

## ЛЕКЦІЯ

### Моделювання руху на основі подій

**Мета роботи:** дослідження кінематики маніпуляторів зварювальних роботів за допомогою моделювання руху на основі подій.

**Порядок виконання:**

1. Підготовка геометричної моделі
2. Побудова моделі руху
3. Створення датчиків.
4. Створення серводвигунів
5. Налаштування дослідження.
6. Робота в інтерфейсі з рухами на основі подій
7. Перегляд тимчасової шкали.
8. Результати дослідження руху

**Постановка задачі**

Рух на основі події повинен бути забезпечений декількома задачами. Вони можуть йти послідовно або накладатися в часі. Кожна задача визначається подією-тригером і супутніми задачами. Дії задачі керують або визначають рух під час виконання задачі.

Розглянемо пристрій, показаний на рисунку 1.

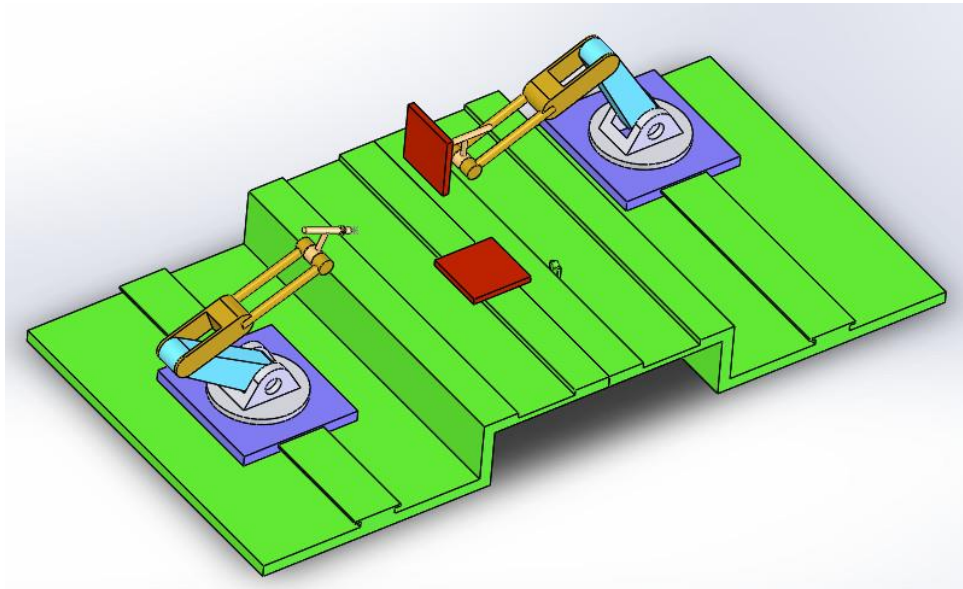


Рис. 1. Зварювальні маніпулятори

Він призначений для розміщення у відповідному положенні пластинки та імітації підведення зварювального електрода у місці контакту пластин.

Для виконання даної роботи необхідно мати ліцензію SolidWorks Professional Simulation® і додаток SolidWorks Motion.

## 1. Підготовка геометричної моделі.

Відкрити файл «weldingrobot». Файл знаходиться в директорії установки

каталог\_установки\samples\tutorial\MotionStudies\weldingrobot\weldingrobot.sldasm.

На рис.2 наведено дерево конструювання SolidWorks, з якого видно, що перед синтезом моделі руху в моделі переведено в стан «погашено» ряд спряжень.

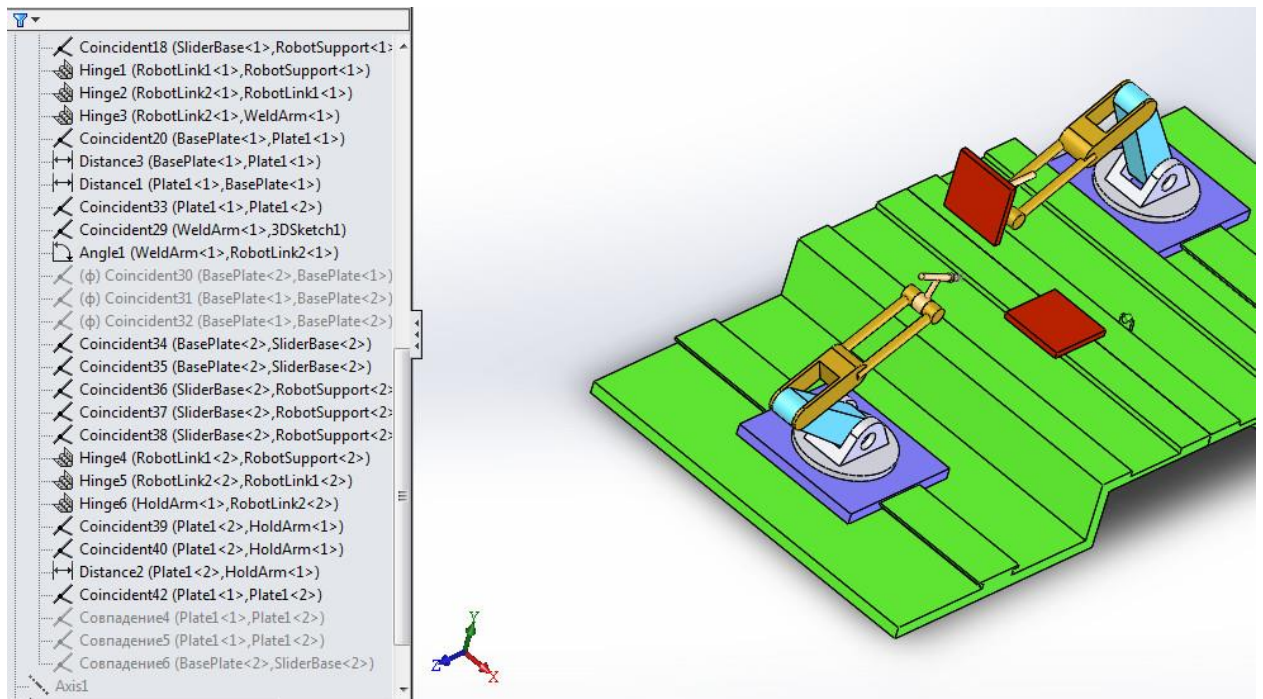


Рис. 2. Спряження моделі

## 2. Побудова моделі руху

Дане завдання може бути вирішене за допомогою інструменту **Motion Analysis (Аналіз руху)**. Він стає доступний тільки після активізації **SolidWorks Motion** в поповнення **SolidWorks** (див. рис.3). Інші інструменти моделювання руху, такі як **Рух збірки (Animation)** і **Базовий рух (Basic Motion)**, не мають достатню для даного завдання функціональність.

Вирішуване завдання може бути кваліфіковане як динамічне, оскільки число ступенів свободи більше нуля і присутня невизначеність в реакції системи (вона повинна бути інваріантна відносно початкової послідовності дій).

