

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБСЛУГ СКЛАДНИХ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ АГРЕГАТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

к.в.н. М.Ф. Пічугін, к.т.н. О.Д. Флоров

*В статті розглядається один з можливих підходів до моделювання функціонування складних систем на прикладі моделі функціонування обслуги окремого підрозділу, на озброєнні якого є зенітно-ракетний комплекс (ЗРК). За базовий математичний апарат для розробки цієї моделі пропонується використати метод агрегативного моделювання.*

**Вступ.** В [1, 3] обґрунтовано необхідність розробки математичних моделей, що дозволяють на кількісному рівні оцінити вплив якості підготовки молодших фахівців на ефективність функціонування підрозділів зенітно-ракетних військ різного рівня. В цих роботах відзначено, що одним з найбільш зручних для використання підходів є формальна мова Е-мереж і розглядається один з можливих підходів до кількісної оцінки впливу якості підготовки молодших фахівців на ефективність функціонування підрозділів зенітно-ракетних військ на прикладі імітаційної моделі виконання одного з часткових завдань бойовою обслугою самохідної вогневої установки.

Але такий підхід не зовсім виправданий для розробки імітаційних моделей великої розмірності. Так, при веденні бойових дій підрозділом “Бук-М1” буде виконуватися більше ніж 1500 елементарних операцій, які повинні скласти основу імітаційної моделі. Враховуючи це, кількість вершин графу Е-мережі буде перевищувати 3000, навіть без урахування кількості фіктивних позицій і переходів, які необхідні для забезпечення часово-логічних зв’язків при роботі бойових обслуг зрдн. Ці обставини ще більшою мірою будуть виявлятися при розробці більш складних моделей, що може призвести до помилок при реалізації моделі на ЕОМ.

**Мета статті.** Розглядається один з можливих підходів до кількісної оцінки впливу якості підготовки молодших фахівців на ефективність функціонування підрозділів зенітно-ракетних військ на прикладі агрегативної моделі функціонування бойової обслуги підрозділу “Бук-М1” при веденні бойових дій у простіших умовах.

**Розробка імітаційної моделі.** Детальний опис функціонування агрегатів наведений в технічній документації. Агрегативна модель процесу функ-

ціонування обслуги підрозділу “Бук-М1” під час бойової роботи може бути представлена у вигляді, наданому на рис. 1. Вона дозволяє отримати аналітичне співвідношення для розрахунку часу ведення бойових дій, що моделюються при відомому терміні виконання кожного з агрегатів. Зокрема, при виконанні маршруту побатарейно це співвідношення буде мати вигляд:

$$T_{Б.Р.}^2 = \max \left( \begin{array}{l} \max \left( \begin{array}{l} T_{1.0.1} \\ T_{1.0.2} \end{array} \right) + T_{2.0} + T_4 + T_{5.0} + \max \left( \begin{array}{l} T_{6.0.1} + T_{7.0.1} \\ T_{6.0.2} + T_{7.0.2} \end{array} \right) \\ \max \left( \begin{array}{l} T_{1.1.1} \\ T_{1.1.2} \\ T_{1.1.3} \end{array} \right) + T_{2.1} + T_4 + T_{5.1} + \max \left( \begin{array}{l} T_{6.1.1} + T_{7.1.1} \\ T_{6.1.2} \\ T_{6.1.3} + T_{7.1.3} \end{array} \right) \\ \max \left( \begin{array}{l} T_{1.2.1} \\ T_{1.2.2} \\ T_{1.2.3} \end{array} \right) + T_{2.2} + T_4 + T_{5.2} + \max \left( \begin{array}{l} T_{6.2.1} + T_{7.2.1} \\ T_{6.2.2} \\ T_{6.2.3} + T_{7.2.3} \end{array} \right) \\ \max \left( \begin{array}{l} T_{1.3.1} \\ T_{1.3.2} \\ T_{1.3.3} \end{array} \right) + T_{2.3} + T_4 + T_{5.3} + \max \left( \begin{array}{l} T_{6.3.1} + T_{7.3.1} \\ T_{6.3.2} \\ T_{6.3.3} + T_{7.3.3} \end{array} \right) \end{array} \right) + T_8 + \\ + T_{9.0.1} + T_{9.0.2} + \max \left( \begin{array}{l} \max \left( \begin{array}{l} \min \left( \begin{array}{l} T_{10.1.1} \\ T_{10.1.3} \end{array} \right) + T_{11.1.2} \\ \max \left( \begin{array}{l} T_{10.1.1} \\ T_{10.1.3} \end{array} \right) \end{array} \right) + T_{11.1.2} \\ \max \left( \begin{array}{l} \min \left( \begin{array}{l} T_{10.2.1} \\ T_{10.2.3} \end{array} \right) + T_{11.2.2} \\ \max \left( \begin{array}{l} T_{10.2.1} \\ T_{10.2.3} \end{array} \right) \end{array} \right) + T_{11.2.2} \\ \max \left( \begin{array}{l} \min \left( \begin{array}{l} T_{10.3.1} \\ T_{10.3.3} \end{array} \right) + T_{11.3.2} \\ \max \left( \begin{array}{l} T_{10.3.1} \\ T_{10.3.3} \end{array} \right) \end{array} \right) + T_{11.3.2} \end{array} \right) ,$$

