

УДК 330.38

UDC 330.38

08.00.00 Экономические науки

Economics sciences

ПРИМЕНЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА В САХАРНОЙ ОТРАСЛИ АПК (ЧАСТЬ 1 – АВТОКОРРЕЛЯЦИЯ И ЧАСТНАЯ АВТОКОРРЕЛЯЦИЯ)**THE USE OF CORRELATION ANALYSIS IN AIC SUGAR INDUSTRY (PART 1 – AUTO-CORRELATION AND PRIVATE AUTO-CORRELATION)**

Жмурко Даниил Юрьевич
канд. экон. наук, доцент
РИНЦ SPIN-код автора: 1543-2028
danis1982@list.ru

Zhmurko Daniil Yurievich
Cand.Econ.Sci., associate professor
RISC SPIN-code: 1543-2028
danis1982@list.ru

*Краснодарский университет МВД РФ, 350005
Россия, Краснодар, ул. Ярославская 128.*

*Krasnodar University of the Ministry of internal
Affairs of the Russian Federation, Krasnodar, Rus-
sia*

Статья посвящена вопросам практического применения экономико-математических методов (на основе корреляционного анализа) для управления экономическими параметрами интегрированных производственных систем сахарного подкомплекса АПК (ИПС СП), ориентированных на удовлетворения потребностей в сахарной продукции населения не только отдельных субъектов, но регионов и страны в целом. В статье рассматриваются и решаются следующие элементы анализа: автокорреляционные и частные автокорреляционные функции, кросскорреляционные функции (корреляционные матрицы) изучаемых макроэкономических временных рядов с соответствующей проверкой (тестом Дарбина – Уотсона). В исследовании использовались программы Statistica, MS Excel и надстройка Xlstat. В работе описываются эксперименты, проводимые с различного рода нестационарными временными рядами показателей аграрного сектора и пищевой промышленности сахарного подкомплекса, а также результаты проверки на тесноту связи между ними. Выявлены отраслевые циклы. Приведены результаты вычислительных экспериментов автокорреляции временных рядов производства сахара, посевных площадей, валового сбора и урожайности сахарной свеклы и сахарного тростника по странам. Систематизированно изложены идеи и методы, лежащие в основе корреляционного анализа. Дается оценка полученным результатам корреляционного анализа по каждому виду. В дальнейшем можно предположить, что апробация предложенных методов позволит в значительной степени влиять на ключевые моменты при выработке рекомендаций для новых моделей производства сахарной продукции, ориентированной на рынок – это приведет к минимизации времени и стоимости готового продукта, что сделает более устойчивыми позиции в секторе для данной интегрированной производственной системы по отношению к ее конкурентам

This article is devoted to the practical application of economic-mathematical methods (based on correlation analysis) to control the economic parameters of the integrated production systems sugar subcomplex (IPS SS) AIC oriented to meet the needs in the sugar production of the population not only of individuals, but also of the regions and the country as a whole. This article discusses and solves the following tasks: autocorrelation and partial autocorrelation functions, cross-correlation function (correlation matrix) study of deciduous macroeconomics series, with appropriate verification (test) Durbin - Watson. The study used Statistica, MS Excel and Xlstat add-in. The work describes experiments with various kinds of non-stationary time series of the agricultural sector and food industry sugar subcomplex, as well as the test results on the difficulty of communication between them. We have identified industry-high cycles. The article presents results of numerical experiments autocorrelation of the time series of sugar production, acreage, gross harvest and yield of sugar beet and sugar cane, by country. Systematically, we describe ideas and methods underlying the correlation analysis. We have given the evaluation of the results of correlation analysis on each type. Further, it can be assumed that the proposed techniques will greatly affect a key points when making recommendations for new models of production of sugar products, market-oriented – this will minimize the time and cost of the finished product that will make a more stable position in the sector for this integrated production system in relation to its competition

Ключевые слова: КОРРЕЛЯЦИЯ, ОПИСАТЕЛЬНАЯ СТАТИСТИКА, КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ, АГРАРНЫЕ ЦИКЛЫ, КОРРЕЛОГРАММЫ, КОРРЕЛЯЦИОННАЯ МАТРИЦА, КОРРЕЛЯЦИОННОЕ ПОЛЕ, ЛАГ, КРОССКОРРЕЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ

Keywords: CORRELATION, DESCRIPTIVE STATISTICS, CORRELATION ANALYSIS, AGRICULTURAL CYCLES, CORRELOGRAMS, CORRELATION MATRIX, CORRELATION FIELD, LAG, CROSS-CORRELATION

Проблема повышения эффективности АПК приобрела особую актуальность за последние годы в связи с принятием западными странами санкций против политики России. Контрмерой стало принятие перечня поручений Президента РФ по импортозамещению от 14 мая 2014 г. Для их реализации необходимо повысить эффективность как агропромышленного комплекса в целом, так и его центрального звена – сельского хозяйства. Оно требует от экономической науки создания механизма активного управления, разработки и внедрения высокоэффективных технологий стратегического планирования производства продукции АПК, приоритетного развития в регионах тех его отраслей, которые в наибольшей степени отвечают природным и социально-экономическим условиям субъекта России, построения прогнозных балансов производства. Предлагаемый алгоритм комплексной оценки устойчивости развития сегмента сельского хозяйства – сахарной подотрасли АПК – может стать действенным инструментом осуществления этих новых задач.

Для этого необходимо разработать ряд программ, направленных на исследование динамики развития сахарного рынка, а именно построить адаптивную модель прогноза для такого рода субъектов АПК, которые играют в нем существенную роль.

Объектом исследования являются крупные образования (конгломераты) сахарного подкомплекса АПК.

Предметом исследования являются методы корреляционного анализа (автокорреляция, частная автокорреляция и кросскорреляция), используемые в сахарном подкомплексе АПК. Анализ, который будет основываться на данных статистики Краснодарского края, России, Германии, Бразилии, Индии и США (дополнительно будет рассматриваться мировое производство сахара), в дальнейшем станет базисом для проведения других видов эконометрического анализа.

Целью данной работы является выявление новых закономерностей при использовании адаптивных моделей корреляционного анализа в деятельности интегрированных производственных систем сахарного подкомплекса АПК.

Основные задачи статистического исследования: сбор, обработка и анализ данных, характеризующих состояние и развитие сельского хозяйства, а также пищевой промышленности. Эти данные используются для составления годовых и перспективных планов производства сахарной продукции в АПК. Информационными источниками статистики его сахарного подкомплекса служат: отечественная и зарубежная периодическая отчётность, годовые отчёты международных агентств по сахарному рынку.

В статистике сахарного подкомплекса АПК применяется следующая система основных показателей: посевные площади; валовой сбор и урожайность сахарной свеклы и сахарного тростника, производство сахара (по видам).

Необходимо отметить, что функциональная и корреляционная связь – два основных типа связи, определяющих соотношение между явлениями и процессами. Следует подчеркнуть, что любое причинное влияние может выражаться либо функциональной, либо корреляционной связью [18, с. 13].

В современных условиях при решении задач управления сложными динамическими объектами используются математические методы и алгоритмы.

Разработанный автором алгоритм адаптивной модели корреляционного анализа сахарного подкомплекса АПК представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Этапы исследования корреляционного анализа в интересах ИПС СП АПК¹

Научное исследование рано или поздно приходит к логическому завершению. И на одном из последних этапов требуется сделать проверку выбранной математической модели на адекватность. Одним из распространенных методов такой проверки в непараметрической статистике и эконометрике является *корреляционный анализ*.

Корреляция – математическая функция, позволяющая получить из двух сигналов третий. Она существует в двух видах:

– *автокорреляция, или автокорреляционная функция (АКФ)*, характеризует степень связи между оригинальной функцией и ее сдвинутой на дискретную величину копией (*лагом, τ*):

$$R(\tau) = \int_{-T}^T x(t) \cdot x(t + \tau) dt ;$$

¹ Проверка на стационарность – тест Дики – Фуллера (test Dickey – Fuller).

– *взаимная корреляция*, или *кросскорреляционная функция*, характеризует степень связи между двумя разными величинами (сигналами)²:

$$R_{XY}(\tau) = \int_{-T}^T x(t) \cdot y(t + \tau) dt .$$

Корреляция – это инструмент методики обнаружения заранее известных сигналов на фоне шумов, ее по-другому называют *оптимальной фильтрацией*. Хотя корреляция очень похожа на свёртку (только один из сигналов инвертируется слева направо), но вычисляются они по-разному. Области применения их также различны.

1 Автокорреляция во временных рядах

Для характеристики динамики изменения экономических показателей часто используется понятие автокорреляции (сериальной корреляции³), которая характеризует не только взаимозависимость уровней одного и того же ряда, относящихся к разным моментам наблюдений, но и степень устойчивости развития процесса во времени, величину оптимального периода прогнозирования и т. п.

Степень тесноты статистической связи между уровнями динамического ряда, сдвинутыми на t единиц времени, определяется величиной коэффициента корреляции $r(\tau)$. Поскольку он измеряет тесноту связи между уровнями одного и того же временного ряда, его принято называть *коэффициентом автокорреляции*⁴. Длину временного смещения называют обычно *лагом* (t).

Коэффициент автокорреляции вычисляют по формуле (1):

² Корреляция, автокорреляция, взаимная корреляция. Свойства автокорреляционной и взаимной корреляционной функции: конспект лекции // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://allsummary.ru/59-korrelyaciya-avtokorrelyaciya-vzaimnaya-korrelyaciya-svoystva-avtokorrelyacionnoy-i-vzaimnoy-korrelyacionnoy-funkcii.html>.

³ Сериальная корреляция – это степень, в которой наблюдения во временном ряду подвержены влиянию более ранних наблюдений из этого же ряда.

⁴ Во всех расчетах по АКФ и ЧАКФ учитывается критерий Дарбина – Уотсона. Он представляет собой распространенный статистический метод, предназначенный для тестирования наличия автокорреляции остатков первого порядка после сглаживания ряда или в регрессионных моделях.

$$r(\tau) = \frac{(n-\tau) \sum_{t=1}^{n-\tau} y_t y_{t+\tau} - \sum_{t=1}^{n-\tau} y_t \sum_{t=1}^{n-\tau} y_{t+\tau}}{\sqrt{\left[(n-\tau) \sum_{t=1}^{n-\tau} y_t^2 - \left(\sum_{t=1}^{n-\tau} y_t \right)^2 \right] \left[(n-\tau) \sum_{t=1}^{n-\tau} y_{t+\tau}^2 - \left(\sum_{t=1}^{n-\tau} y_{t+\tau} \right)^2 \right]}}. \quad (1)$$

Порядок коэффициентов автокорреляции определяет временной лаг: при $t = 1$ коэффициент первого порядка, при $t = 2$ – второго и т. д.

Поясним, что последовательность коэффициентов автокорреляции уровней первого, второго, третьего и следующих порядков называют *автокорреляционной функцией*. Ее значения могут колебаться от -1 до $+1$ [9]. Качественная характеристика силы связи зависит от значения коэффициента Фехнера⁵. Так, при $[-0,9; -1]$ – очень высокая обратная; при $[-0,7; -0,9]$ – высокая обратная; при $[-0,5; -0,7]$ – заметная обратная; при $[-0,3; -0,5]$ – умеренная обратная; при $[-0,1; -0,3]$ – слабая обратная; при 0 – связь отсутствует; при $[0,1; 0,3]$ – слабая прямая; при $[0,3; 0,5]$ – умеренная прямая; при $[0,5; 0,7]$ – заметная прямая; при $[0,7; 0,9]$ – высокая прямая; при $[0,9; 1]$ – очень высокая прямая.

График автокорреляционной функции называется *корреллограммой*.

⁵ Коэффициент Фехнера [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://math.semestr.ru/corel/fexner.php>

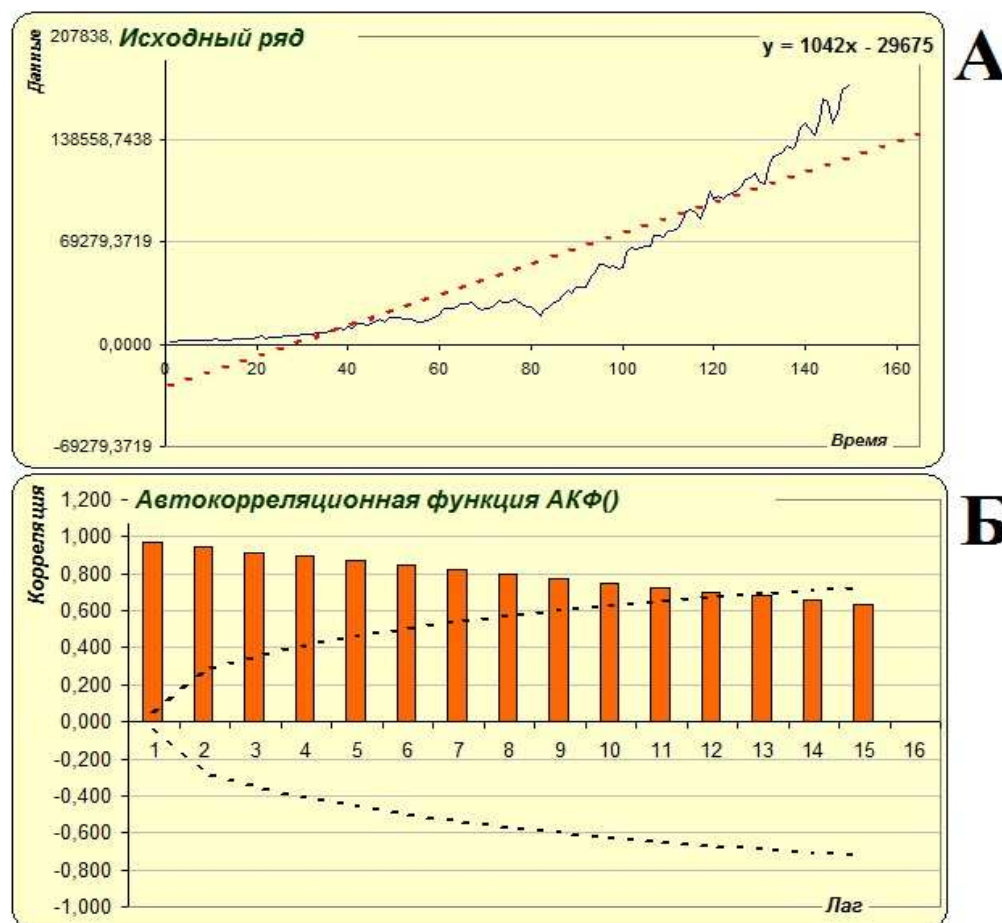


Рисунок 2 – Функция и тренд объема мирового производства сахара, 1864 – 2013 гг. (А); коррелограмма (с коэффициентами автокорреляции и доверительными интервалами [ошибка АКФ])⁶ (Б)

Из рисунка 2 видно, что АКФ характеризуется умеренным трендом и неявно выраженной сезонностью.

Таким образом, можно вывести правило: для больших (охватывающих огромное количество данных) временных рядов (рисунок 3 А) применяются смешанные методик, включающие в себя отдельные виды непараметрических процедур (например, метод *ARIMA*⁷), реализуемых с помощью автокорреляции (рисунок 3 Б), для малых – частной автокорреляционной функцией.

⁶ Автокорреляционная функция выявлена с помощью надстройки MS Excel – *ACF.xla*, существуют и другие варианты, через которые возможно ее определить: анализ данных (MS Excel) и стандартную функцию в MS Excel = *КОРРЕЛ(массив 1; массив 2)*.

⁷ *ARIMA* (англ. *autoregressive integrated moving average* – интегрированная модель авторегрессии и скользящего среднего иногда модель или методология Бокса – Дженкинса) – модель и методология анализа временных рядов.

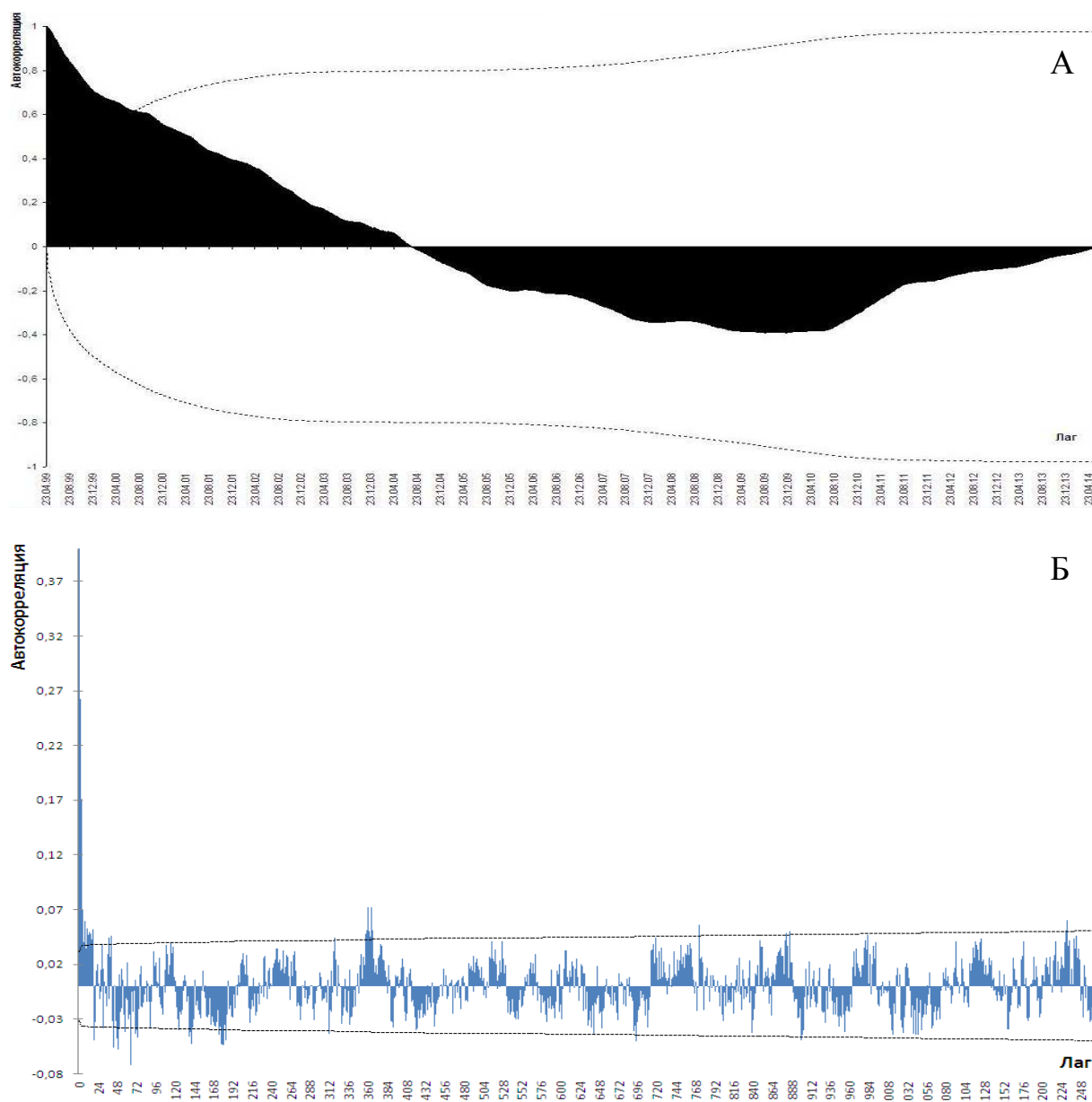


Рисунок 3 – Автокорреллограмма цены на сахар в России с мая 1999 по апрель 2014 г. (А); автокорреллограмма, построенная после применения метода ARIMA (Б)

На рисунке 3 (А, Б) отображены предоставленные институтом конъюнктуры аграрного рынка (ИКАР) ежедневные данные за 15 лет (выборка которых составляет 3686 дн).

