

В случае силосного корпуса СКМ-6 подсилосному этажу соответствует ЭПВОО\_1, надсилосному – ЭПВОО\_2, а восемнадцати отдельным силосам – ЭПВОО\_3,..., ЭПВОО\_20.

#### Выводы

Таким образом, произведено иерархическое структурирование сложной взрывоопасной системы. Следующим после структурирования этапом в разработке информационной модели системы является идентификация концептуальных сущностей, или объектов, которые составляют подсистему для анализа [16]. В случае потенциально взрывоопасного объекта (ПВОО) в первую очередь необходимо идентифицировать ЭПВОО (с их атрибутами и связями).

#### Литература

1. Ладанюк А.П. Основы системного анализа: Навч. посібник. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 176 с.
2. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений / Г. Буч, Р.А. Максимчук, М. У. Энгл и др. – М: ООО «И.Д. Вильямс», 2008. – 720 с.
3. Берж К. Теория графов и ее приложения. – М.:ИЛ, 1962. – 320с.
4. Оре О. Теория графов. – М.: Наука, 1980. – 336 с.
5. Aslanov S. On the instability and cell structure of flames /S. Aslanov, V. Volkov //Archivum combustionis. – 1992. – Vol. 12, Nr. 1-4. – P. 81-90.
6. Aslanov S.K. Instability and Structure of Detonation in a Model Combustor /S.K. Aslanov, V.E. Volkov //Application of Detonation to Propulsion. – Moscow: TORUS PRESS, 2004.– P.17-25.
7. Волков В.Э. Неустойчивость пламени в цилиндрических трубах и взрывные процессы на зерноперерабатывающих предприятиях //Зернові продукти і комбікорми, 2007. – №1, березень 2007. – С. 43-45.
8. Volkov V.E. Instability of Flames in Cylindrical Tubes and Combustors // Nonequilibrium Processes: Plasma, Combustion and Atmospheric Phenomena. Third International Symposium of Nonequilibrium Processes, Plasma, Combustion and Atmospheric Phenomena. Abstracts of presentations. – Moscow: TORUS PRESS, 2007. – P.46.
9. Волков В.Э. Переход горения в детонацию //Екологічна безпека. – Кременчук: КДПУ, 2008. – Вип.3-4, 2008. – С. 92-96.
10. Волков В.Э. Управление процессом перехода медленного горения во взрыв //Автоматизация технологических и бизнес-процессов, 2010. – №2, июнь 2010. – С. 5-13.
11. Волков В.Э. Неустойчивость пламени в идеальной сжимаемой среде и переход медленного горения во взрыв //Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса, 2010. – Вип. 38. Т.1. – С. 325-332.
12. Нетлетон М. Детонация в газах. – М: Мир, 1989. – 280 с.
13. Frolov S.M. Detonation Propagation Through U-Bends /S.M. Frolov, V.S. Aksenov, I.O. Shamshin //Nonequilibrium Processes. – Moscow: TORUS PRESS, 2005. – Vol.1: Combustion and Detonation. – P. 348-364.
14. Frolov S.M. Shock-to-detonation Transition In Tubes With U-Bends / S.M. Frolov, V.S. Aksenov, I.O. Shamshin // Pulsed and Continuous Detonations. – Moscow: TORUS PRESS, 2006. – P.146-158.
15. Вобликов Е.М. Зернохранилища и технологии элеваторной промышленности: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань». – 2005.– 208 с.
16. Шлеер С., Меллор С. Объектно-ориентированный анализ: Моделирование мира в состояниях. – К.: Диалектика, 1993. – 240 с.

УДК 681.51:658.7

## ПОИСК АЛЬТЕРНАТИВНЫХ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ ПОСРЕДСТВОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Павлов А.И., к.т.н., доцент, Пушкин А.А., ассистент  
Одесская национальная академия пищевых технологий

*Показывается возможность повышения качества управления материальным потоком производственной системы с дискретным характером технологического процесса посредством релейного изменения интенсивности входящего потока межоперационного накопителя.*

*The possibility of increasing control quality of production line's material flow that has discrete behavior nature of the technological process by the means of input stream intensity on-off alteration.*

Ключевые слова: запас, массовое обслуживание, автоматическое управление.

