

# **Моделювання режимів роботи електроприводів підйомних лебідок вантажопідйомних машин**

**Виконав: ст. гр. ЕПА-17м Ратушна А. М.**

**Керівник роботи: к.т.н., доц. Бабій С. М.**

## Мета та задачі дослідження

**Метою роботи** є розроблення комп'ютерних моделей лебідок вантажопідйомних машин з невірноваженою, врівноваженою та частково врівноваженою кінематичними схемами. Їх використання дозволить суттєво спростити процес проектування їх електроприводів та дасть можливість проводити дослідження без шкоди та зношення реального обладнання.

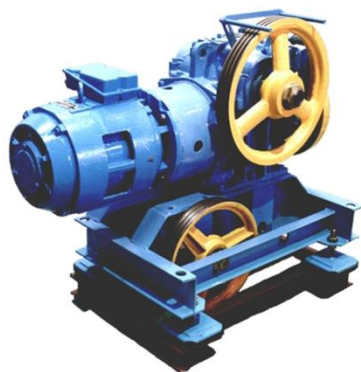
Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання:

1. Здійснити коротку характеристику вантажопідйомних машин та їх підйомних лебідок.
2. Проаналізувати характер статичних навантажень електроприводів лебідок вантажопідйомних машин з невірноваженою, врівноваженою та частково врівноваженою кінематичними схемами.
3. Розробити структури моделей лебідок вантажопідйомних машин з невірноваженою, врівноваженою та частково врівноваженою кінематичними схемами та реалізувати їх у вигляді типових блоків бібліотеки Simulink.
4. Перевірити адекватність розроблених моделей.
5. Провести економічні розрахунки.
6. Описати умови безпечної експлуатації розробленої системи.

**Об'єкт дослідження** – процеси перетворення енергії в електроприводах підйомних лебідок вантажопідйомних машин.

**Предметом дослідження** є математичні моделі та структури лебідок вантажопідйомних машин з невірноваженою, врівноваженою та частково врівноваженою кінематичними схемами.

## Загальна характеристика підйомних лебідок



а)



б)



в)

Конструктивне виконання підйомних лебідок: а) ліфта; б) тельфера; в) крана

### Класифікація підйомних лебідок:

1) за типом тягового органу:

- канатні;
- ланцюгові;

3) за способом передачі руху канатоведучого органу лебідки тяговому органу:

- з барабанною лебідкою;
- з канатоведучим шківом;

5) за конструкцією привода лебідки:

- з редукторним приводом;
- з безредукторним приводом;

2) за типом привода:

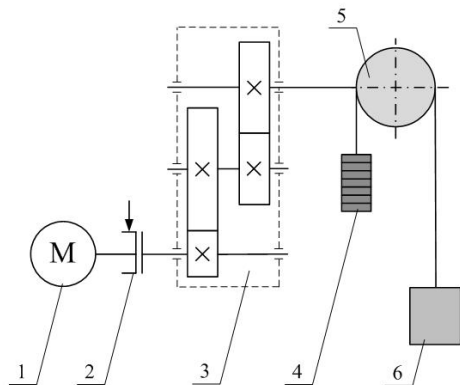
- з ручним приводом;
- з електричним з приводом;
- з приводом від ДВЗ;

4) за схемою запасовки тягових канатів:

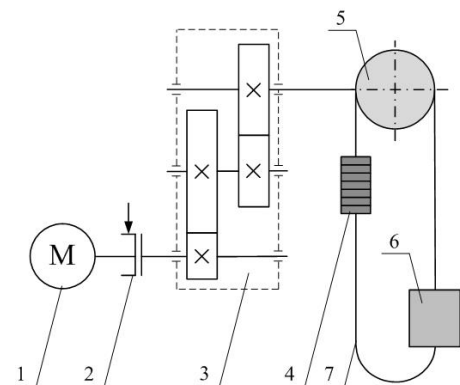
- з прямою підвіскою;
- з поліспаотною підвіскою;
- з канатним мультиплікатором;

6) за кількістю приводних двигунів:

- однодвигунні;
- багатодвигунні.

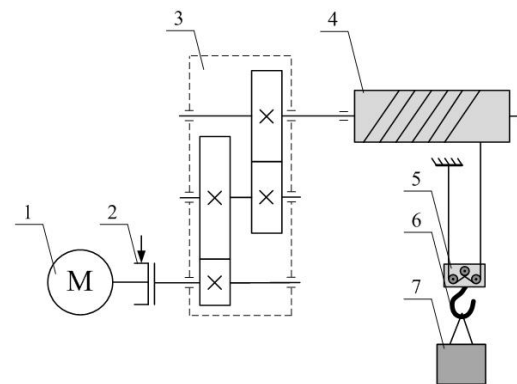


Підйомна лебідка з частково врівноваженою кінематичною схемою



Підйомна лебідка з врівноваженою кінематичною схемою

- 1 – електродвигун
- 2 – гальмівний шків
- 3 – редуктор
- 4 – противага
- 5 – канатоведучий шків
- 6 – кабіна
- 7 – врівноважуючий канат



Підйомна лебідка з неуврівноваженою кінематичною схемою

- 1 – електродвигун
- 2 – гальмівний шків
- 3 – редуктор
- 4 – барабан
- 5 – поліпаст
- 6 – вантажозахватний пристрій
- 7 – вантаж

Штукатурка
№ докум.
№ докум.
Штукатурка
№ докум.
№ докум.
Штукатурка
№ докум.
№ докум.

08-16.МКР.010.00.000 К			
Зм. Арх.	№ докум.	Підпис	Дата
Розробник	Рагузіна А.М.		
Перевірник	Бабій С.М.		
Т. контр.			
Моделювання режимів роботи електроприводів підйомних лебідок вантажопідійомних машин. Схеми кінематичні підйомних лебідок			
Аркуш 1		Аркушів 1	
Норм. кон.	Бабій С.М.		
Затверд.	Кутів В.М.		
гр. ЕПА-17м			

## Математичні моделі підйомних лебідок

$$\left\{ \begin{array}{l} V = \frac{\omega_{дв} \cdot D_6}{2 \cdot i_{мп} \cdot u}, \\ G_0 = m_0 \cdot g, \\ G_B = m_B \cdot g, \\ M_c = M_A + M_P \cdot \text{sign}(V), \\ M_A = \frac{(m_B + m_0) \cdot g \cdot D_6}{2 \cdot i_{мп} \cdot u}, \\ M_P = M_A \cdot \left( \frac{1}{\eta_{мп}} - 1 \right); \end{array} \right. \quad (1)$$