Применение «чистой» АКФ при прогнозировании цен на сахар показано на рисунке 3 А, на котором виден один «глобальный» цикл, а на рисунке 3 Б представлен результат использования непараметрических приемов: вначале данные «пропускаются» через метод ARIMA, затем обраба-

тываются с помощью АКФ, это дает возможность увидеть более 2600 фаз различной длины и подсчитать количество исследуемых циклов.

Другими словами, удаление тренда делает ряд стационарным, что дает возможность применения автокорреляции в анализе временных рядов.

Рассмотрим два блока АКФ сахарного комплекса АПК: пищевую промышленность и аграрный сектор.

Блок «Пищевая промышленность»

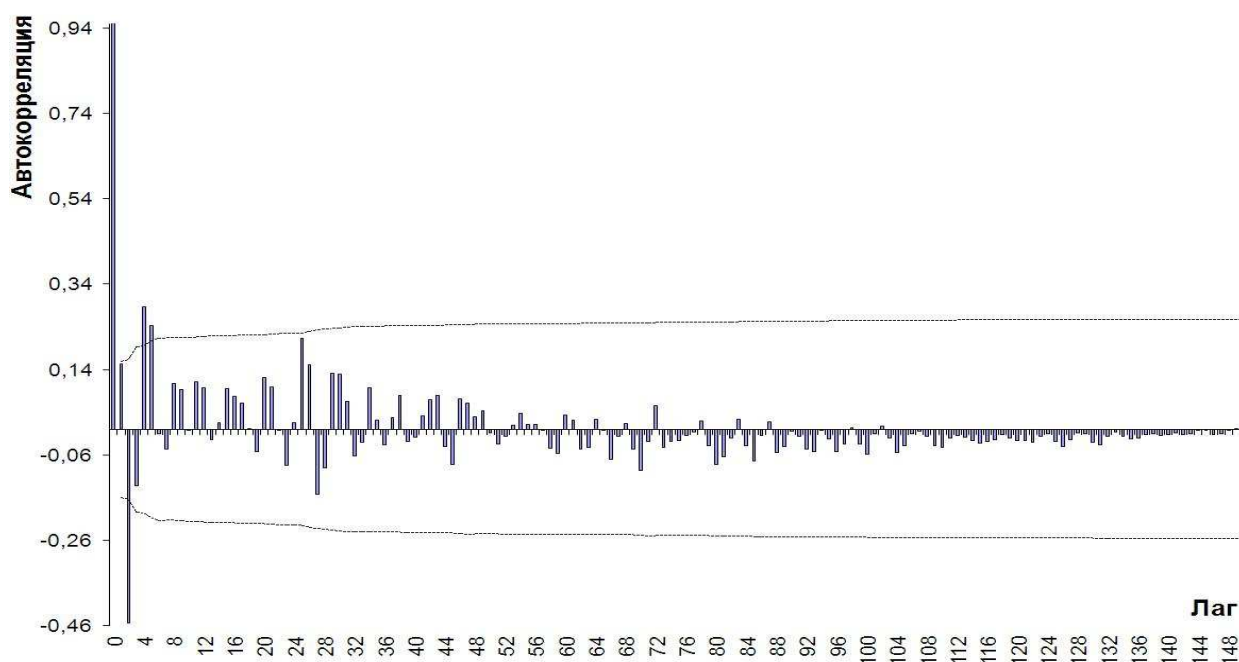


Рисунок 4 – Автокоррелограмма мирового производства сахара в 1864–2013 гг.

Анализ автокоррелограммы, представленной на рисунке 4, позволяет сделать вывод о наличии в изучаемом временном ряду мощного экспоненциального тренда ($r(0) = 1$) и сезонных колебаний с периодичностью два года ($r(2) = -0,454$), четыре года ($r(4) = 0,287$) и пять лет ($r(5) = 0,243$).

Автокоррелограмма, представленная на рисунке 5, позволяет сделать вывод о наличии в изучаемом временном ряду мощного экспоненциального тренда ($r(0) = 1$) и сезонных колебаний с периодичностью в два года ($r(2) = -0,385$), три года ($r(3) = 0,283$) и шестнадцать лет ($r(16) = 0,242$).

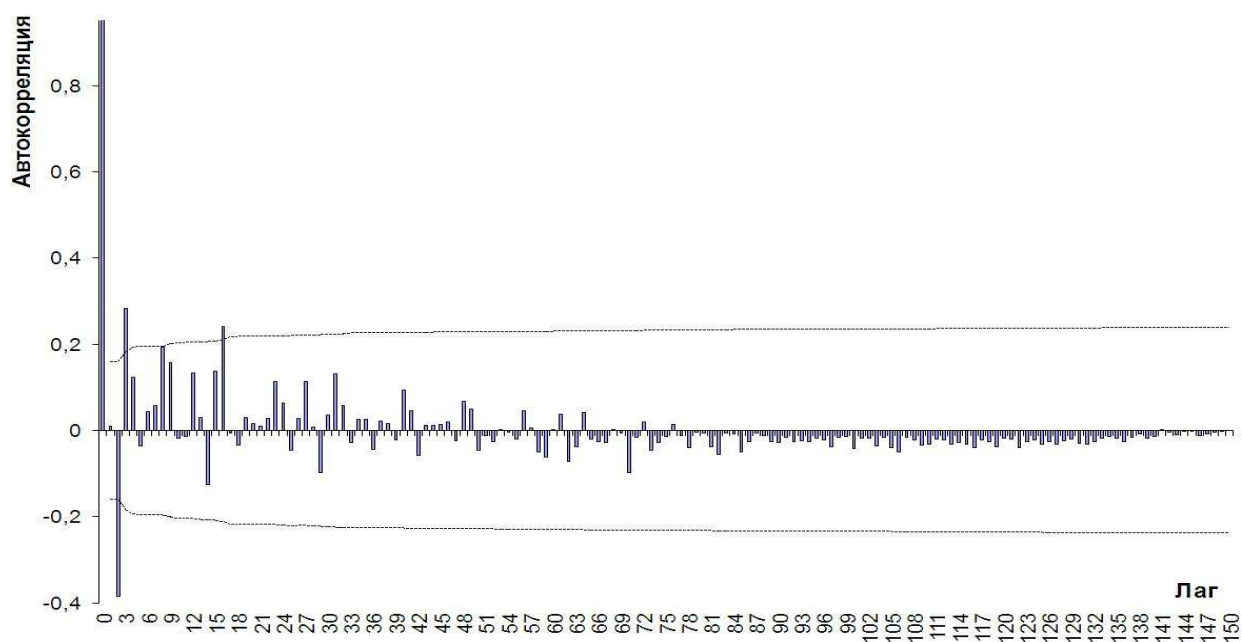


Рисунок 5 – Автокоррелограмма мирового производства тростникового сахара в 1864–2013 гг.

По рисункам 4 и 5 видно, что на 89-м и 78-м лагах данные графиков находятся только в отрицательной зоне – это означает, что развитие мирового производства как свекловичного, так и тростникового сахара происходило по возрастающей, гиперэкспоненциально.

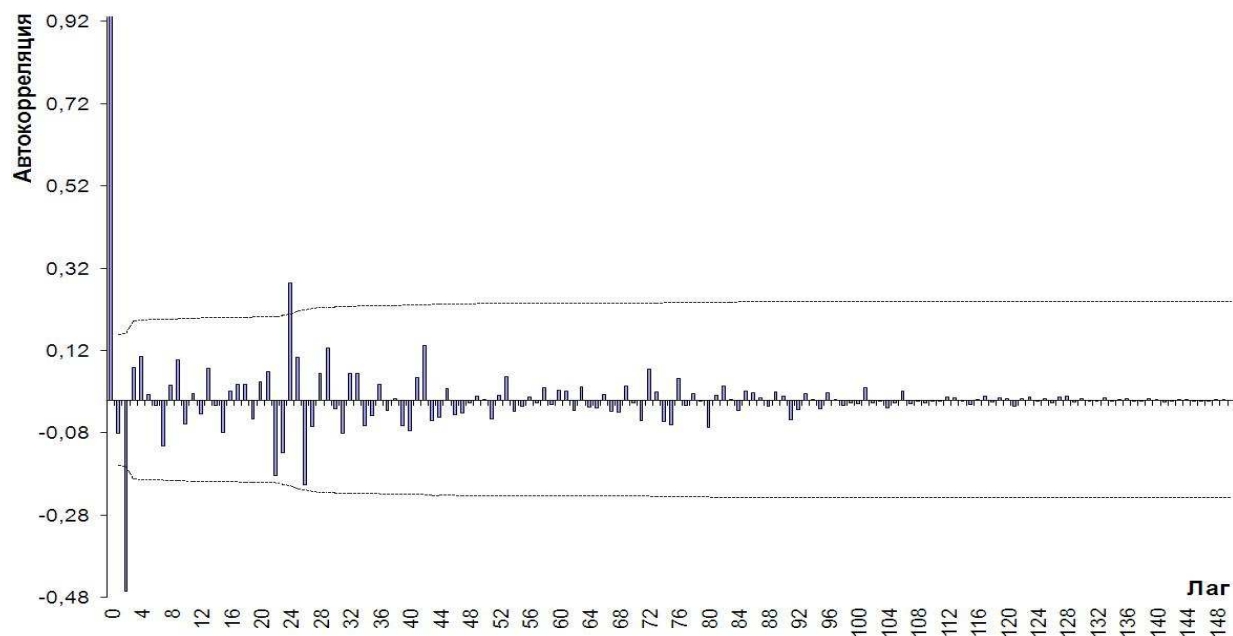


Рисунок 6 – Автокоррелограмма мирового производства свекловичного сахара в 1864–2013 гг.

Автокоррелограмма, представленная на рисунке 6, позволяет сделать вывод о наличии в изучаемом временном ряду отчетливо выраженного

тренда ($r(0) = 1$) и сезонных колебаний с периодичностью в два года ($r(2) = -0,465$) и двадцать четыре года ($r(24) = 0,285$).

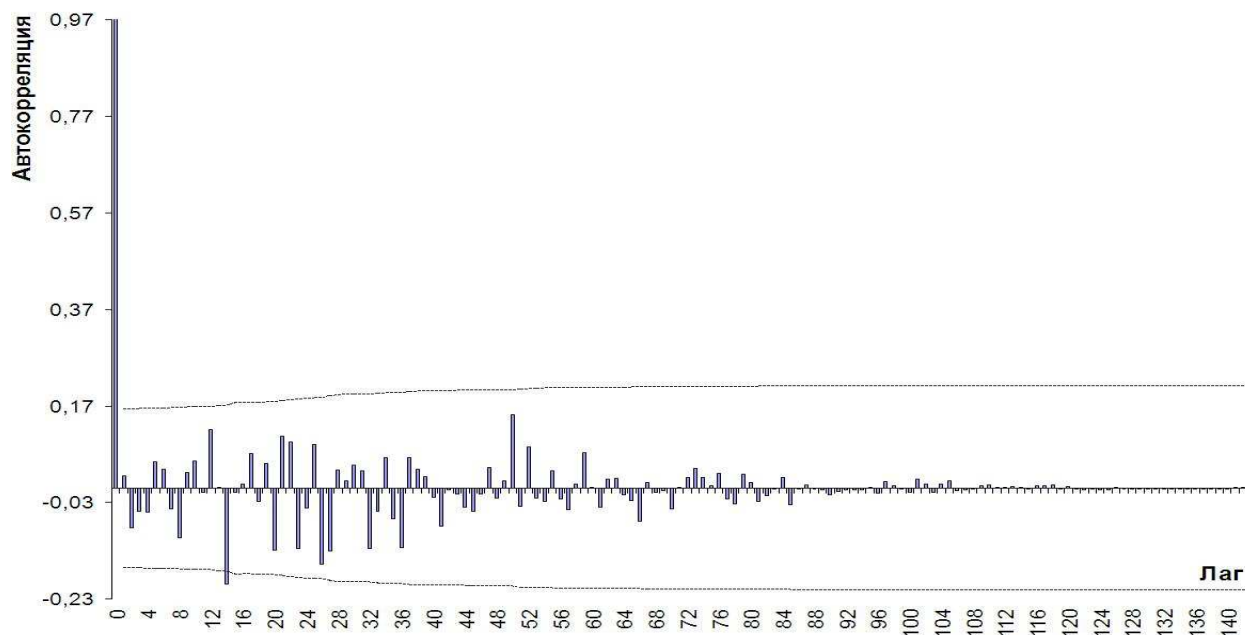


Рисунок 7 – Автокоррелограмма производства свекловичного сахара в России в 1871–2013 гг.

Представленная на рисунке 7 автокоррелограмма позволяет определить наличие во временном ряду невыраженного тренда ($r(0) = 1$) и сезонного колебания с периодичностью в четырнадцать лет ($r(14) = -0,198$).

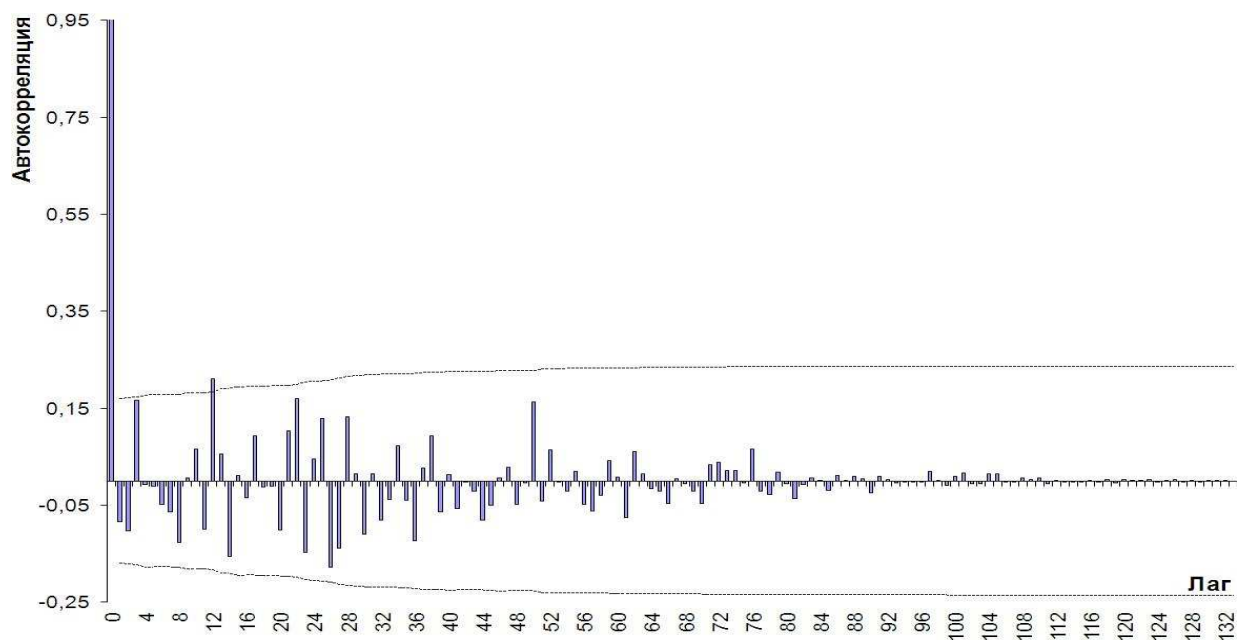


Рисунок 8 – Автокоррелограмма общего производства сахара в России в 1881–2013 гг.

Анализ автокоррелограммы на рисунке 8 позволяет сделать вывод о наличии в изучаемом временном ряду отчетливого тренда ($r(0) = 1$) и сезонных колебаний с периодичностью в два года ($r(2) = 0,166$) и двенадцать лет ($r(12) = 0,211$).

