

А. В. Снігур  
Б. А. Балух  
В. В. Івасюк  
О. К. Сирота

# КОМП'ЮТЕРНА ПРОГРАМА РОЗРАХУНКУ СПЕКТРУ СИГНАЛУ ДЛЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ЕТАПІВ ПОВНОЇ ПОБУДОВИ АЛГОРИТМУ

Вінницький національний технічний університет

***Анотація.** У роботі було розроблено і представлено навчальну комп'ютерну програму для розрахунку спектру імпульсного сигналу в середовищі Android Studio для аналого-цифрової системи на основі використання етапів повної побудови алгоритму. Для ефективного самонавчання студентів в умовах військового часу та пандемії COVID-19.*

**Ключові слова:** амплітуда, колова частота, період, сигнал, спектр.

***Abstract.** The work developed and presented an educational computer program for calculating the pulse signal spectrum in the Android Studio environment for analog-digital system. For effective self-education of students in the conditions of wartime and the COVID-19 pandemic.*

**Keywords:** amplitude, circular frequency, period, signal, spectrum.

## Вступ

Сучасні підходи впровадження і застосування методів самостійного навчання студентів за допомогою спеціалізованих програмних засобів, які дозволяють здобувати якісну освіту незалежно від очної присутності студента на заняттях – є однією із цільових педагогічних проблем сучасності. Особливої актуальності та обговорення ця проблема набула під час карантинних обмежень під впливом пандемії COVID-19, та запровадження військового стану на території України. Введення статусу дистанційного навчання у вищих та середніх навчальних закладах створює деякі перешкоди на шляху здобуття людьми освіти. Головні з яких: відсутність соціалізації, проблеми із дотриманням академічної доброчесності здобувачами освіти, проблеми із доступом до навчальних матеріалів, тощо. Проте водночас складні умови є рушієм розвитку якісних програмних систем самонавчання.

Представлена програма реалізована на основі використання етапів повної побудови алгоритму може бути використана студентами для самостійного вивчення матеріалу та самостійного виконання ними навчального плану лабораторних робіт із дисципліни “Теорія інформації та кодування” та безпосередньо для розрахунку спектру імпульсного сигналу в аналого-цифровій системі.

## Результати дослідження

### Постановка задачі

Розробка даної програми базується на основі використання етапів повної побудови алгоритму. Повна побудова алгоритму здійснюється на основі таких етапів: постановка задачі, аналіз предметної області, розробка алгоритму, перевірка правильності алгоритму, реалізація, аналіз алгоритму та його складності, перевірка (відлагодження) програми, створення документації. Одним з перших етапів є аналіз математичної моделі процесу, для якого розробляється програма. Отже одним з основних методів аналізу інформаційних сигналів є їх розклад на елементарні складові у вигляді гармонійних коливань за допомогою ряду Фур'є. Тригонометрична амплітудно-фазова форма такого ряду може бути записана у вигляді такого виразу:

$$X(t) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (A_k \cos(k\omega_0 t - \varphi_k))$$

$X(t)$  – періодичний сигнал;

$A_0$  – амплітуда постійної складової функції;

$k$  – порядковий номер гармонійної складової розкладу;

$\omega_0$  – колова частота першої гармонійної складової;

$t$  – миттєвий час;

$\varphi_k$  - початкова фаза  $k$ -ої гармонійної складової.

Залежність амплітуди  $k$ -ої гармоніки  $A_k$  від колової частоти називається спектром амплітуд. Спектр амплітуд дозволяє наглядно проводити аналіз сигналів з точки зору їх узгодження з параметрами полоси пропускання лінійних тактів інформаційних систем.

Найбільш проста процедура побудови спектрів амплітуд періодичної імпульсної послідовності, що має період  $T$ , ширину імпульсів та амплітуду імпульсу  $h$ . Для визначення величини амплітуд гармонійних складових спектру амплітуд можна використати такі вирази:

$$A_0 = h \cdot \frac{t}{T}$$
$$A_k = 2 \cdot h \cdot \frac{t \cdot \sin(k \cdot \omega_0 \cdot \frac{t}{2})}{T \cdot (k \cdot \omega_0 \cdot \frac{t}{2})}$$
$$\text{де } \omega_0 = \frac{2 \cdot \pi}{T}$$

### Структура комп'ютерної програми

Перед розробкою програми, необхідно представити задачу у вигляді необхідних структурних блоків (див. рис. 1):