### Введение

При решении задач управления запасами применяется два способа: а) аналитический и б) экспериментальный, который обычно носит характер цифрового имитационного моделирования на ЭВМ. Результаты аналитического исследования, как динамики запасов, так и ряда других параметров, обычно носящих статистический характер, нашли свое воплощение во множестве методик и алгоритмов [2, 3]. Тем не менее, многие реальные задачи управления запасами, в том числе оптимизации параметров склада, как аккумулятора запасов, так и управляющей подсистемы, не удается в полном объеме решить, используя только аналитический подход. Поэтому на практике широко применяют довольно упрощенные аналитические модели, которые, тем не менее, дают некоторый положительный результат.

Реальные проблемы управления производственными процессами и логистическими системами делают весьма актуальной задачу повышения эффективности методов и средств цифрового имитационного моделирования как все более широко используемого средства решения таких проблем. Это тем более актуально, что позволяет находить эффективные, близкие к оптимальным, решения про резком (обычно многократном) сокращении трудовых и временных затрат.

Исследование сложных систем с использованием цифровых имитационных моделей представляет собой последовательное оценивание получаемых результатов моделирования — конечного множества альтернатив

$$A = (A_1, A_2, \dots, A_n), \quad (1)$$

где  $n$  - число альтернатив.

Для получения каждой альтернативы осуществляют однократный запуск сценария имитационного эксперимента. Характеристики каждой альтернативы представляют собой определенное множество параметров (входных переменных), используемых в каждом эксперименте [4]. Следует отметить также, что наряду с количественными характеристиками в множестве альтернатив могут быть включены, например, варианты структур систем управления. Эффективным инструментом формирования множества альтернатив, получаемых при тестовых прогонах имитационной модели, являются пакеты программ Simulink в среде MATLAB.

**Основная часть.** В условиях функционирования производственных систем, связанных с использованием твердых штучных материалов и изделий, когда отсутствует саморегулирование уровня запаса в «складе» (накопителе, бункере, ёмкости, магазине и т.п.), необходимо применять системы управления уровнем запаса [2,3].

Рассмотрим случай дискретного промежуточного накопителя, выполняющего функцию буфера, с одним каналом поступления и одним каналом выдачи при пуассоновских потоках на входе и выходе. Интенсивность потока поступлений обозначим  $\lambda$ , а интенсивность потока выдач  $\mu$ , при этом  $\lambda > \mu$ . Накопитель имеет конечную ёмкость в  $N$  единиц запаса и относится к числу систем массового обслуживания с «терпеливыми клиентами» на входе и выходе. Параметры  $\lambda$  и  $\mu$  не связаны (не зависимы).

В отличие от рассмотренных ранее вариантов систем автоматического управления [5,6], проведём исследование работы системы двухпозиционного регулирования уровня  $E(t)$  запаса изменением интенсивности только входящего потока: когда уровень запаса повышается до значения  $E_{\max}$ , близкого к  $N$ , интенсивность потока поступающих «заявок» на входе накопителя, которая до этого момента удовлетворяла условию  $\lambda > \mu$ , скачком приобретает новое значение  $\lambda_1 < \mu$  и возвращается к первоначальному значению  $\lambda > \mu$  как только уровень запаса в накопителе понизится до величины  $E_{\min}$ .

Рассматривая процесс перехода от одного уровня запаса к другому как марковский, составляя и решая систему дифференциальных уравнений эрланговского типа [7], в итоге получим такие выражения для вероятностных характеристик:

Математическое ожидание длины очереди канала выдачи

$$M_{<0} = \frac{\mu(\mu - \lambda_1)}{(\lambda - \lambda_1)(\lambda - \mu)} \left( \frac{\mu}{\lambda} \right)^{N_1} \quad (2)$$

Математическое ожидание длины очереди канала поступления

$$M_{>N} = \frac{\mu(\lambda - \mu)}{(\lambda - \lambda_1)(\mu - \lambda_1)} \left( \frac{\lambda_1}{\mu} \right)^{N - N_1} \quad (3)$$

