

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЕТОМ ПОТОКА ОТКАЗОВ

Чернявский А.И.

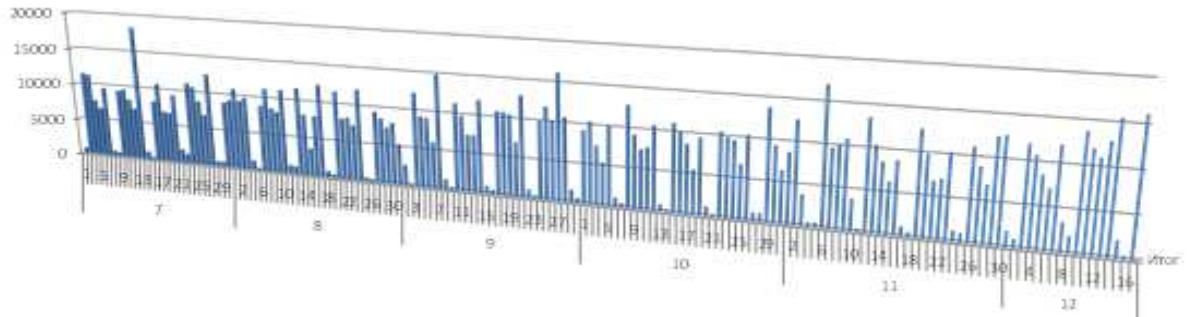
В настоящее время автосервисные предприятия выполняют как производственные, так и непроизводственные услуги [1, 3]. К производственным услугам, в частности, относятся ремонт автомобилей и техническое обслуживание. К непроизводственным услугам относится продажа запасных частей и автомобилей. Основным звеном автосервиса являются станции технического обслуживания, взаимодействующие как с индивидуальными владельцами, так и автотранспортными предприятиями. Услуги, выполняемые на станциях, можно разделить на следующие основные группы [3]:

- профилактические, направленные на регламентное обслуживание (выполняется диагностика, крепежные, контрольные, смазочные и регулировочные работы через определенный пробег;
- ремонтные - выполняются для устранения появившихся неисправностей и восстановления его работоспособности (замена или ремонт узлов, приборов, агрегатов, а также кузовные, слесарно-механические, электромеханические работы и др.);
- обеспечение эксплуатации - снабжение топливом маслом, тосолом и др.

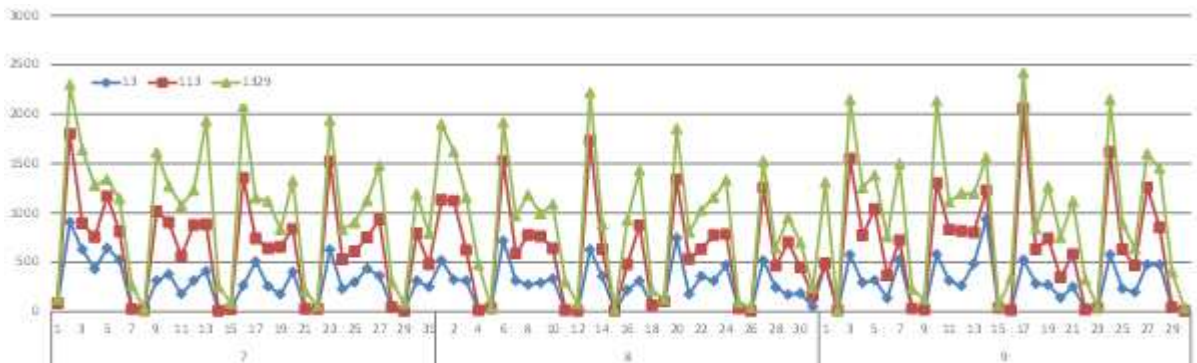
Решение задачи синтеза управления поставками, в первую очередь основывается на прогнозе различных финансовых показателей [1, 4 - 8]. В работе проведен анализ динамики потоков заказов по ряду предприятий, входящих в зону обслуживания дилерской сети. За два квартала 2012 года графики объемов заказов приведены на рисунке 1,а. В работе проведено упорядочения предприятий по объему потоков. Показано, что на 5 из 200 предприятий приходится почти 20% потока. Для первых трех проведен более детальный анализ потоков. По выделенным трем предприятиям сравнительный объем потоков представлен на рисунке 1,б.