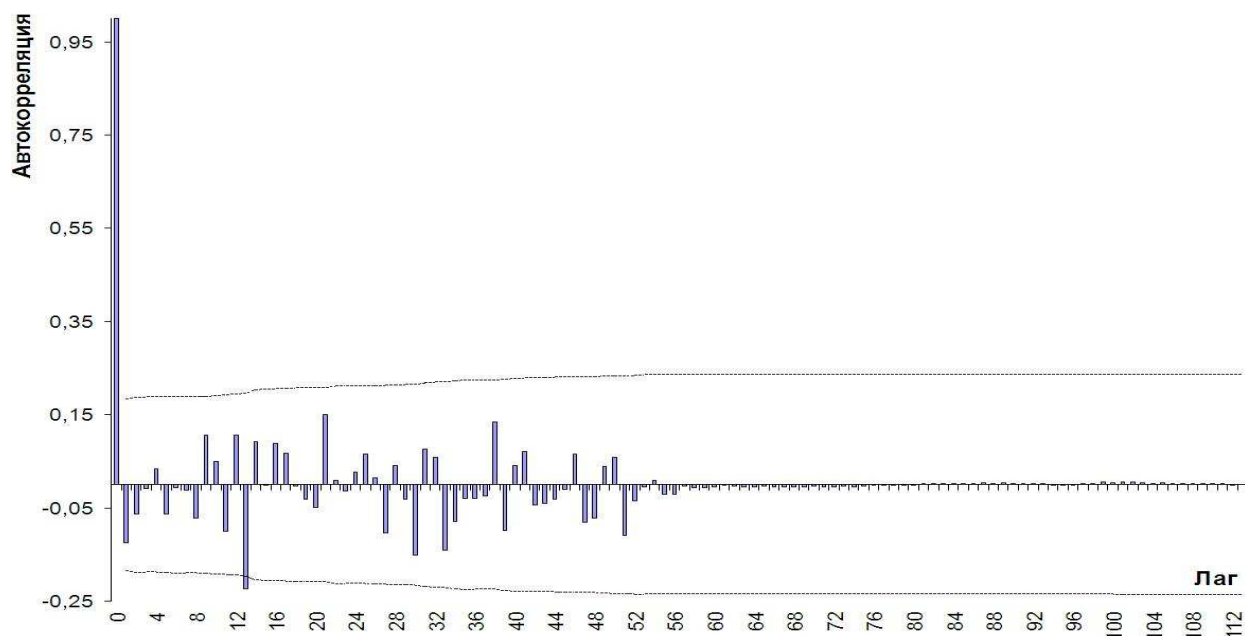


Рисунок 9 – Автокоррелограмма производства тростникового сахара в России в 1901–2013 гг.

С помощью автокоррелограммы (рисунок 9) можно установить наличие во временном ряду отчетливого тренда ($r(0) = 1$) и сезонного колебания с периодичностью в тринадцать лет ($r(13) = -0,222$).

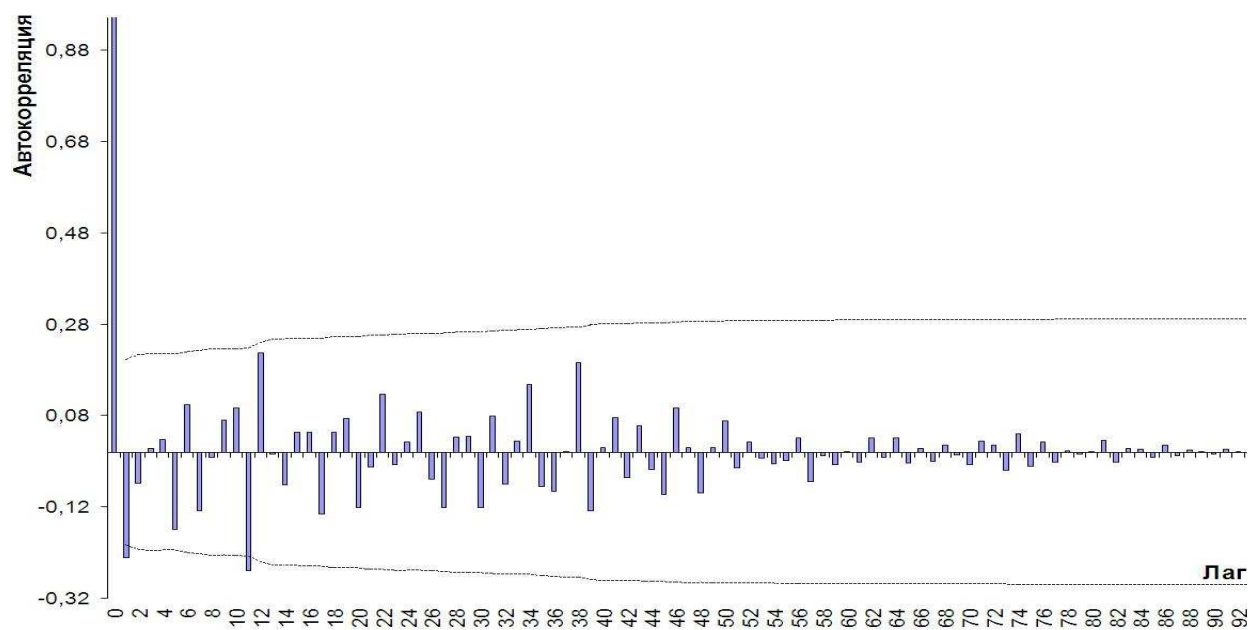


Рисунок 10 – Автокоррелограмма производства сахара в РСФСР и России в 1921–2013 гг.

По автокоррелограмме на рисунке 10 можно установить наличие в исследуемом временном ряду отчетливого тренда ($r(0) = 1$) и сезонных колебаний с периодичностью в один год ($r(1) = -0,231$) и одиннадцать лет ($r(11) = -0,259$).

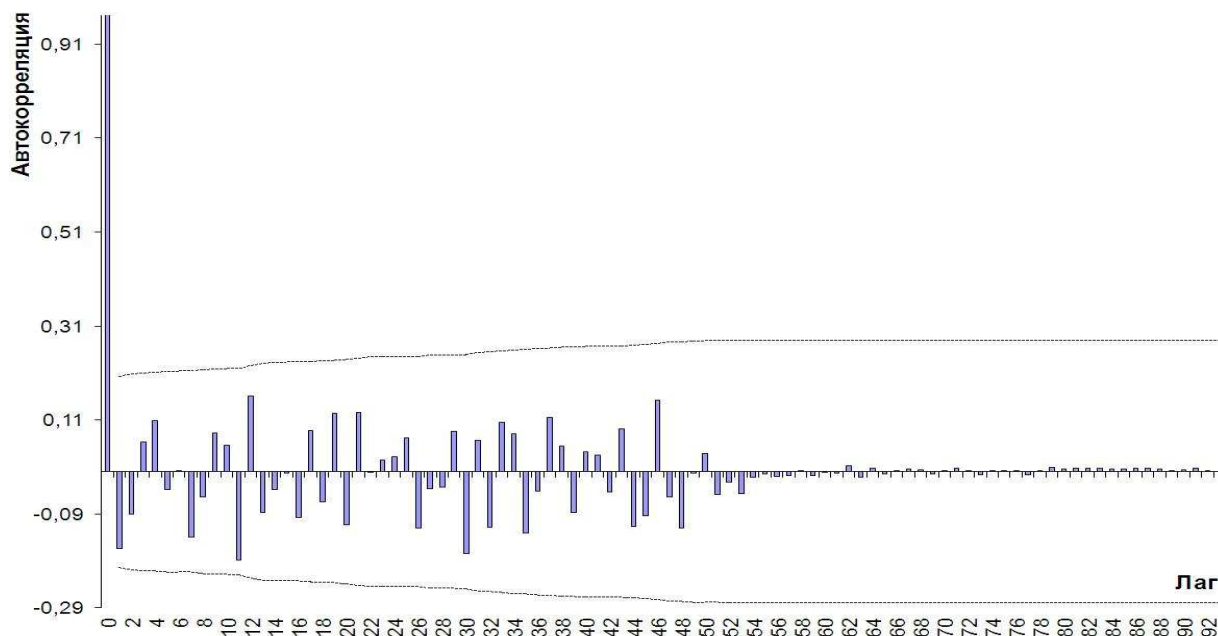


Рисунок 11 – Автокоррелограмма общего производства сахара на Кубани в 1921–2013 гг.

На рисунке 11 коэффициенты (остатки) автокорреляции распределены как «белый шум».

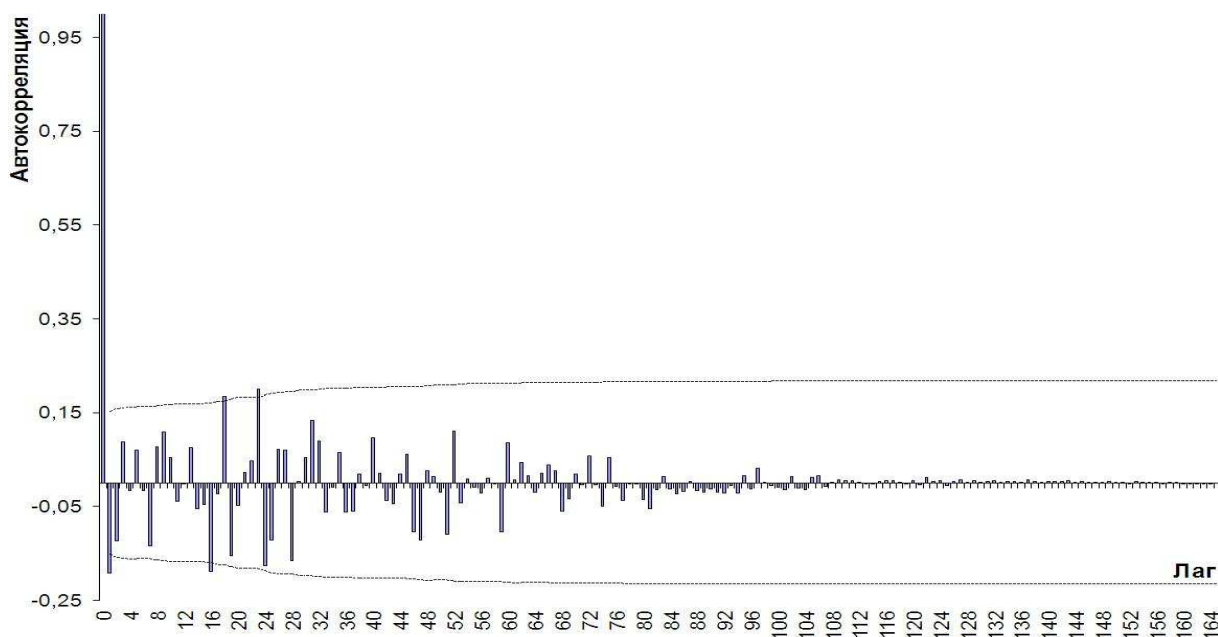


Рисунок 12 – Автокоррелограмма производства сахара на Кубе в 1849–2013 гг.

Автокоррелограмма, представленная на рисунке 12, позволяет сделать вывод о наличии в исследуемом временном ряду отчетливого тренда ($r(0) = 1$) и сезонных колебаний с периодичностью в один год ($r(1) = -0,193$) и шестнадцать лет ($r(16) = -0,188$), восемнадцать лет ($r(18) = 0,184$) и двадцать три года ($r(23) = 0,201$).

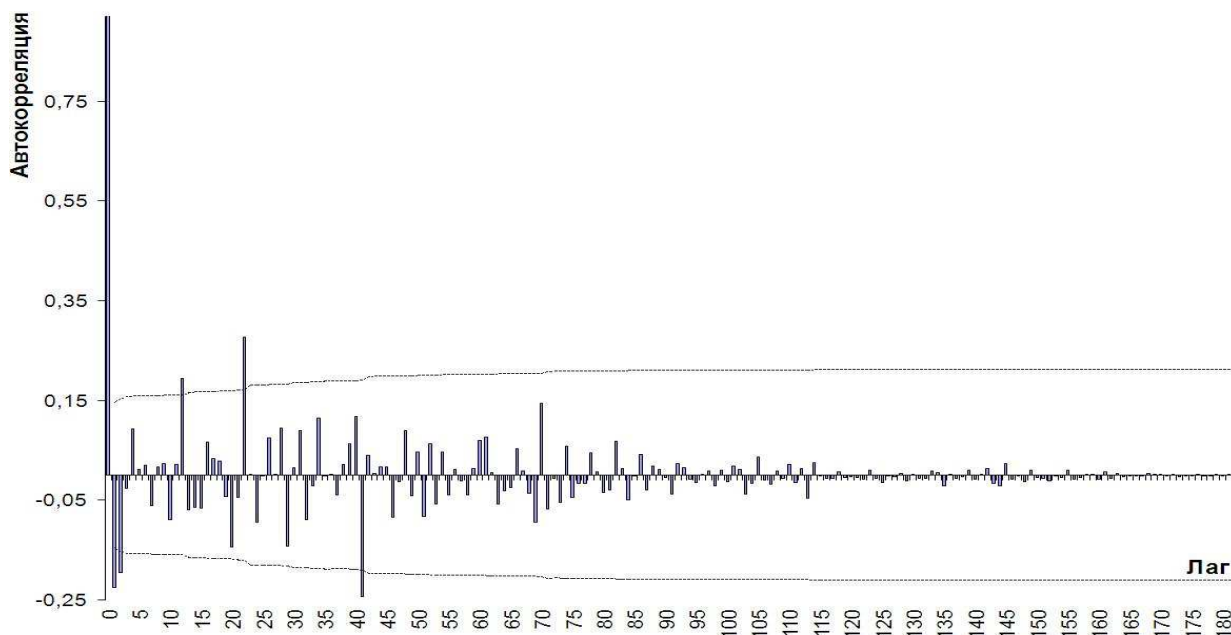


Рисунок 13 – Автокоррелограмма общего производства сахара в США в 1832–2013 гг.

По автокоррелограмме (рисунок 13) можно отследить наличие отчетливого тренда ($r(0) = 1$) и сезонных колебаний с периодичностью в один год ($r(1) = -0,225$), два года ($r(2) = -0,196$), двенадцать лет ($r(12) = 0,195$), двадцать два года ($r(22) = 0,277$) и сорок один год ($r(41) = -0,243$) в изучаемом временном ряду.

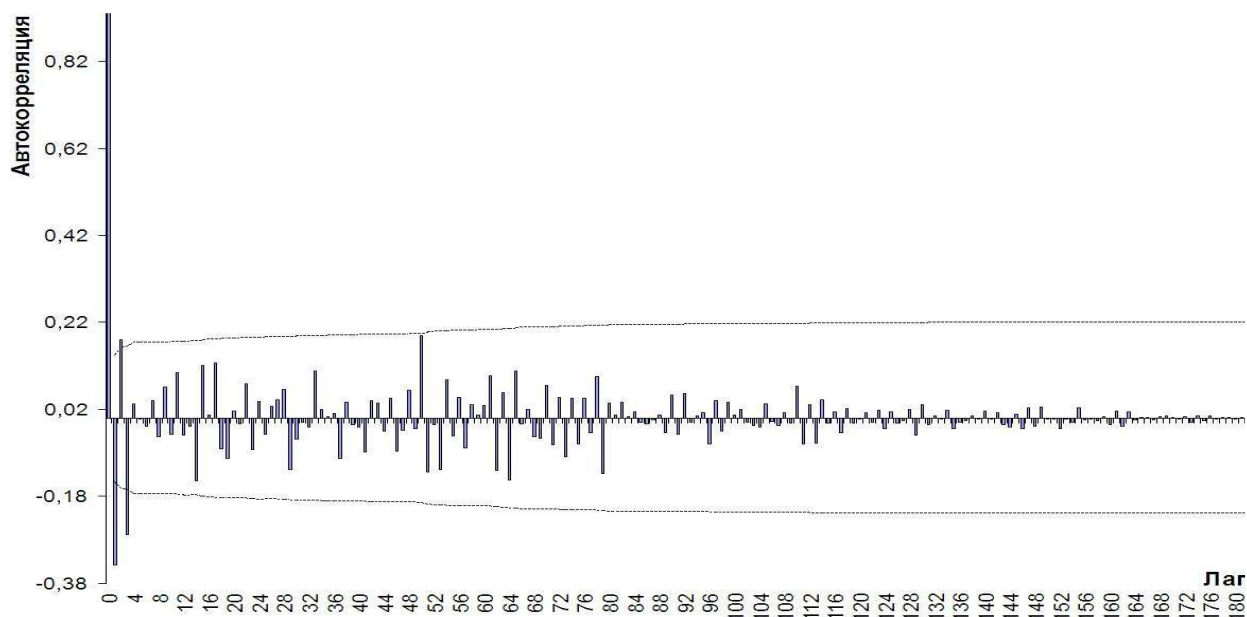


Рисунок 14 – Автокоррелограмма производства тростникового сахара в США в 1832–2013 гг.

На рисунке 14 представлена автокоррелограмма, позволяющая установить во временном ряду наличие отчетливого тренда ($r(0) = 1$) и сезонных колебаний с периодичностью в один год ($r(1) = -0,338$), два года ($r(2) = 0,181$) и три года ($r(3) = -0,268$).

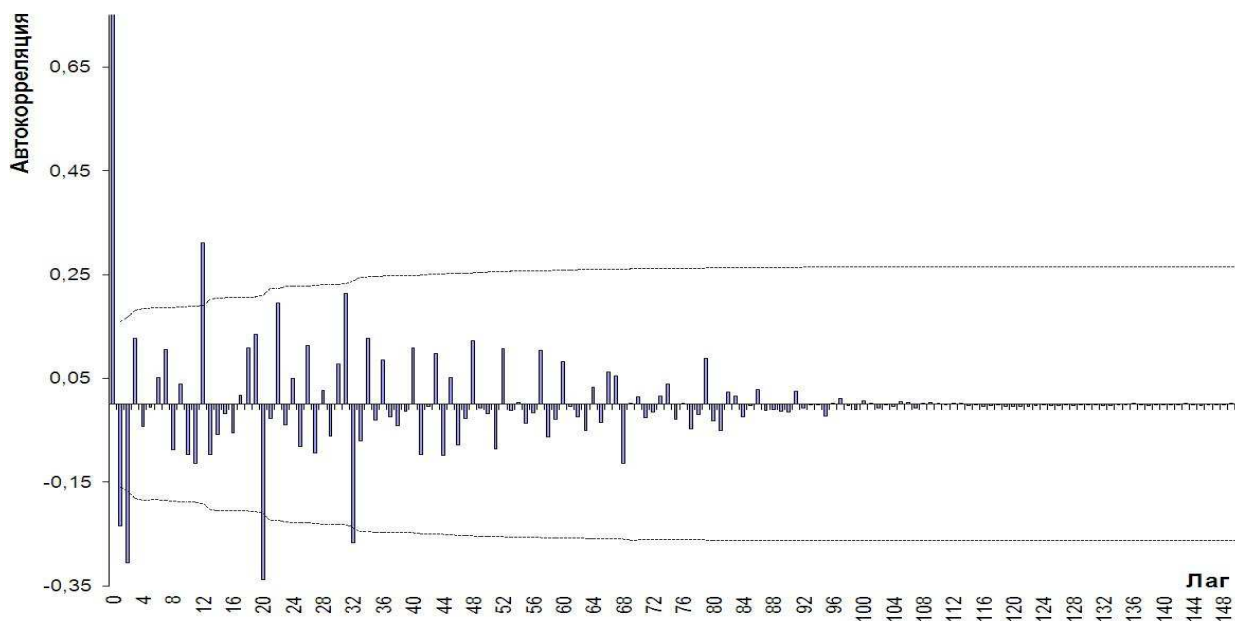


Рисунок 15 – Автокоррелограмма производства свекловичного сахара в США в 1864–2013 гг.