Математична модель підйомної лебідки з невірноваженою кінематичною схемою

$$\left\{ \begin{array}{l} V = \frac{\omega_{дв} \cdot D_{ш}}{2 \cdot i_{мп} \cdot u}, \\ G_0 = m_0 \cdot g, \\ G_B = m_B \cdot g, \\ G_{B\text{ ном}} = m_{B\text{ ном}} \cdot g, \\ G_{пр} = G_0 + \alpha \cdot G_{B\text{ ном}}, \\ F_K = G_K \cdot (l_{кк} - l_{кпр}), \\ G_K = m_K \cdot g, \\ F_{ш} = G_B - \alpha \cdot G_{B\text{ ном}} + F_K, \\ M_c = M_A + M_P \cdot \text{sign}(V), \\ M_A = \frac{F_{ш} \cdot D_{ш}}{2 \cdot i_{мп} \cdot u}, \\ M_P = |M_A| \cdot \left( \frac{1}{\eta_{мп}} - 1 \right). \end{array} \right. \quad (2)$$

Математична модель підйомної лебідки з частково врівноваженою кінематичною схемою

$$\left\{ \begin{array}{l} V = \frac{\omega_{дв} \cdot D_{ш}}{2 \cdot i_{мп} \cdot u}, \\ G_0 = m_0 \cdot g, \\ G_B = m_B \cdot g, \\ G_{B\text{ ном}} = m_{B\text{ ном}} \cdot g, \\ G_{пр} = G_0 + \alpha \cdot G_{B\text{ ном}}, \\ F_{ш} = G_B - \alpha \cdot G_{B\text{ ном}}, \\ M_c = M_A + M_P \cdot \text{sign}(V), \\ M_A = \frac{F_{ш} \cdot D_{ш}}{2 \cdot i_{мп} \cdot u}, \\ M_P = |M_A| \cdot \left( \frac{1}{\eta_{мп}} - 1 \right). \end{array} \right. \quad (3)$$

Математична модель підйомної лебідки з врівноваженою кінематичною схемою

$m_B$  ( $G_B$ ) – маса (вага) вантажу  
 $m_0$  ( $G_0$ ) – маса (вага) вантажозахватного пристрою (кабіни)  
 $m_{пр}$  ( $G_{пр}$ ) – маса (вага) противаги  
 $m_{B\text{ ном}}$  ( $G_{B\text{ ном}}$ ) – маса (вага) номінального вантажу  
 $G_K$  – сила тяжіння одного погонного метра підйомного каната  
 $g$  – прискорення вільного падіння  
 $D_6$  – діаметр барабана лебідки

$D_{ш}$  – діаметр КВШ лебідки  
 $\alpha$  – коефіцієнт врівноваження ( $\alpha = 0,4 \dots 0,6$ )  
 $l_{кк}$  – довжини підйомного каната зі сторони кабіни  
 $l_{кпр}$  – довжини підйомного каната зі сторони противаги  
 $V$  – швидкість транспортування вантажу  
 $\omega_{дв}$  – кутова швидкість вала двигуна при транспортуванні вантажу  
 $\eta_{мп}$  – ККД механічної передачі



## Модель підйомної лебідки з нерівноваженою кінематичною схемою в Simulink

Розгорнута структура механічної частини лебідки  
вантажопідйомної машини з нерівноваженою кінематичною  
схемою

Model\_nevrivn\_lebidka

- V\_v
- m\_v
- KKD\_mp\_pidjom
- Jsum
- Wdv
- Mc

Block Parameters: Model\_nevrivn\_lebidka

Subsystem (mask)