де введено наступні агрегати: *агрегати 1.0.1., 1.0.2., 1.1.1., 1.1.2., 1.1.3., 1.2.1., 1.2.2., 1.2.3. 1.3.1., 1.3.2., 1.3.3.*, що моделюють процес переведення основного озброєння підрозділу з “бойового” положення до “похідного”; *агрегати 2.0., 2.1., 2.2., 2.3.*, що моделюють процес формування похідних колон командного пункту і трьох збртар; *агрегат 3*, що моделює процес формування похідної колони підрозділу; *агрегат 4*, що моделює здійснення маршруту

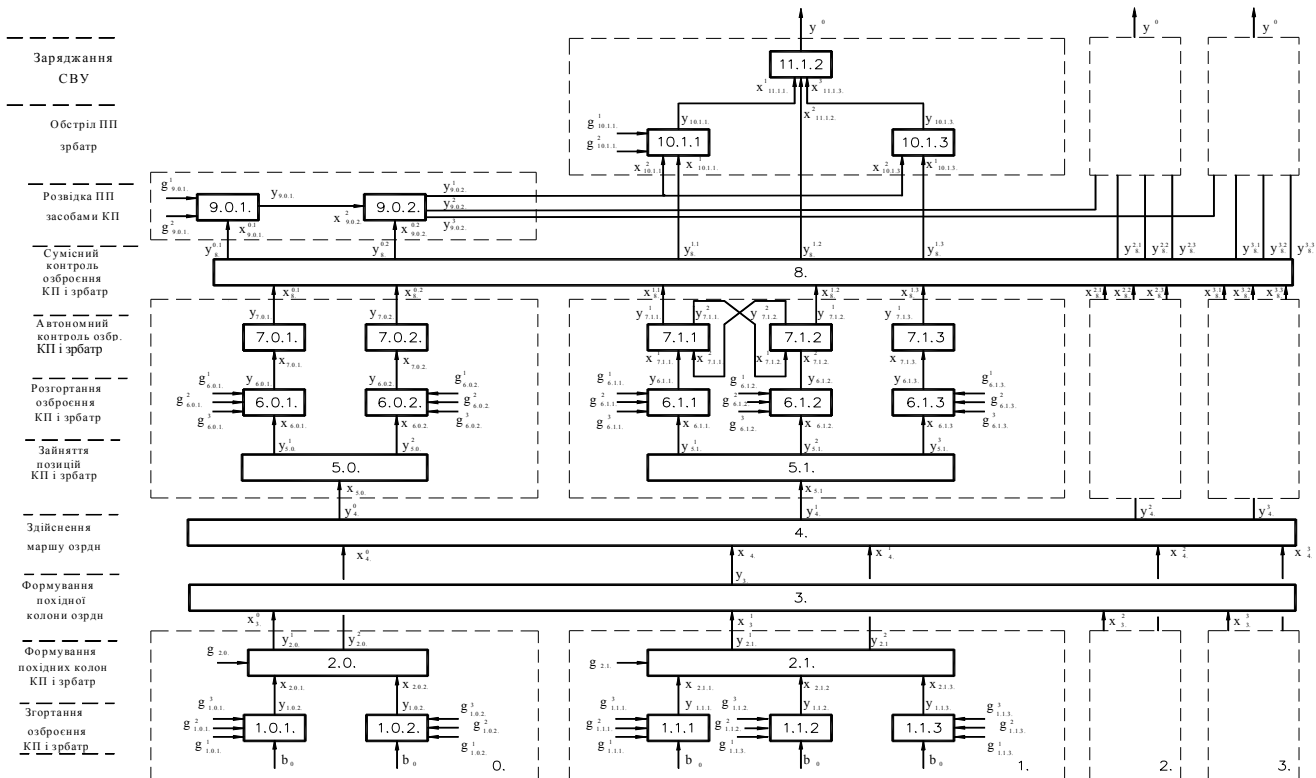


Рис. 1. Агрегативна модель функціонування зрди „БУК-М1”