Автокоррелограмма, представленная на рисунке 15, позволяет сделать вывод о наличии в изучаемом временном ряду отчетливого тренда ($r(0) = 1$) и сезонных колебаний с периодичностью в один год ($r(1) = -0,234$),

два года ($r(2) = -0,306$), двенадцать лет ($r(12) = 0,311$), двадцать лет ($r(20) = -0,338$) и тридцать два года ($r(32) = -0,267$).

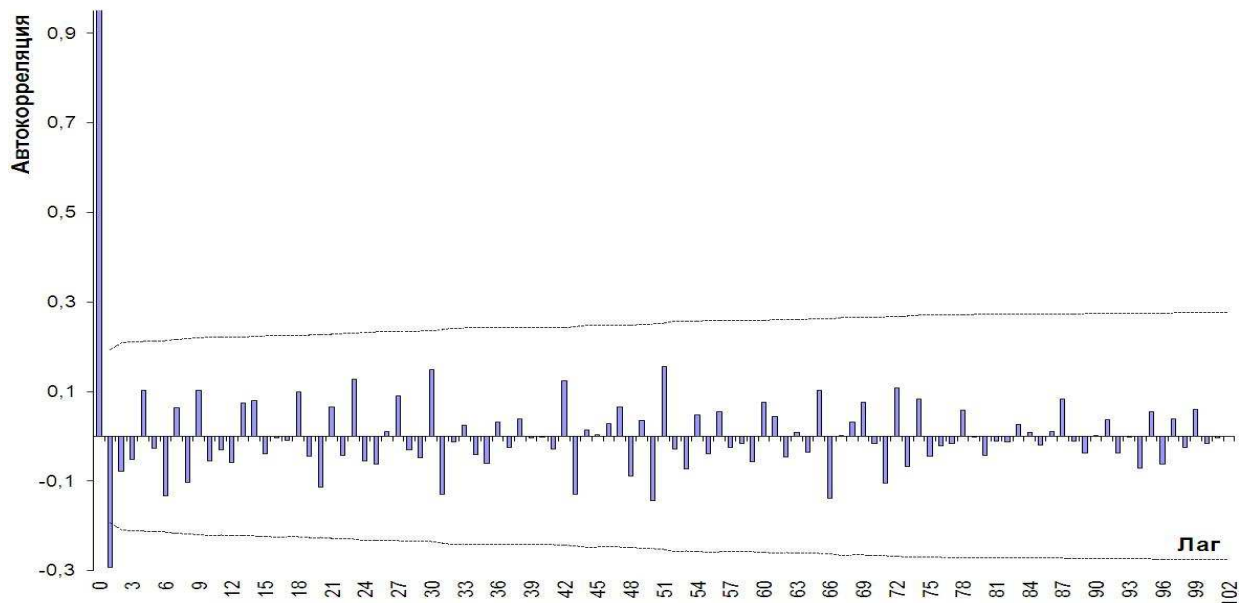


Рисунок 16 – Автокоррелограмма производства сахара в Германии в 1911–2012 гг.

Автокоррелограмма производства сахара (рисунок 16) дает возможность выявить во временном ряду отчетливый тренд ($r(0) = 1$) и сезонные колебания с периодичностью в один год ($r(1) = -0,293$).

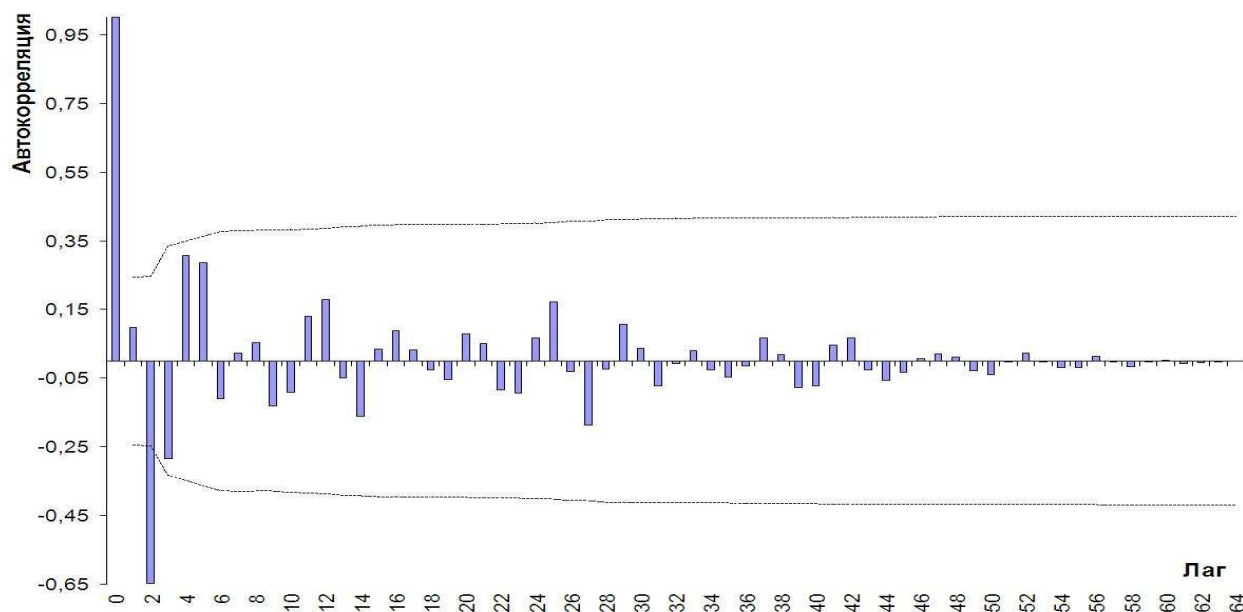


Рисунок 17 – Автокоррелограмма производства сахара в Индии в 1949–2012 гг.

Представленная на рисунке 17 автокоррелограмма, позволяет сделать вывод о наличии в исследуемом временном ряду отчетливого тренда

($r(0) = 1$) и сезонного колебания с периодичностью в два года ($r(2) = -0,647$).

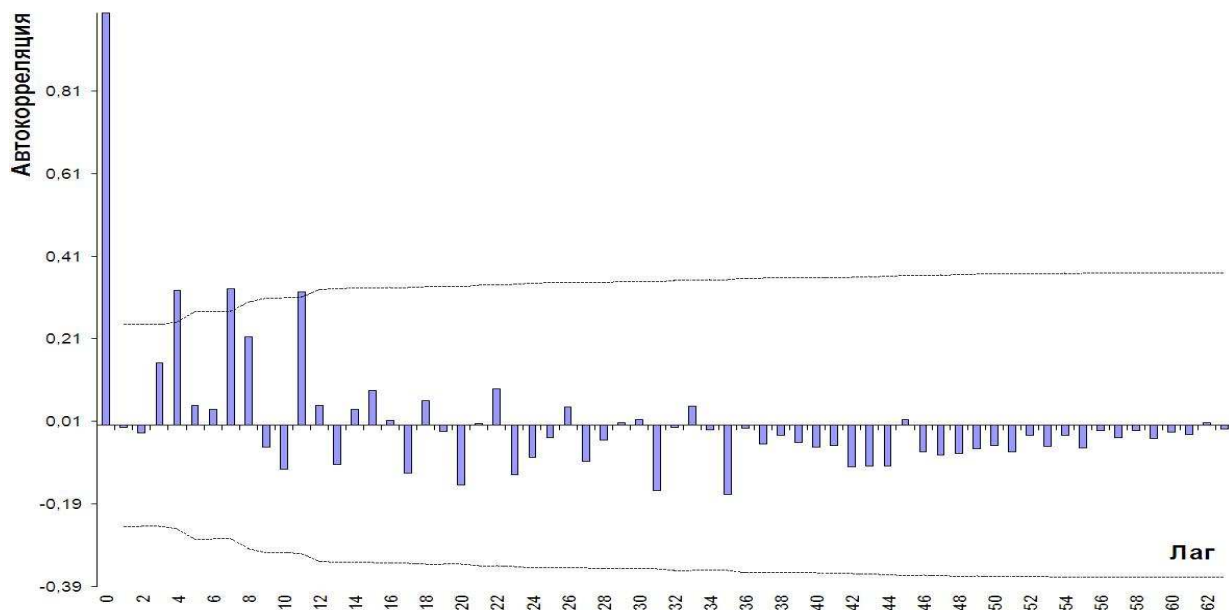


Рисунок 18 – Автокоррелограмма производства сахара в Бразилии в 1949–2012 гг.

Автокоррелограмма на рисунке 18 позволяет установить наличие отчетливого тренда ($r(0) = 1$) и сезонных колебаний с периодичностью в три года ($r(3) = 0,327$), шесть лет ($r(6) = 0,33$) и десять лет ($r(10) = 0,324$) во временном ряду.

Рассмотрим таблицу 1, в которой представлены критерии статистической проверки АКФ (тест Дарбина – Уотсона, критерий значимости, информационный критерий).

Таблица 1 – Статистические критерии для проверки автокорреляционной функции блока «Пищевая промышленность» сахарного подкомплекса АПК

Исследуемый объект (ряд)	Критерий Дарбина – Уотсона	P-значение	Информационный критерий
<i>Мировое производство сахара, 1864–2013 гг.</i>			
Общее	1,523	0,15%	2907,76
Тростникового	1,836	15,64%	2887,7
Свекловичного	2,126	77,98%	2852,5
<i>Производство сахара в России, 1881–2013 гг.</i>			
Общее	2,14	79,09%	2245
Свекловичного, 1871–2013 гг.	1,919	31,33%	2344,5
Тростникового, 1901–2013 гг.	2,215	87,42%	1776,8
<i>Производство сахара в РСФСР, 1921–2013 гг.</i>			
Общее	2,399	97,44%	1440,8
Тростникового, 1960–2013 гг.	2,213	82,3%	851,2
<i>Производство сахара на Кубани, 1921–2013 гг.</i>			
Общее	2,275	90,92%	1237,2
Тростникового, 1960–2012 гг.	2,034	60,47%	720,1
<i>Производство сахара в США, 1832–2013 гг.</i>			
Общее	2,389	99,6%	2619,4
Тростникового	2,633	100%	2449
Свекловичного, 1864–2013 гг.	2,419	99,53%	2117,7
<i>Производство сахара</i>			
Куба (тростникового), 1849–2013 гг.	2,36	99,03%	2657,3
Германия (свекловичного), 1911–2012 гг.	2,531	99,69%	2952,5
Индия (тростникового), 1949–2012 гг.	1,727	16,47%	1210
Бразилия (тростникового), 1949–2012 гг.	1,64	9,18%	1129,6
<i>Уровень значимости (α) равен 0,05 (5%)</i>			

При p -значении, большем, чем уровень значимости (5%), нулевая гипотеза не может быть отклонена.

Как видно из таблицы 1, нулевая гипотеза отклоняется только АКФ мирового производства сахара, а критерий Дарбина – Уотсона принимается всеми временными рядами.

В таблице 2 представлены коэффициенты автокорреляции, выходящие за пределы доверительного интервала.

Таблица 2 – Коэффициенты автокорреляции в блоке «Пищевая промышленность»

Исследуемый объект (ряд)	Номер лага				
	1	2	3	4	5
<i>Мировое производство сахара, 1864–2013 гг.</i>					
Общее	$r(2)$	$r(4)$	$r(5)$	–	–
Тростникового	$r(2)$	$r(3)$	$r(16)$	–	–
Свекловичного	$r(2)$	$r(24)$	–	–	–
<i>Производство свекловичного сахара в России, 1881–2013 гг.</i>					
Общее	$r(2)$	$r(12)$	–	–	–
Свекловичного, 1871–2013 гг.	$r(14)$	–	–	–	–
Тростникового, 1901–2013 гг.			нет		
<i>Производство сахара в РСФСР, 1921–2013 гг.</i>					
Общее	$r(1)$	$r(11)$	–	–	–
Тростникового, 1960–2013 гг.	$r(2)$	–	–	–	–
<i>Производство сахара на Кубани, 1921–2013 гг.</i>					
Общее			нет		
Тростникового, 1960–2012 гг.					
<i>Производство сахара в США, 1832–2013 гг.</i>					
Общее	$r(1)$	$r(2)$	$r(12)$	$r(22)$	$r(41)$
Тростникового	$r(1)$	$r(2)$	$r(3)$	–	–
Свекловичного, 1864 – 2013 гг.	$r(1)$	$r(2)$	$r(12)$	$r(20)$	$r(32)$
<i>Производство сахара</i>					
Куба (тростникового), 1849 – 2013 гг.	$r(1)$	$r(16)$	$r(18)$	$r(23)$	–
Германия (свекловичного), 1911 – 2012 гг.	$r(1)$	–	–	–	–
Индия (тростникового), 1949 – 2012 гг.	$r(2)$	–	–	–	–
Бразилия (тростникового), 1949 – 2012 гг.	$r(3)$	$r(6)$	$r(10)$	–	–

Блок «Аграрный сектор»

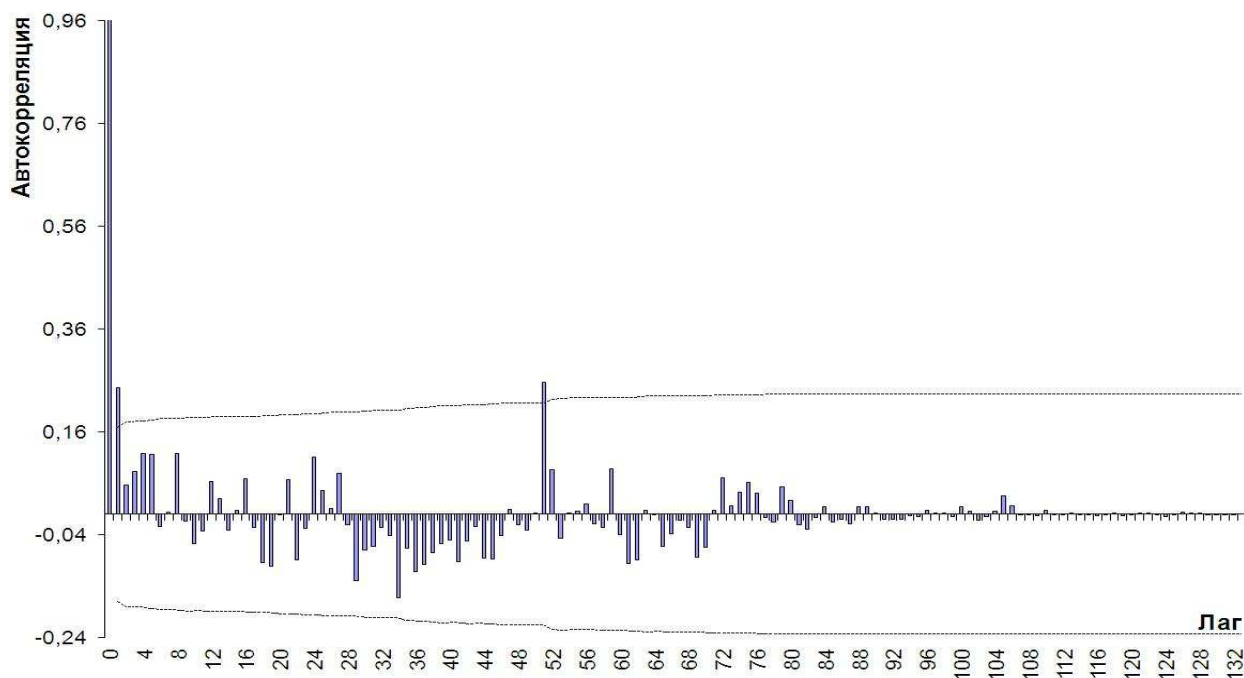


Рисунок 19 – Автокоррелограмма посевной площади сахарной свеклы в России в 1881–2013 гг.

Автокоррелограмма, представленная на рисунке 19, позволяет сделать вывод о наличии в изучаемом временном ряду отчетливого тренда ($r(0) = 1$) и сезонных колебаний с периодичностью в один год ($r(1) = 0,247$) и пятьдесят один год ($r(51) = 0,258$).

