

# **Оцінка впливу розподіленості та протяжності трубопровідної мережі на роботу електроприводів у системах водопостачання**

**Виконав ст. групи ЕПА-19м Федотов Д.Ю.**

**Керівник роботи: к.т.н. доц. Мошноріз М.М.**

## Мета та задачі досліджування

**Метою роботи** є підвищити надійність та ефективність роботи системи водопостачання за рахунок врахування на стадії проектування впливу протяжності та розподіленості трубопровідної мережі на роботу електропривода насосної установки, що дозволить з'ясувати основні проблеми під час керування такими системами і запобігти виникненню аварійних ситуацій та неефективних режимів роботи.

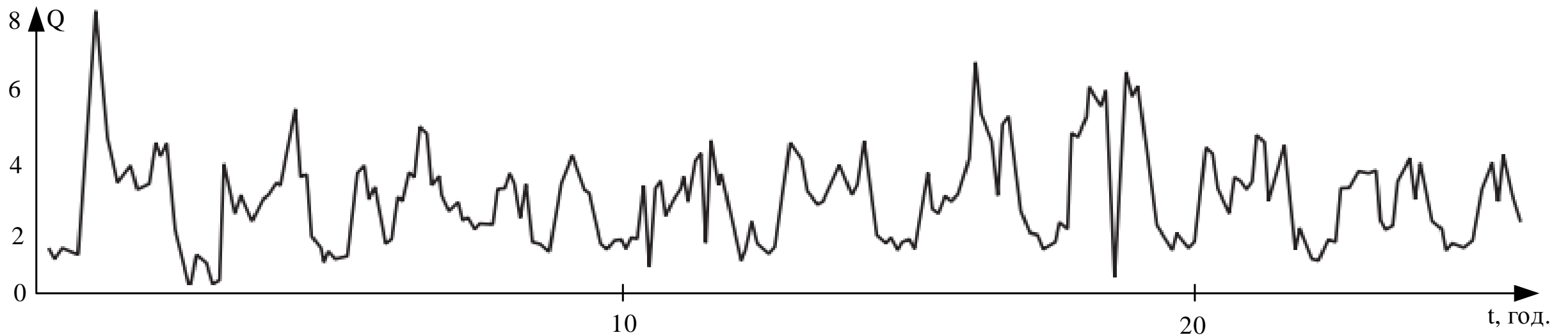
Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі **завдання**:

1. Виділити основні параметри системи водопостачання, від яких залежить надійність та ефективність її роботи;
2. Оцінити вплив протяжності та розподіленості трубопровідної мережі системи водопостачання на ефективність роботи електроприводів насосної станції;
3. Промоделювати роботу розподіленої системи водопостачання в різних режимах.
4. Провести економічні розрахунки;
5. Розробити ряд заходів з охорони праці та описати умови безпечної експлуатації розробленої системи.

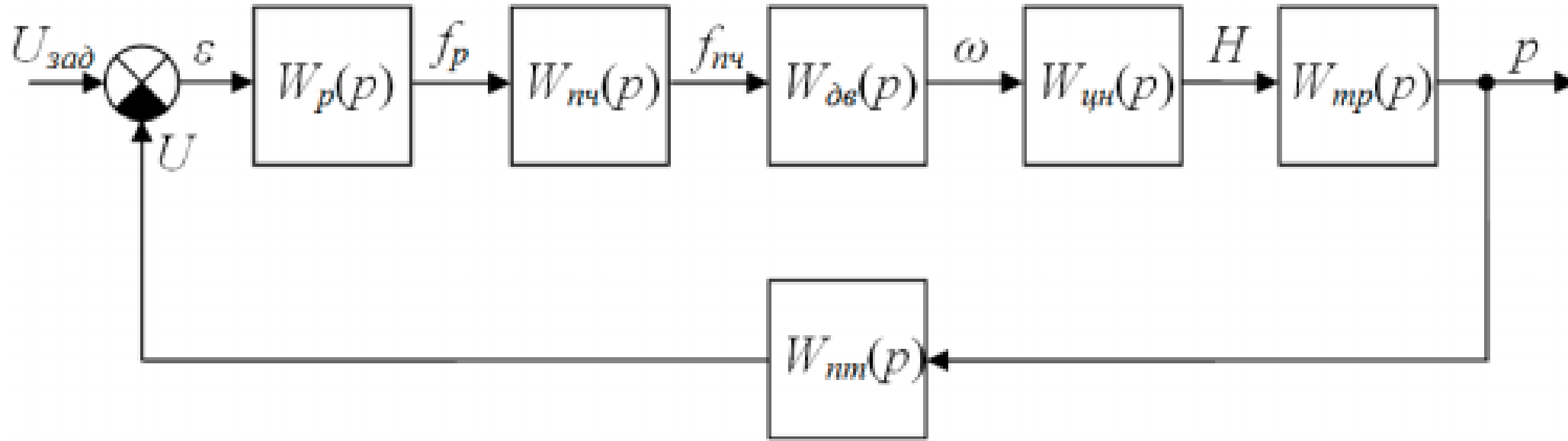
Закон за яким регулюється тиск в трубопроводі, що впливає на напор в трубопроводі споживачів

$$Q_i = \begin{cases} Q_{i.\text{треб}} & \text{при } H_i \geq H_{i.\text{треб}} \\ Q_{i.\text{треб}} \cdot \sqrt{H_i / H_{i.\text{треб}}} & \text{при } H_{i.\text{крит}} \leq H_i \leq H_{i.\text{треб}} \\ 0 & \text{при } H_i \leq H_{i.\text{крит}} \end{cases}$$

