

Исследование свойств имитационной модели технологических процессов производства с иерархической структурой

П. Л. ЧЕЧЕТ

Введение

Обобщенная имитационная модель (ИМ) технологических процессов производства [1] предназначена для исследования класса сложных систем, в которых производится поэтапное выполнение некоторой технологической цепочки операций. Иерархическая структура предполагает наличие произвольного числа операций сборки/разборки, которые в свою очередь также порождают некоторую технологическую цепочку операций.

ИМ разработана согласно базовой схемы формализации системы моделирования MICIS4 [2]. На основе обобщенной модели была реализована и верифицирована ИМ технологического процесса в вагонном депо [3]. В данной статье описываются результаты выполнения следующего этапа имитационного моделирования сложных систем – исследования свойств ИМ [4].

Определение параметров прогона

Для определения параметров прогона был проведено исследование изменения значений откликов в модельном времени. На рис. 1 показана зависимость изменения двух откликов: O1 – «коэффициент использования ресурса СлесарьПС (подвижного состава)» и O2 – «коэффициент использования ресурса Кран», соответствующих наиболее дефицитным ресурсам.

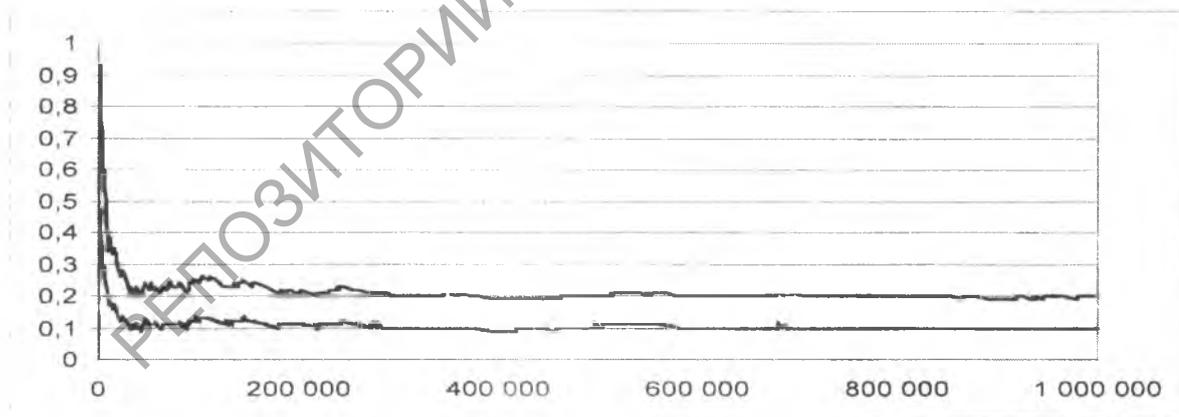


Рис. 1. Изменение откликов O1 и O2 в модельном времени

Верхняя линия на рис.1 соответствует отклику O1, а нижняя – O2. Из рисунка видно, что значения откликов стабилизируются после значения модельного времени, большего $T_n=280\,000$ единиц. Проверим гипотезу об окончании переходного периода в момент T_n .

Сначала проверяется гипотеза о равенстве (однородности) дисперсий выборок, полученных из исходной выбрасыванием предполагаемого переходного периода и разделением оставшихся значений на две выборки. Воспользуемся критерием Фишера [5]. Для первого отклика $\Phi_{эмп} = 1,77 < \Phi_{кр} = 1,83$, для второго - $\Phi_{эмп} = 1,07 < \Phi_{кр} = 1,83$. Нет оснований отвергать гипотезу о равенстве дисперсий выборок, следовательно, можно воспользоваться мето-

дом проверки разностей средних уровней. Вычислим расчетное значение критерия Стьюдента [5]: $t_{рас} = 0,291$ для первого отклика, $t_{рас} = 0,415$ для второго отклика, что в обоих случаях меньше $t_{кр} = 1,961$. Следовательно, гипотеза об отсутствии тренда не отвергается и продолжительность переходного периода можно взять $T_p = 280\ 000$ единиц модельного времени.