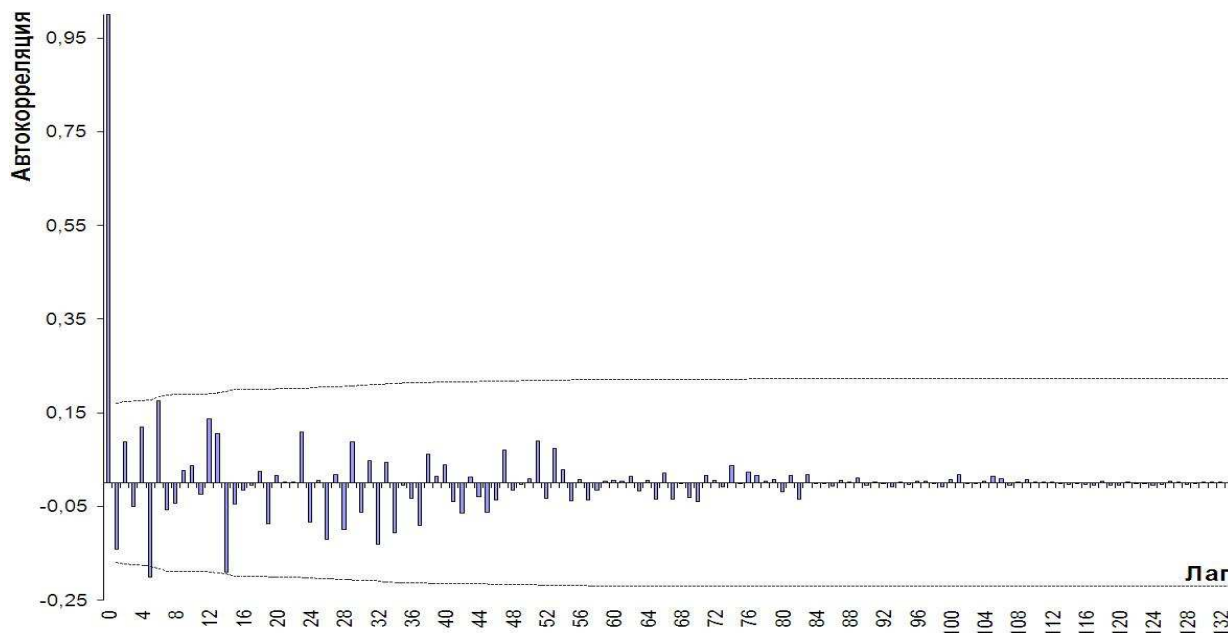


Рисунок 20 – Автокоррелограмма валового сбора сахарной свеклы в России в 1881–2013 гг.

Представленная на рисунке 20 автокоррелограмма позволяет установить наличие во временном ряду отчетливого тренда ($r(0) = 1$) и сезонного колебания с периодичностью в четыре года ($r(4) = -0,201$).

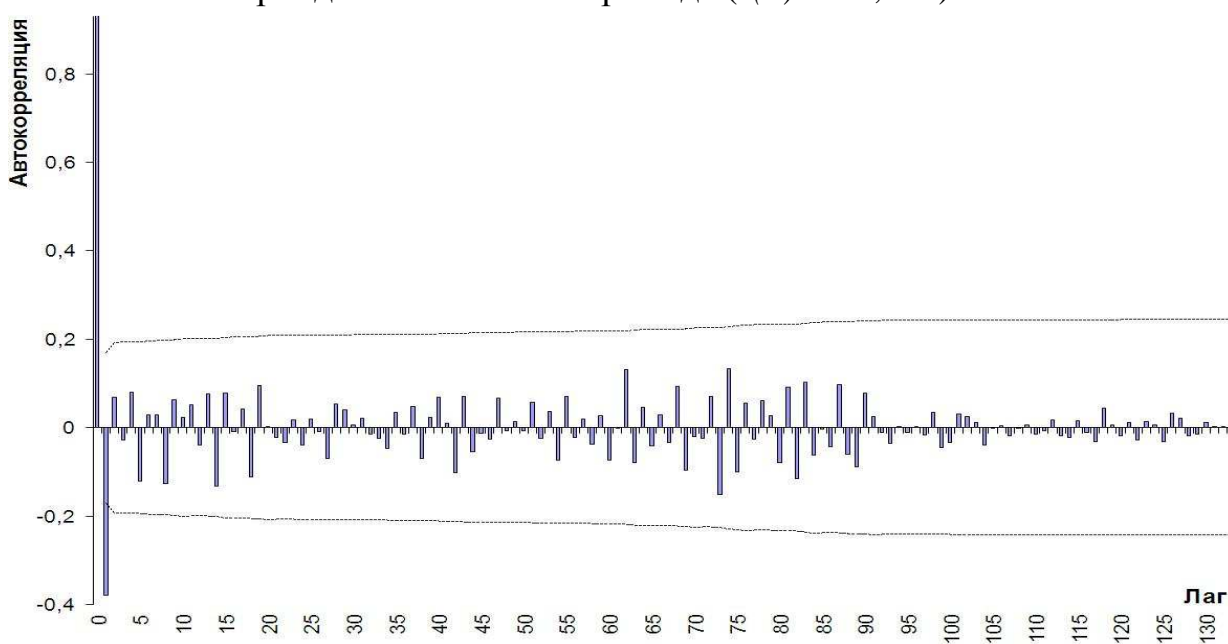


Рисунок 21 – Автокоррелограмма урожайности сахарной свеклы в России в 1881–2013 гг.

Автокоррелограмма урожайности сахарной свеклы (рисунок 21) позволяет сделать вывод о наличии в изучаемом временном ряде невыраженного тренда ($r(0) = 1$) и сезонного колебания с периодичностью в один год ($r(1) = -0,379$).

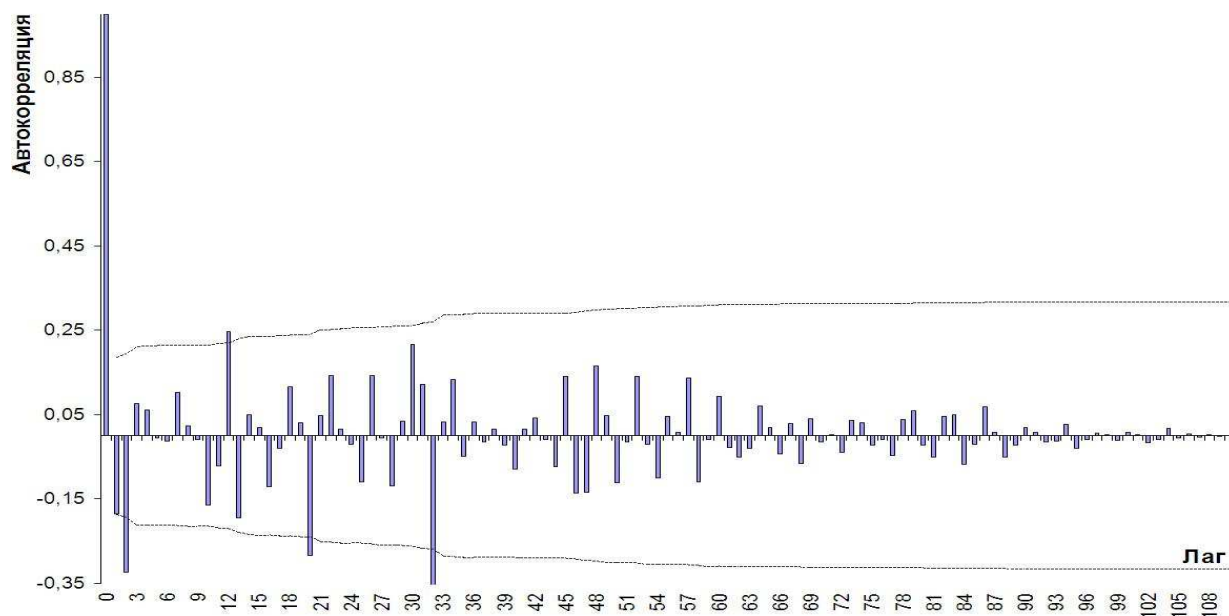


Рисунок 22 – Автокоррелограмма посевной площади сахарной свеклы в США в 1903–2012 гг.

По автокоррелограмме, представленной на рисунке 22, можно определить наличие отчетливого тренда ($r(0) = 1$) и сезонных колебаний с периодичностью два года ($r(2) = -0,324$), двенадцать лет ($r(12) = 0,247$), двадцать лет ($r(20) = -0,281$) и тридцать два года ($r(32) = -0,369$) в изучаемом временном ряду.

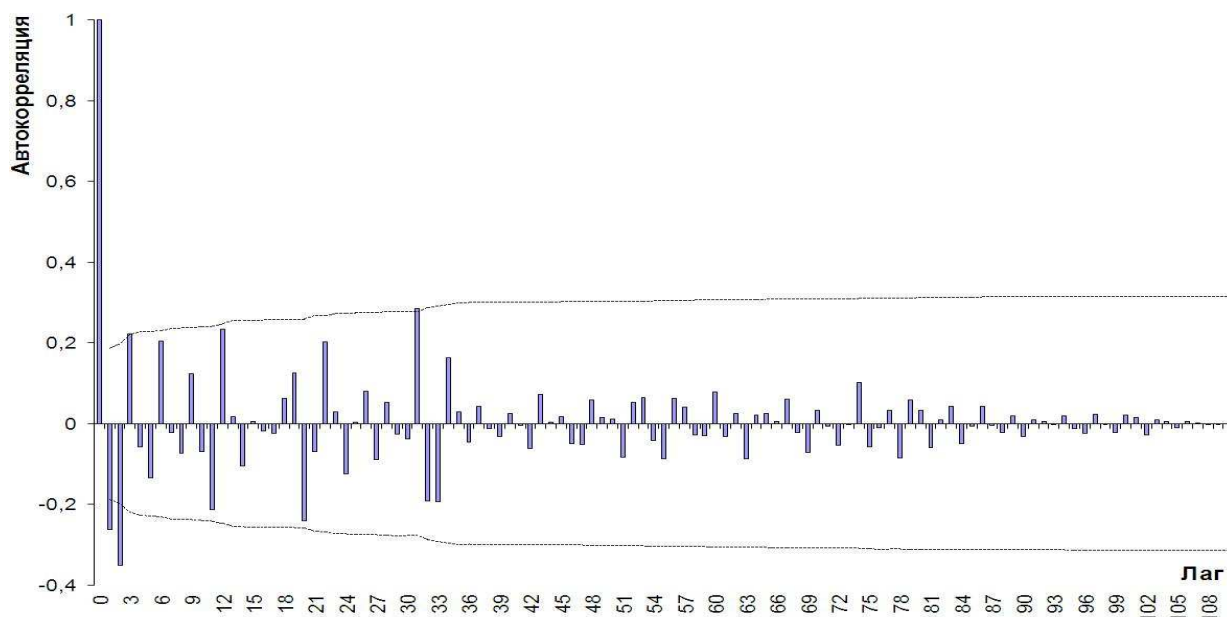


Рисунок 23 – Автокоррелограмма валового сбора сахарной свеклы в США в 1903–2012 гг.

Автокоррелограмма на рисунке 23 дает возможность установить во временном ряду отчетливого тренда ($r(0) = 1$) и сезонных колебаний с периодичностью в один год ($r(1) = -0,263$), два года ($r(2) = -0,35$), три года ($r(3) = 0,222$) и тридцать один год ($r(31) = 0,285$).

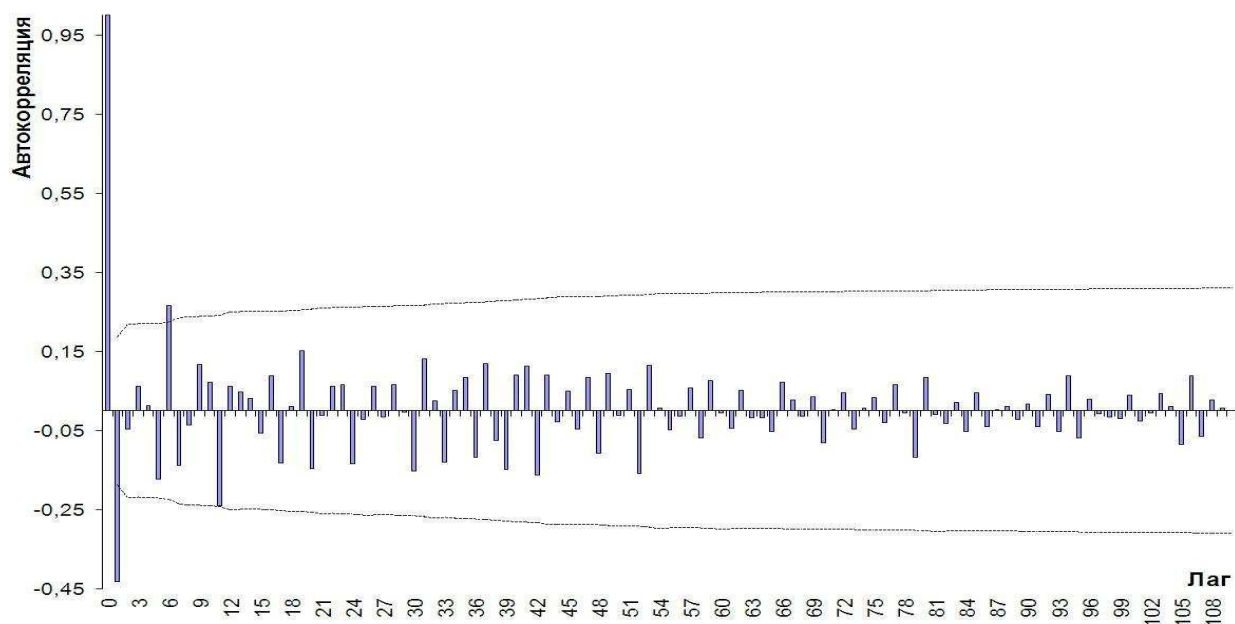


Рисунок 24 – Автокоррелограмма урожайности сахарной свеклы в США в 1903–2012 гг.

Анализ автокоррелограммы, представленной на рисунке 24, позволяет определить невыраженность тренда ($r(0) = 1$) и сезонных колебаний с пе-

риодичностью в один год ($r(1) = -0,432$) и шесть лет ($r(6) = 0,266$) в изучаемом временном ряду.

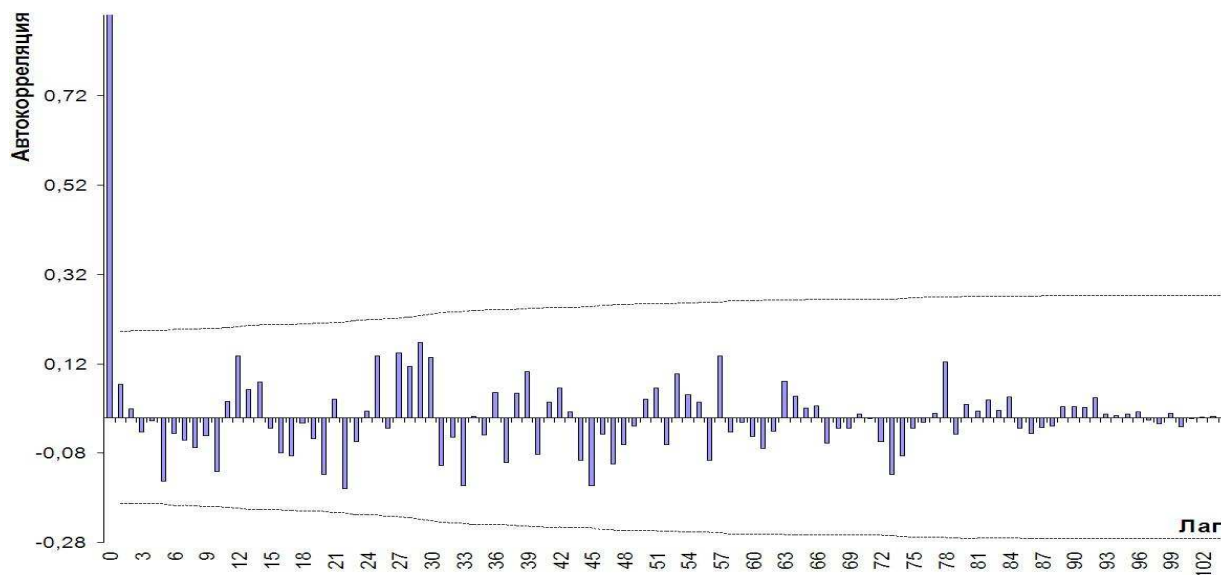


Рисунок 25 – Автокоррелограмма посевной площади сахарного тростника в США в 1909–2012 гг.

На рисунке 25 коэффициенты (остатки) автокорреляции распределены как «белый шум».

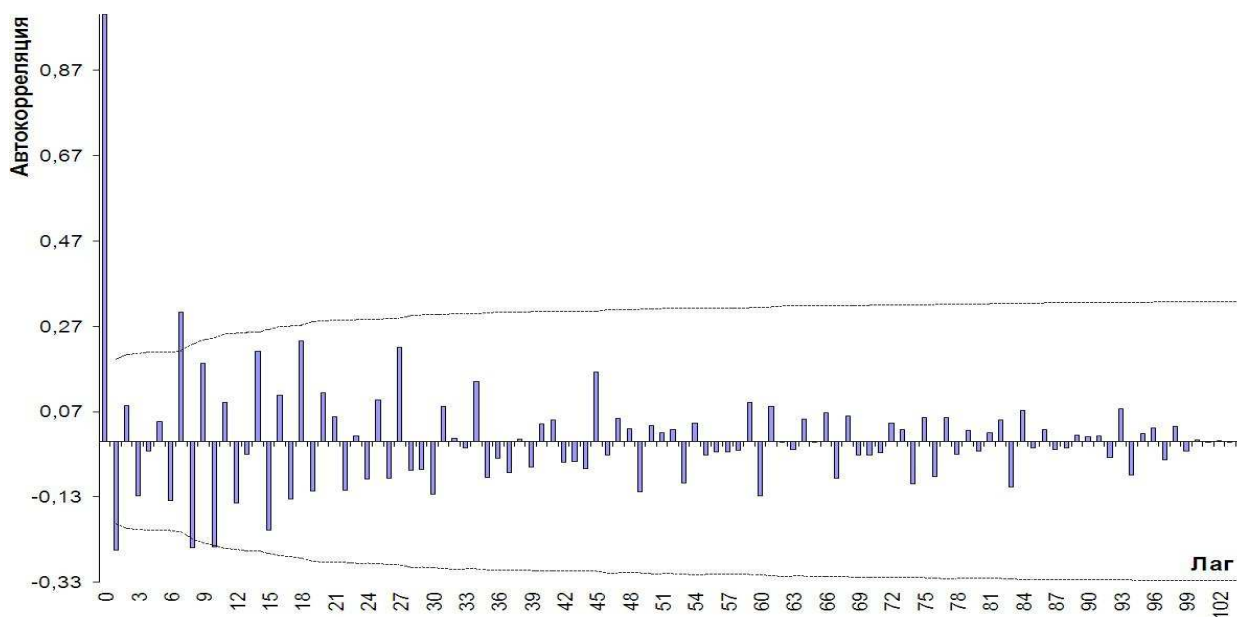


Рисунок 26 – Автокоррелограмма урожайности сахарного тростника в США в 1909–2012 гг.