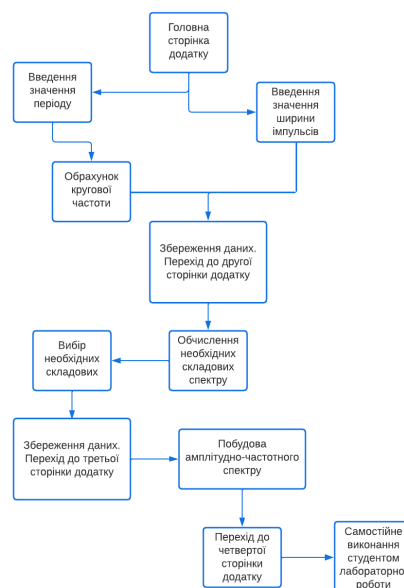


Рис. 3 Структура програми розрахунку спектру імпульсного сигналу

Ці структурні блоки відповідають узагальненому алгоритму роботи програми. Розробка цього алгоритму входить до відповідного етапу повної побудови алгоритму.

## Опис основних функцій програмного засобу, та його тестуванн

При запуску програми ми потрапляємо на головний екран де можемо побачити сукупність коротких теоретичних відомостей, вивчення яких дає змогу студенту приступити до виконання лабораторної роботи. В цьому ж екрані програма запитує користувача введення початкових даних, а саме періоду (T) та ширини імпульсів сигналу (t). Амплітуда сигналу залишається сталою. На основі введеного періоду одразу в головному екрані розраховується значення кругової частоти (омега), що знадобиться в подальших обчисленнях. Потім переходимо до наступного вікна. Вгорі бачимо деякі теоретичні відомості. Далі згідно формул та значень, що були введені в першому вікні, розраховуються необхідні складові спектру амплітуд. Далі необхідно обрати потрібні нам складові, та перейти до наступного вікна. Згідно обраних складових отримуємо графічне відображення амплітудно-частотного спектру. Після того, як студент достатньо засвоїв вивчений матеріал, та буде готовим до виконання представленої лабораторної роботи самостійно – він може перейти до останнього 4-го вікна, де будуть представлені варіанти індивідуального завдання. Студент обирає варіант, та виконує його згідно наданих методичних вказівок та самостійної роботи з програмою. (див. рис. 2):

The screenshot displays four panels of the software interface:

- Panel 1: Спектр імпульсного сигналу Встановлення параметрів**
  - Період - T, с: 8 (Допустимі значення: 8, 6, 2)
  - Ширина імпульсів - t, с: 6 (Допустимі значення: 6, 4, 2)
  - Амплітуда - h, В: 1
  - На основі вказаних значень обрахуємо кругову частоту:  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 0.79 \frac{\text{рад}}{\text{с}^{-1}}$
  - Короткі теоретичні відомості:  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 0.79 \frac{\text{рад}}{\text{с}^{-1}}$
  - Кнопка: РОЗРАХУВАТИ ЗНАЧЕННЯ СКЛАДОВИХ СПЕКТРУ
- Panel 2: Спектр імпульсного сигналу Розрахунок складових спектру**
  - НЕ ВИБИРАТИ ВСІ АМПЛІТУДИ
  - $A_0 = |h \cdot \frac{t}{T}|$
  - $A_0 = |1 \cdot \frac{6}{8}| = 0.75(\text{В})$
  - $\omega_0 = 0 \frac{\text{рад}}{\text{с}^{-1}}$
  - Постійна складова – постійний струм
  - $A_k = |2 \cdot h \cdot \frac{t \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot \frac{t}{2})}{T \cdot k \cdot \omega \cdot \frac{t}{2}}|$
  - $A_1 = |2 \cdot 1 \cdot \frac{6 \cdot \sin(1 \cdot 0.79 \cdot \frac{6}{2})}{8 \cdot 1 \cdot 0.79 \cdot \frac{6}{2}}| = 0.45(\text{В})$
  - $\omega_1 = 1 \cdot 0.79 \frac{\text{рад}}{\text{с}^{-1}}$
  - Синусоїдальний сигнал з амплітудою A1
  - $A_2 = |2 \cdot 1 \cdot \frac{6 \cdot \sin(2 \cdot 0.79 \cdot \frac{6}{2})}{8 \cdot 2 \cdot 0.79 \cdot \frac{6}{2}}| = 0.32(\text{В})$
  - $\omega_2 = 2 \cdot 0.79 \frac{\text{рад}}{\text{с}^{-1}}$
  - Синусоїдальний сигнал з амплітудою A2
  - $A_3 = |2 \cdot 1 \cdot \frac{6 \cdot \sin(3 \cdot 0.79 \cdot \frac{6}{2})}{8 \cdot 3 \cdot 0.79 \cdot \frac{6}{2}}| = 0.15(\text{В})$
- Panel 3: Спектр імпульсного сигналу Амплітудно-частотний спектр**
  - Маємо амплітудно-частотний спектр імпульсного сигналу:
  - Графік: Амплітудно-частотний спектр з висхідними стовпцями. Найвищий стовпець (A0) має висоту 0.75. Інші стовпці (A1, A2, A3) мають висоти 0.45, 0.32, 0.15 відповідно.
  - ІНДИВІДУАЛЬНЕ РОЗРАХУНКОВЕ ЗАВДАННЯ
- Panel 4: Спектр імпульсного сигналу Індивідуальне завдання**
  - Розрахуйте самостійно значення складових спектру амплітуд та побудуйте його відповідно до наведених параметрів сигналу:
  - 1. T = 1 с, t = 1 с, h = 1 В
  - 2. T = 2 с, t = 2 с, h = 1 В
  - 3. T = 3 с, t = 3 с, h = 1 В
  - 4. T = 4 с, t = 4 с, h = 1 В
  - 5. T = 5 с, t = 5 с, h = 1 В
  - 6. T = 6 с, t = 6 с, h = 1 В
  - 7. T = 7 с, t = 7 с, h = 1 В
  - 8. T = 8 с, t = 8 с, h = 1 В
  - 9. T = 9 с, t = 9 с, h = 1 В
  - 10. T = 10 с, t = 10 с, h = 1 В
  - Розрахунки здійснюйте для 15-ти складових спектру. Всі отримані складові спектру відобразіть графічно на відповідному графіку.