Проведен анализ потребностей для различных групп запчастей и комплектующих (рисунок 2).

Показана значительная корреляция на отдельные группы запасных частей (рисунок 3,а). Далее проведен анализ автокорреляционных функций временных рядов (рисунок 3,б).



а) поток заказов от всех предприятий



б) поток заказов от основных предприятий

Рисунок 1 - Временные ряды потоков заказов на комплектующие

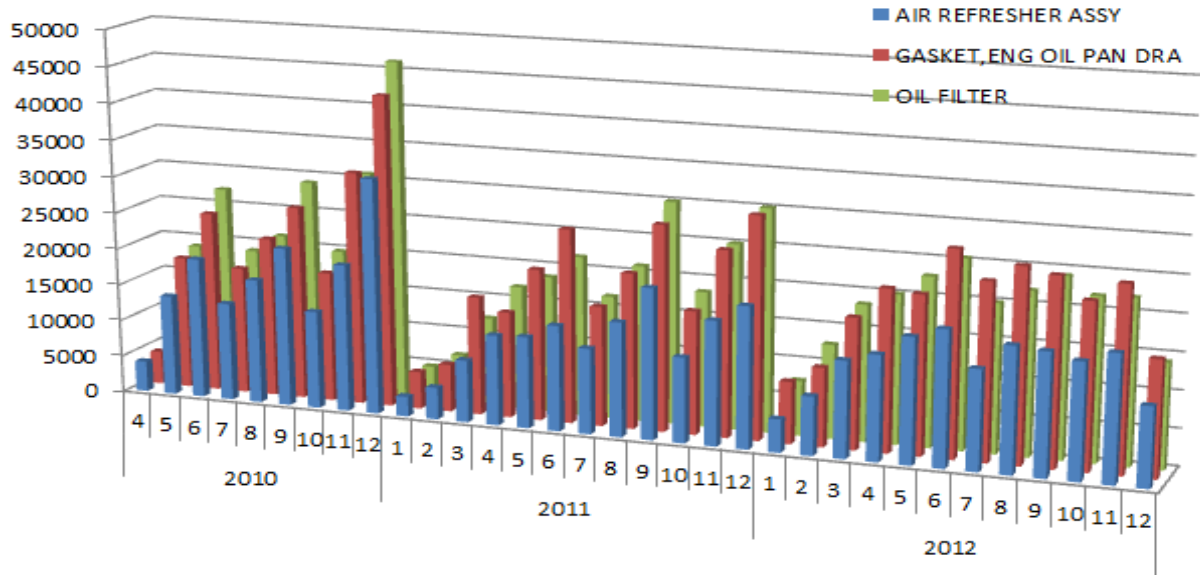
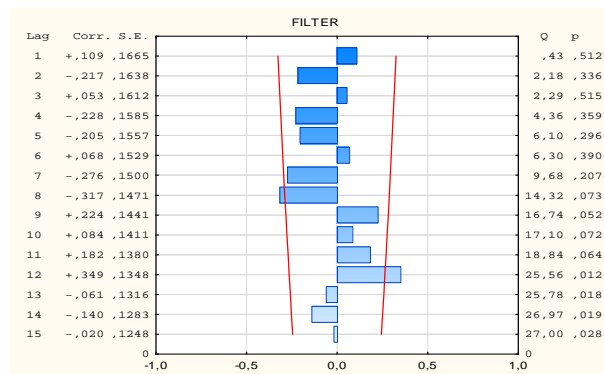