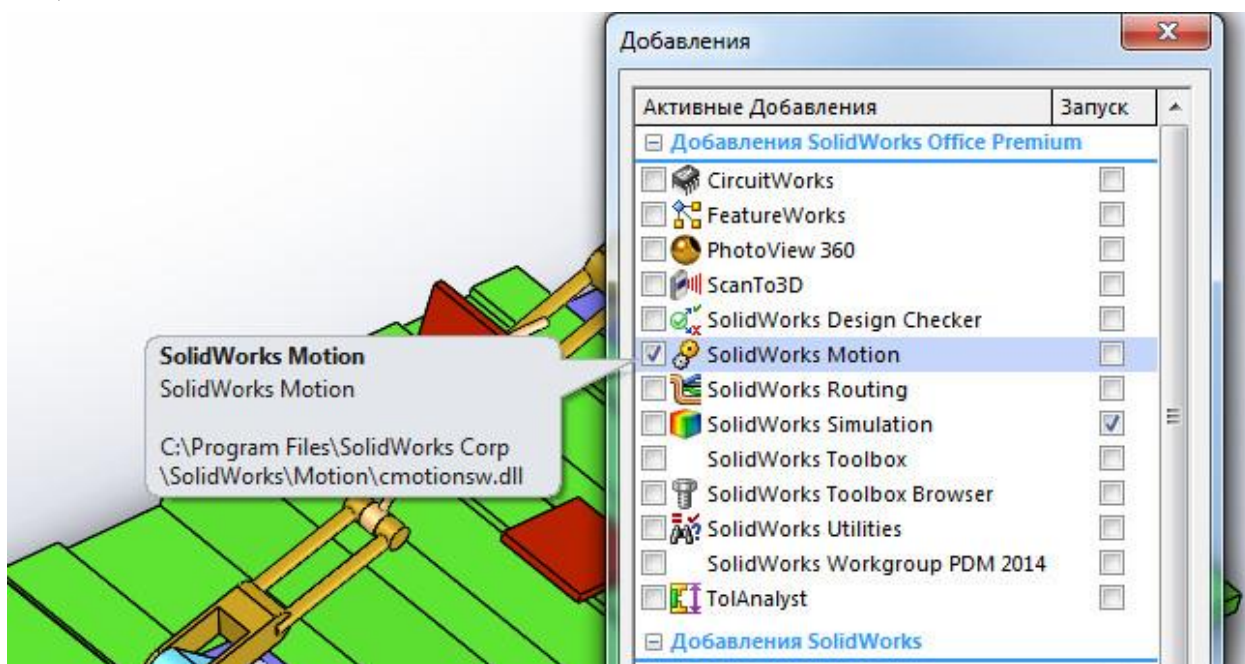


Рис.3.

Модель дослідження руху в **SolidWorks Motion** є сукупністю дій (завдань), керованих датчиками (сенсорами). Ці дії можуть виконуватися послідовно або ж перекриватися в часі. Кожне завдання визначається керуючим подією (тригером) і складається в виконанні деякої дії, що управляє рухом. Умова перемикання може залежати від стану датчика або ж від початку або завершення інших виконуваних завдань. Тригери (керуючі події) можуть зв'язуватися з двигунами, силами, спряженнями або ж можуть зупинити рух об'єкта. Слід враховувати, що для двигунів, задіяних в рухах, керованих подіями, передбачений спеціальний різновид - **Серводвигун (Servomotor)**.

**2.1.Перевірте одиниці.** Переконайтеся в тому, що блоки документів встановлюються в **MMGS**.

**2.2 Створити дослідження руху.** Назвати дослідження «Зварювальний робот».

Створити нове дослідження руху відповідною командою з контекстного меню рядка з вкладками (Модель і ін.) Внизу графічного вікна. У списку Тип дослідження (**Type of Study**) вибираємо Аналіз руху (**Motion Analysis**)

2.3. **Встановити час дослідження 3 секунди.** Оцінюємо в першому наближенні тривалість процесу як 3 с, для чого встановлюємо ключову точку на шкалі часу в відповідне положення (див. рис. 4)

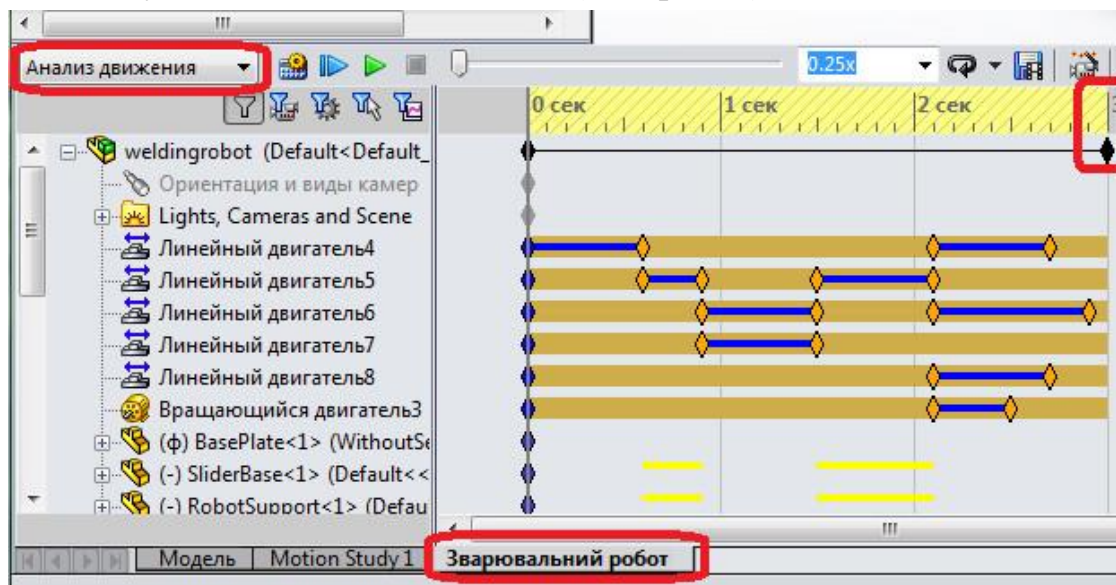


Рис. 4. Налаштування дослідження

### 3. Створення датчиків.

Датчики можуть бути використані для запуску подій або зупинити їх. Три різних типи датчиків можуть бути використані при моделюванні на основі подій:

- датчик виявлення перешкод для виявлення зіткнень.
- датчик наближення, який виявляє рух тіла, що перетинає лінію.
- розмірний датчик, який використовується для визначення відносного положення компонента з розмірів.

3.1. У дереві побудови вибрати **Sensors** та додати датчик **Add Sensor**. Вибрати параметри як показано на рис.5.

Датчик визначає момент, коли відстань між датчиком і пластиною (поз. 1 рис.5) буде рівна 50 мм. Цей датчик, будучи використовуваним в тригері, запускає виконання першої задачі.

### 4. Створення двигунів.

Дозволяється створювати такі типи лінійних або обертових серводвигунів:

- швидкість;
- прискорення;

- переміщення.

Після запуску серводвигуни починають управляти рухом компонентів. Тригери і відповідні параметри двигуна можна задати у вікні Вид руху на основі події.

Щоб створити серводвигун, потрібно вибрати **Двигатель** (панель інструментів **MotionManager**), потім виберіть **Серводвигатель** в розділі **Тип двигателя** і вкажіть серводвигун в **PropertyManager** Двигатель.