підрозділу (загальною колоною або самостійно); *агрегати 5.0., 5.1. 5.2., 5.3.*, що моделюють зайняття озброєнням підрозділу нових позиційних районів; *агрегати 6.0.1., 6.0.2., 6.1.1., 6.1.2., 6.1.3. 6.2.1., 6.2.2., 6.2.3. 6.3.1., 6.3.2., 6.3.3.*, що моделюють процес переведення основного озброєння підрозділу з “похідного” положення в “бойове”; *агрегати 7.0.1., 7.0.2., 7.1.1., 7.1.2., 7.1.3., 7.2.1., 7.2.2., 7.2.3., 7.3.1., 7.3.2., 7.3.3.*, що моделюють процес проведення контролю функціонування відповідного озброєння; *агрегат 8*, що моделює процес проведення спільних перевірок озброєння; *агрегати 9.0.1. і 9.0.2.*, що моделюють процес бойової роботи командного пункту підрозділу; *агрегати 10.1.1., 10.1.3., 10.2.1., 10.2.3. 10.3.1., 10.3.3.*, що моделюють процес обстрілу повітряних цілей СВУ-1 і СВУ-2 трьох батарей відповідно; *агрегати 11.1.2., 11.2.2., 11.2.3.*, що моделюють процес заряджання СВУ-1 і СВУ-2 ракетами; *T<sub>1.0.1.</sub>, T<sub>1.0.2.</sub>, T<sub>1.1.1.</sub>, T<sub>1.1.2.</sub>, T<sub>1.1.3.</sub>, T<sub>1.2.1.</sub>, T<sub>1.2.2.</sub>, T<sub>1.2.3.</sub>, T<sub>1.3.1.</sub>, T<sub>1.3.2.</sub>, T<sub>1.3.3.</sub>, T<sub>2.0.</sub>, T<sub>2.1.</sub>, T<sub>2.2.</sub>, T<sub>2.3.</sub>, T<sub>4.</sub>, T<sub>5.1.</sub>, T<sub>5.2.</sub>, T<sub>5.3.</sub>, T<sub>6.0.1.</sub>, T<sub>6.0.2.</sub>, T<sub>6.1.1.</sub>, T<sub>6.1.2.</sub>, T<sub>6.1.3.</sub>, T<sub>7.0.1.</sub>, T<sub>7.0.2.</sub>, T<sub>7.1.1.</sub>, T<sub>7.1.2.</sub>, T<sub>7.1.3.</sub>, T<sub>7.2.1.</sub>, T<sub>7.2.2.</sub>, T<sub>7.2.3.</sub>, T<sub>7.3.1.</sub>, T<sub>7.3.2.</sub>, T<sub>7.3.3.</sub>, T<sub>8.</sub>, T<sub>9.0.1.</sub>, T<sub>9.0.2.</sub>, T<sub>10.1.1.</sub>, T<sub>10.1.3.</sub>, T<sub>10.2.1.</sub>, T<sub>10.2.3.</sub>, T<sub>10.3.1.</sub>, T<sub>10.3.3.</sub>, T<sub>11.1.2.</sub>, T<sub>11.2.2.</sub>, T<sub>11.3.2.</sub>* – час виконання відповідних агрегатів. У свою чергу, цей час може бути легко визначений за допомогою підходу, який запропонований у [5].

**Висновки.** Таким чином, показано можливість моделювання процесу функціонування бойових обслуг усіх мобільних комплексів озброєння Військ ППО за допомогою агрегативного моделювання. Цей підхід може бути використаний при моделюванні функціонування широкого кола (у тому числі й організаційних) систем різноманітного призначення та дозволяє проводити детальний аналіз щодо впливу складових виконання окремих етапів бойової обслуги підрозділів ЗРВ на загальний час виконання навчально-залікового завдання.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кириченко І.О., Пічугін М.Ф., Флоров О.Д. Визначення динаміки навченості курсантів у процесі навчання // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вип. 6(22). – С. 314 – 317.
2. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, гл. ред. физико-мат. лит., 1968. – 356 с.
3. Абрамчук Е.Ф., Вавилов А.А., Емельянов С.В. и др. Технология системного моделирования / Под ред. С.В. Емельянова. – М.: Машиностроение, 1988. – 520 с.

Надійшла 17.02.2003

**ПЧУГІН Михайло Федорович**, кандидат військових наук, заступник начальника ХВУ. У 1979 році закінчив Київську ВА ПВО СВ. Область наукових інтересів – військова кібернетика.

**ФЛОРОВ Олександр Дмитрович**, кандидат технічних наук, заступник начальника кафедри ХВУ. Область наукових інтересів – військова кібернетика.