Рисунок 2 - Среднемесячная интенсивность запросов на основные запчасти

| Correlations (Rez_Sol_2_Kopp.sta) | | | | | |
|--|--------|----------|--------|--------|--------|
| Marked correlations are significant at p < 0,05 (N=33 (Casewise deletion of missing data)) | | | | | |
| Variable | Means | Std.Dev. | AIR_RE | GASKE | FILTER |
| AIR_RE | 14213, | 5843,1 | 1,0000 | 0,9563 | 0,9878 |
| GASKE | 20482, | 8065,3 | 0,9563 | 1,0000 | 0,9657 |
| FILTER | 20334, | 8275,6 | 0,9878 | 0,9657 | 1,0000 |



а) таблица корреляций

б) автокорреляционная функция

Рисунок 3 - Среднемесячная интенсивность запросов на основные запчасти

На основе проведенного анализа поставлена задача моделирования временных рядов с заданными (полученными на основе статистики) значениями оценок корреляций и автокорреляционных функции.

На примере ремонта механизма подъема платформы (МПП) был проведен анализ показателей надежности (таблица 1.): 1. Средний ресурс до первого отказа (тыс.км); 2. Доверительный интервал (тыс. км); 3. Среднеквадратическое отклонение (тыс. км); 4. Коэффициент вариации; 5.Параметр b закона Вейбулла; 6.Параметр a закона Вейбулла; 7. Гамма - процентного ресурса при $\gamma=90\%$ (до первого отказа); 8. Гамма - процентного ресурса при заданном значении $\gamma=90\%$ (до второго отказа); 9. Интенсивности отказов за заданную наработку $t_1=30$ тыс.ц. (до первого отказа); 10. Интенсивности отказов за заданную наработку $t_1=30$ тыс.ц. (до второго отказа); 11. Показатель $Spz(t)$ методики расчета; 12. Показатель $CO(\Delta t)$ методики расчета.

Были выявлены основные виды отказов и неисправностей деталей МПП в заданных условиях эксплуатации. Рассчитаны средние ресурсы деталей, лимитирующих надежность механизма подъема платформы, как математическое

$$t_{co} = \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^{N_0} t_i$$

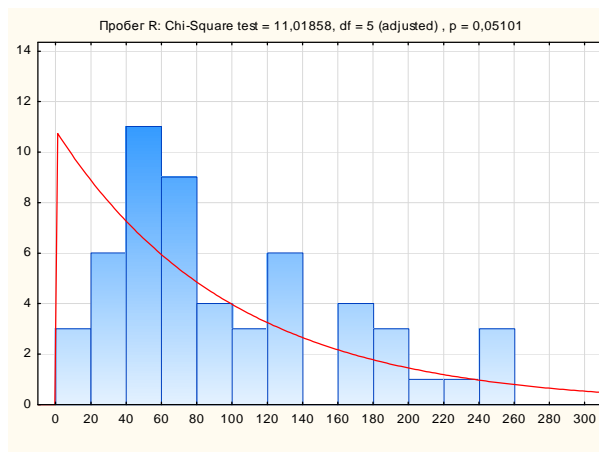
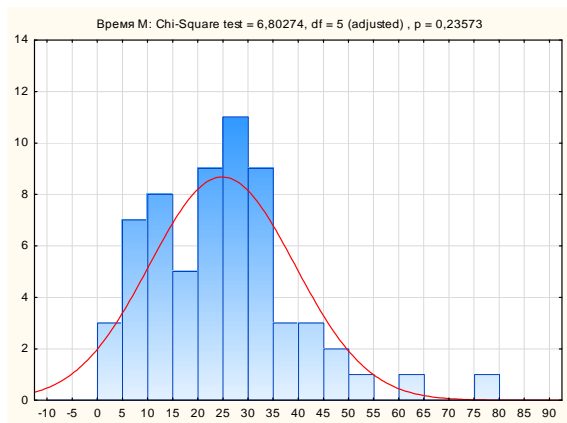
ожидание тыс км., где t - пробег до предельного состояния i-го элемента; N_0 – число подконтрольных элементов.