Графік використання води протягом дня в житловому будинку



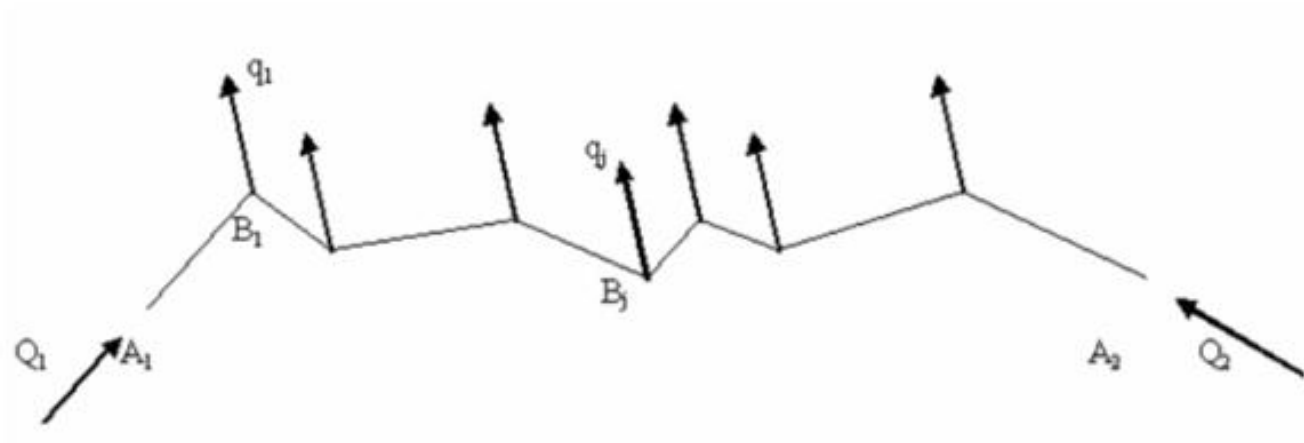
# Структурна схема системи керування водопостачанням



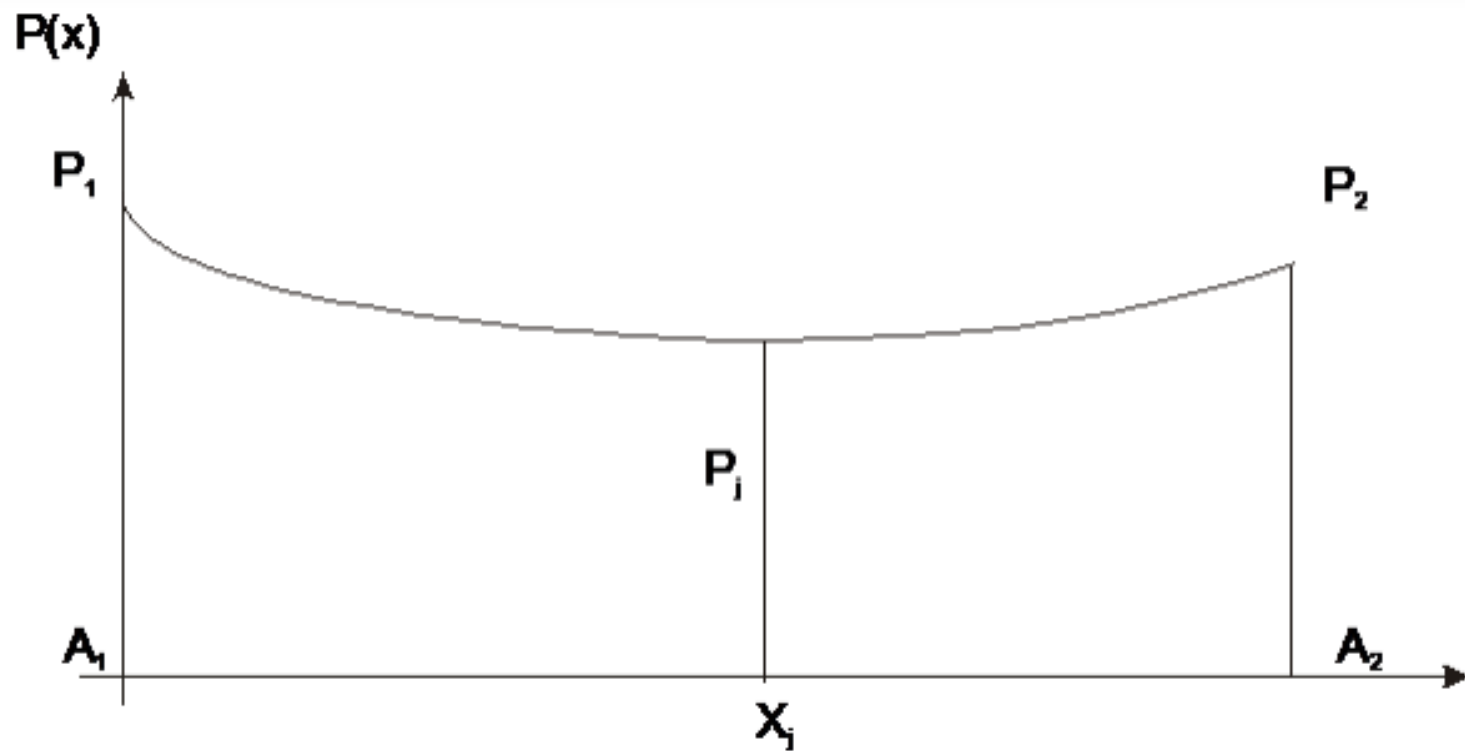
$$W(p) = \frac{k_{пч} k_{дв} k_{н} k_{тр} k_{пт}}{(T_{дв} p + 1)(T_{н} p + 1)(T_{пр} p + 1)},$$