Parameters

Маса вантажозахватного пристрою, кг

Номинальна вантажопідйомність, кг

Номинальна швидкість транспортування, м/с

Діаметр барабана лебідки, м

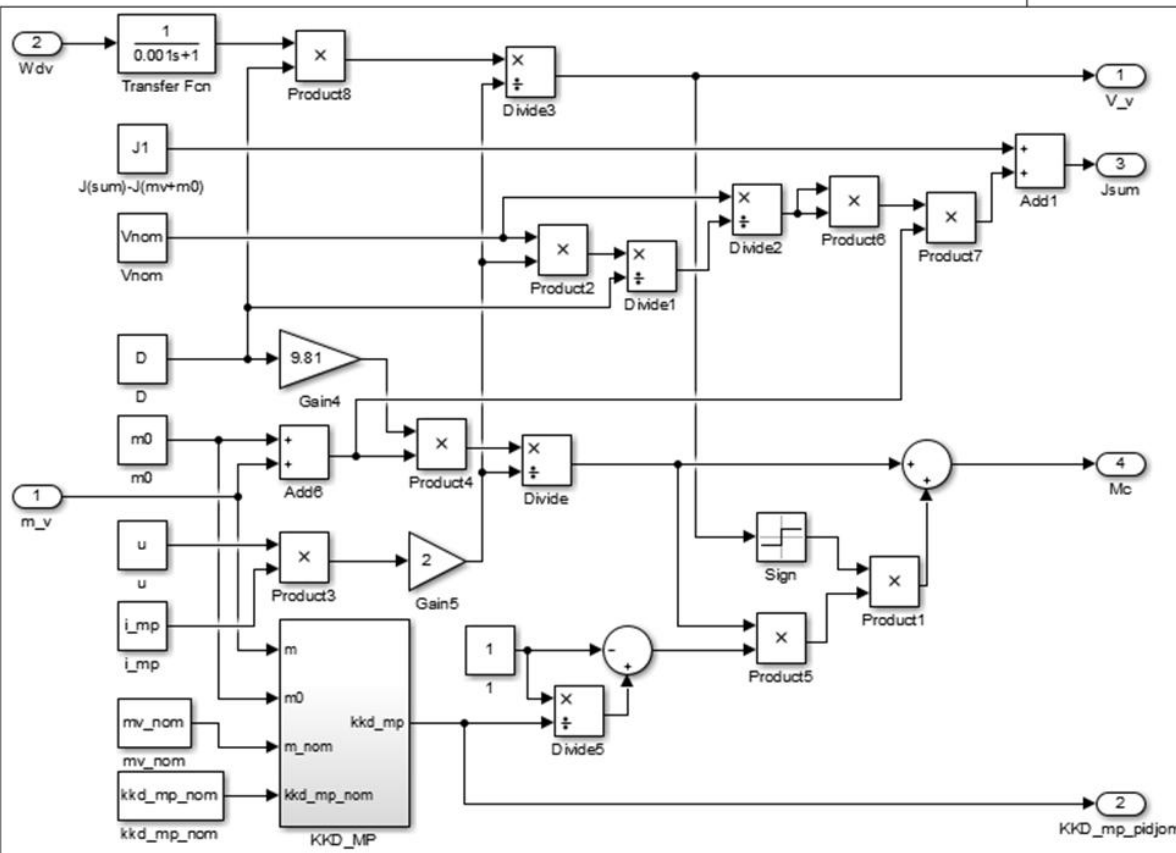
Критичність поліспасти підвіски

Передавальне число редуктора

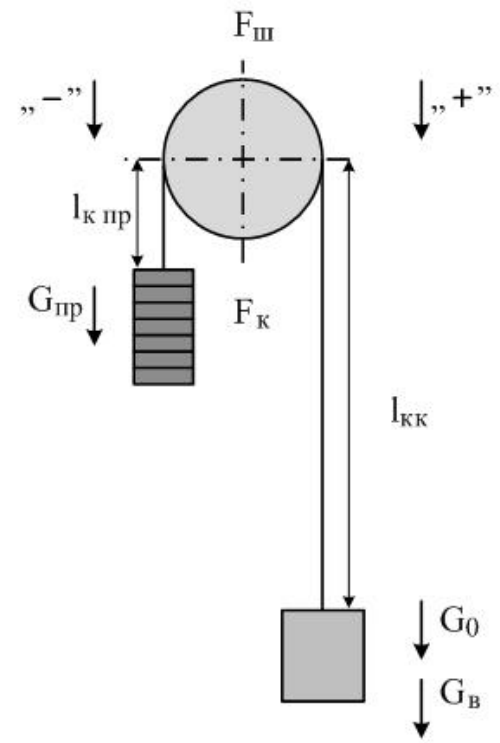
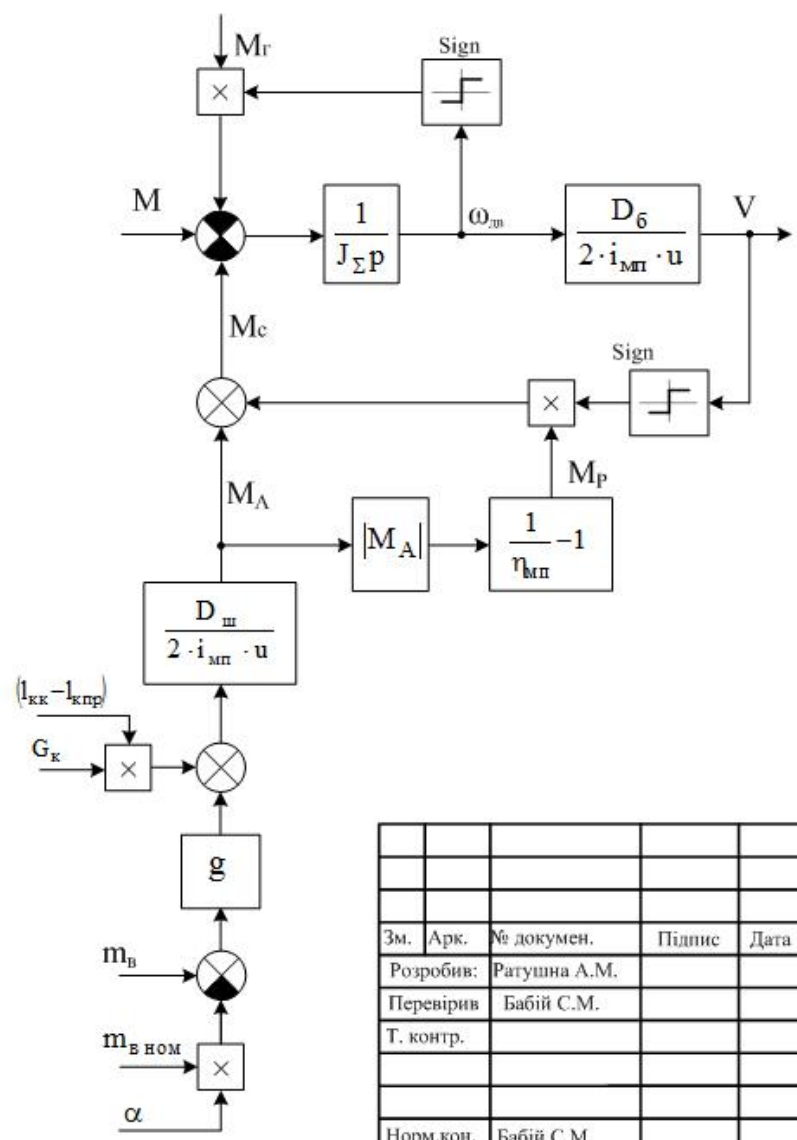
ККД редуктора при m\_ном

Приведений мом. інерції (без врах. мас, що рух. поступально), кг\*м2

Налаштування моделі підйомної  
лебідки



08-16.МКР.010.00.000 Е1



Інв. № ориг.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата
Розробив:	Рагушна А.М.			
Перевірив:	Бабій С.М.			
Т. контр.				
Норм.кон.	Бабій С.М.			
Затверд.	Кутін В.М.			

08-16.МКР.010.00.000 Е1

Моделювання режимів роботи електроприводів підйомних лебідок вантажопідйомних машин. Структурна схема підйомної лебідки з частково врівноваженою кінематичною схемою