Для апробации моделей отказов в работе проведен статистический анализ. Получены основные характеристики распределений по времени наработки на отказ и пробегу (см. таблица 1.).

Таблица 1 - Ресурсы и показатели надежности деталей (механизма подъема платформы самосвалов семейства МАЗ)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----------------------------------|-------|--------|-------|------|-------|--------|-------|------|---------|---------|------|------|
| Наименование | | | | | | | | | | | | |
| 1 Шестерня КОМ | 202 | 27,18 | 65,6 | 0,33 | 3,2 | 178,8 | 88,5 | 31,4 | 0,00035 | 0,00110 | 128 | 411 |
| 2 Вал шлицевой | 227,6 | 51,62 | 97,0 | 0,43 | 2,5 | 256,6 | 104,3 | 67,3 | 0,00039 | 0,00095 | 78 | 361 |
| 3 Диафрагма КОМ | 135,9 | 26,44 | 93,4 | 0,68 | 1,5 | 150,5 | 61,2 | 42,8 | 0,00445 | 0,00760 | 319 | 36 |
| 4 Уплотнительные кольца г/ц | 103,0 | 11,10 | 41,2 | 0,40 | 2,7 | 115,9 | 50,4 | 35,3 | 0,00234 | 0,00613 | 400 | 994 |
| 5 1-я выдвигная труба | 237,0 | 73,10 | 153, | 0,65 | 1,55 | 163,3 | 70,9 | 49,7 | 0,00374 | 0,00650 | 100 | 150 |
| 6 Головка г/ц | 153,2 | 17,70 | 57,3 | 0,37 | 2,9 | 171,94 | 79,1 | 55,4 | 0,00061 | 0,00172 | 348 | 942 |
| 7 2-я выдвигная труба | 123,0 | 20,50 | 74,8 | 0,61 | 1,7 | 137,90 | 63,5 | 44,4 | 0,00424 | 0,00777 | 1266 | 1860 |
| 8 Пара втулка-шестерня насоса | 171,1 | 15,79 | 47 | 0,27 | 4,2 | 188,6 | 110,4 | 77,2 | 0,00017 | 0,00028 | 489 | 886 |
| 9 Манжета насоса | 238,1 | 66,20 | 144,0 | 0,60 | 1,7 | 266,93 | 71 | 49,7 | 0,00138 | 0,00253 | 32 | 429 |
| 10 Пружина крана управления | 234,8 | 76,56 | 171,6 | 0,73 | 1,39 | 258,3 | 68,7 | 48,1 | 0,00252 | 0,00382 | 53 | 323 |
| 11 Корпус крана управления | 205,9 | 37,40 | 91,3 | 0,44 | 2,40 | 232,4 | 90,9 | 63,6 | 0,00059 | 0,00138 | 72 | 342 |
| 12 Зубчатый сектор | 185,3 | 40,10 | 114,5 | 0,62 | 1,75 | 207,04 | 57,2 | 40 | 0,00199 | 0,00371 | 139 | 409 |
| 13 Золотник крана управления | 120,2 | 23,06 | 84 | 0,69 | 1,15 | 101,2 | 27,9 | 19,6 | 0,00947 | 0,01427 | 244 | 514 |
| 14 Манжета клапана | 67,5 | 11,80 | 46,2 | 0,68 | 1,45 | 74,5 | 20,6 | 14,4 | 0,01293 | 0,02168 | 350 | 615 |
| 15 Клапан | 108,0 | 15,70 | 60,8 | 0,56 | 1,84 | 121,4 | 35,7 | 25 | 0,00468 | 0,00903 | 188 | 453 |
| 16 Диафрагма клапана | 134,7 | 28,32 | 98,3 | 0,73 | 1,39 | 147,7 | 29,3 | 20 | 0,00505 | 0,00830 | 71 | 336 |
| 17 Пружина клапана | 249,0 | 108,77 | 193,5 | 0,77 | 1,30 | 269,48 | 47,7 | 33 | 0,00249 | 0,00397 | 77 | 332 |
| 18 Уплотнительные кольца клапана | 181,8 | 32,40 | 91,2 | 0,50 | 2,10 | 205,2 | 36,3 | 25,4 | 0,00123 | 0,00261 | 96 | 361 |
| 19 Шланг всасывающей магистрали | 130,6 | 20,25 | 73,5 | 0,56 | 1,843 | 147 | 32,8 | 22,9 | 0,00328 | 0,00654 | 227 | 527 |
| 20 Шланг г/ц высокого давления | 223,2 | 68,7 | 156,5 | 0,70 | 1,5 | 247,2 | 55,1 | 38,6 | 0,00211 | 0,00361 | 97 | 397 |