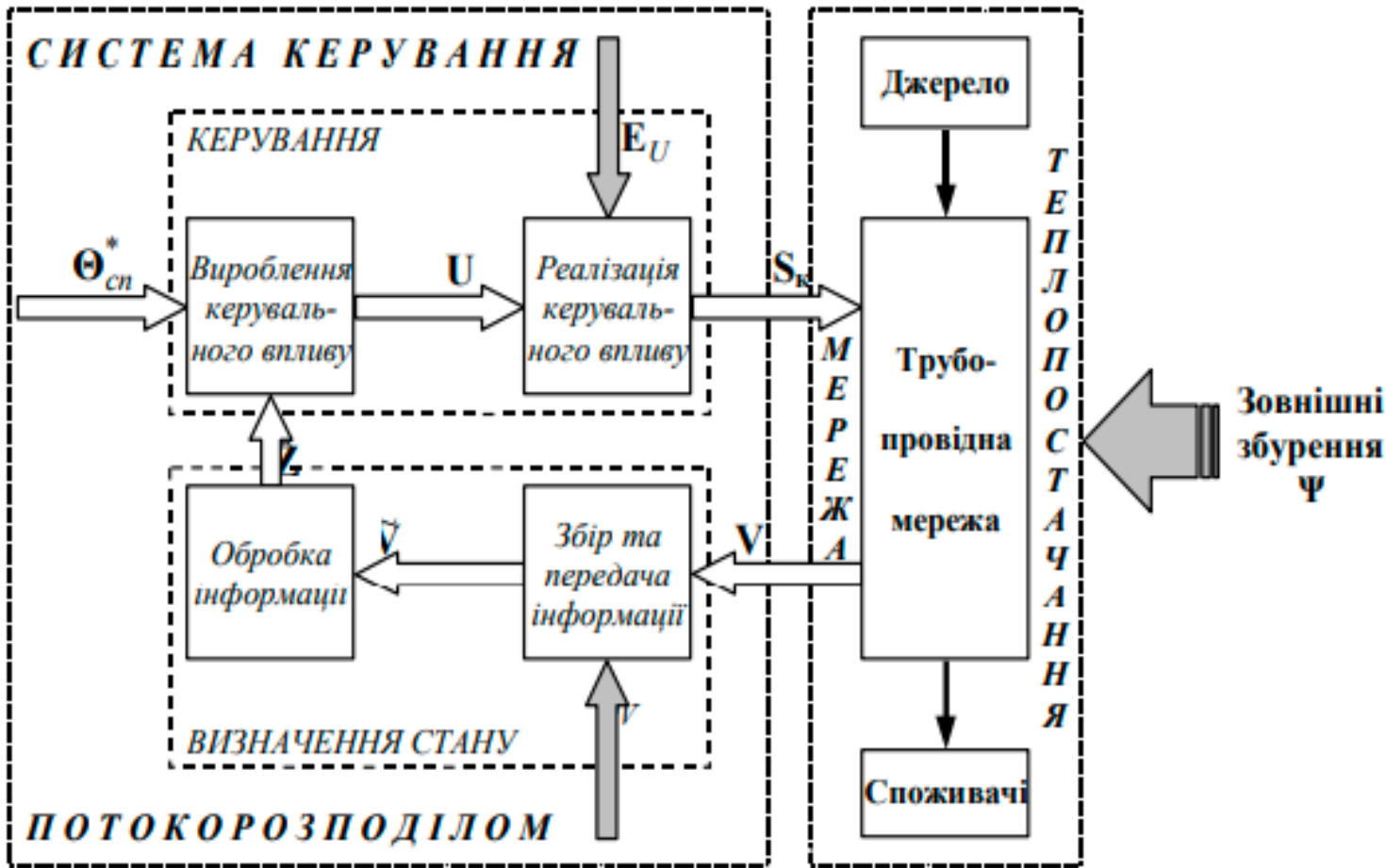
– Передаточна функція системи керування водопостачанням

## Одномерна мережа



Розподіл тиску в одновимірній мережі





$$\left. \begin{aligned}
 V' &= F_{ЗП} (V, E_V), \\
 Z' &= A_{ОІ} (V'), \\
 U &= A_{ВКВ} (Z', \Theta_{сп}^*), \\
 S_k &= F_{РКВ} (U, E_U)
 \end{aligned} \right\}$$

Узагальнена математична модель системи керування поточкорозподілом

Структурна схема системи керування поточкорозподілом

# Моделювання регулятора з використанням неперервних функцій

$T_{дв} = 0.026$  – електромеханічна стала часу асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором;

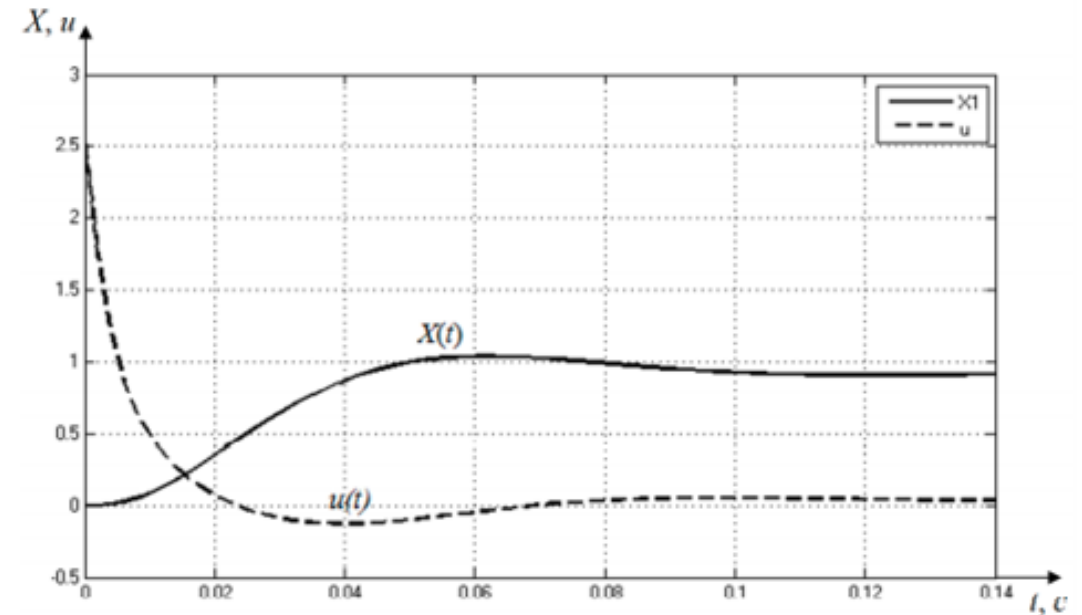
$T_{н} = 0.231$  – стала часу насоса;