Математическое ожидание уровня запаса

$$M[E] = P_0 \left[ \frac{q}{1-q} \left( \frac{1-q^{N_1}}{1-q} - N_1 q^{N_1} \right) + \frac{q^{N_1+1}}{1-q_1} \left( \frac{1-q_1^{N-N_1}}{1-q} - (N-N_1) q_1^{N-N_1} \right) \right] \quad (4)$$

где

$$P_0 = \frac{(\lambda - \mu)(\mu - \lambda_1)}{\lambda(\lambda - \lambda_1)} \left( \frac{\mu}{\lambda} \right)^{N_1} \quad (5)$$

- это вероятность нулевого запаса, при этом

$$q = \frac{\lambda}{\mu}, q_1 = \frac{\lambda_1}{\mu}, \quad (6)$$

а  $N_1$  – уровень запаса, при котором интенсивность поступлений уменьшается скачком до величины  $\lambda_1$ .

Применительно к производственным системам рассмотренный способ имеет очевидный недостаток, состоящий в том, что величина гистерезиса статической характеристики регулятора есть величина постоянная, равная одной единице запаса. Это неизбежно приведёт к частым изменениям интенсивности входящего потока. Другой, ещё более серьёзный недостаток состоит в том что, несмотря на большое внимание, которое уделяется разработке методов теории автоматического управления, «существуют серьёзные проблемы получения конструктивных результатов, когда эти методы применяются в аналитической форме» [1]. Причина сложности – наличие в реальных системах управления запаздывания в замкнутом контуре. От этих, очень существенных недостатков можно избавиться, если использовать не аналитический, а экспериментальный способ, то есть при переходе к цифровому имитационному моделированию системы регулирования уровня запаса. Более того, именно при использовании имитационного моделирования появляется возможность наблюдать динамику изменения уровня  $E(t)$  запаса в накопителе на любом, практически значимом, интервале времени. Именно изменение (в процессе моделирования) этого параметра максимально наглядно характеризует, насколько успешно система автоматического управления справляется с поставленной задачей. Модель рассматриваемой системы, реализованной в среде MATLAB 6.5, представлено на рис. 1, а структура подсистем Subsystem 1 и Subsystem 2 представлена на рис. 2.

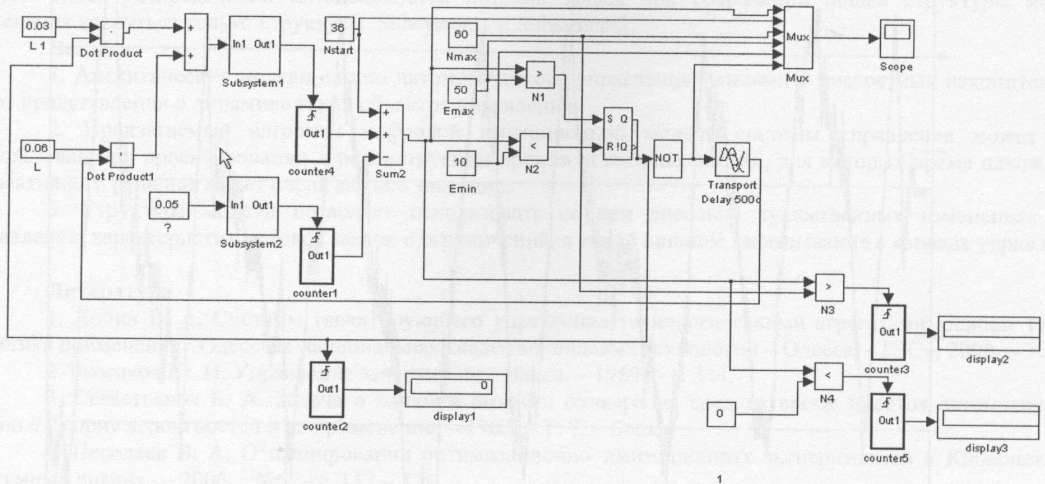


Рис. 1. Модель системы двухпозиционного регулирования уровня запаса.

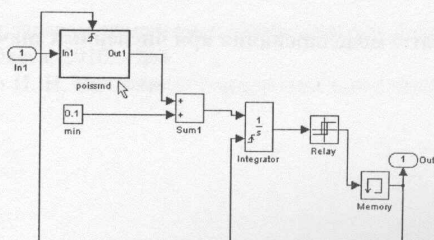


Рис. 2. Структура подсистем Subsystem 1 и Subsystem 2

Приступаючи к моделюванню, необхідно визначитися з складом змінних, констант, обмежень, а також сформулювати мету управління.