По имеющимся данным выполнена аппроксимация функций распределения: для времени наработки на отказ – нормальным законом (рисунок 4, а); для пробега - логнормальным (рисунок 4, б).



а) для времени наработки на отказ

б) для пробега

Рисунок 4 - Аппроксимация распределений наработки на отказ

Проверка соответствия выборочных характеристик генеральной совокупности показала, что экспериментальные данные о распределений ресурсов деталей, лимитирующих надежность МПП, согласуются с теоретическими законами Вейбулла и нормальным (таблица 1, столбцы 1-6).

На основании проведенного анализа полученных результатов следует, что ресурсы деталей, лимитирующих надежность механизма подъема платформы, находятся в пределах 67-238 тыс.км и имеют коэффициент вариации $V = 0,27 - 0,77$.

Обработка и анализ статистических данных, а также характерных отказов и неисправностей деталей, лимитирующих надежность, позволили разработать карту надежности механизма подъема платформы автомобилей-самосвалов семейства МАЗ (таблица 1, столбцы 7-10). Из таблицы наглядно видно место расположения деталей и узлов, лимитирующих надежность МПП, и содержит характеристики распределения ресурсов деталей в виде кривых убывлей.

Графически вероятности безотказной работы позволяют рассчитать среднюю наработку на отказ, выявить гамма-процентный ресурс деталей, лимитирующих надежность, т.е. ресурс который имеют или превышают не менее 80 или 90% изделий данного вида. Оценка интенсивности отказов за заданную наработку $t_3=3$ тыс.ц.

вычислялась как
$$\bar{\lambda}(t_3) = \frac{b}{a} \cdot \left(\frac{t-c}{a} \right)^{b-1}$$
, а оценка гамма - процентного ресурса при

заданном значении $\gamma=90\%$ как
$$\exp \left[- \left(\frac{T_\gamma - c}{a} \right)^b \right] = \frac{\gamma}{100}$$
.

В работе показано, что как модель входного потока, так и случайный процесс управления запасами достаточно адекватно описывается моделями авторегрессии, которая представляет последовательность случайных величин ξ_1, ξ_2, \dots ,

удовлетворяющая стохастическому разностному уравнению при существовании линейной комбинации

$$\xi_t + \beta_1 \cdot \xi_{t-1} + \dots + \beta_p \cdot \xi_{t-p} = \varepsilon_{t+1} + \dots, \quad (1)$$

где последовательность $\varepsilon_{p+1}, \varepsilon_{p+2}, \dots$ является последовательностью независимых и одинаково распределенных случайных величин.