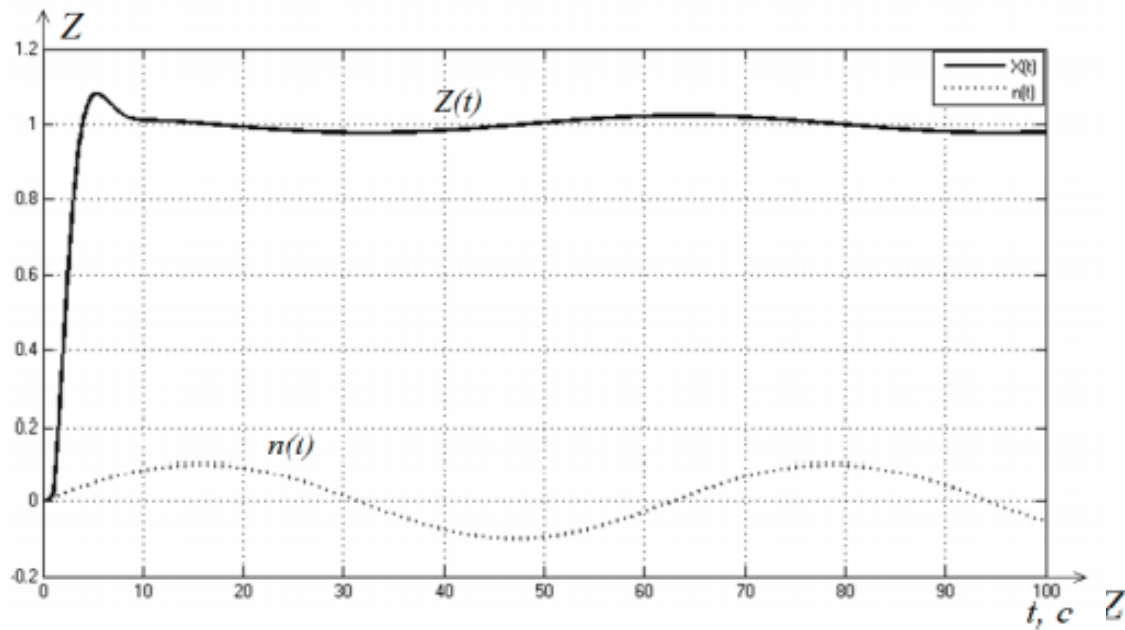
$T_{тр} = 0.01$  – стала часу насоса;

$k_{дв} = 5.061$  – коефіцієнт підсилення двигуна;

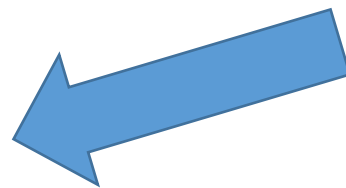
$k_{н} = 5.22$  – коефіцієнт підсилення насоса;

$k_{тр} = 0.99$  – коефіцієнт підсилення насоса.

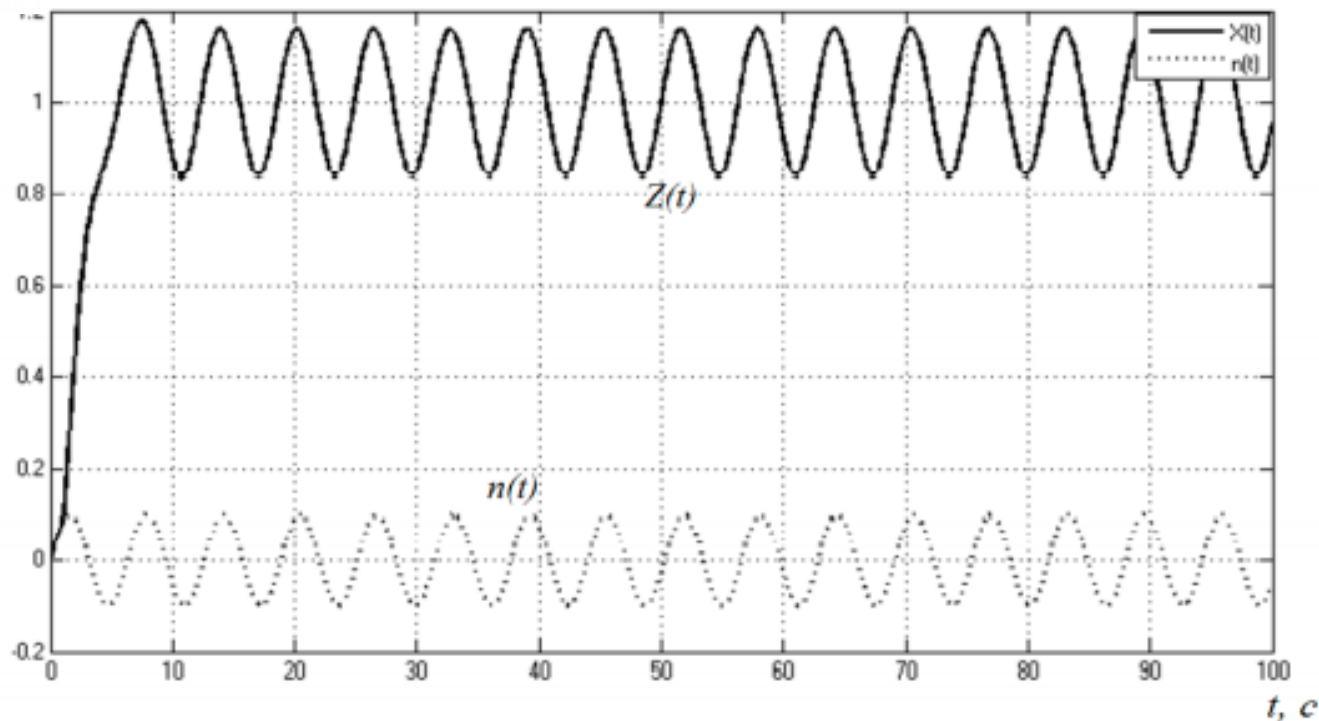
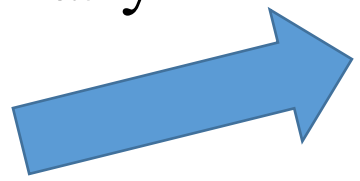