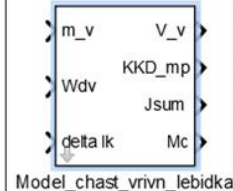
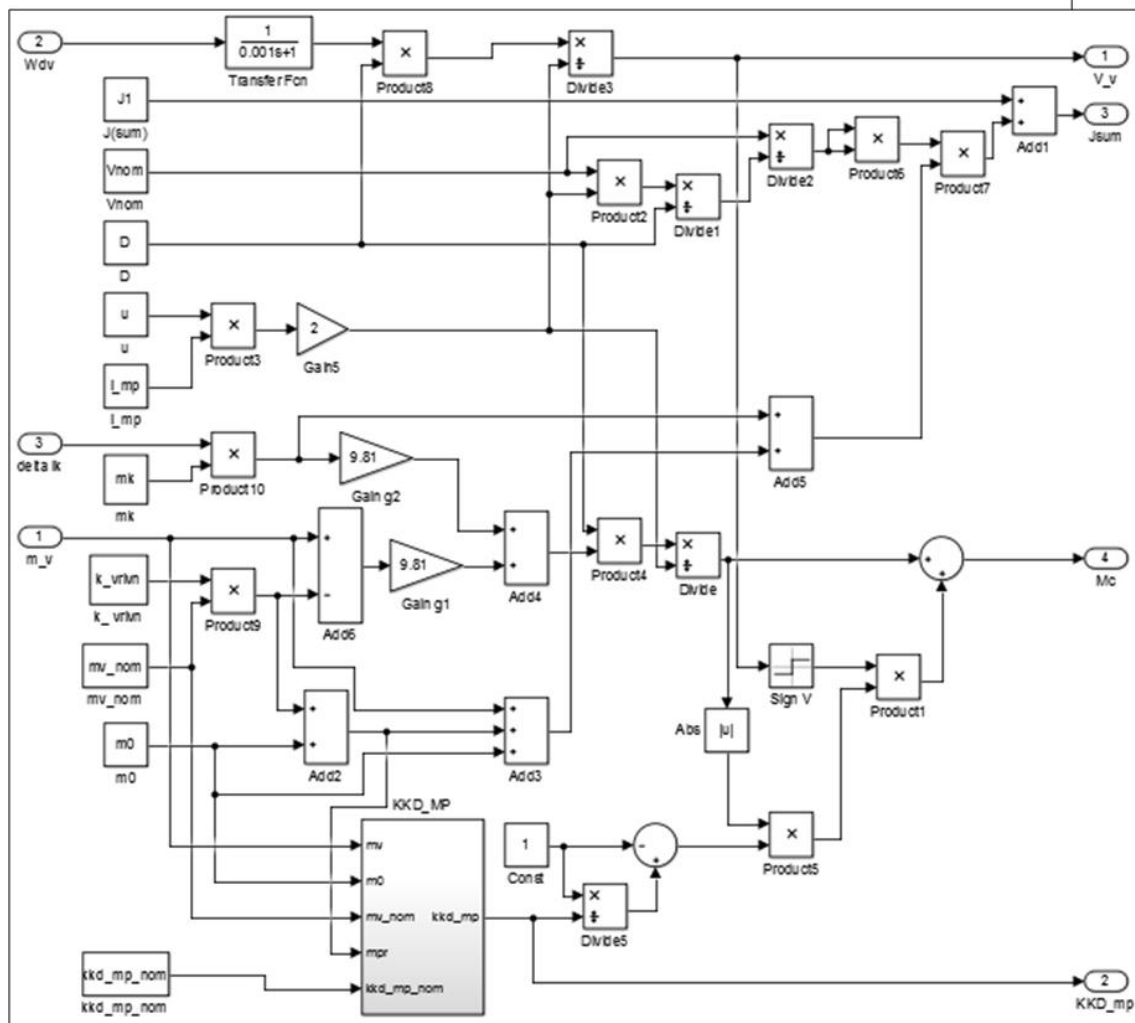
Літ.	Маса	Масштаб
Аркуш 1	Аркушів 1	

гр. ЕПА-17М



## Модель підійомної лебідки з частково врівноваженою кінематичною схемою в Simulink

Розгорнута структура механічної частини лебідки вантажопідійомної машини з частково врівноваженою кінематичною схемою



Block Parameters: Model\_chast\_vrivn\_lebidka

Subsystem (mask)

Parameters

Маса кабіни, кг

Номінальна вантажопідійомність, кг

Маса погонного метра підйомн. каната, кг

Коефіцієнт врівноваження

Номінальна швидкість транспортування, м/с

Діаметр КВШ лебідки, м

Кратність поліспасти підвіски

Передавальне число редуктора

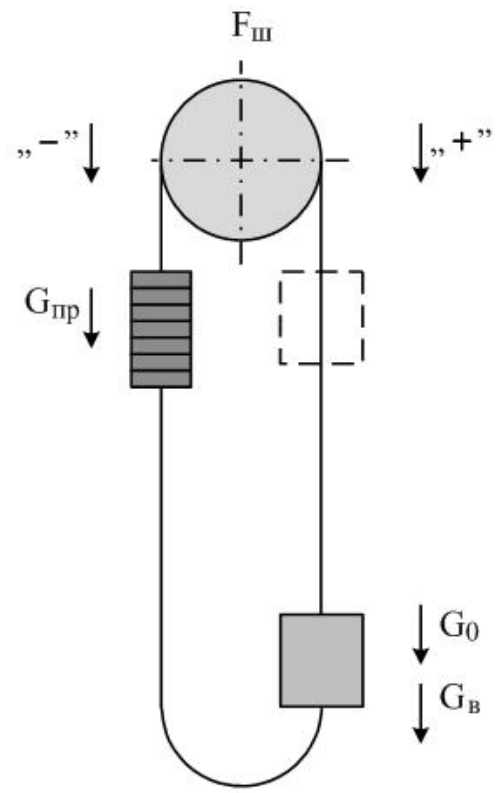
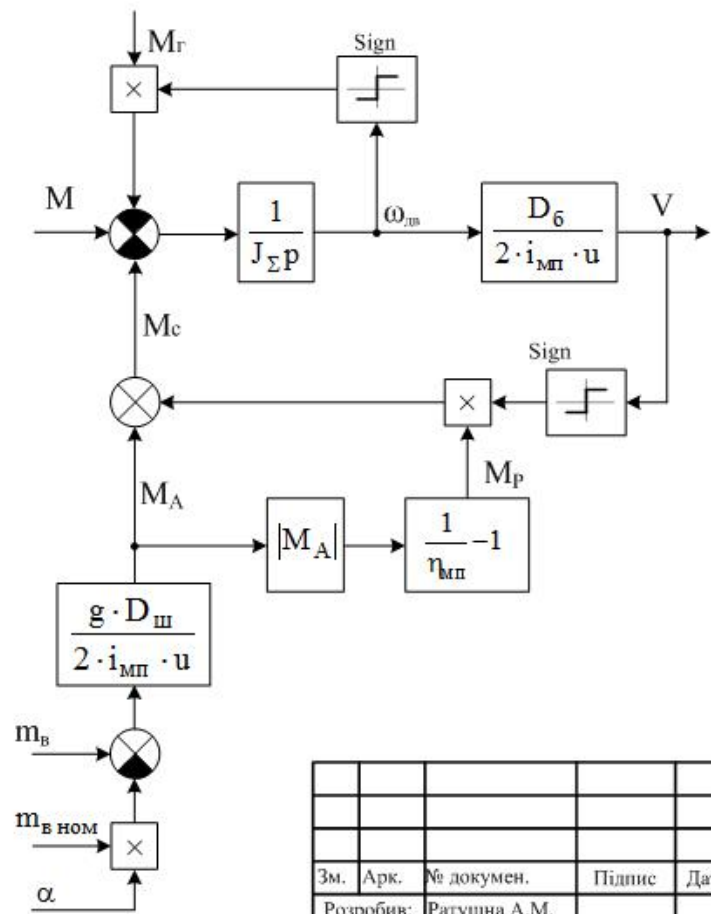
ККД редуктора при m\_ном