Автокоррелограмма, представленная на рисунке 26, позволяет сделать вывод о наличии в изучаемом временном ряду невыраженного тренда ($r(0) = 1$) и сезонных колебаний с периодичностью в один год ($r(1) =$

= -0,255), семь лет ($r(7) = 0,302$), восемь лет ($r(8) = -0,228$) и десять лет ($r(10) = -0,243$).

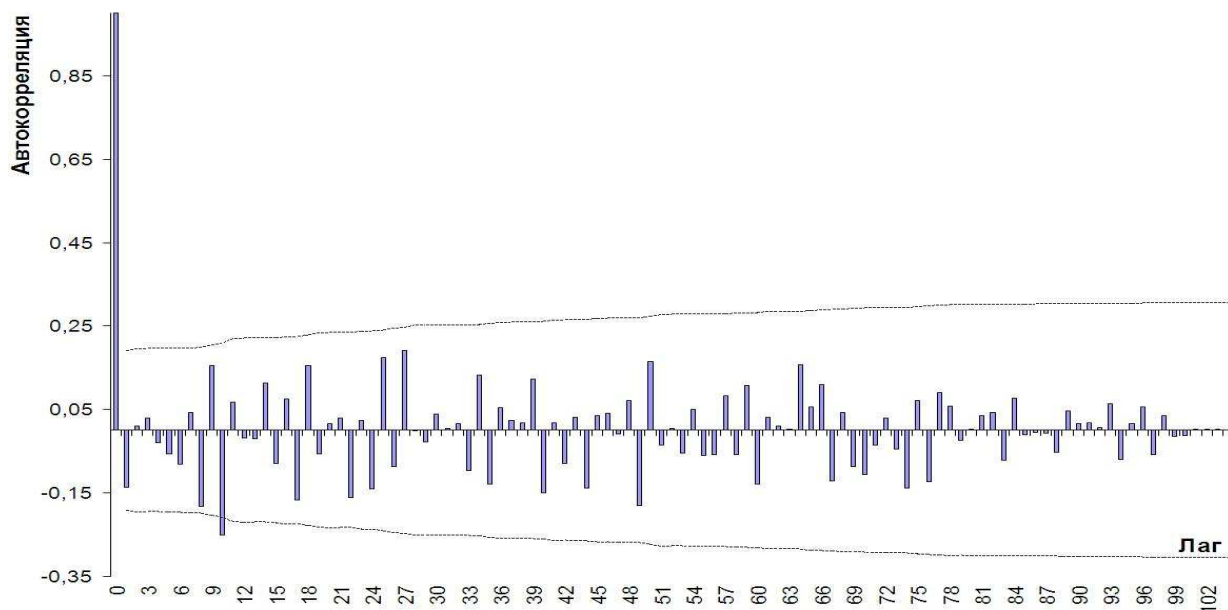


Рисунок 27 – Автокоррелограмма валового сбора сахарного тростника в США в 1909–2012 гг.

Анализ автокоррелограммы, представленной на рисунке 27, дает возможность сделать вывод о наличии в изучаемом временном ряду отчетливого тренда ($r(0) = 1$) и сезонных колебаний с периодичностью в десять лет ($r(10) = -0,252$).

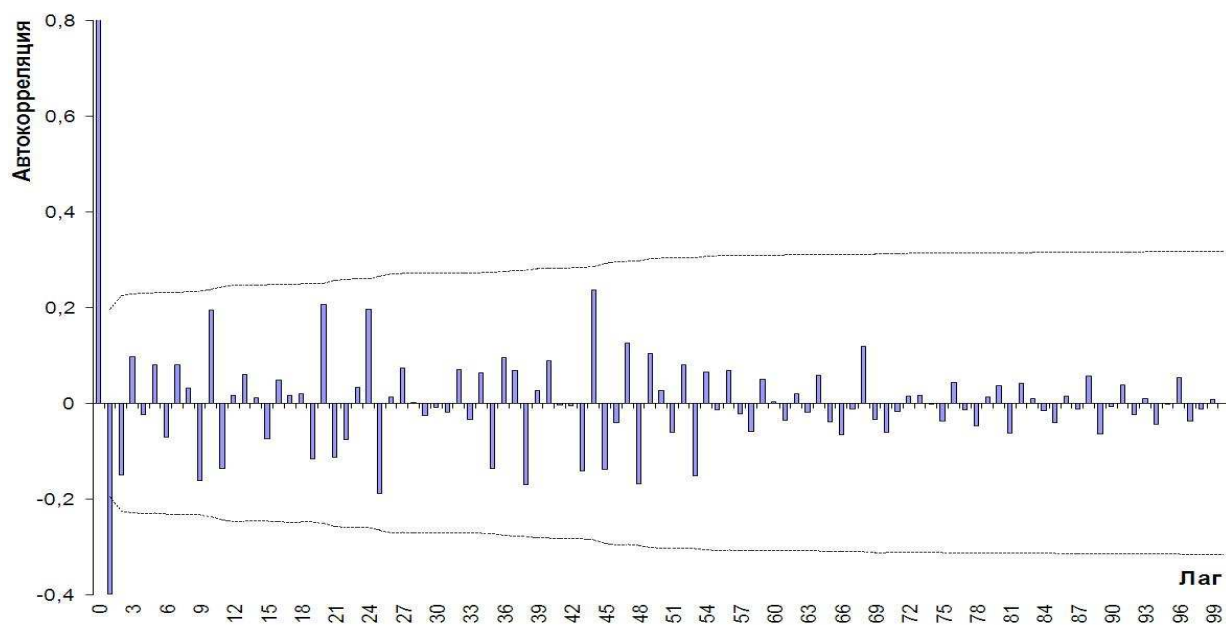


Рисунок 28 – Автокоррелограмма урожайности сахарной свеклы в Германии в 1913–2012 гг.

По автокоррелограмме на рисунке 28 можно установить наличие невыраженного тренда ($r(0) = 1$) и сезонного колебания с периодичностью в один год ($r(1) = -0,399$) во временном ряду.

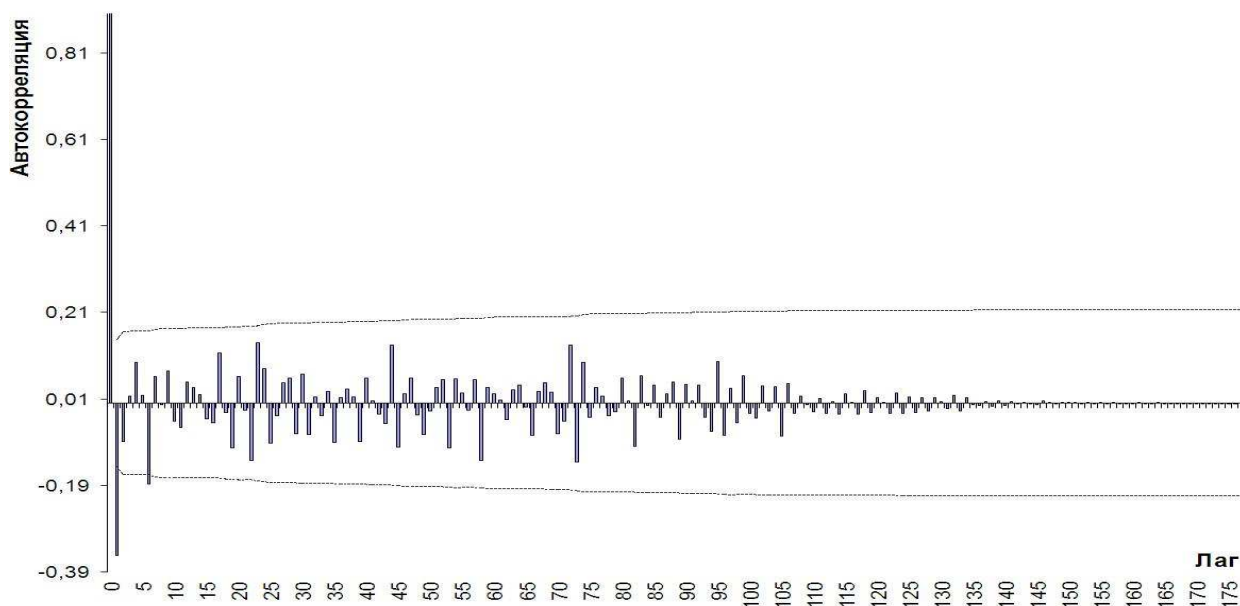


Рисунок 29 – Автокоррелограмма валового сбора сахарной свеклы в Германии в 1836–2012 гг.

Проанализировав автокоррелограмму, представленную на рисунке 29, можно сделать вывод о наличии в изучаемом временном ряду отчетливого тренда ($r(0) = 1$) и сезонных колебаний с периодичностью в один год ($r(1) = -0,352$) и шесть лет ($r(6) = -0,187$).

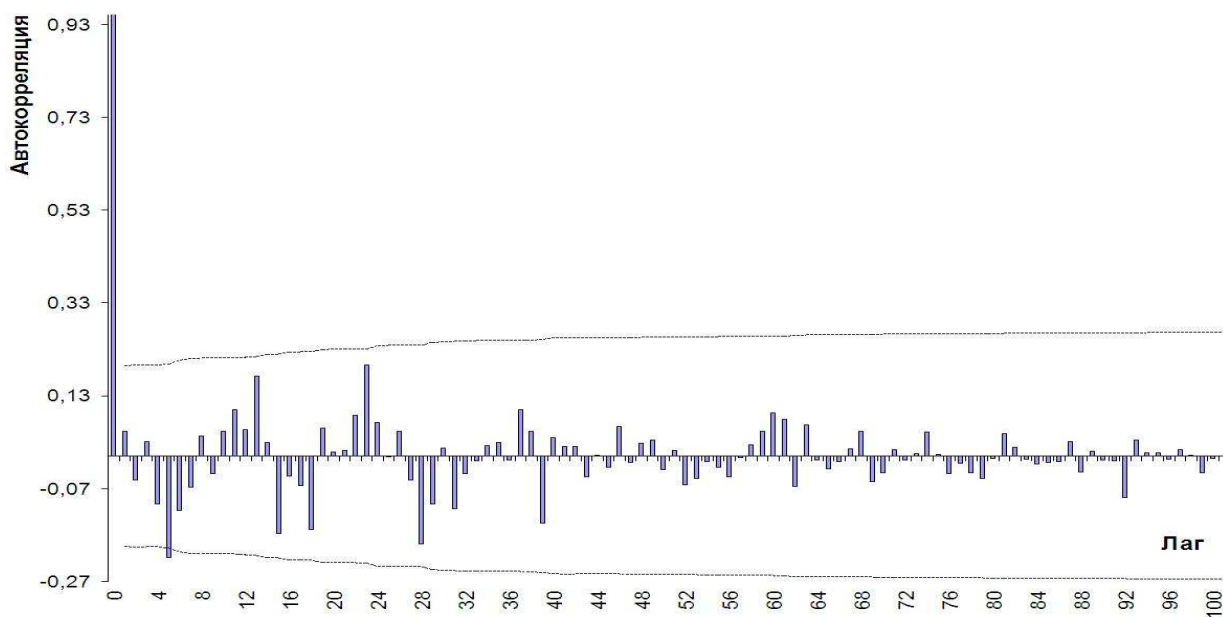


Рисунок 30 – Автокоррелограмма посевных площадей сахарной свеклы в Германии в 1909–2012 гг.

На рисунке 30 представлена автокоррелограмма, позволяющая определить в изучаемом временном ряду отчетливый тренд ($r(0) = 1$) и сезонное колебание с периодичностью в пять лет ($r(5) = -0,218$).

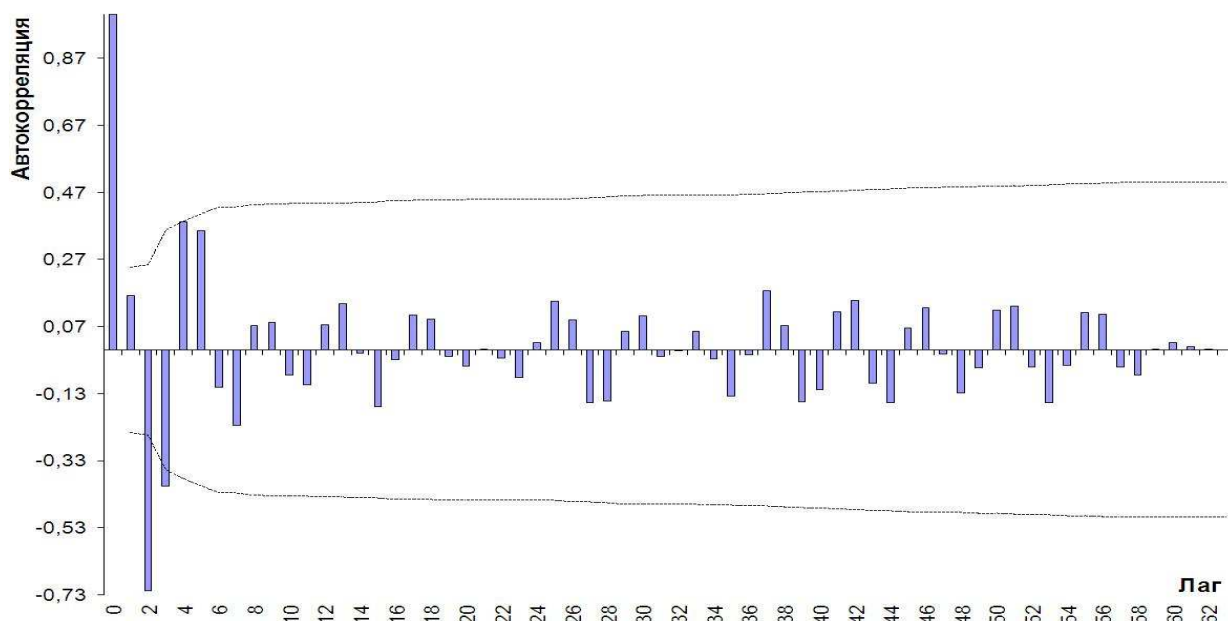


Рисунок 31 – Автокоррелограмма посевных площадей сахарного тростника в Индии 1949–2012 гг.

Автокоррелограмма на рисунке 31 позволяет отследить отчетливый тренд ($r(0) = 1$) и сезонные колебания с периодичностью в два года ($r(2) = -0,719$) и три года ($r(3) = -0,406$) во временном ряду.

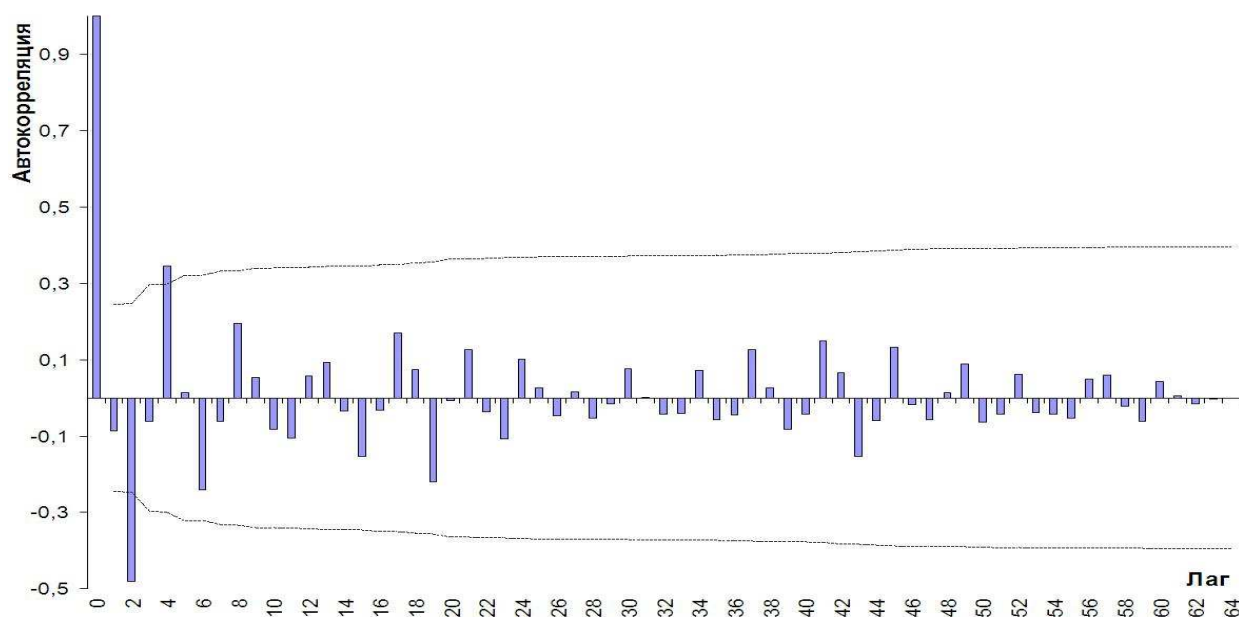


Рисунок 32 – Автокоррелограмма урожайности сахарного тростника в Индии в 1949–2012 гг.

С помощью автокоррелограммы, представленной на рисунке 32, можно установить наличие в изучаемом временном ряду отчетливого тренда ($r(0) = 1$) и сезонных колебаний с периодичностью в два года ($r(2) = -0,48$) и четыре года ($r(4) = 0,345$).