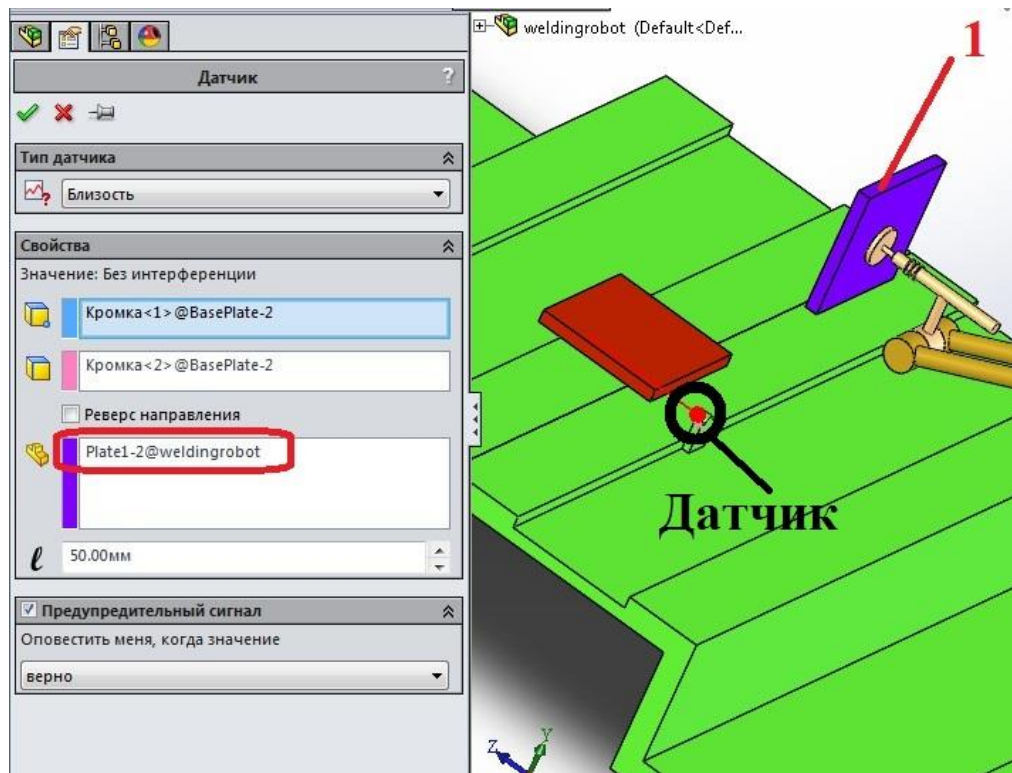


Рис. 5. Створення датчика

Як було сказано, в даній роботі використовуються лінійні, лінійні серводвигуни та обертовий двигуни.

4.1. Створення першого лінійного двигуна.

4.1.1. Вибрати **Двигатель** (панель інструментів **MotionManager**), потім виберіть **Линейный двигатель** в розділі **Тип двигателя** і вкажіть серводвигун в **PropertyManager** Двигатель.

4.1.2. Встановити місце розташування та параметри руху двигуна як показано на рис.6.

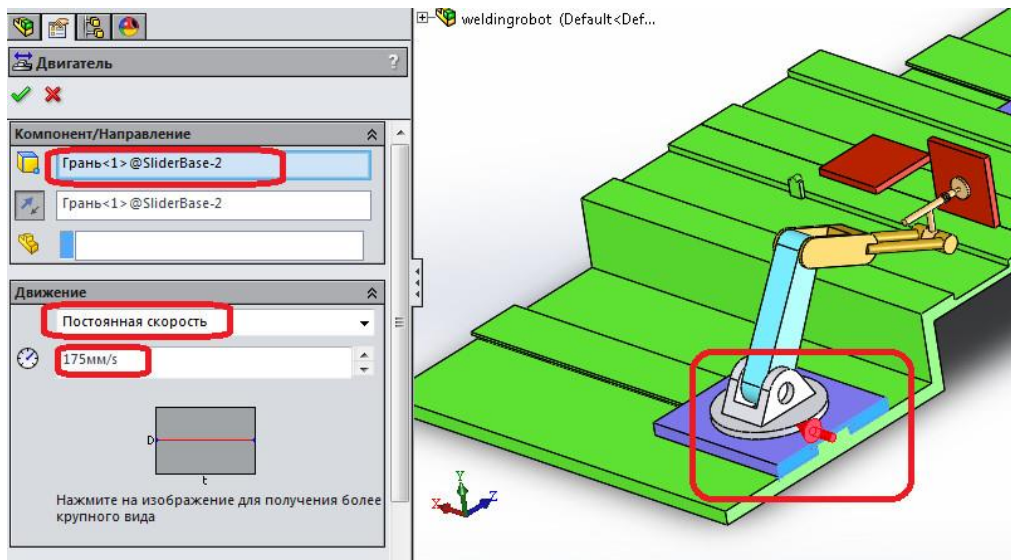


Рис. 6. Створення лінійного двигуна

#### 4.2. Створення першого серводвигуна.

4.2.1. Вибрати **Двигатель** (панель інструментів **MotionManager**), потім виберіть **Серводвигатель** в розділі **Тип двигателя** і вкажіть серводвигун в **PropertyManager** Двигатель.

4.2.2. Встановити місце розташування та параметри руху серводвигуна як показано на рис.7.

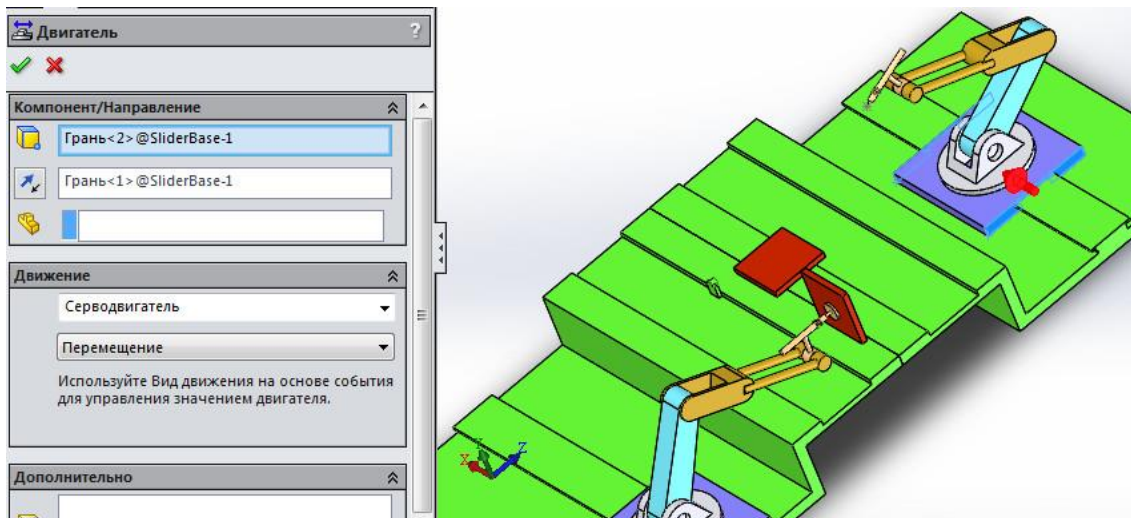


Рис. 7. Створення серводвигуна

#### 4.3. Створення другого серводвигуна.

4.3.1. Вибрати **Двигатель** (панель інструментів **MotionManager**), потім виберіть **Серводвигатель** в розділі **Тип двигателя** і вкажіть серводвигун в **PropertyManager** Двигатель.