Змінними величинами є параметри  $E_{\max}$ ,  $E_{\min}$ , а при зміні сценарію - параметр  $N$  і (або) інтервал часу моделювання  $T$ .

К числу констант віднесемо величини параметрів  $\lambda$ ,  $\lambda_1$ ,  $\mu$  а також («стартове», тобто початкове значення рівня запасу в накопичувачі). В межах одного і того ж сценарію к числу констант відносяться і величини  $N$  і  $T$ .

Обмеження: 1)  $N \geq E(t) \geq 0$ ; 2)  $0 < E_{\min} < E_{\max} < N$ .

Мета управління визначається застосовно до конкретної виробничої системи і може бути різною. Як можливої і практично важливої мети управління, вона може мати, наприклад, таку формулювання: визначити такі чисельні величини рівня запасу  $E_{\max}$  і  $E_{\min}$  на заданому інтервалі часу  $T$ , які задовольняють вимогам:  $0 < E(t) < N$ .

Якщо в результаті множини прогонів моделі при різних величинах  $E_{\max}$  і  $E_{\min}$  виявиться, що ні одна з альтернатив не задовольняє вимогам  $0 < E(t) < N$ , необхідно змінити сценарій: весь процес моделювання слід повторити при збільшеному значенні параметра  $N$  і отримати новий набір альтернатив. Якщо і в цьому випадку не буде виявлено, хоча б одна альтернатива, що відповідає меті управління, процедуру моделювання при зростаючих величинах  $N$  повторюють до тих пор, поки мета не буде досягнута.

Покажемо на прикладі реалізацію запропонованої технології.

Нехай  $\lambda = 0.06$  (год<sup>-1</sup>/с),  $\mu = 0.05$  (год<sup>-1</sup>/н); виходячи з принципу симетрії, візьмемо  $\lambda_1 = 0.03$  (год<sup>-1</sup>/с);  $N = 60$ ;  $T = 8$  (год<sup>-1</sup>); .

На рис. 3 показані графічні результати моделювання при чисельних значеннях  $E_{\max} = 50$  і  $E_{\min} = 10$ , а на рис. 4 – при  $E_{\max} = 55$  і  $E_{\min} = 15$ . З порівняння цих двох альтернатив, видно, що друга задовольняє мети управління, а перша – ні, значить, повинна бути відкинута.

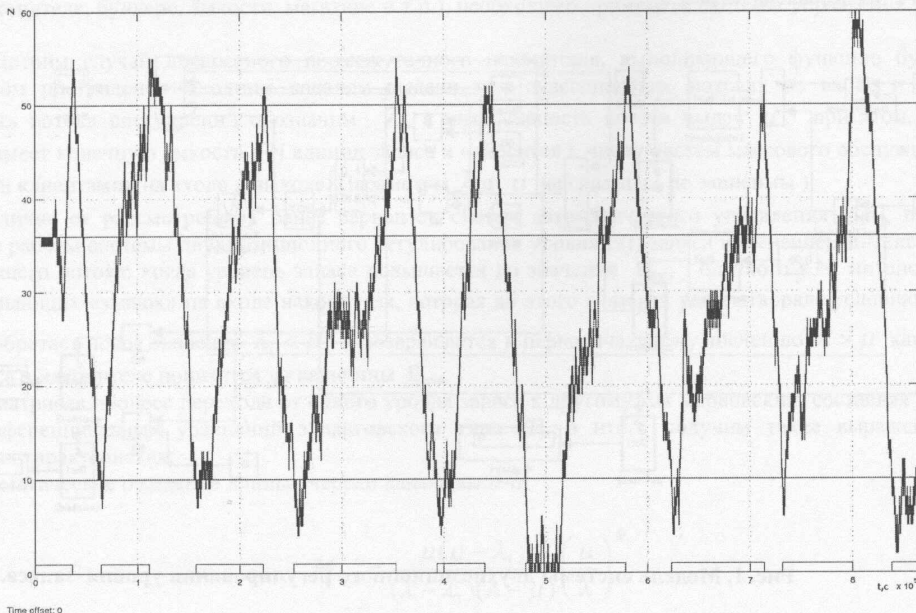


Рис. 3. Результати моделювання при чисельних значеннях  $E_{\max} = 50$  і  $E_{\min} = 10$