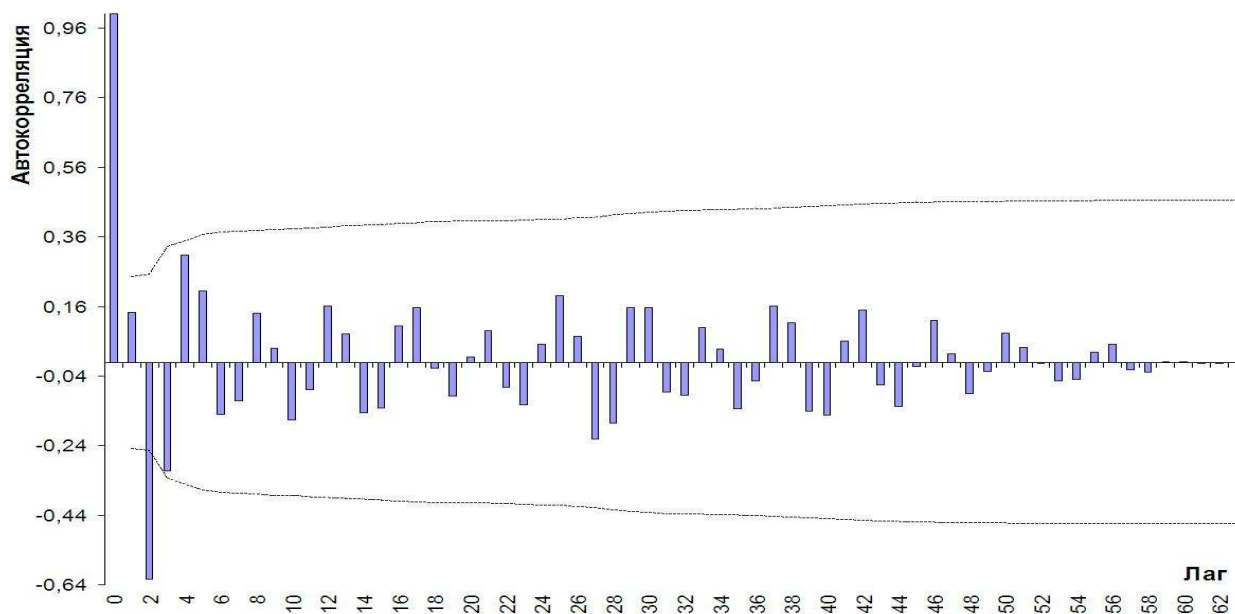


Рисунок 33 – Автокоррелограмма валового сбора сахарного тростника в Индии в 1950–2012 гг.

Автокоррелограмма на рисунке 33 позволяет отметить отчетливость тренда ($r(0) = 1$) и сезонного колебания с периодичностью в два года ($r(2) = -0,662$) во временном ряду.

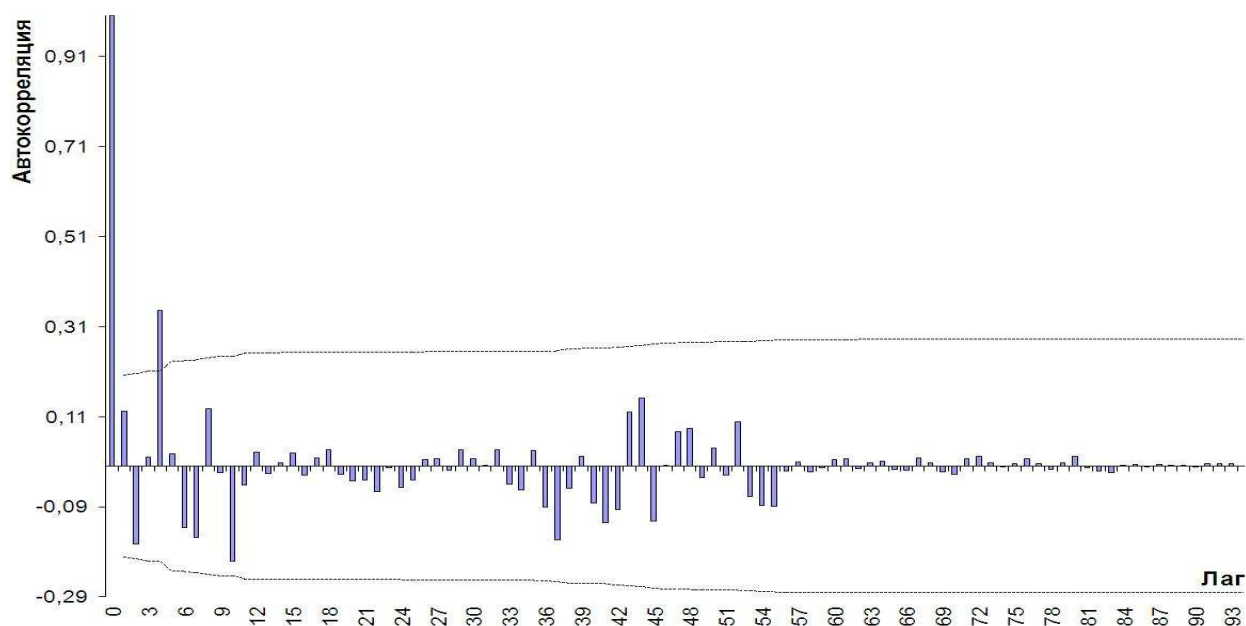


Рисунок 34 – Автокоррелограмма посевной площади сахарной свеклы на Кубани в 1920–2013 гг.

Анализ автокоррелограммы на рисунке 34 дает представление об отчетливости тренда ($r(0) = 1$) и сезонного колебания с периодичностью в четыре года ($r(4) = 0,345$) в изучаемом временном ряду.

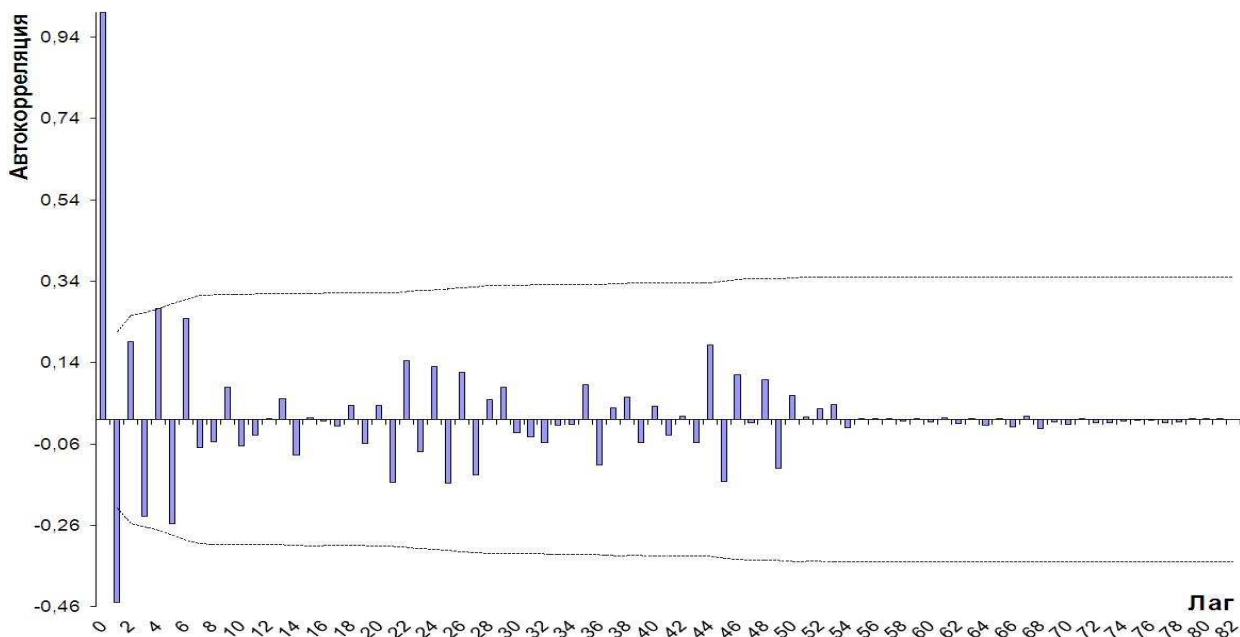


Рисунок 35 – Автокоррелограмма валового сбора сахарной свеклы на Кубани в 1932–2013 гг.

Автокоррелограмма, представленная на рисунке 35, позволяет отметить отчетливость тренда ($r(0) = 1$) и сезонного колебания с периодичностью в один год ($r(1) = -0,449$) во временном ряду.

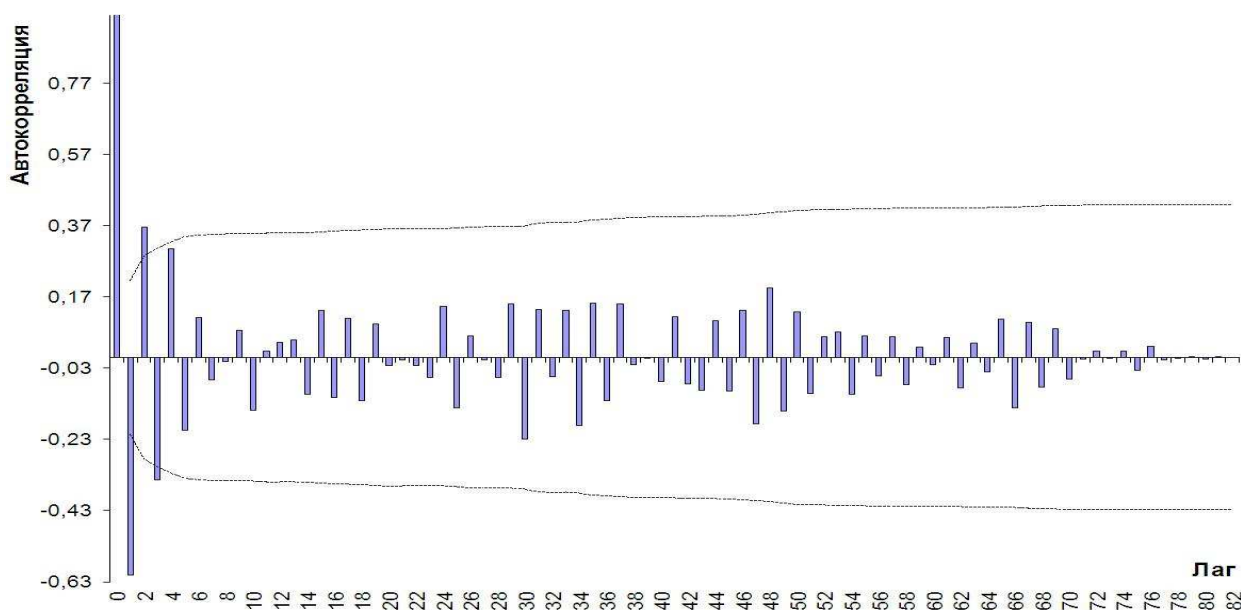


Рисунок 36 – Автокоррелограмма урожайности сахарной свеклы на Кубани в 1932–2013 гг.

По автокоррелограмме урожайности сахарной свеклы (рисунок 36) можно сделать вывод о наличии в изучаемом временном ряду отчетливого тренда ($r(0) = 1$) и сезонных колебаний с периодичностью в один год ($r(1) = -0,611$), два года ($r(2) = 0,366$) и три года ($r(3) = -0,345$).

Из таблицы 3 видно, что по всем странам, кроме Германии и США, в категории «посевные площади» нулевая гипотеза отклоняется.

Таблица 3 – Статистические критерии для проверки автокорреляции по аграрному сектору сахарного подкомплекса АПК

Исследуемый объект (ряд)	Критерий Дарбина – Уотсона	P-значение	Информационный критерий
<i>Россия, 1881–2013 гг.</i>			
Посевные площади сахарной свеклы	1,487	0,13%	-23,6
Валовой сбор сахарной свеклы	2,25	92,68%	953,3
Урожайность сахарной свеклы	2,719	100%	1353,6
<i>Кубань, 1932–2013 гг.</i>			
Посевные площади сахарной свеклы, 1920–2013 гг.	1,612	2,84%	834,6
Валовой сбор сахарной свеклы	2,809	99,99%	1406
Урожайность сахарной свеклы	3,118	100%	943
<i>США, 1903–2012 гг.</i>			
Посевные площади сахарной свеклы	2,325	95,71%	1172,1
Валовой сбор сахарной свеклы	2,42	98,73%	522,9
Урожайность сахарной свеклы	2,674	99,99%	1093,4
Посевные площади сахарного тростника, 1909–2012 гг.	1,785	13,56%	878,8
Валовой сбор сахарного тростника, 1909–2012 гг.	2,211	86,01%	431,6
Урожайность сахарного тростника, 1909–2012 гг.	2,474	99,3%	1206,9
<i>Германия, 1909–2012 гг.</i>			
Посевные площади сахарной свеклы	1,864	24,71%	2480,6
Валовой сбор сахарной свеклы, 1836–2012 гг.	2,66	100%	3276,3
Урожайность сахарной свеклы	2,747	99,99%	1081,2
<i>Индия, 1949–2012 гг.</i>			
Посевные площади сахарного тростника	1,584	6,1%	1778,1
Валовой сбор сахарного тростника, 1950–2012 гг.	1,609	7,44%	2319,5
Урожайность сахарного тростника	2,079	67,11%	638,3
<i>Бразилия, 1960–2012 гг.</i>			
Посевные площади сахарного тростника	0,731	0,01%	1491,3
Валовой сбор сахарного тростника	0,814	0,01%	1970
Урожайность сахарного тростника	1,629	10,97%	472,9
<i>Уровень значимости (α) равен 0,05 (5%)</i>			

При p -значении, большем, чем уровень значимости (5%), нулевая гипотеза не может быть отклонена. Нулевая гипотеза говорит о достоверности временных рядов, если она отклоняется, это, как правило, свидетель-

ствует о фальсификации данных хронологических рядов. В нашем случае есть основания полагать о недостоверности данных по посевным площадям как сахарной свеклы, так и сахарного тростника, и производству сахара в России.

В таблице 4 представлены коэффициенты АКФ, выходящие за пределы доверительного интервала.

Таблица 4 – Коэффициенты автокорреляции по аграрному сектору

Исследуемый объект (ряд)	Номер лага			
	1	2	3	4
<i>России, 1881–2013 гг.</i>				
Посевные площади сахарной свеклы	$r(1)$	$r(51)$	–	–
Валовой сбор сахарной свеклы	$r(4)$	–	–	–
Урожайность сахарной свеклы	$r(1)$	–	–	–
<i>Кубань, 1932–2013 гг.</i>				
Посевные площади сахарной свеклы, 1920–2013 гг.	$r(4)$	–	–	–
Валовой сбор сахарной свеклы	$r(1)$	–	–	–
Урожайность сахарной свеклы	$r(1)$	$r(2)$	$r(3)$	–
<i>США, 1903–2012 гг.</i>				
Посевные площади сахарной свеклы	$r(2)$	$r(12)$	$r(20)$	$r(32)$
Валовой сбор сахарной свеклы	$r(1)$	$r(2)$	$r(3)$	$r(31)$
Урожайность сахарной свеклы	$r(1)$	$r(6)$	–	–
Посевные площади сахарного тростника, 1909–2012 гг.		нет		
Валовой сбор сахарного тростника, 1909–2012 гг.	$r(10)$	–	–	–
Урожайность сахарного тростника, 1909–2012 гг.	$r(1)$	$r(7)$	$r(8)$	$r(10)$
<i>Германия, 1909–2012 гг.</i>				
Посевные площади сахарной свеклы	$r(5)$	–	–	–
Валовой сбор сахарной свеклы, 1836–2012 гг.	$r(1)$	$r(6)$	–	–
Урожайность сахарной свеклы	$r(1)$	–	–	–
<i>Индия, 1949–2012 гг.</i>				
Посевные площади сахарного тростника	$r(2)$	$r(3)$		
Валовой сбор сахарного тростника, 1950–2012 гг.	$r(2)$	–	–	–
Урожайность сахарного тростника	$r(2)$	$r(4)$	–	–
<i>Бразилия, 1960–2012 гг.</i>				
Посевные площади сахарного тростника	$r(2)$	$r(3)$	–	–
Валовой сбор сахарного тростника	$r(2)$	–	–	–
Урожайность сахарного тростника		нет		

На рисунке 37 представлены совмещенные гистограммы относительной частоты наступления того или иного цикла в пищевой промышленности и аграрном секторе сахарного подкомплекса АПК.

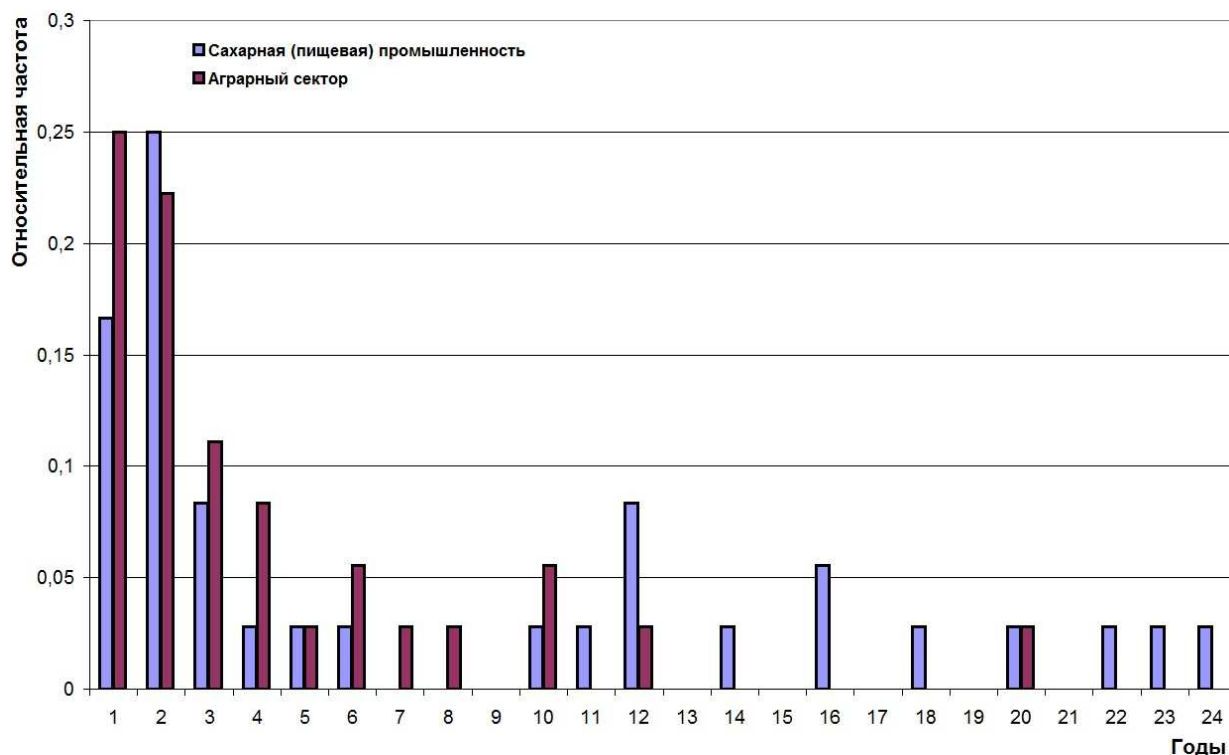


Рисунок 37 – Вероятность наступления цикла определенной длины в сахарном подкомплексе АПК при использовании результатов АКФ

Из рисунка 37 видно, что основные лаги сосредоточены в двух диапазонах: [1; 6] и [10; 12]. Другая группа лагов – с 14 по 51 – являются несущественной, т. е. кратными от первой группы.