4.3.2. Встановити місце розташування та параметри руху серводвигуна як показано на рис.8.

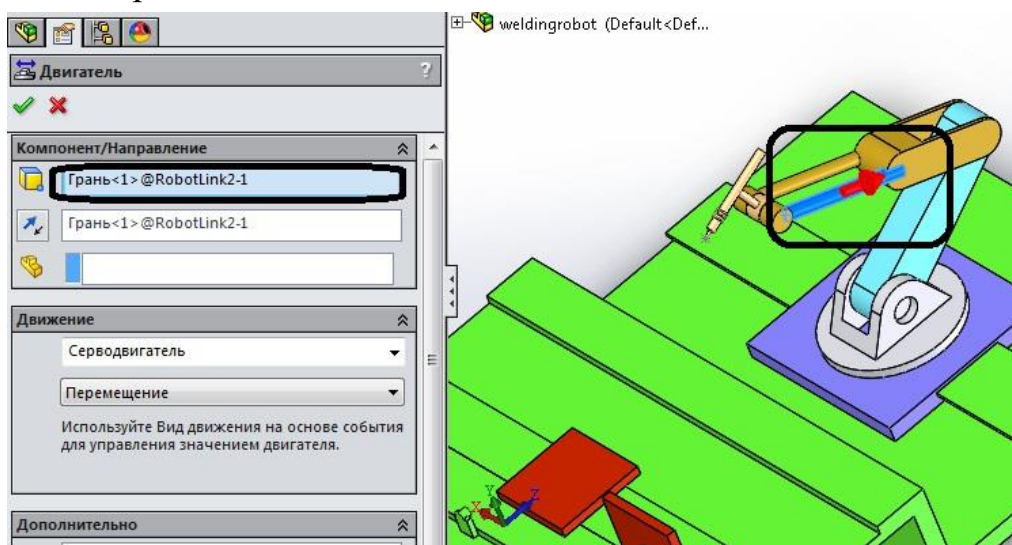


Рис. 8. Створення серводвигуна

4.4. Створення третього серводвигуна.

4.4.1. Вибрати **Двигатель** (панель інструментів **MotionManager**), потім виберіть **Серводвигатель** в розділі **Тип двигателя** і вкажіть серводвигун в **PropertyManager** Двигатель.

4.4.2. Встановити місце розташування та параметри руху серводвигуна як показано на рис.9.

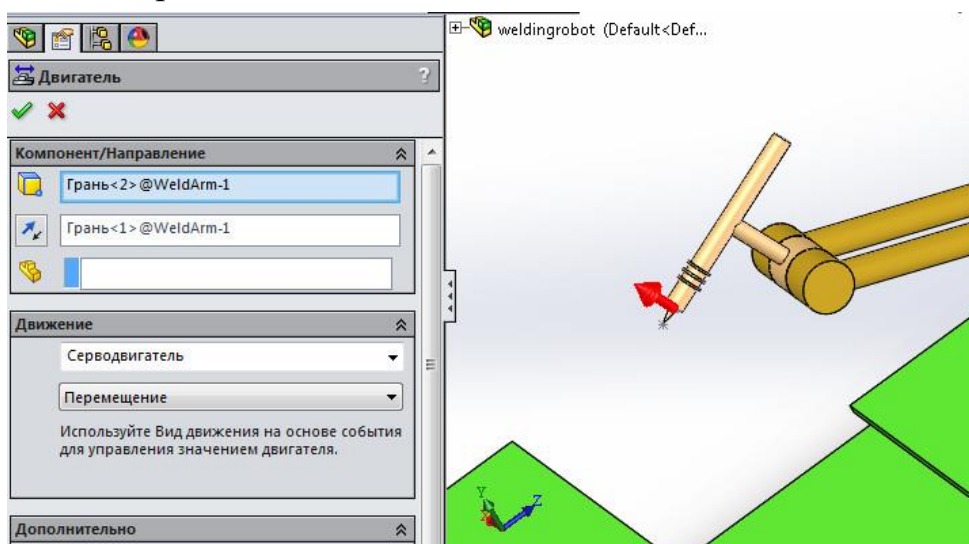


Рис. 9. Створення третього серводвигуна

4.5. Створення четвертого серводвигуна.

4.5.1. Вибрати **Двигатель** (панель інструментів **MotionManager**), потім виберіть **Серводвигатель** в розділі **Тип двигателя** і вкажіть серводвигун в **PropertyManager** Двигатель.

4.5.2. Встановити місце розташування та параметри руху серводвигуна як показано на рис.10.

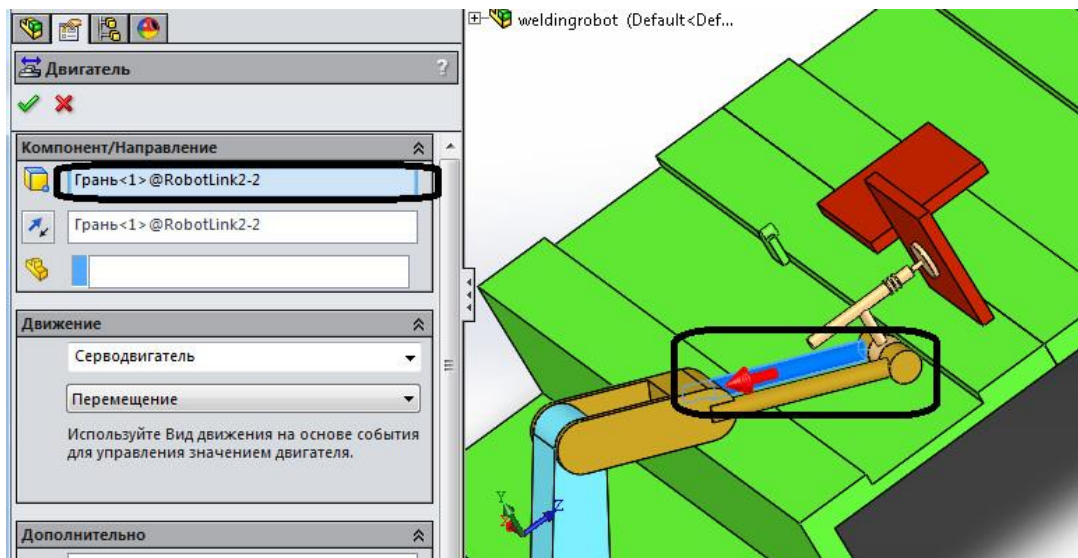


Рис. 10. Створення четвертого серводвигуна

4.6. Створення обертального серводвигуна.

4.2.1. Вибрати **Двигатель** (панель інструментів **MotionManager**), потім виберіть **Серводвигатель** в розділі **Тип двигателя** і вкажіть серводвигун в **PropertyManager** Двигатель.

4.2.2. Встановити місце розташування та параметри руху обертального серводвигуна як показано на рис.11.