Частота сигнала  
 $n(t) = 0.1$  рад/сек

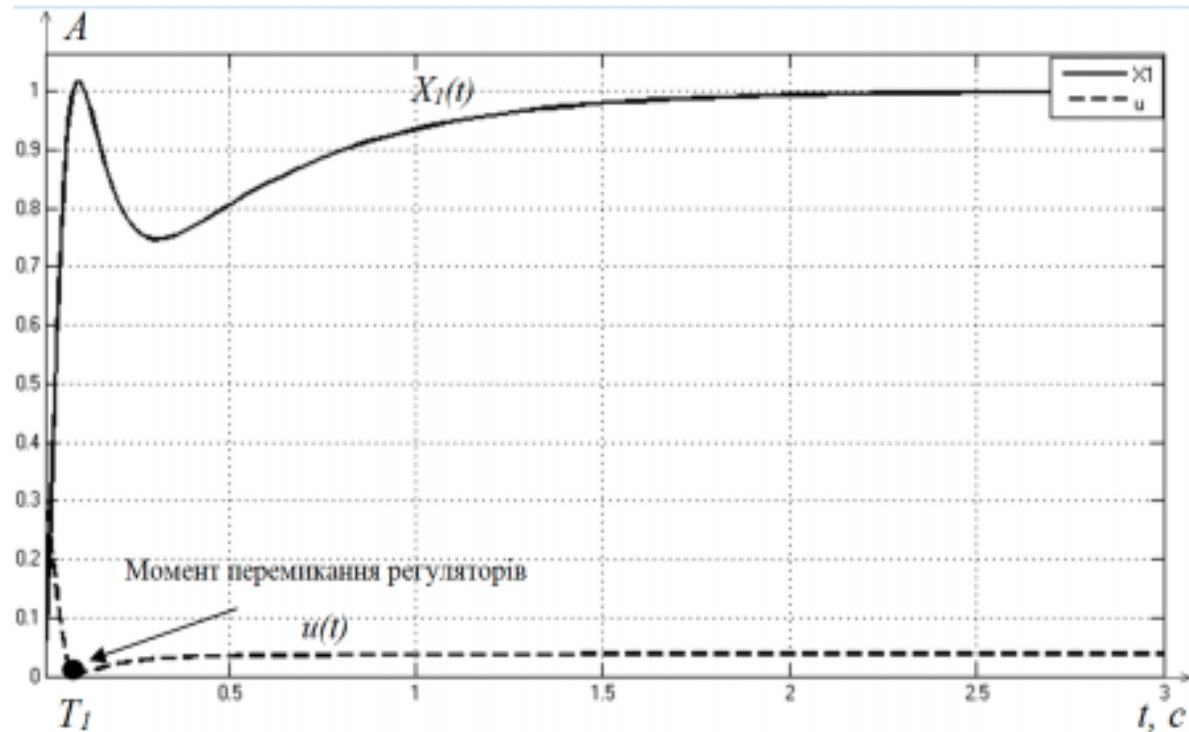
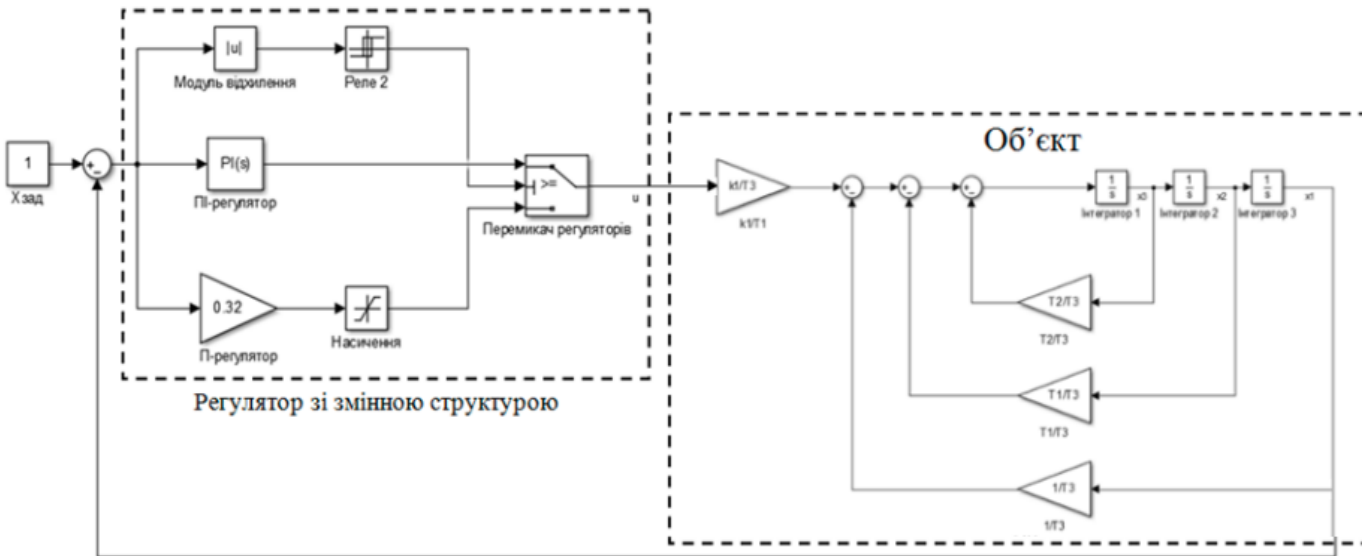