Наиболее простым случаем является уравнение первого порядка $\xi_t = -\beta_1 \cdot \xi_{t-1} + \varepsilon_t$.

$$r(t) = \sigma^2 \frac{(-\beta_1)^t}{1 - \beta_1^2}$$

Автокорреляционная функция такого процесса равна $r(t) = \sigma^2 \frac{(-\beta_1)^t}{1 - \beta_1^2}$. Однако такой процесс не позволяет реализовать «затянутость» автокорреляционной функции (АКФ). В связи с этим в работе предлагается использование моделей процесса авторегрессии второго порядка $\xi_t = -\beta_1 \cdot \xi_{t-1} - \beta_2 \cdot \xi_{t-2} + \varepsilon_t$.

Для аperiodических процессов в случае действительных корней характеристического уравнения автоковариационная функция имеет вид

$$r(t) = \frac{\sigma^2}{(x_1 - x_2)(1 - x_1 x_2)} \left(\frac{x_1^{t+1}}{1 - x_1^2} - \frac{x_2^{t+1}}{1 - x_2^2} \right), \quad (2)$$

где $0 < x_1 < 1$ и $0 < x_2 < 1$. Такие модели процессов авторегрессии 2-го порядка дают возможность моделирования нестационарных процессов с возможностью задания начальной динамики развития процесса, что необходимо для реализации моделей развития предприятия при переходе на новые формы организации управления.

Проведенный анализ входных потоков и полученные модели объемов заказов позволяют подойти к решению задачи моделирования эффективности управления запасами. В работе рассмотрены две модели: модель управления с фиксированным диапазоном и модель монотонная политика заказывания.

Исследования показали, что как модели управления запасами, так и входные потоки могут быть достаточно адекватно представлены процессами авторегрессии 2-го порядка. Зависимость (2) для автокорреляционной функции процесса авторегрессии путем замены переменных $x_1 = e^{-c_1}$, $x_2 = e^{-c_2}$ приводится к виду

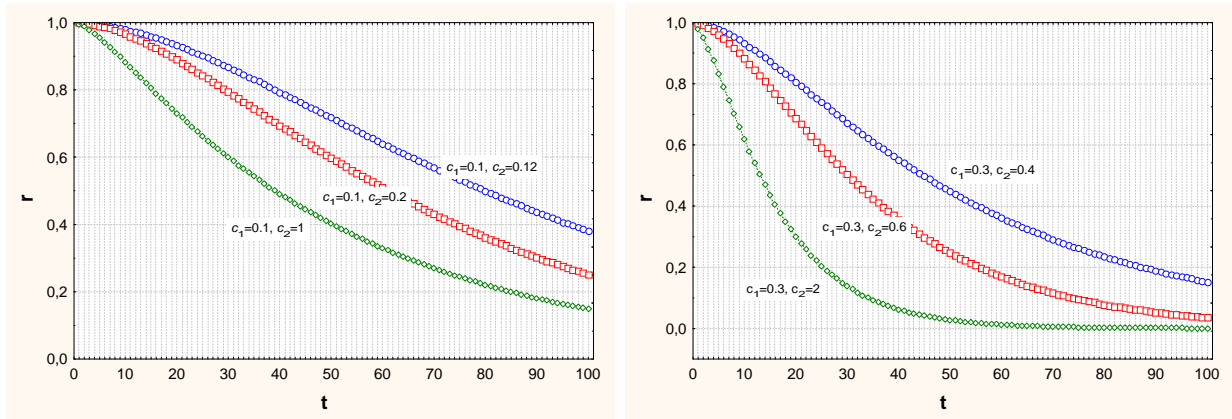
$$r(t) = \sigma^2 (\alpha_1 e^{-c_1 t} + \alpha_2 e^{-c_2 t}), \quad (3)$$

где $c_1 > 0$ и $c_2 > 0$ параметры автоковариации, а

$$\alpha_1 = \frac{e^{-c_1} (1 - e^{-2c_2})}{e^{-c_1} (1 - e^{-2c_2}) - e^{-c_2} (1 - e^{-2c_1})}$$

и α_2 (определяется аналогично) - функции параметров c_1 и c_2 . Полученная аппроксимация (3) включает экспоненциальную, как частный случай.