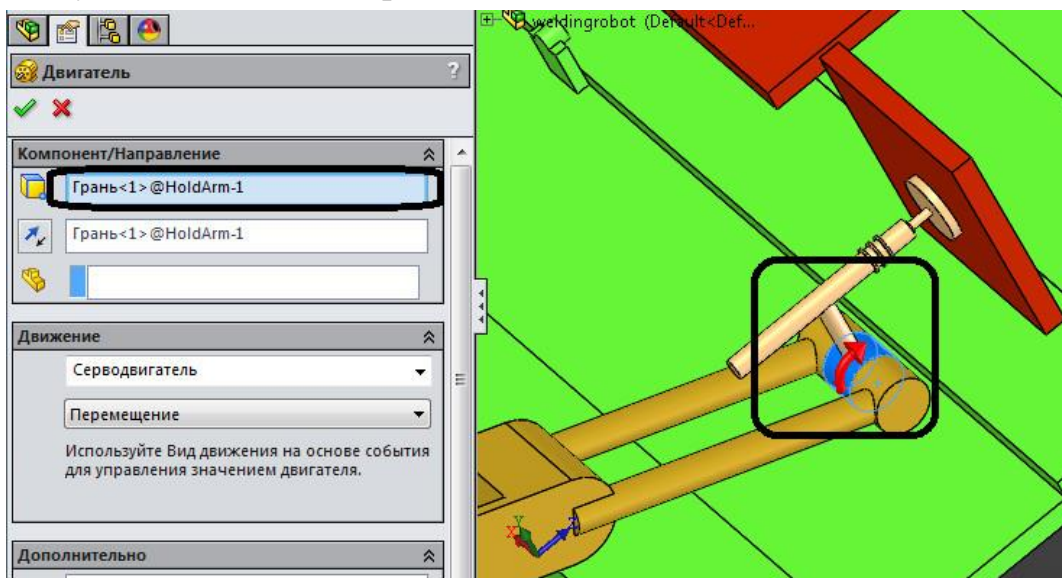


Рис. 11. Створення обертального серводвигуна



## 5. Налаштування дослідження.

**5.1. Встановити властивості дослідження як показано на рис.12** нижче. Параметри вирахованого процесу налаштовується командою **Властивості дослідження руху**. Як видно, встановлена достатньо велика частота кадрів – параметру **Кадрів в секунду** присвоєно значення 300 – і відносно малий максимальний крок вирішувача – **Максимальний розмір кроку інтегратора** виставлений рівним 0,01 с. Нагадуємо, що ці два налаштування ніяк не пов'язані між собою.

В ході відпрацювання розрахункової моделі можна використовувати налаштування, що забезпечують компроміс між точністю і швидкістю розрахунку.

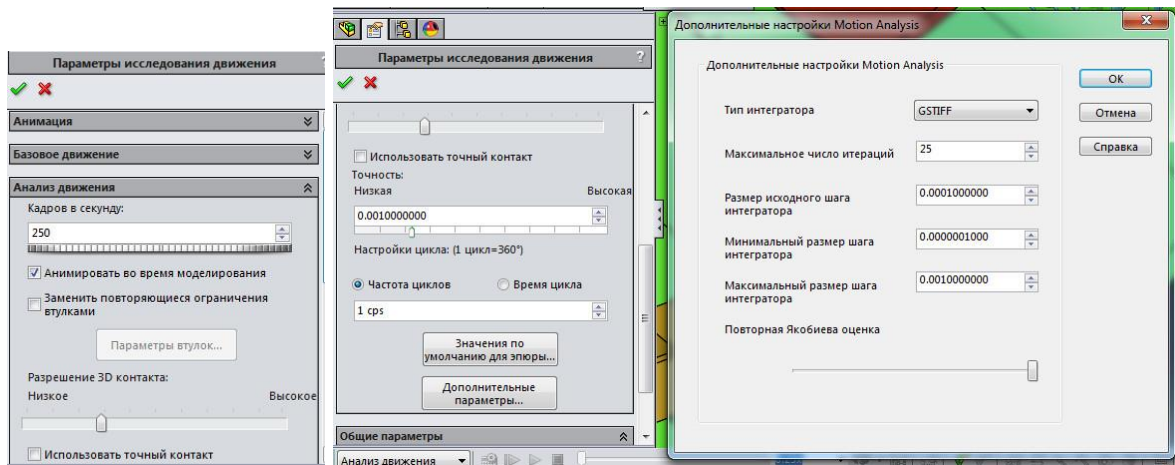




Рис. 12. Налаштування дослідження

## 6. Робота в інтерфейсі з рухами на основі подій

Параметри руху, що запускається подією, можна задати за допомогою датчиків, подій або графіка.

Щоб перейти з виду тимчасової шкали у інтерфейсі з рухами на основі упанелі інструментів **Motionmanager** дослідження руху виберіть параметр **Вид движения на основе событий** .

Щоб перейти з **Вид движения на основе событий** у **Вид временной шкалы** у панелі інструментів **Motionmanager** дослідження руху виберіть параметр **Вид временной шкалы** .

Робота в інтерфейсі з рухами на основі події полягає в маніпуляціях із завданнями (**Task**), в той час як в інтерфейсі з тимчасової шкалою потрібно

для кожної сутності (двигуна, сполучення) визначити власний незалежний від інших період (періоди) часу, протягом якого вона функціонує по визначеному закону.

Завдання ініціюється керуючим подією і складається у виконанні деякої дії, що керує рухом збірки. **Тригер (Керуюча подія)** залежить від поточного часу, стану датчика або ж управляється початком або завершенням раніше певного завдання. До речі кажучи, крім перерахованого, інтерфейс тригера містить також стан інших тригерів.

Дії (зміст задачі) можуть бути наступні:

- **Зупинити аналіз руху (Stop)** - зупинка руху всіх компонентів системи;

- **Двигуни (Motors)** - включення або виключення будь-якого двигуна, зміна його швидкості відповідно до обраного закону (присутні тільки перевизначені профілі);

- **Forces (Сили)** - включення або виключення сили будь-якої сили або її зміни відповідно до обраного (з числа наявних) профілем;

- **Mates (Спряження)** - включення (висвітлення) або виключення (гасіння) обраного сполучення.