Рис. 2 Демонстрація основних екранів взаємодії студента із програмою

В ході тестування, що входить до етапу повної побудови алгоритму, перевірялися наступні складові комп'ютерної програми:

1. перехід між екранами з коректним збереженням введених даних;
2. коректність розрахунку складових спектру;
3. коректність графічного відображення амплітудно-частотного спектру згідно введених, та обрахованих даних.

Після проведеного тестування основного функціоналу програми, можемо зробити висновок:

1. Перехід і взаємодія з різними екранами працює правильно, дані зберігаються та обробляються згідно необхідних умов.
2. Розрахунок складових спектру виконується згідно формул – без помилок.
3. Після обрання користувачем усіх обчислених складових спектру (для прикладу), будується амплітудно-частотний спектр у вигляді стовпцевої діаграми. Усі значення відображаються правильно.

## Висновки

В ході проведеної роботи було створено Android додаток для розробки аналого-цифрової системи на основі повної побудови алгоритму, який буде сприяти розвитку систем дистанційного навчання та допомагати студентам самостійно опрацювати навчальний матеріал, та успішно виконувати навчальний план із дисципліни “Теорія інформації та кодування” та безпосереднього для розрахунку спектру імпульсного сигналу в аналого-цифровій системі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Claude E. Shannon, Warren Weaver. The Mathematical Theory of Communication. Univ of Illinois Press, 1963. [ISBN 0-252-72548-4](#)
2. Thomas M. Cover, Joy A. Thomas. Elements of information theory New York: Wiley, 1991. [ISBN 0-471-06259-6](#)
3. R. Landauer, Information is Physical Proc. Workshop on Physics and Computation PhysComp'92 (IEEE Comp. Sci.Press, Los Alamitos, 1993) pp. 1-4.
4. Maxwell's Demon: Entropy, Information, Computing, H. S. Leff and A. F. Rex, Editors, Princeton University Press, Princeton, NJ (1990). [ISBN 0-691-08727-X](#)
5. Колмогоров А. Н. Три подхода к определению понятия «Количество информации»

**Снігур Анатолій Васильович** - к.т.н., доцент кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

**Балух Богдан Анатолійович** - студент групи 1СП-20б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: bohdan.baluh@gmail.com

**Сурога Олексій Костянтинівич** – студент групи 1СП-20б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: a.surota2003@gmail.com

**Івасюк Вадим Віталійович** – студент групи 1СП-20б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vadim200339@gmail.com

**Snigur Anatoliy Vasyliovych** - Ph.D., Associate Professor of the Computer Engineering Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

**Balukh Bohdan Anatoliyovych** - student of group 1SP-20b, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bohdan.baluh@gmail.com

**Ivasiuk Vadim Vitaliyovych** - student of group 1SP-20b, faculty of information technologies and computer engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vadim200339@gmail.com

**Sirota Oleksiy Kostiantynovych** - student of group 1SP-20b, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: a.surota2003@gmail.com