Варьируя указанными параметрами, можно моделировать достаточно широкий класс автокорреляций. На рисунке 5 приведены графики автокорреляционных функций, полученных при различных комбинациях значений параметров c_1 и c_2 .



а)

б)

Рисунок 5 - Аппроксимация АКФ

В результате проведенного анализа можно сделать следующие выводы: минимум из параметров c_1 и c_2 определяет длину интервала, на котором корреляция существенна, разность между параметрами c_1 и c_2 определяет вид АКФ при малых значениях t . Чем меньше разность, тем более пологая автоковариация в начале. Как видно из графиков, варьируя параметры c_1 и c_2 , можно добиться большого разнообразия в поведении функции.

Для различных характеристик процессов были смоделированы временные ряды (рисунок 6). Видно, что полученные ряды носят достаточно различный характер, на что указывает автокорреляционная функция (рисунок 7)

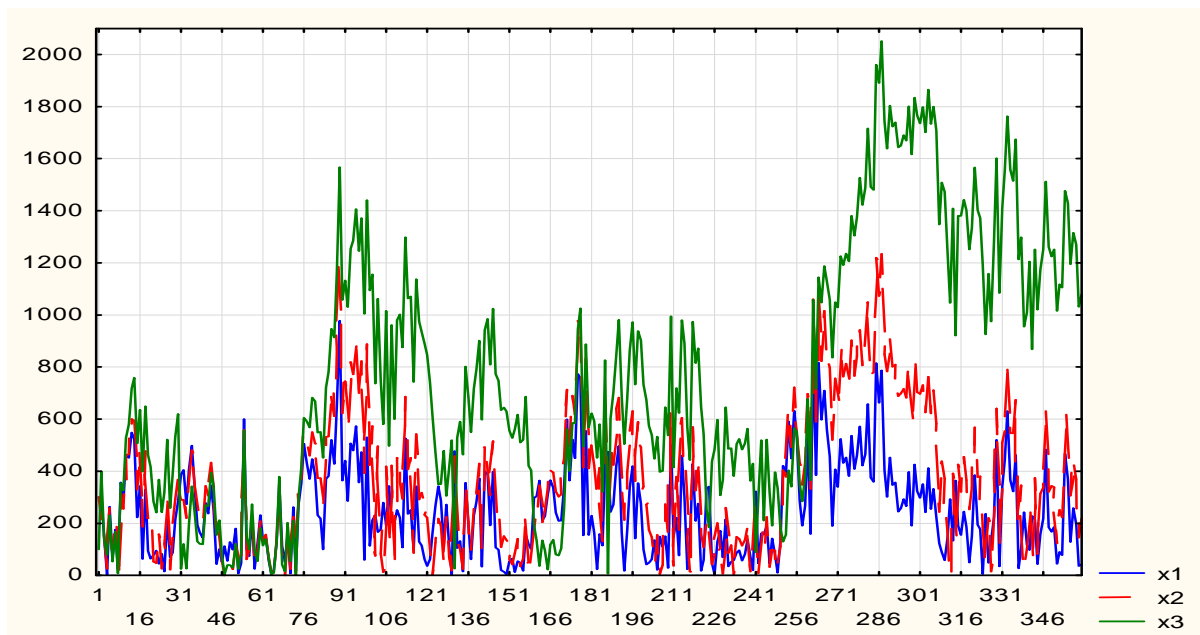
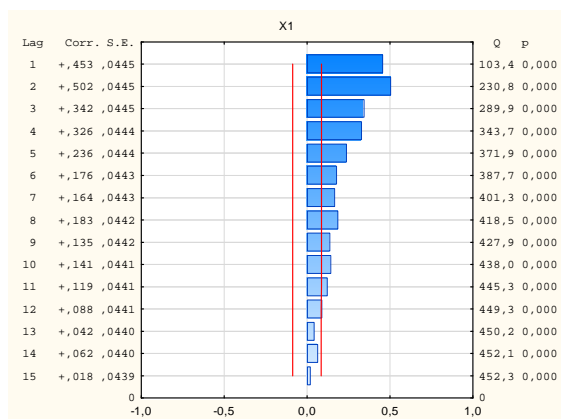
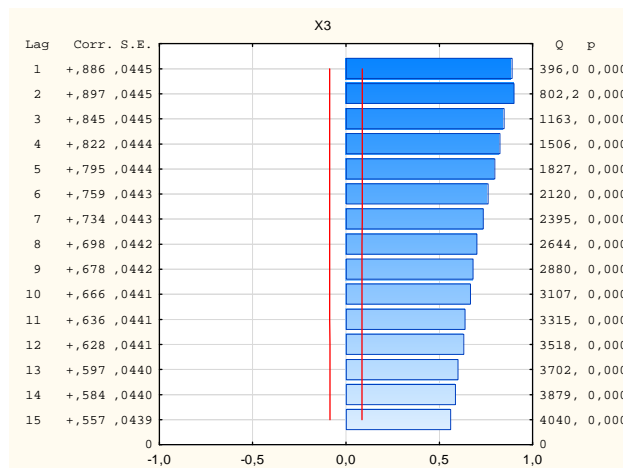