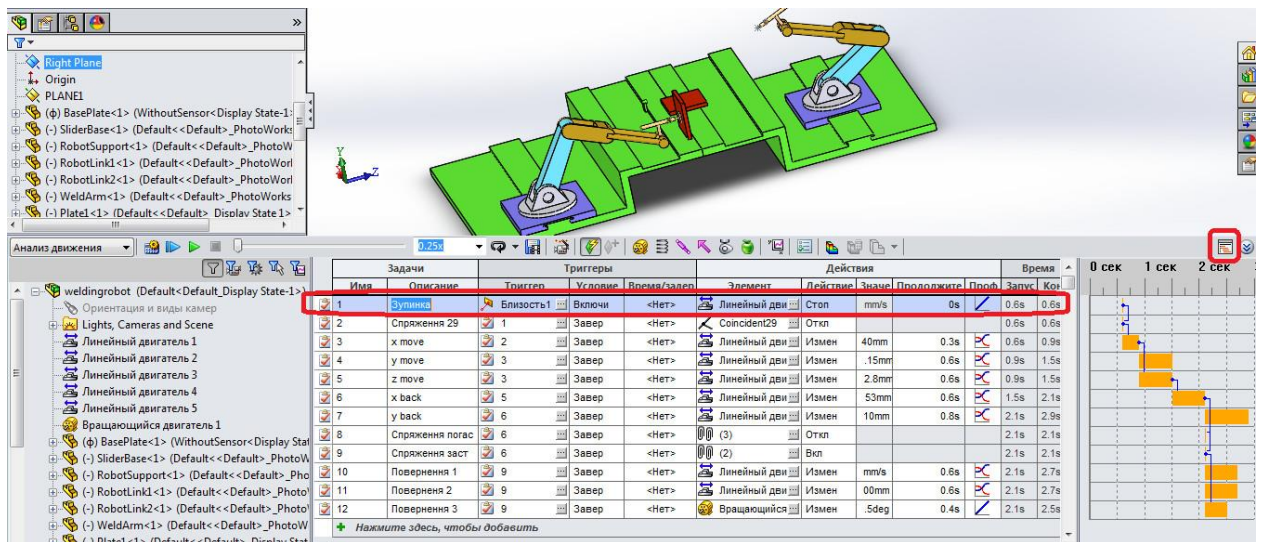
Сформувавши первинну інформацію для руху під керуванням подіями (спряження, датчики і двигуни), приступаємо до створення подій. Для цього перемикаємо інтерфейс до виду руху на основі події.

**6.1. Створення Задачі 1** – зупинка переміщення маніпулятора при спрацьовування датчика близькості. Створення завдання здійснюється за допомогою команди **Натисніть тут, щоб додати (Click here to add)** в **Таблиці задач (Tasks design table)** - завдання буде створена в кінці списку або ж з контекстного меню деякої задачі з числа наявних.

Створивши таку задачу, її можна перейменувати.

**6.1.1. Створення тригера задачі 1**, використовуючи відповідну кнопку, як показано на рис. 13,б

З числа сутностей, які можуть стати ініціаторами події, вибираємо у вікні датчик **Близкість1** (див. рис. 14).



а

Задачи		Триггеры			Действия							Время	
Имя	Описание	Триггер	Условие	Время/задер	Элемент	Действие	Значе	Продолжите	Проф	Запус	Кон		
1	Зупинка	Близость1	Включи	<Нет>	Линейный дви	Стоп	mm/s	0s	0.6s	0.6s			
2	Спряжения 29	1	Завер	<Нет>	Coincident29	Откл			0.6s	0.6s			

б

Рис. 13. Видял панелі Tasks design table (а) та першої задачі (б)

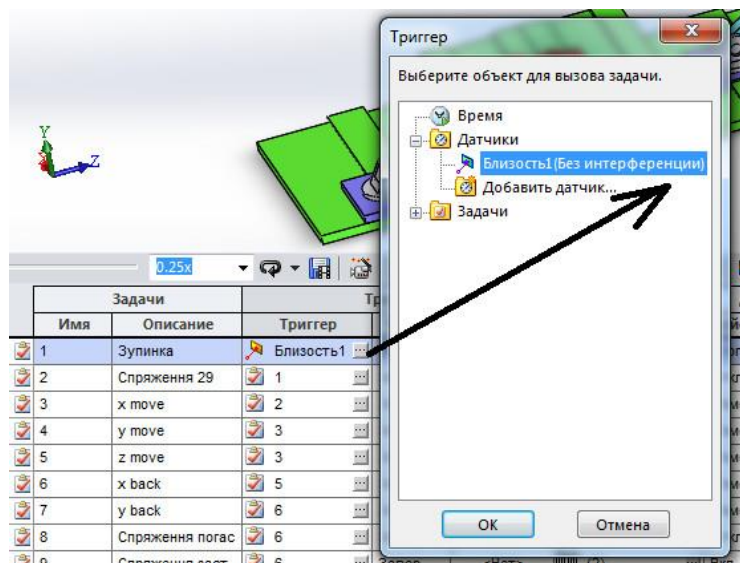


Рис. 14. Вибір триггера для задачі 1.

**6.1.2. Створення умови спрацювання триггера.** У рядку даної задачі в стовпці **Условие** (Condition) вибираємо пункт **Включить**, що відповідає активізації триггера (зміні стану завдання), якщо стан датчика змінився. Взагалі для триггерів, що залежать від датчика, можна обирати увімкнення або вимкнення попереджувальний сигнал триггера.

Встановити додатковий час затримки (**задержки**) між умовою спрацьовування датчика або тригера й виконанням дії «нет» (немає затримки, див. рис. 13.б).

### 6.1.3. Створити дію завдання 1 «Зупинка».









У якості такої дії можна погасити або активувати спряження, зупинити рух, перемкнути або змінити параметри двигунів, сил або обертальних моментів.

Для формування дії необхідно ввести данні у наступні елементи налаштування дії:

- **Елемент.** Необхідно обрати елемент дії. Для задачі «Зупинка» обрати «Линейный двигатель 1».

Разом з дигунами доступні ряд інших елементів, котрі відображені в таблиці 1.

Табл. 1.

Елемент		Вказує на дію лінійного двигуна.
		Вказує на дію обертового двигуна.
	 (2)	Вказує на дію декількох двигунів.
	 (3)	Вказує на дію змішаного виділення елементів.
		Вказує на дію сили.
		Вказує на дію обертаючого моменту.
		Вказує на дію погашеного або включеного сполучення.
		Вказує на припинення руху.

- **Действие.** Для задачі «Зупинка» обрати «Стоп»

Перелік всіх можливих дій елементів показано в таблиці 2.

Табл. 2.

Дія	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Вкл.</b> Вмикає двигуни, сили або обертальні моменти й вмикає обрані спряження для тривалості дій.</li> <li>• <b>Выкл.</b> Вимикає двигуни, сили або обертальні моменти й вимикає обрані спряження для тривалості дій.</li> <li>• <b>Изменить.</b> Змінює значення двигунів з постійною</li> </ul>
-----	--

	<p>швидкістю, постійним обертальним моментом, постійною силою або серводвигунів.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Стоп.</b> Зупиняє двигуни з постійною швидкістю або серводвигуни.</li> </ul>
--	---






- **Значение.** Визначає змінене значення константи для двигунів з постійною швидкістю, постійними силами або обертаючими моментами. Якщо обрана дія «Стоп» то чарунка зі значенням не активна.

- **Продолжительность.** Визначає тривалість дії змін для двигунів з постійною швидкістю, постійними силами або обертаючими моментами.

Для задачі «Зупинка» встановити «0».

- **Профиль.** Визначає форму профілю двигуна з постійною швидкістю, постійною силою або обертаючим моментом. Профіль обчислюється за значенням і тривалості. В таблиці 3 наведений перелік всіх профілів.

Табл. 3.


<b>Профиль</b>		Лінійний
		Постійне прискорення
		Циклоїдний
		Гармонійний
		Кубічний

Для задачі «Зупинка» обрати «Линейный»

**6.2. Створення Задачі 2** – погашення спряження Concident29, як це показано на рис. 15. Тригером для даної задачі з назвою «Спряження 29» є завершення задачі 1.