Длину реплики T_p возьмем равной $400\ 000$ единиц модельного времени. Для проверки гипотезы о правильности выбора длины реплики нужно проверить гипотезу об однородности выборок, полученных для времени моделирования реплики, равном T_p , и для времени моделирования, значительно превосходящем, например $1\ 000\ 000$ единиц. Нетрудно показать тем же самым способом, что нет оснований отвергать выдвинутую гипотезу для обоих откликов.

Проверка гипотезы о нормальности распределения откликов

На начальном этапе исследования свойств ИМ была проверена важная гипотеза о нормальном распределении откликов ИМ с помощью критерия Пирсона [5]. На рис. 2–3 представлены гистограммы частот откликов O1 и O2.

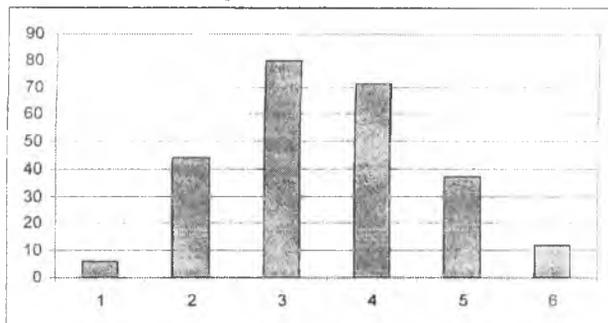


Рис. 2. Гистограмма частот отклика O1

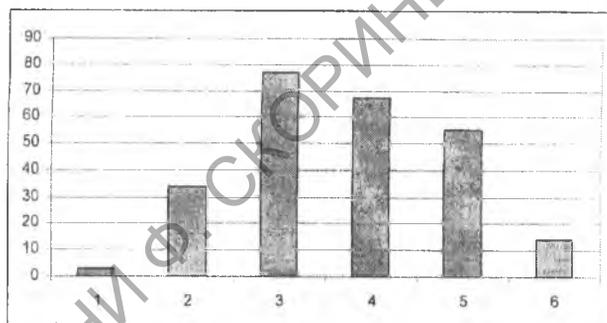


Рис. 3. Гистограмма частот отклика O2

Для уровня значимости $\alpha = 5\%$ вычисленное значение $\chi_{кр}^2 = 11,34$. Для первого отклика $\chi_{эмт}^2 = 5,79$, для второго отклика $\chi_{эмт}^2 = 8,51$. В обоих случаях $\chi_{эмт}^2 < \chi_{кр}^2$, что говорит о том, что нет оснований отвергать гипотезу о нормальности распределения откликов.

Оценка точности имитации

Для исследования точности вычисления откликов были построены зависимости изменения ширины доверительного интервала для выбранных ранее двух откликов. Для первого отклика эта зависимость приведена на рис. 4, а для второго – на рис. 5. Из графиков видно, что увеличением числа прогонов можно добиться требуемой точности результатов моделирования.

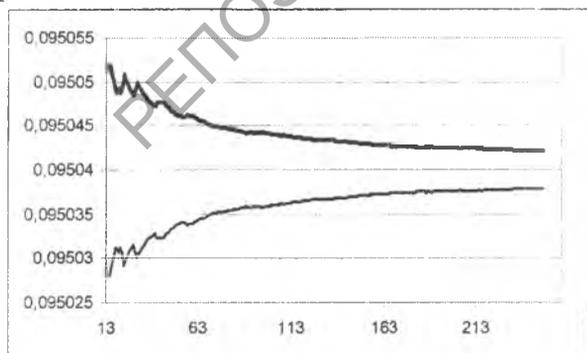


Рис. 4. Зависимость доверительного интервала отклика O1 от числа прогонов

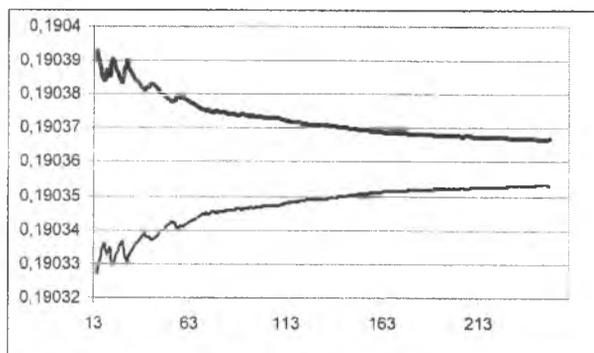


Рис. 5. Зависимость доверительного интервала отклика O2 от числа прогонов

Оценка чувствительности модели

Для исследования чувствительности приведем зависимость изменения среднего времени ремонта вагона от времени выполнения МТХО "Снятие тормозного оборудования"