Рисунок 6 - Выборочные траектории временных рядов авторегрессии



а)



б)

Рисунок 7 - Автокорреляционные функции временных рядов

В результате проведения экспериментов по моделированию и оценке характеристик результирующих процессов показано, что полученные модели достаточно адекватно соотносятся к исходным временным рядам для обследованных авторемонтных предприятий.

Список информационных источников

- [1] Остроух А.В. Информационные технологии в научной и производственной деятельности / [ред. А.В. Остроух] - М: ООО "Техполиграфцентр", 2011. - 240 с. - ISBN 978-5-94385-056-1.
- [2] Куфтинова Н.Г. Процессно-ориентированный подход к автоматизации планирования и управления транспортировкой продукции предприятий промышленности / А.В. Остроух, Н.Г. Куфтинова // Вестник МАДИ – 2010. - Вып. 4(23). - С. 62-66.
- [3] Алтунина А.В. Система автоматизации и контроля за продажами и производством автомобилей / А.В. Остроух, А.В. Алтунина // Автотранспортное предприятие. - 2011. - №3. - С. 41-43.
- [4] Остроух А.В. Исследование начального периода моделирования на точность среднеинтегральной оценки имитационных моделей / А.В. Остроух, А.А. Солнцев, Н.В. Солдатов, К.А. Новицкий, П.С. Якунин // Вестник МАДИ – 2010. - Вып. 2(21). - С. 61-65.
- [5] Остроух А.В. Математическая модель связей в системе диагностики электрооборудования автомобилей / А.В. Остроух, А.А. Солнцев, О.Ф. Калухов, Г.Г. Ягудаев // Вестник МАДИ – 2010. - Вып. 2(21). - С. 66-70.
- [6] Солнцев А.А., Ивахненко А.А. Формальное описание процессов движения комплектующих на основе управляемых сетей // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 1(3); URL: auts.esrae.ru/3-69 (дата обращения: 05.09.2013).

- [7] Приходько В.М., Солнцев А.А., Саная А.Г. Сетевая теоретико-игровая модель рациональных закупок в задаче формирования адаптивного механизма согласованных цен в схеме снабжения дилерской сети // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 1(3); URL: auts.esrae.ru/3-70 (дата обращения: 05.09.2013).
- [8] Солнцев А.А. Модели нечеткого ситуационного анализа при описании вложенных процессов многоцелевой деятельности дилерской сети // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 1(3); URL: auts.esrae.ru/3-71 (дата обращения: 05.09.2013).