Приведений мом. інерції (без врах. мас, що рух. поступально), кг\*м2

OK Cancel Help Apply

Налаштування моделі підійомної лебідки

08-16.МКР.010.00.000 Е1

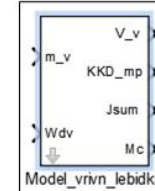
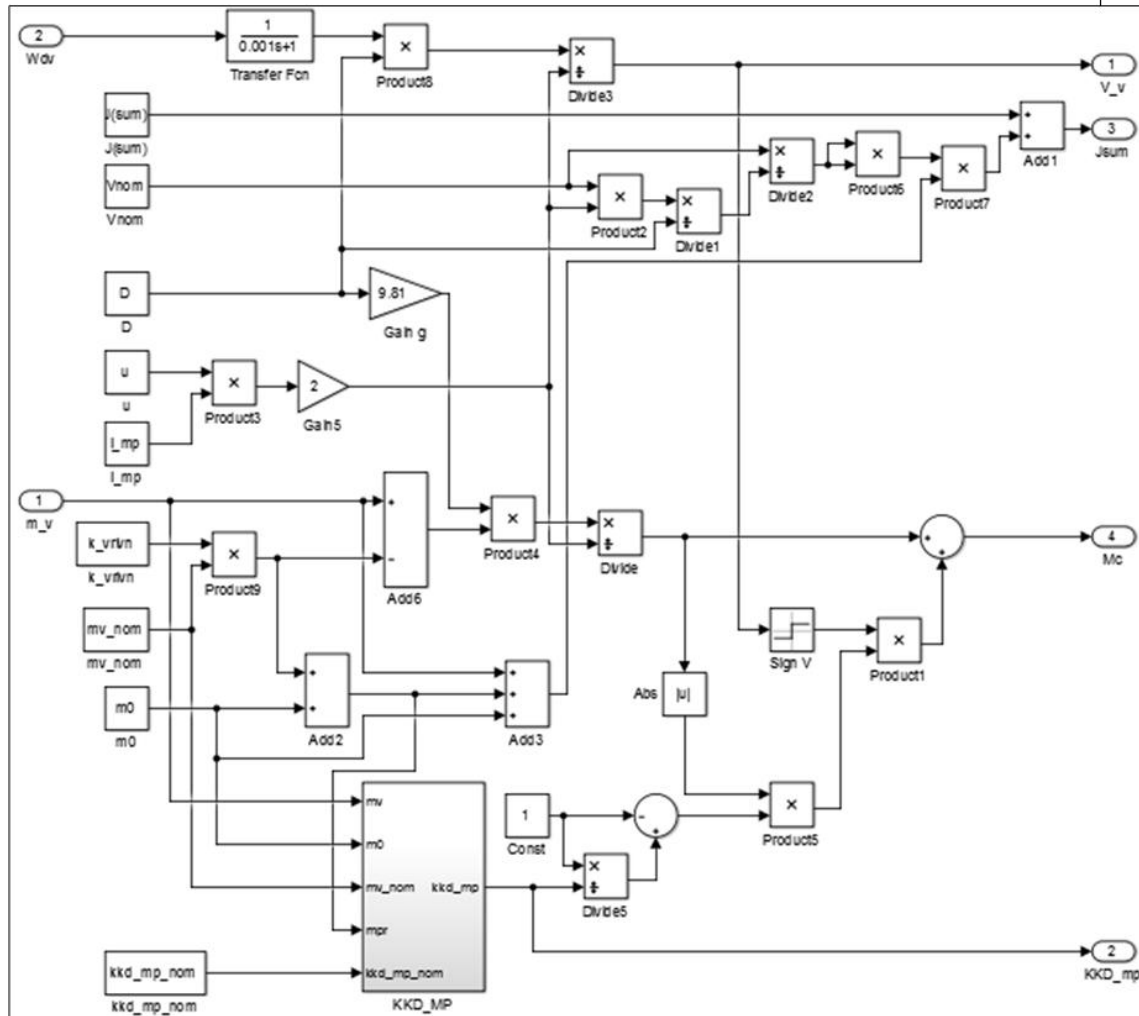


Інв. № ориг.	Пішове і дата	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Пішове і дата
--------------	---------------	-------------	--------------	---------------

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата
Розробив:		Ратушна А.М.		
Перевірив:		Бабій С.М.		
Т. контр.				
Норм.кон.		Бабій С.М.		
Затверд.		Кутін В.М.		

08-16.МКР.010.00.000 Е1					
Моделювання режимів роботи електроприводів підійомних лебідок вантажопідійомних машин. Структурна схема підійомної лебідки з врівноваженою кінематичною схемою			Літ.	Маса	Масштаб
Аркуш 1		Аркушів 1			
гр. ЕПА-17м					

Розгорнута структура механічної частини лебідки  
вантажопідійомної машини з врівноваженою кінематичною  
схемою



Block Parameters: Model\_vr/vn\_lebidka

Subsystem (mask)