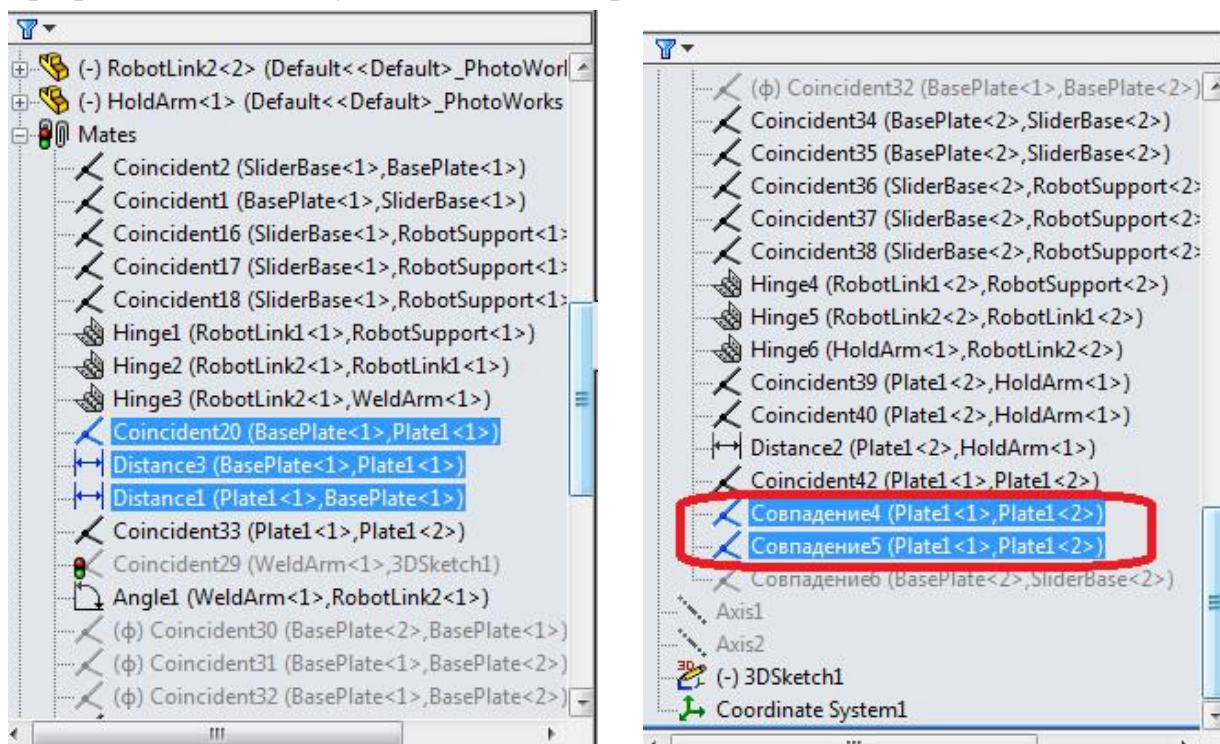
	Задачи		Триггеры			Действия				
	Имя	Описание	Триггер	Условие	Время/за	Элемент	Действ	Значен	Прод	Проф
	1	Зупинка	Близост ...	Включи	<Нет>	Линейный двигатель 1 ...	Стоп	0mm/s	0s	
	2	Спряження 29	1 ...	Завер	<Нет>	Coincident29 ...	Откл			
	3	x move	2 ...	Завер	<Нет>	Линейный двигатель 2 ...	Изме	40mm	0.3s	
	4	y move	3 ...	Завер	<Нет>	Линейный двигатель 3 ...	Изме	11.15mm	0.6s	
	5	z move	3 ...	Завер	<Нет>	Линейный двигатель 4 ...	Изме	12.8mm	0.6s	
	6	x back	5 ...	Завер	<Нет>	Линейный двигатель 2 ...	Изме	-53mm	0.6s	
	7	y back	6 ...	Завер	<Нет>	Линейный двигатель 3 ...	Изме	110mm	0.8s	
	8	Спряження погас	6 ...	Завер	<Нет>	(3) ...	Откл			
	9	Спряження заст	6 ...	Завер	<Нет>	(2) ...	Вкл			
	10	Повернення 1	9 ...	Завер	<Нет>	Линейный двигатель 1 ...	Изме	40mm/s	0.6s	
	11	Повернення 2	9 ...	Завер	<Нет>	Линейный двигатель 5 ...	Изме	100mm	0.6s	
	12	Повернення 3	9 ...	Завер	<Нет>	Вращающийся двигате ...	Изме	-0.5deg	0.4s	

Рис. 15. Tasks design table

**6.3. Створення Задачі 3 «x move»** – рух по осі X маніпулятора з електродом. Тригер задачі – завершення задачі 2. При цьому лінійний серводвигун 2 переміщує маніпулятор на величину 40 мм за час 0,3 с, профіль руху двигуна – гармонічний .

**6.4. Створення Задач 4-7** аналогічне задачі 3 «x move». Внести дані по тригерам і діях задач 4-7 слід аналогічно даним для відповідних задач рис. 15.

**6.5. Створення задачі 8 «Спряження погасити»** - задача аналогічна задачі 2 за виключенням того, що потрібно погасити 3 спряження, що показані на рис. 16,а. Тригери, умови, елементи, дії, значення, тривалість і профіль встановити у відповідності з рис.15.



а

б

Рис. 16. а- спряження до задачі 8; б – спряження до дії 9.

**6.5. Створення задачі 8 «Спряження погасити»** - задача аналогічна задачі 2 за виключенням того, що увімкнути (висвітлити до того погані) 2 спряження, що показані на рис. 16,б.

Тригери, умови, елементи, дії, значення, тривалість і профіль встановити у відповідності з рис.15.

**6.6. Створення Задач 10-12** аналогічне задачам 3-7. Виконання задач 10-12 забезпечує повернення маніпуляторів у вихідне положення.

Внести Тригери, умови, елементи, дії, значення, тривалість і профіль встановити у відповідності з рис.15.

**6.7. Запустити розрахунок дослідження** шляхом виконання команди «Расчитать» на панелі інструментів **MotionManager**.

## **7. Перегляд тимчасової шкали.**

### **7.1. Переключитися на Timeline View.**

Тут ви можете побачити результат моделювання на основі подій. Кожен ключ вказує на початок, кінець або зміну руху компонентів системи. Вона також вказує тривалість всього циклу.

С дає уявлення про тривалість всієї операції. Кожен запуск завдання і закінчення ідентифікується з ключем часу. Можливі дії після цієї імітації - зміна швидкостей виконавчих механізмів з метою оптимізації системи, зміна матеріалу, щоб змінити ефект тертя, зміна конструкції, тощо.

Варто також зазначити, що рядки в **Таблиці завдань** (Tasks design table) можна перетягувати стандартними рухами миші, впливаючи на елемент першого стовпця. Зміст меню очевидно, за винятком двох пунктів: **Заблокувати оцінку завдання (Lock Task Evaluation)**, який запобігає перерахунок раніше виконаного аналізу на даному етапі в подальших розрахунках, і **Таблиця завдань експорту (Export Task Table)** - експорт таблиці завдань в файл з розширенням **csv** для подальшого використання в програмах управління автоматикою.

В результаті моделювання одержано анімацію, визначено тривалість, а також послідовність всіх операцій. Цей результат може бути використаний для зміни параметрів системи (кінематичних параметрів виконавчих механізмів).