Выводы

Автокорреляционные функции, представленные на рисунках 4–36, имеют периодические максимумы и минимумы (что подтверждается и описательным анализом структуры ряда), выходящие за предельные значения доверительного интервала. Наиболее высокий коэффициент корреляции наблюдается при значениях лага, равных: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 23, 24 (31, 32, 41 и 51). По отдельным из них можно сделать предположение о наличии циклической составляющей.

2 Частная автокорреляция во временных рядах

Частные коэффициенты автокорреляции характеризуют тесноту связи между результатом и фактором при устранении влияния другого фактора (или факторов), которые включены в уравнения регрессии⁸.

Математическая формула частной автокорреляционной функции (ЧАКФ) имеет следующий вид:

$$r_{ij,k} = \frac{r_{ij} - r_{ik} \times r_{jk}}{\sqrt{(1 - r_{ik}^2) \times (1 - r_{jk}^2)}}, \quad (2)$$

где r_{ij}, r_{ik}, r_{jk} – выборочные коэффициенты корреляции.

Другими словами, частная автокорреляционная функция отличается от автокорреляционной тем, что при ее построении устраняется корреляционная зависимость между наблюдениями внутри лагов.

Полученные коэффициенты ЧАКФ (таблицы 5 – 6) в каждом из исследуемых объектов характеризуются как «самобитные» сезонные компоненты, позволяющие исследовать временные ряды на цикличность.

Таблица 5 – Коэффициенты частной автокорреляции по блоку «Пищевая промышленность»

Исследуемый объект (ряд)	Номер лага					
	1	2	3	4	5	6
<i>Мировое производство сахара, 1864–2013 гг.</i>						
Общее	$r(2)$	$r(11)$	–	–	–	–
Тростникового	$r(2)$	$r(3)$	$r(5)$	$r(7)$	$r(9)$	–
Свекловичного	$r(2)$	$r(22)$	–	–	–	–
<i>Производство сахара в России, 1881–2013 гг.</i>						
Общее	$r(12)$	$r(27)$	$r(41)$	–	–	–
Свекловичного, 1871–2013 гг.	$r(14)$	$r(26)$	–	–	–	–
Тростникового, 1960–2013 гг.	$r(13)$	–	–	–	–	–
<i>Производство сахара в РСФСР, 1921–2013 гг.</i>						
Общее	$r(1)$	$r(11)$	–	–	–	–
Тростникового, 1921–2013 гг.	$r(5)$	–	–	–	–	–
<i>Производство сахара на Кубани, 1921–2013 гг.</i>						
Общее	нет					
Тростникового, 1960–2012 гг.	$r(2)$	–	–	–	–	–

⁸ Частная автокорреляционная функция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://univer-nn.ru/ekonometrika/chastnaya-korrelyaciya/>

Исследуемый объект (ряд)	Номер лага					
	1	2	3	4	5	6
<i>Производство сахара в США, 1832–2013 гг.</i>						
Общее	$r(2)$	$r(3)$	$r(12)$	$r(20),$ $r(21)$	$r(22)$	$r(28)$
Тростникового	$r(1)$	$r(3)$	$r(4)$	$r(14)$	$r(50)$	–
Свекловичного, 1864–2013 гг.	$r(2)$	$r(4)$	$r(12)$	$r(19),$ $r(20)$	$r(21)$	$r(28)$
<i>Производство сахара</i>						
Куба (тростникового), 1849–2013 гг.	$r(1)$	$r(2)$	$r(16)$	$r(23)$	$r(24)$	–
Германия (свекловичного), 1911–2012 гг.	$r(1)$			нет		
Индия (тростникового), 1949–2012 гг.	$r(2)$	$r(7)$	–	–	–	–
Бразилия (тростникового), 1949–2012 гг.	$r(4)$	$r(7)$	$r(10)$	–	–	–

В таблице 6 представлены коэффициенты ЧАКФ по аграрному сектору.

Таблица 6 – Коэффициенты частной автокорреляции по аграрному сектору

Исследуемый объект (ряд)	Номер лага				
	1	2	3	4	5
<i>Россия, 1881–2013 гг.</i>					
Посевные площади сахарной свеклы	$r(1)$	$r(29)$	$r(51)$	–	–
Валовой сбор сахарной свеклы	$r(1)$	$r(14)$	$r(19)$	$r(23)$	$r(24)$
Урожайность сахарной свеклы	$r(1)$	–	–	–	–
<i>Кубань, 1932–2013 гг.</i>					
Посевные площади сахарной свеклы, 1920–2013 гг.	$r(4)$	–	–	–	–
Валовой сбор сахарной свеклы	$r(1)$	$r(33)$	–	–	–
Урожайность сахарной свеклы	$r(1)$	$r(11)$	$r(38)$	–	–
<i>США, 1903–2012 гг.</i>					
Посевные площади сахарной свеклы	$r(1)$	$r(13)$	$r(20)$	$r(31)$	–
Валовой сбор сахарной свеклы	$r(2)$	$r(19)$	–	–	–
Урожайность сахарной свеклы	$r(2)$	$r(5)$	$r(10)$	$r(25)$	–
Посевные площади сахарного тростника, 1909–2012 гг.				нет	
Валовой сбор сахарного тростника, 1909–2012 гг.	$r(10)$	$r(22)$	–	–	–
Урожайность сахарного тростника, 1909–2012 гг.	$r(1)$	$r(7)$	–	–	–
<i>Германия, 1909–2012 гг.</i>					
Посевные площади сахарной свеклы	$r(5)$	–	–	–	–
Валовой сбор сахарной свеклы, 1836–2012 гг.	$r(2)$	$r(22)$	$r(24)$	$r(30)$	–
Урожайность сахарной свеклы	$r(1)$	$r(2)$	–	–	–
<i>Индия, 1949–2012 гг.</i>					
Посевные площади сахарного тростника	$r(2)$	$r(5)$	–	–	–
Валовой сбор сахарного тростника, 1950–2012 гг.	$r(2)$	–	–	–	–
Урожайность сахарного тростника	$r(2)$	–	–	–	–
<i>Бразилия, 1960–2012 гг.</i>					
Посевные площади сахарного тростника	$r(2)$	$r(15)$	–	–	–
Валовой сбор сахарного тростника	$r(1)$			нет	
Урожайность сахарного тростника	$r(8)$	–	–	–	–

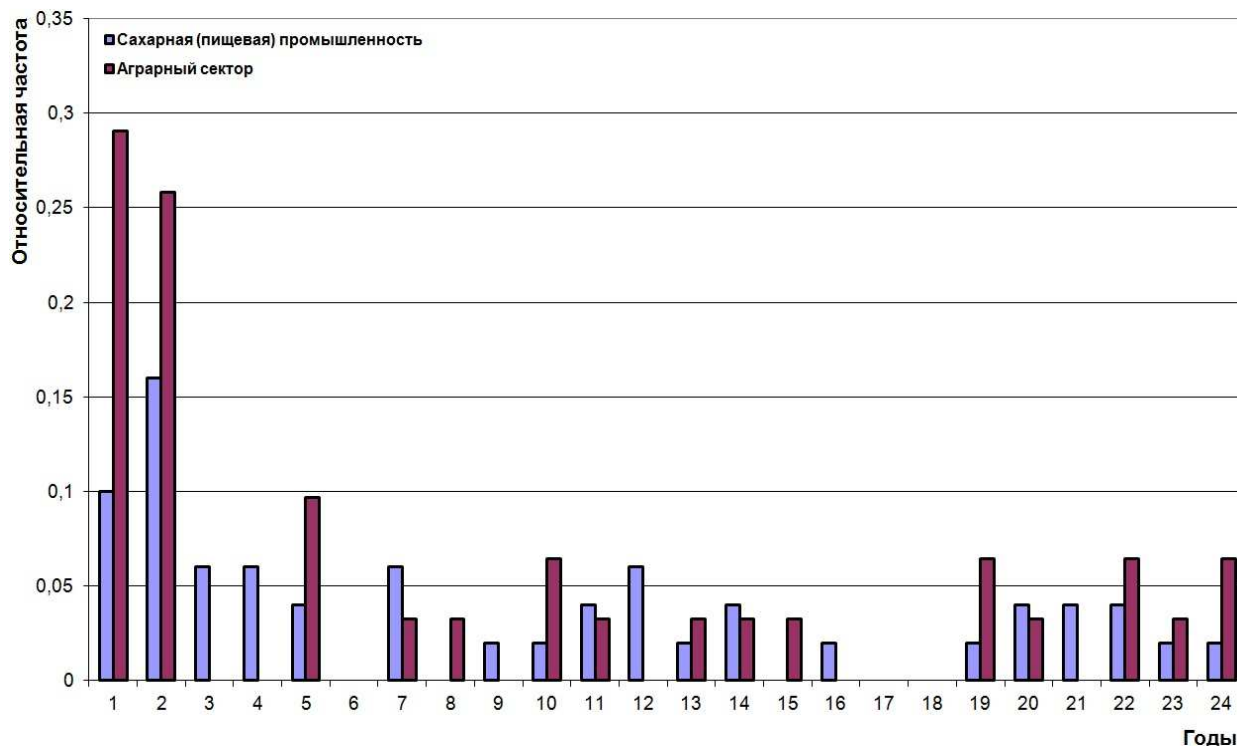


Рисунок 38 – Вероятность наступления цикла определенной длины в сахарном подкомплексе АПК при использовании результатов ЧАКФ

На рисунке 38 представлены совмещенные гистограммы относительной частоты наступления того или иного цикла в пищевой промышленности и аграрном секторе сахарного подкомплекса АПК. Из рисунка 38 видно, что основные лаги сосредоточены в трех диапазонах: [1; 5], [7; 15] и [19; 24]. Четвертая группа лагов – с 25 по 51 – является не столь значимой, и соответственно, выведена за рамки исследования.

Выводы

Изученные хронологические ряды с применением ЧАКФ дали возможность выявить следующие закономерности (тенденции) и сезонные колебания с соответствующими периодами. Наиболее высокий коэффициент корреляции наблюдается при значениях лага, равных: [1; 5], [7; 15] и [19; 24] (25–31, 33, 38, 41, 50 и 51). По отдельным из них можно сделать предположение о наличии циклической составляющей.

Список использованной литературы

1. Time series [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.statslab.cam.ac.uk/~rgw1/timeseries/t.pdf>
2. XLStat – аналитическое приложение (надстройки) для Microsoft Excel [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.xlstat.com>.
3. Брюков В. Г. Как предсказать курс доллара. Эффективные методы прогнозирования с использованием Excel и EViews / В. Г. Брюков. – М.: КНОРУС: ЦИПСИР, 2011. – 272 с.
4. Варюхин С. Е. Расчет коррелограмм с помощью надстройки «Автокорреляционная функция» / С. Е. Варюхин; – М.: АНХ, 2007. – 7 с.
5. Кендэл М. Временные ряды / М. Кендэл; пер. с англ. и предисл. Ю. П. Лукашина. М.: Финансы и статистика, 1981. – 199 с.
6. Корреляция, автокорреляция, взаимная корреляция. Свойства автокорреляционной и взаимной корреляционной функции: конспект лекции [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://allsummary.ru/59-korrelyaciya-avtokorrelyaciya-vzaimnaya-korrelyaciya-svoystva-va-avtokorrelyacionnoy-i-vzaimnoy-korrelyacionnoy-funkcii.html>.
7. Корреляция [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://economic_mathematics.academic.ru/2178/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D1%8F.
8. Корреляция [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://forexaw.com/TERMs/Economic_terms_and_concepts/Exchange_Terminology/1675_%D0%9A%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D1%8F_Correlation_%D1%8D%D1%82%D0%BE.
9. Коэффициент Фехнера [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://math.semestr.ru/corel/fexner.php>
10. Кузьмин А. М. Метод «Диаграмма разброса» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.inventech.ru/pub/methods/metod-0014/>.
11. Лапыгин Д. Ю. Принятие управленческих решений в региональном стратегическом планировании: дисс. канд. экон. наук Д. Ю. Лапыгин [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://works.doklad.ru/view/q2opdr9MAwU/all.html>.
12. Лопатников Л. И. Экономико-математический словарь. Словарь современной экономической науки. 5-е изд., перераб. и доп. / Л. И. Лопатников. – М.: Дело, 2003. – 520 с.
13. Метод поворотных точек / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://profitraders.com/Statistics/Tests/RandomnessTests/TurningPointTest.html>
14. Методы изучения корреляционных связей / [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.coolreferat.com/Методы_изучения_корреляционных_связей.
15. Онлайн-калькулятор: коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Примеры и практическое руководство / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://math.semestr.ru/corel/kspirmen.php>.
16. Орлова В. И. Эконометрика. Тема 2. Временные ряды: курс лекций / В. И. Орлова; – М.: ВЗФЭИ, 2005. – 258 с.
17. Расчет коэффициента ранговой корреляции Спирмена / [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://spearman.ru/ru/correlation_analysis/spearman_rank_correlation_coefficient/calc.
18. Фёрстер Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа. Руководство для экономистов / Э. Фёрстер, Б. Рёнц; пер. с англ. и предисл. В. М. Ивановой. М.: Финансы и статистика, 1983. – 303 с.

19. Христиановский В. В. Экономико-математические методы и модели: теория и практика: учебное пособие / В. В. Христиановский, В. П. Щербина. – Донецк, 2010. – 335 с.
20. Частная автокорреляционная функция / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://univer-nn.ru/ekonometrika/chastnaya-korrelyaciya/>

References

1. Time series [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.statslab.cam.ac.uk/~rrw1/timeseries/t.pdf>
2. XLStat – analiticheskoe prilozhenie (nadstrojki) dlja Microsoft Excel [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.xlstat.com>.
3. Brjukov V. G. Kak predskazat' kurs dollara. Jeffektivnye metody prognozirovaniya s ispol'zovaniem Excel i EViews / V. G. Brjukov. – M.: KNORUS: CIPSiR, 2011. – 272 s.
4. Varjuhin S. E. Raschet korrelogramm s pomoshh'ju nadstrojki «Avtokorreljacionnaja funkciya» / S. E. Varjuhin; – M.: ANH, 2007. – 7 s.
5. Kendjel M. Vremennye rjady / M. Kendjel; per. s angl. i predisl. Ju. P. Luka-shina. M.: Finansy i statistika, 1981. – 199 s.
6. Korreljacija, avtokorreljacija, vzaimnaja korreljacija. Svoystva avtokorreljacionnoj i vzaimnoj korreljacionnoj funkicii: konspekt lekicii [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://allsummary.ru/59-korrelyaciya-avtokorrelyaciya-vzaimnaya-korrelyaciya-svoystva-avtokorrelyacionnoj-i-vzaimnoj-korrelyacionnoj-funkcii.html>.
7. Korreljacija [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://economic_mathematics.academic.ru/2178/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D1%8F.
8. Korreljacija [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://forexaw.com/TERMs/Eco-economic_terms_and_concepts/Exchange_Terminology/1675_%D0%9A%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D1%8F_Correlation_%D1%8D%D1%82%D0%BE.
9. Koeficient Fehnera [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: URL: <http://math.semestr.ru/corel/fexner.php>
10. Kuz'min A. M. Metod «Diagramma razbrosa» [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.inventech.ru/pub/methods/metod-0014/>.
11. Lapygin D. Ju. Prinjatие upravlencheskih reshenij v regional'nom strategicheskom planirovanii: diss. kand. jekon. nauk D. Ju. Lapygin [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://works.doklad.ru/view/q2opdr9MAwU/all.html>.
12. Lopatnikov L. I. Jekonomiko-matematicheskij slovar'. Slovar' sovremennoj jekonomicheskoy nauki. 5-e izd., pererab. i dop. / L. I. Lopatnikov. – M.: Delo, 2003. – 520 s.
13. Metod povorotnyh toчек / [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://profitraders.com/Statistics/Tests/RandomnessTests/TurningPointTest.html>
14. Metody izuchenija korreljacionnyh svjazej / [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://www.coolreferat.com/Metody_izuchenija_korreljacionnyh_svjazej.
15. Onlajn-kal'kuljator: koeficient rangovoj korreljacionnoj Spirmana. Primery i prakticheskoe rukovodstvo / [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://math.semestr.ru/corel/kspirmen.php>.
16. Orlova V. I. Jekonometrika. Tema 2. Vremennye rjady: kurs lekciij / V. I. Orlova; – M.: VZFJeI, 2005. – 258 s.

17. Raschet kojefficienta rangovoj korreljicii Spirmena / [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://spearman.ru/ru/correlation_analysis/spearman_rank_correlation_coefficient/calc.

18. Fjorster Je. Metody korreljacionnogo i regressionnogo analiza. Rukovodstvo dlja jekonomistov / Je. Fjorster, B. Rjonc; per. s angl. i predisl. V. M. Ivanovoj. M.: Fi-nansy i statistika, 1983. – 303 s.

19. Hristianovskij V. V. Jekonomiko-matematicheskie metody i modeli: teorija i praktika: uchebnoe posobie / V. V. Hristianovskij, V. P. Shherbina. – Doneck, 2010. – 335 s.

20. Chastnaja avtokorreljacionnaja funkcija / [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://univer-nn.ru/ekonometrika/chastnaya-korrelyaciya/>