Parameters

Маса кабіни, кг

Номинальна вантажопідійомність, кг

Коефіцієнт врівноваження

Номинальна швидкість транспортування, м/с

Діаметр КВШ лебідки, м

Кратність поліспасти підвіски

Передавальне число редуктора

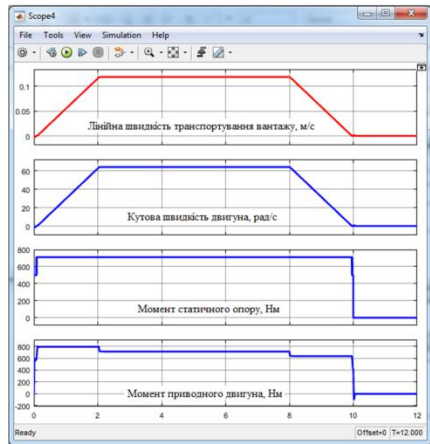
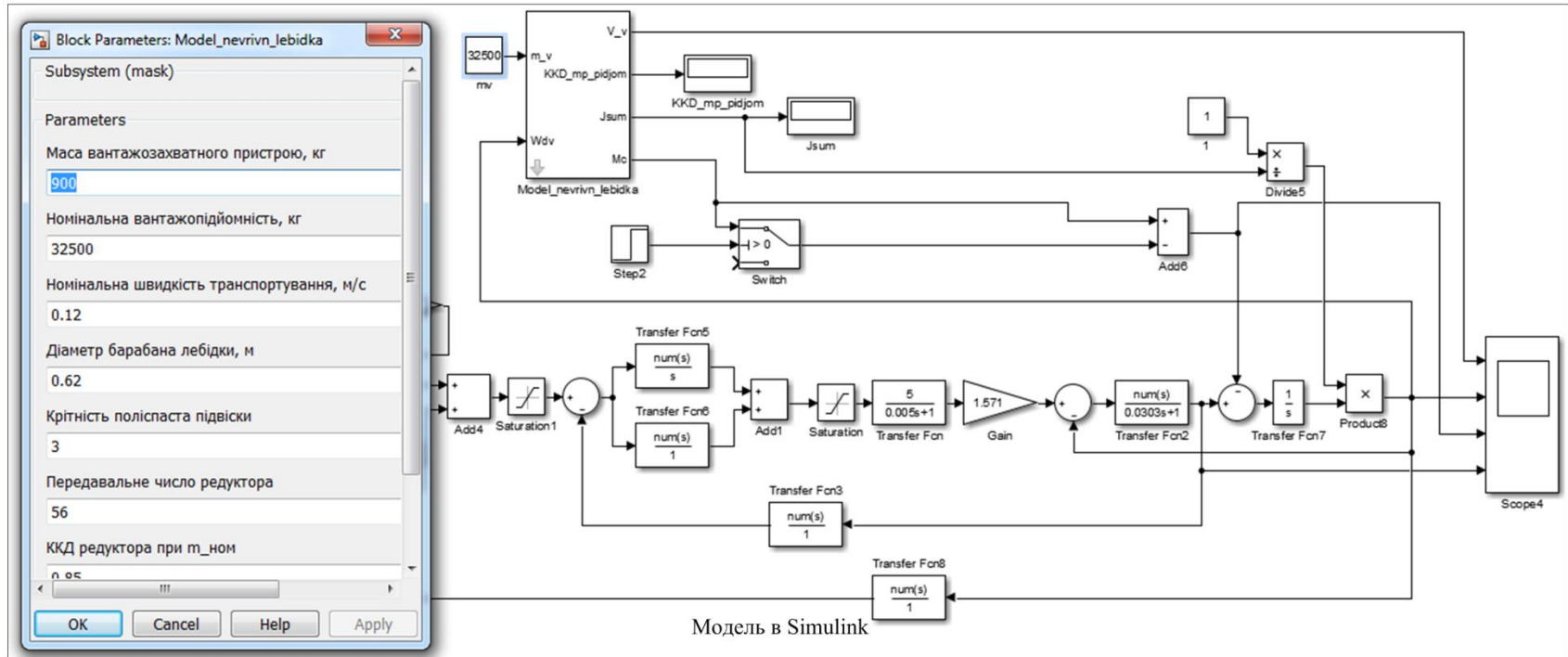
ККД редуктора при m\_ном

Приведений мом. інерції (без врах. мас, що рух. поступально), кг\*м<sup>2</sup>

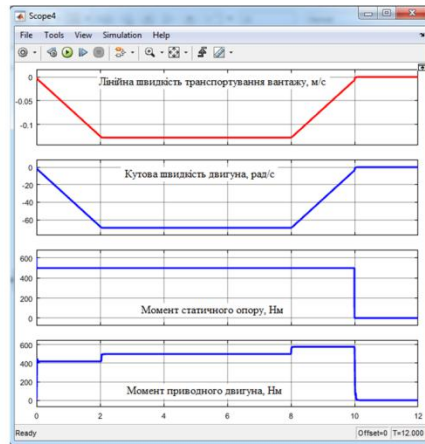
OK Cancel Help Apply

Налаштування моделі підійомної  
лебідки

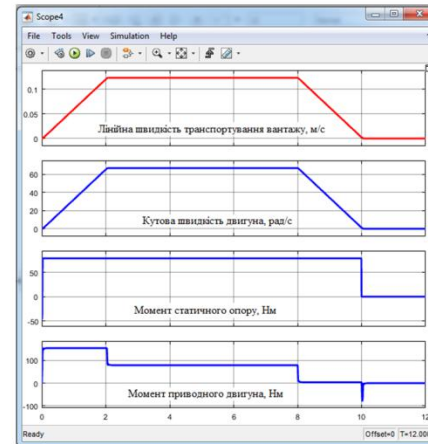
# Моделювання режимів роботи САЕП підйомної лебідки з неврівноваженою кінематичною схемою