Частота сигнала  
 $n(t) = 1$  рад/сек



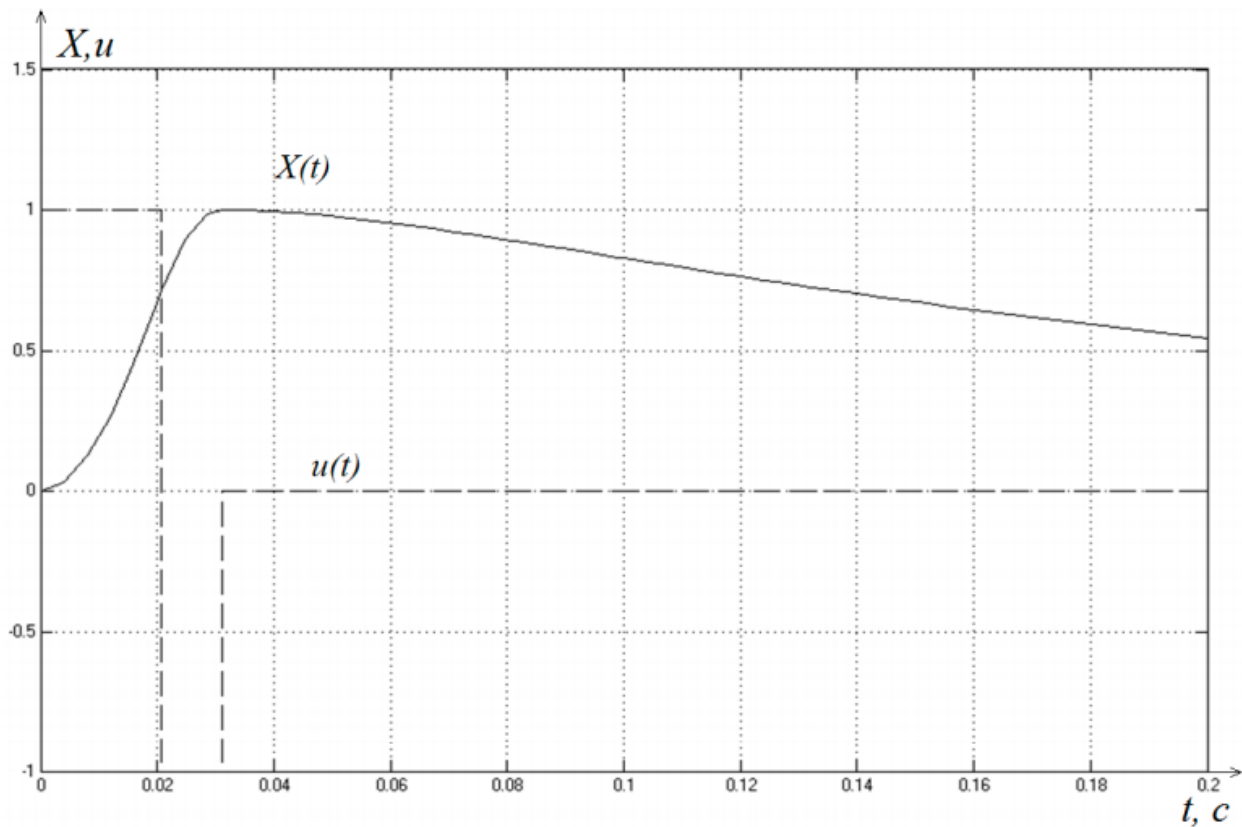


Системи водопостачання з регулятором зі змінною структурою, що використовує тільки неперервні функції в сигналі керування





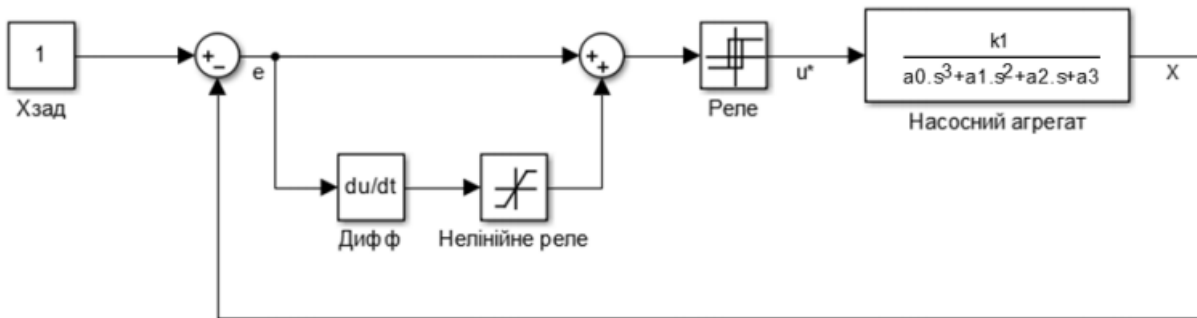
– Структурна схема моделі системи водопостачання при використанні розривної функції для керування



