НТЖ «Вібрації в техніці та технологіях». 3(52). 2008. С.22–30.

References

- [1] Kliuev, V. V., Hlazov, V. V., Dubrovskiy, A. X., Kliuev, A. S. (1990). *Proektyrovanye system avtomatyzatsyy tekhnolohycheskykh protsessov : spravochnoe posobyie*, 2-eyzd., pererab. y dop. M: Enerhoatomyzdat, Moscow. [in Russian].
- [2] Pistunov, I. M. (2008). *Proektuvannia informatsii nykh system*. D.: Natsionalnyi hirnychiy universytet, Ukraine. [in Ukrainian].
- [3] Kharchenko, V. S., Skliar, V. V., Tarasiuk, O. M. (2004). *Metodu modelyrovanyia y otsenky kachestva y nadezhnomy prohrammnoho obespechenyia*. Kharkov. [in Russian].
- [4] Kuntsevych, V. M. (2006). *Upravlenye v uslovyiakh neopredelennosti: harantirovannyye rezultatyv zadachakh upravlenyia y ydentyfikatsyy*. Kyev : Naukova Dumka. [in Russian].
- [5] Strutynskiy, V. B., Veselovska, N. R., Zelinska, O. V. (2008). *Avtomatyzatsiia proektuvannia tekhnolohichnykh protsesiv ta system. Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh*, 3(52), 22–30. [in Ukrainian].

PRACTICAL REALIZATION OF METHODOLOGY OF PROCESS CONTROL OF TOOLING

The problem of providing of necessary quality and exploitation of properties of details of machines acquires an all more important value in an engineer. However to present tense the not worked out is generalized theoretical dependences between the parameters of quality of surface, exactness of treatment, operating properties of details and parameters of processes of tooling, that allow to decide the task of the technological providing of the set operating properties of details. Process control of forming of surface with necessary properties comes true mainly by the use of partial experimental dependences and tables of the modes of treatment. Complication of problem consists in that at treatment of details it is necessary to set such terms of treatment, that would provide the complex of requirements in relation to the wear of instrument, exactness of treatment, to descriptions of quality of surface, productivity and others like that. The areas of the most effective use of the productive systems are foremost determined by a technological equipment that is component part by the nomenclature of workparts and CAS of management.

Experience of development and exploitation of mechanisms of parallel kinematics confirms them high efficiency and perspective of this direction of engineer. As a result of structural features of arrangement, the mechanisms of parallel kinematics have the reserved kinematics chains that form spatial structures. As a rule these structures are founded on the base of the three-cornered cored systems. They have high rigid descriptions, provide high-rate and accelerations of working organs. Accordingly given an opportunities it is allowed by substantial character to promote static and dynamic exactness of positioning of mechanisms. Wide introduction of mechanisms of parallel kinematics absence of theoretical bases of



development of mechanisms interferes with, in particular mechanisms of an increase exactness. The increase of exactness needs complex research of kinematics and working processes that take place in their basic knots. Therefore researches are sent to the increase of parameters of static and dynamic exactness of spatial mechanisms of parallel kinematics is actual.

Key words: machine-tool complex, functional possibilities, monitoring, calibrations of equipment, process of tooling, machine-tools with a parallel kinematics.

Fig.11 . Ref. 5.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Проблема обеспечения необходимого качества и эксплуатации свойств деталей машин приобретает в машиностроении все более важное значение. Однако до настоящего времени не разработанные обобщены теоретические зависимости между параметрами качества поверхности, точностью обработки, эксплуатационными свойствами деталей и параметрами процессов механической обработки, которые позволяют решать задачу технологического обеспечения заданных эксплуатационных свойств деталей. Управление процессом формирования поверхности с необходимыми свойствами осуществляется преимущественно путем использования частичных экспериментальных зависимостей и таблиц режимов обработки. Сложность проблемы заключается в том, что при обработке деталей необходимо установить такие условия обработки, которые бы обеспечивали комплекс требований относительно износа инструмента, точности обработки, характеристикам качества поверхности, производительности и тому подобное. Области наиболее эффективного использования производственных систем прежде всего определяются технологическим оборудованием, которое является составной частью номенклатуры.

Опыт разработки и эксплуатации механизмов параллельной кинематики подтверждает их высокую эффективность и перспективность данного направления машиностроения. В результате конструктивных особенностей компоновки, механизмы параллельной кинематики имеют замкнутые кинематические цепи, которые образуют пространственные структуры. Как правило эти структуры основаны на базе треугольных стержневых систем. Они имеют высокие жесткостіні характеристики, обеспечивают высокие скорости и ускорения рабочих органов. Соответственно данные возможности позволяют существенным образом повысить статичную и динамическую точность позиционирования механизмов. Широкому внедрению механизмов параллельной кинематики мешает отсутствие теоретических основ разработки механизмов, в частности механизмов повышенной точности. Повышение точности нуждается комплексного исследования кинематики и рабочих процессов, которые имеют место в их основных узлах. Поэтому исследования направлены на повышение параметров статичной и динамической точности пространственных механизмов параллельной кинематики актуальны.

Ключевые слова: станочный комплекс, функциональные возможности, мониторинг, калибровка оборудования, процесс механической обработки, станки с параллельной кинематикой.

Рис.11 . Лит. 5.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Веселовська Наталія Ростиславівна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Машин та обладнання сільськогосподарського виробництва» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, wnatalia@ukr.net).

Веселовская Наталия Ростиславовна – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Машин и оборудования сельскохозяйственного производства» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, wnatalia@ukr.net)

Veselovska Natalia Rostyslavivna–PhD, Professor, Department of machinery and equipment of agricultural production of Agricultural Production of Vinnitsa National Agrarian University (str. Sonyachna, 3, Vinnitsa, 21008, Ukraine, wnatalia@ukr.net).