## **8. Аналіз результатів.**

### **8.1. Створення шляху відслідковування вершини електроду.**

1. Виберіть **Результати й епюри/** (панель інструментів **Motion manager**).

Відобразиться вікно **Propertymanager** Результати.

2. У вікні **Propertymanager** Результати виберіть:



- a. **Перемещение/Скорость/Ускорение** для Категорія.
  - b. **Путь отслеживания** для параметра **Подкатегория**.
  3. **Виберіть вершину:**
    - a. Натисніть поле **Вибір компонента/** (вікно **Propertymanager** Результати).
    - b. **Виберіть вершину конічної частини електрода, як показано на рис. 17.**
  4. **Натисніть ОК .**
- У графічній області відображається еюра, і папка **Результати** додається в дерево конструювання **Motionmanager**.

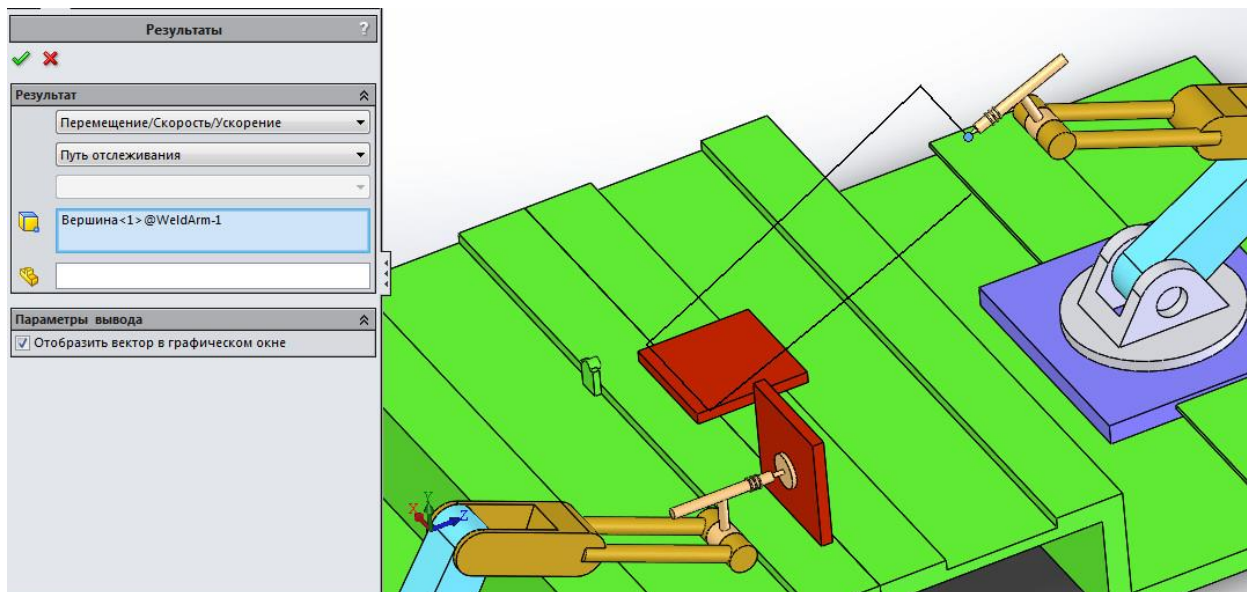


Рис. 17. Шлях відслідковування переміщення вершини електрода.

Одержаний шлях відслідковування доступний для експорту в файл з розширенням **csv** для подальшого аналізу.

## 8.2. Створення еюри зміни швидкості вершини електрода.

1. **Виберіть Результати й еюри/** (панель інструментів **Motion manager**).

Відобразиться вікно **Propertymanager** Результати.

2. У вікні **Propertymanager** Результати виберіть:
  - a. **Перемещение/Скорость/Ускорение** для Категорія.
  - b. **Поступательная скорость** контакту для параметра **Подкатегория**.
  - c. **Величина** для **Результующий компонент**.

3. Виберіть контактуючі компоненти:
  - a. Натисніть поле Вибір компонента/ (вікно **Propertymanager** Результати).
  - b. Виберіть вершину конічної частини електроду, як показано на рис. 18.
4. Натисніть ОК .

У графічній області відображається епюра, і папка **Результати** додається в дерево конструювання **Motionmanager**.

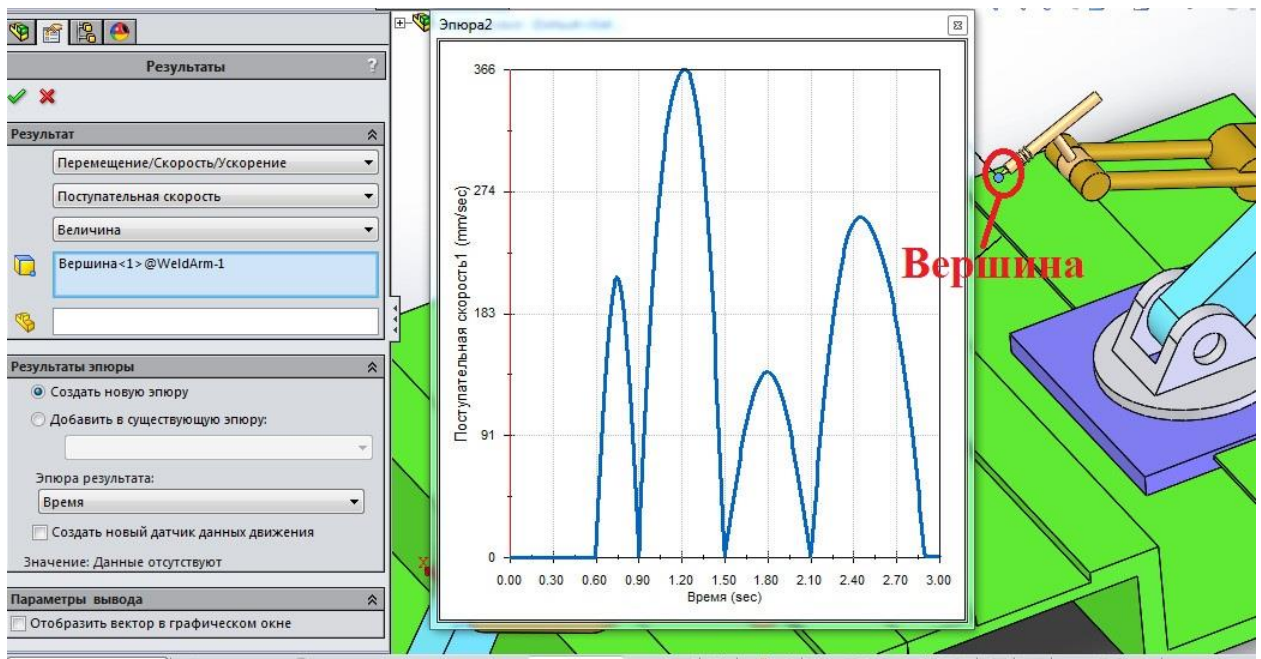


Рис. 18. Епюра зміни швидкості

Аналогічним до п.8.1 та 8.2 способом можливо визначити епюри складових швидкості та прискорень різних ланок механізмів маніпуляторів.