– Графік сигналу  $X(t)$  на виході моделі системи водопостачання

# Системи керування водопостачанням, з використанням поверхні перемикання

## Константи інтегрування:

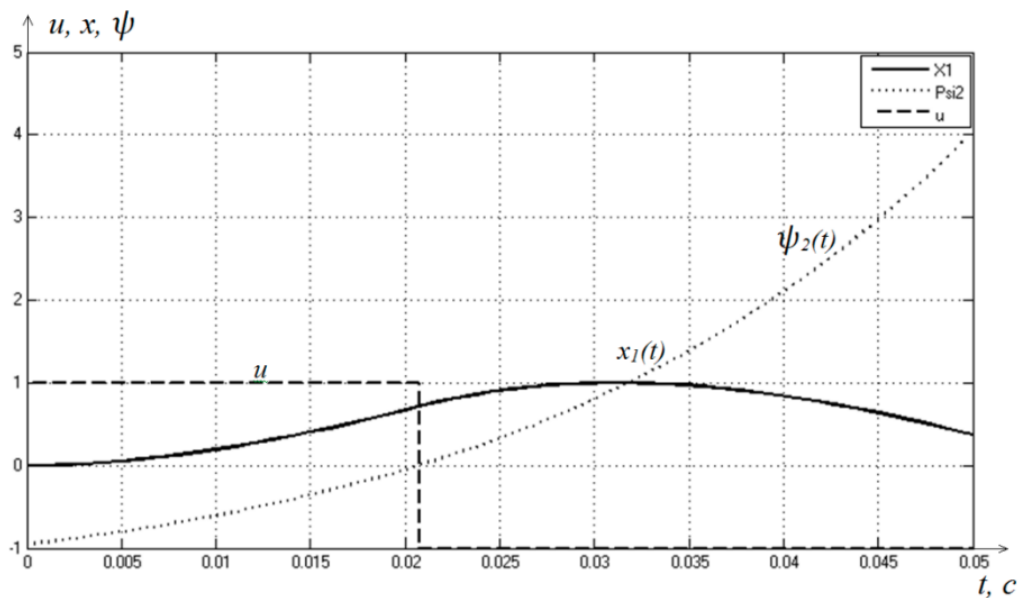


$$C_4 = \frac{x_{10} - u_{10}k + x_{20}}{T_1 - T_2},$$

$$C_3 = x_{20} - C_4 \cdot T_1$$

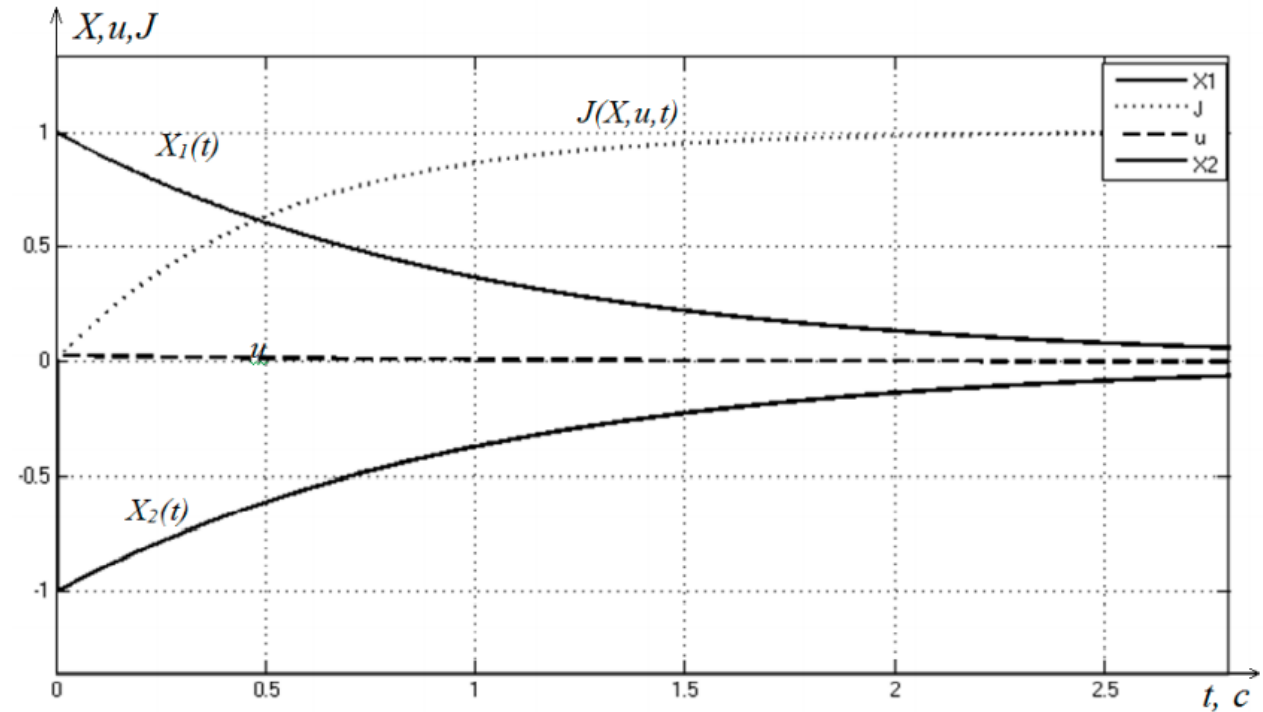
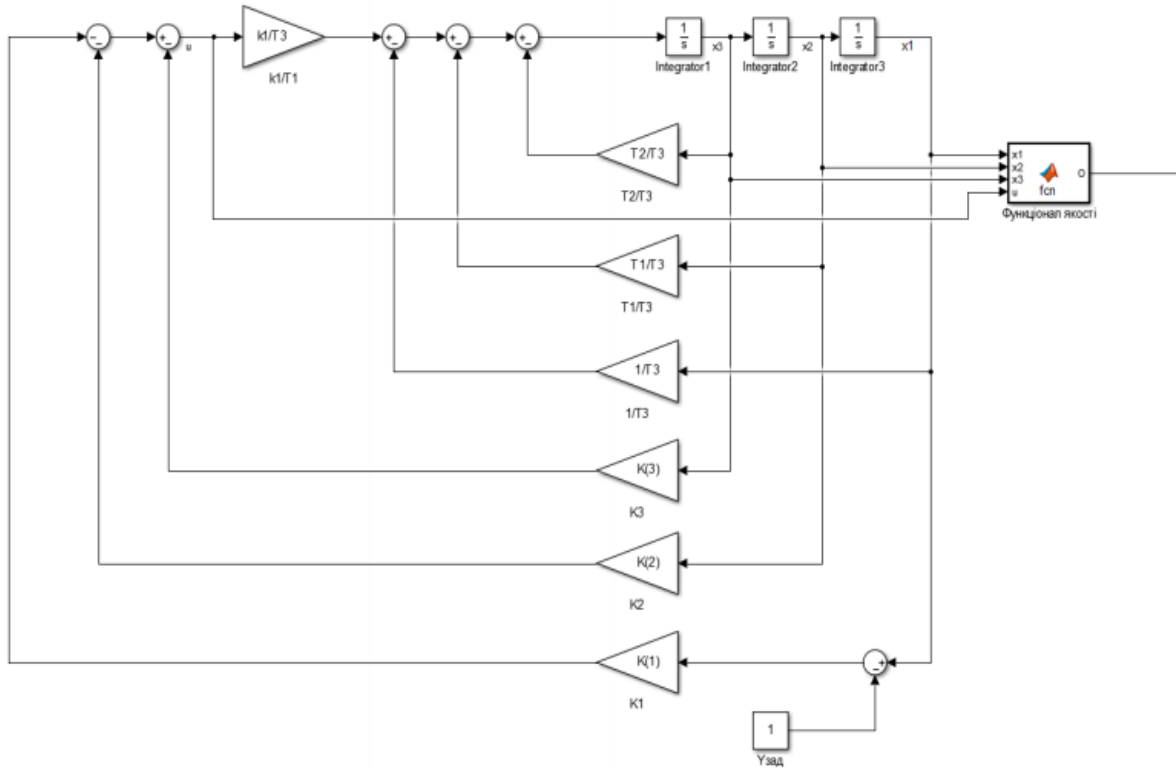
$$C_2 = \frac{x_{10} - u_{10}k + x_{20}}{T_1 - T_2},$$

$$C_1 = x_{20} - C_4 \cdot T_2.$$



№	Тип регулятора, с.	Характеристика перехідного процесу			
		Час наростання, с.	Час регулювання, с.	Максимальне динамічне відхилення, %	Функціональна якість, J
1	П	0.0415	0.188	14.4	0.188
2	ПІ	0.0267	0.0926	12.6	0.0926
3	ПІД	0.184	0.569	8.74	0.569
4	Оптимальний за швидкістю	0.0017	0.0266	0	0.0266

# Системи керування, в усталеному режимі



# Результати моделювання роботи системи водопостачання в усталеному режимі

№	Початкові умови			Значення функціоналу якості, J		
	$x_{10}$	$x_{20}$	$x_{30}$	П, J	Оптимальний регулятор усталеного режиму, $J_2$	Відношення $J_1/J_2$
1	2	3	4	5	6	7
1	0.1	0.1	0	0.076	0.01	7.6
2	0.2	0.2	0	0.3	0.04	7.5
3	0.3	0.3	0	0.68	0.089	7.64
4	0.4	0.4	0	1.21	0.158	7.66