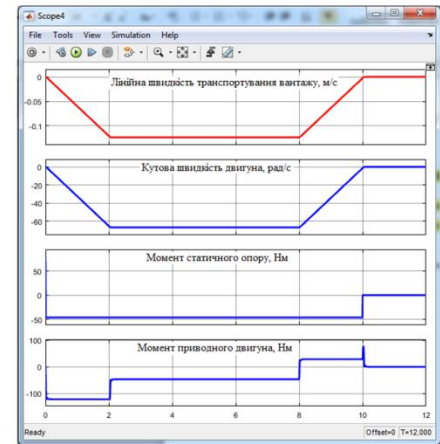
Підйом номінального вантажу



Спуск номінального вантажу

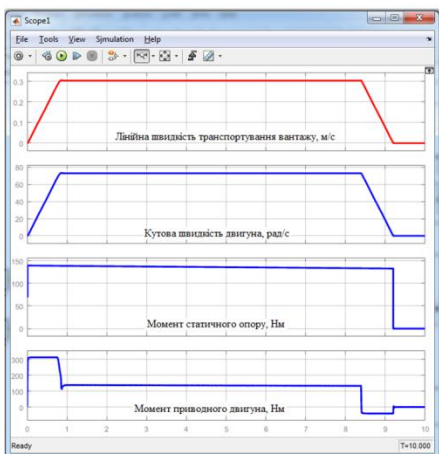
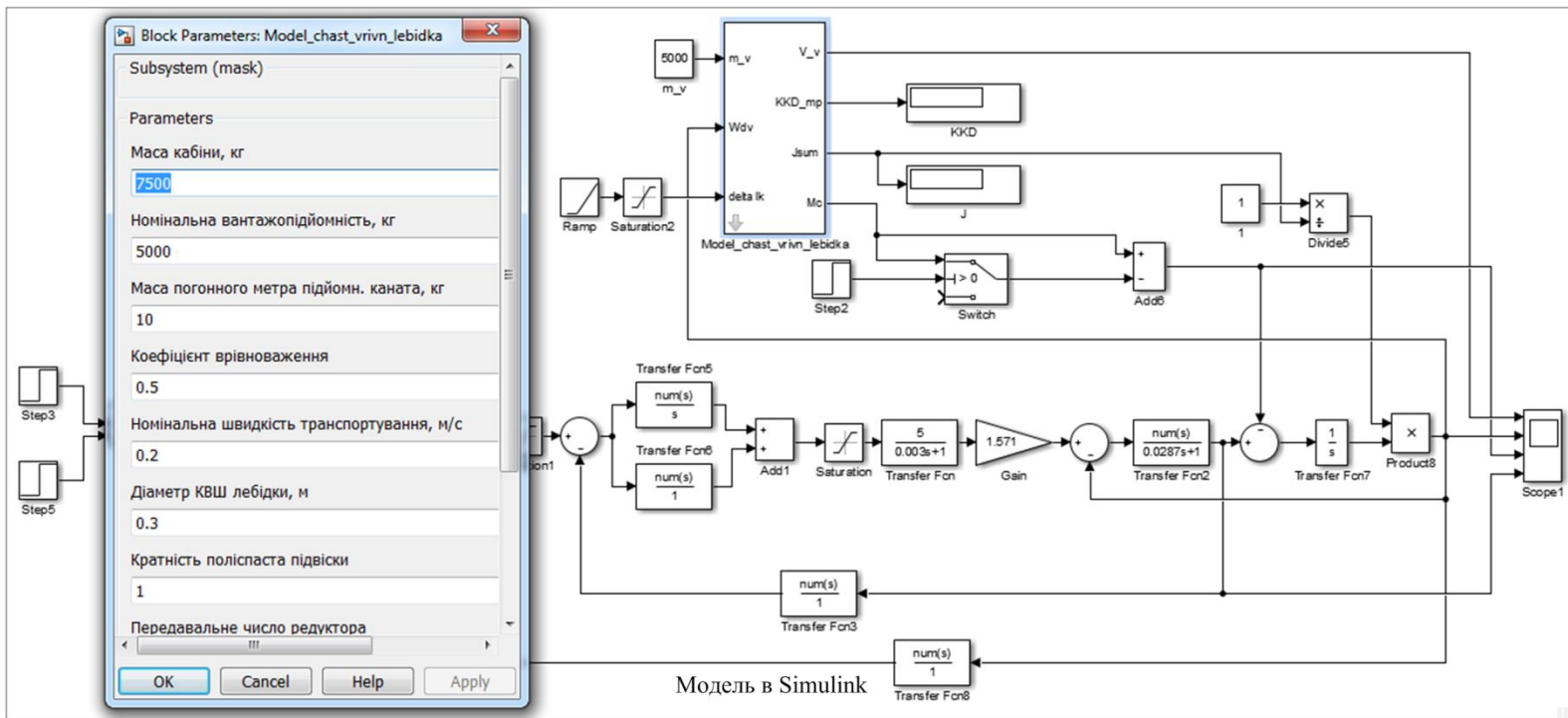


Підйом вантажозахватного пристрою

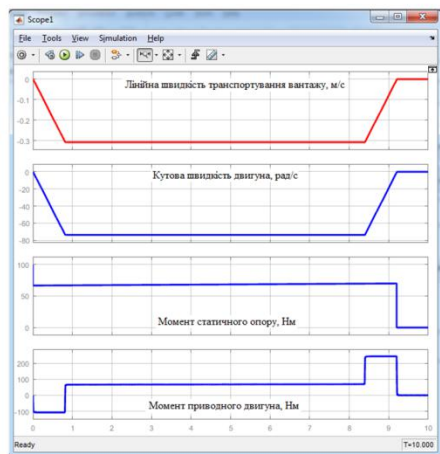


Спуск вантажозахватного пристрою

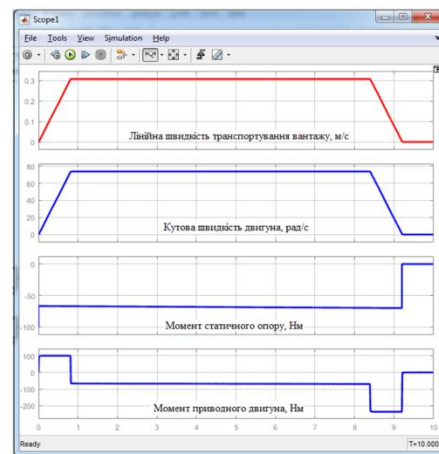
Моделювання режимів роботи САЕП підійомної лебідки з частково врівноваженою кінематичною схемою