(рис. 6). Коэффициент регрессионной прямой $b_1 = 0,244$, а коэффициент корреляции между значениями составил $K = 0,95$, что свидетельствует о наличии линейной зависимости. Следовательно, можно сделать вывод о чувствительности отклика к изменению времени выполнения МТХО на интервале его варьирования.

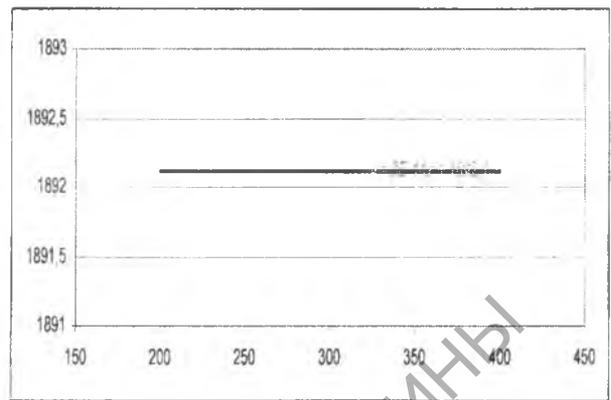
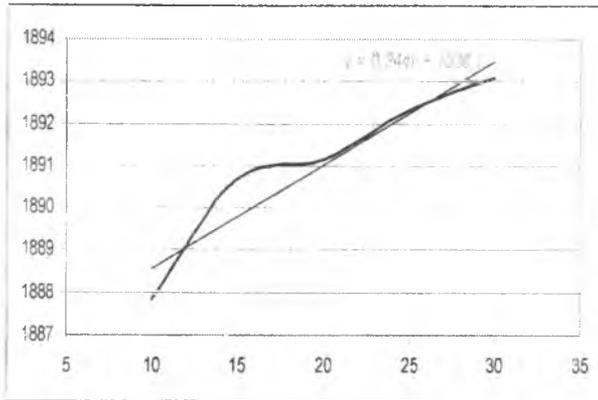


Рис. 6. Зависимость времени ремонта вагона от времени выполнения МТХО

Рис. 7. Зависимость времени ремонта вагона от времени выполнения МТХО

На рис. 7 приведена зависимость среднего времени ремонта вагона от времени выполнения МТХО «Ремонт головок автосцепки». Коэффициент регрессионной прямой $b_1 \approx 0$, а коэффициент корреляции между значениями практически равен 1. Можно сделать вывод о нечувствительности отклика к изменению времени выполнения МТХО на интервале его варьирования.

Таким образом, с помощью рассмотренных выше методов были исследованы свойства тестового объекта моделирования, что позволит далее обоснованно интерпретировать результаты постановки имитационных экспериментов на этапе эксплуатации ИМ.

Abstract. Properties investigation of a simulation model of technological processes with hierarchical structure are considered in the article.

Литература

1. Е. О. Попова, *Имитационная модель технологического процесса дискретного производства*, Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины, № 3 (2003), 59–63.
2. В. Д. Левчук, *Базовая схема формализации системы моделирования MICIC4*, Проблемы програмування, № 1 (2005), 85–96.
3. В. Д. Левчук, П. Л. Чечет, Е. О. Попова, В. В. Старченко, А. С. Помаз, *Верификация имитационной модели технологического процесса производства с иерархической структурой*, Информатика, № 1 (2005), 32–40.
4. И. В. Максимей, В. Д. Левчук и др., *Задачи и модели ИСО*, Ч.3. Технология имитации на ЭВМ и принятие решений: Уч. пособие, Гомель, БелГУТ, 1999.
5. Ю. С. Харин, В. И. Малюгин, В. П. Кирлица и др., *Основы имитационного и статистического моделирования*, Учебное пособие, Минск, Дизайн ПРО, 1997.