5	0.5	0.5	0	1.89	0.25	7.56
6	0.6	0.6	0	2.72	0.35	7.77
7	0.7	0.7	0	3.71	0.49	7.57
8	0.8	0.8	0	4.85	0.64	7.58
9	0.9	0.9	0	6.13	0.8	7.66
10	1	1	0	7.57	1	7.57

# ВИСНОВКИ

**Наукова новизна** магістерської роботи полягає у наступному:

1. Отримав подальший розвиток підхід до побудови систем автоматизованого керування з використанням регуляторів зі змінною структурою, який на відміну від відомих, враховує розподілений у просторі характер об'єкта керування, що дозволяє застосувати отримані закони керування до систем водопостачання і підвищити тим самим ефективність та надійність їх роботи.

**Практичне значення одержаних результатів:**

1. Розроблено комп'ютерну модель системи водопостачання, яка на відміну від відомих, враховує розподіленість у просторі трубопровідної мережі, що дозволить підвищити ефективність процесу проектування таких систем.

2. Розроблено алгоритм роботи електропривода насосної установки, який враховує розподілений характер споживача.

**Особистий внесок здобувача.** Автором самостійно вирішено завдання щодо розробки математичних моделей та моделювання роботи системи водопостачання з врахуванням протяжності та розподіленості трубопровідних мереж.