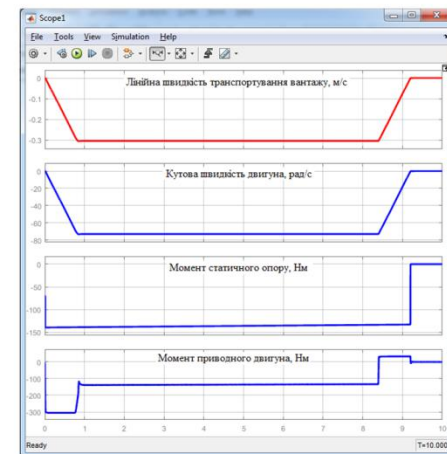
Підйом номінального вантажу



Спуск номінального вантажу

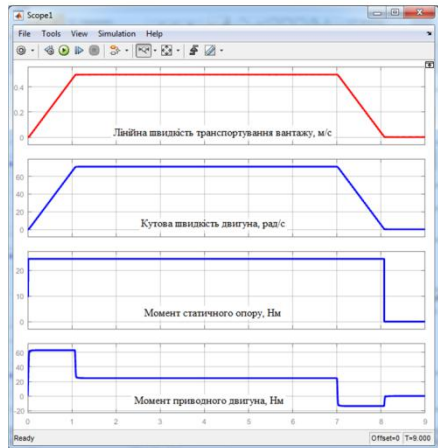
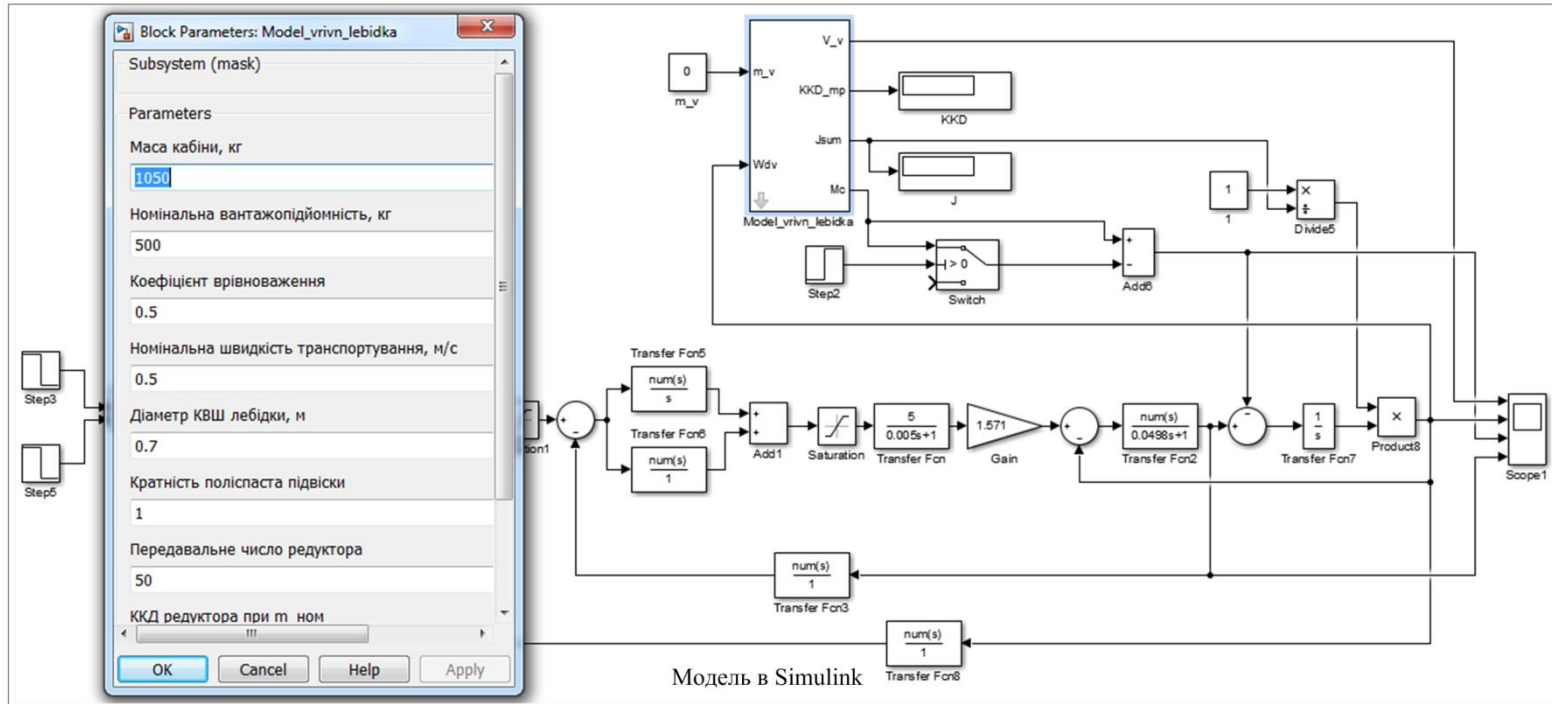


Підйом незавантаженої кабіни

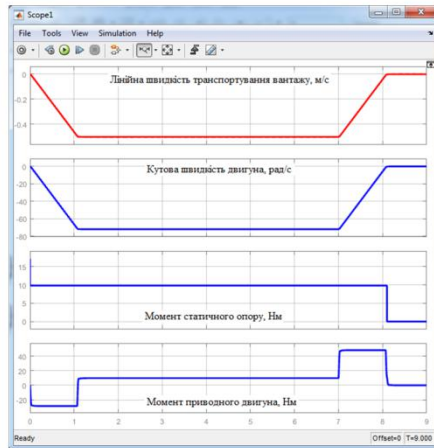


Спуск незавантаженої кабіни

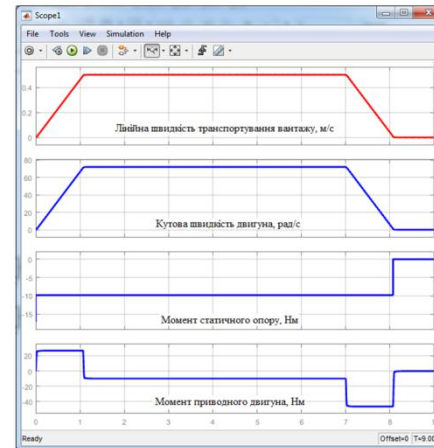
# Моделювання режимів роботи САЕП підйомної лебідки з зрівноваженою кінематичною схемою



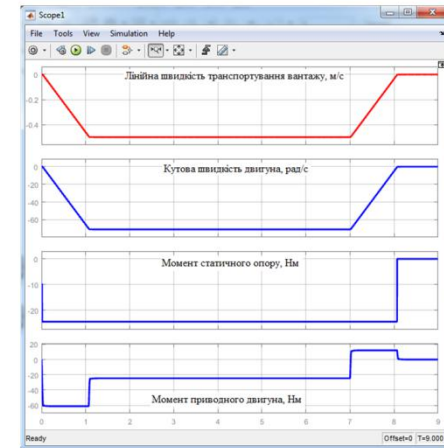
Підйом номінального вантажу



Спуск номінального вантажу



Підйом незавантаженої кабіни



Спуск незавантаженої кабіни

# ВИСНОВКИ

## **Наукова новизна одержаних результатів.**

Розроблено структурні схеми підйомних лебідок вантажопідйомних машин з неврівноваженою, врівноваженою та частково врівноваженою кінематичними схемами, які на відміну від існуючих враховують зміну коефіцієнта корисної дії механічних передач при зміні навантаження.

**Практичне значення одержаних у роботі результатів** полягає в розробці у середовищі Matlab Simulink структур підйомних лебідок вантажопідйомних машин з неврівноваженою, врівноваженою та частково врівноваженою кінематичними схемами, які можна використовувати при проектуванні автоматизованих електроприводів таких машин.

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати магістерської кваліфікаційної роботи отримано автором самостійно.

**Апробація результатів роботи.** Основні положення і результати досліджень доповідались та обговорювались на 2 міжнародних та 2 регіональних конференціях.

**Публікації.** За тематикою дослідження опубліковано 2 статті та 2 тези доповідей матеріалів конференцій.