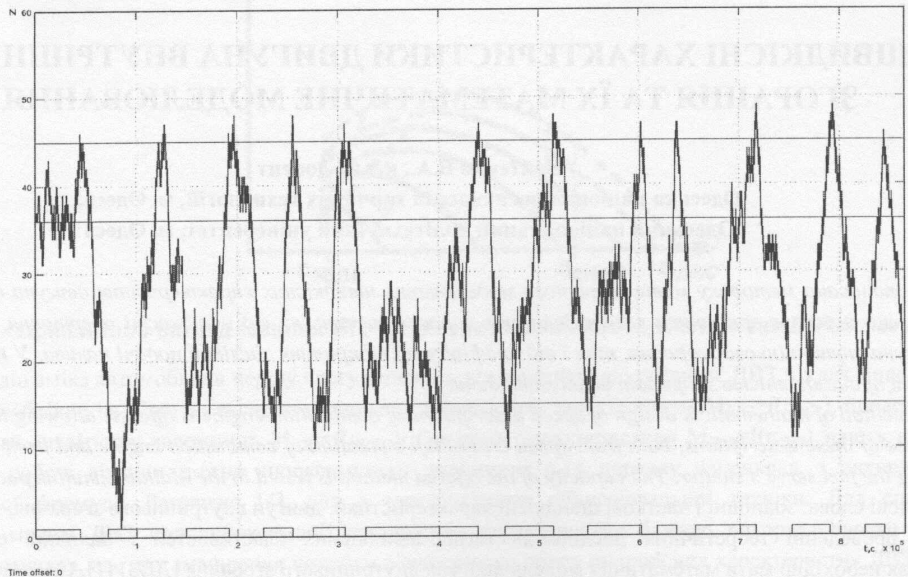


Рис. 4. Результаты моделирования при численных значениях  $E_{\max} = 55$  и  $E_{\min} = 15$

Лучшей же (после выполнения большого множества прогонов модели) следует признать ту альтернативу (если их несколько), которая характеризуется минимальным числом изменения интенсивности в канале поступления

Рассмотренная имитационная модель разработана для случая, когда оба потока (входящий и выходящий) заявок является пуассоновскими. Аналогичным образом могут быть построены модели и при других видах распределений интенсивностей потоков заявок при сохранении общей структуры модели: изменения коснутся только структуры Subsystem1 и Subsystem2.

#### Выводы

1. Аналитические модели систем автоматического управления запасами в дискретных накопителях не дают представления о динамике таких объектов управления.
2. Предлагаемый алгоритм цифровой имитационной модели системы управления может быть использован при проектировании и реконструкции производственных систем, для которых время нахождения эффективного решения имеет очень важное значение.
3. Структура модели позволяет использовать ее при довольно существенных изменениях цели управления, характеристик потоков заявок и ограничений, а также влияние запаздывания в каналах управления.

#### Литература

1. Хобин В. А. Системы гарантирующего управления технологическими агрегатами: основы теории, практика применения / Одесская национальная академия пищевых технологий – Одесса: «ТЭС», 2008. – 306 с.
2. Рыжиков Ю. И. Управление запасами. М.: Наука. – 1969. – с. 344.
3. Севастьянов Б. А. Задача о влиянии емкости бункера на среднее время простоя автоматической линии // Теория вероятностей и ее применение. – 1962. – Т. 7. – Вып. 4.
4. Пепеляев В. А. О планировании оптимизационно-имитационных экспериментов // Кибернетика и системный анализ. – 2006. - №6. – с. 112 – 125.
5. Павлов А. И. Управление запасом изменением интенсивности входящего и выходящего потоков // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса: - 2008. – Вип. 34. – Т1. – с. 267 – 271.
6. Павлов А. И. Управление запасом изменением интенсивности входящего потока // Автоматизация технологических і бізнес – процесів. – Одеса: 2010. - №4.
7. Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания. М.: Наука. – 1987. – 336 с.