

ТРАНСПОРТНІ СПОРУДИ

УДК 551.583+625.72

Артеменко В.А., Петрович В.В., канд. техн. наук

ОЦЕНКА ОСЦИЛЛЯЦИЙ ВРЕМЕННОГО РЯДА ТЕМПЕРАТУР

Анотація. Розглянута довгострокова поведінка ряду приземної температури повітря та ряду її осциляцій у м. Києві.

Об'єкт дослідження: часові ряди середньодобових та середньорічних температур за період 1881...2011 роки.

Мета роботи: оцінка зміни характеру осциляцій ряду температури з часом. Відзначаються діаметрально протилежні тенденції ходу температури та ступеня її осциляції (якщо температура повітря з часом поступово зростає, то ступінь її осциляції неухильно знижується).

Ключові слова: температурний часовий ряд, міра осциляції ряду температури, непараметричний критерій оцінки.

Аннотация. Рассмотрено долговременное поведение ряда приземной температуры воздуха и ряда ее осцилляций в г. Киеве.

Объект исследования: временные ряды среднесуточных и среднегодовых температур за период 1881...2011 годы.

Цель работы: оценка изменения характера осцилляций ряда температуры с течением времени.

Отмечены диаметрально противоположные тенденции хода температуры и степени ее осцилляции (если температура воздуха со временем постепенно увеличивается, то степень ее осцилляции неуклонно снижается).

Ключевые слова: температурный временной ряд, мера осцилляции ряда температуры, непараметрический критерий оценки.

Abstract. In article deals the long-term behavior of the time series of air surface temperature in Kiev and its oscillation.

The object of study is a time series of daily average temperature for the period 1881...2011 years.

The aim of the work is the estimate changes in the character of the time series oscillations over time. It was found that over time the temperature is gradually increased while decreasing the degree of oscillation.

Keywords: temperature time series, oscillations time series measure, nonparametric test.

При решении подавляющего большинства задач дорожного строительства учитываются данные по приземной температуре воздуха.

В настоящее время температурные условия на территории Украины постепенно меняются. Измерения характеризуются преимущественно ростом температуры, особенно в холодные сезоны года. Как следствие, повышается температура поверхности грунта.

В этой связи анализ и прогноз температуры и влияние ее на состояние автомобильных дорог приобретает особую актуальность [1].

В статье проводится исследование особенностей осцилляций ряда приземной температуры, которые недостаточно точно освещены в литературе. Установлены тенденции хода степни осцилляции и приведено ее сравнение с ходом температуры с точки зрения линейных трендов.

Анализ осцилляций ряда температур методом стандартного отклонения

Динамика процессов в климатологии носит колебательный характер. При изучении таких процессов особо актуальным является применение методов, позволяющих на основе анализа особенностей колебаний оценить не только состояние, но и степень изменчивости этих процессов [2].

На рис. 1 представлен график ряда среднегодовых температур в г. Киеве.

Как видно, график постепенно поднимается вверх, что подтверждает гипотезу глобального потепления на данный момент времени [3,4].

Традиционно для анализа данных по ходу соответствующих параметров климата используются тренды, представляющие собой систематическую линейную или нелинейную компоненту, которая достаточно медленно изменяется во времени [5].

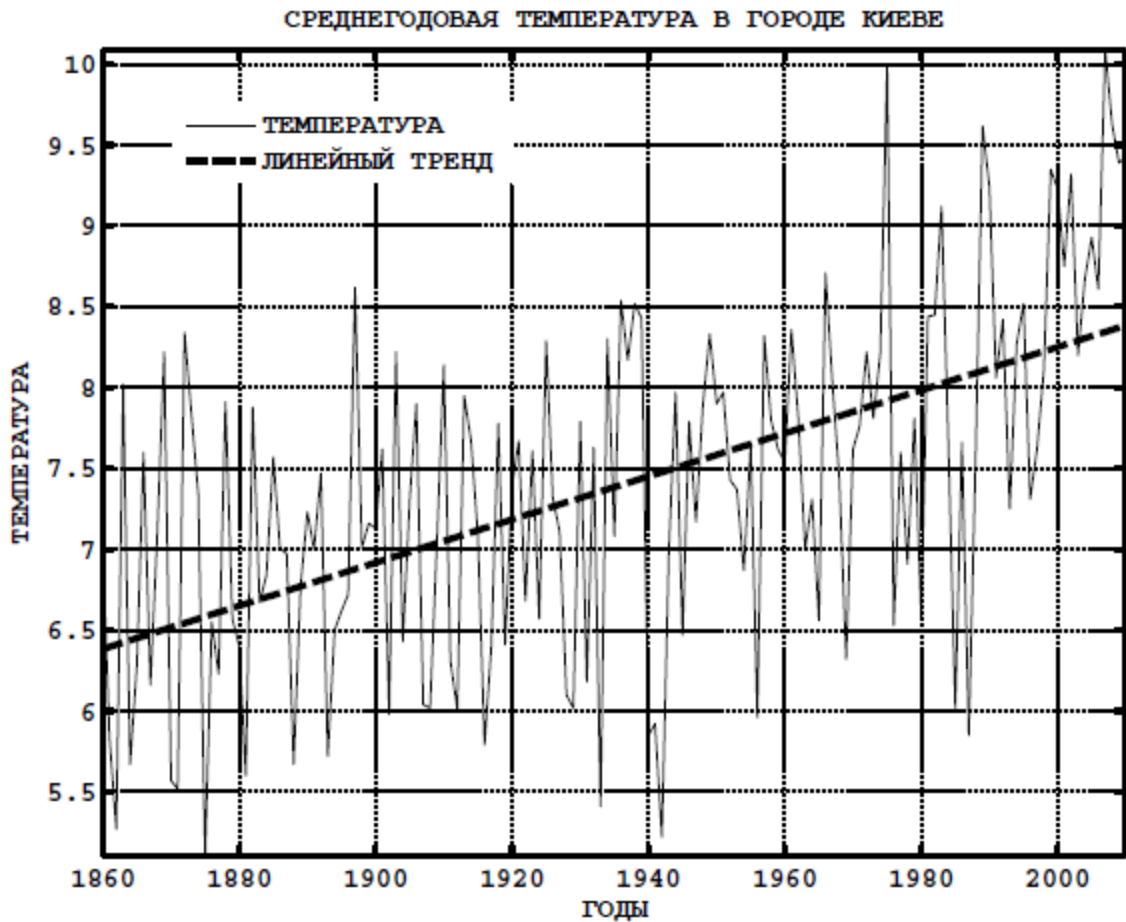


Рисунок 1 – Среднегодовая температура в г. Киеве

На рис. 1 также приведен линейный тренд, т.е. график линейной функции, аппроксимирующий ряд среднегодовых температур. Тренд построен с помощью метода наименьших квадратов (минимизированы среднеквадратичные ошибки).

Как известно, один из простейших способов лучше оценить осцилляции любого исходного ряда – это устранение линейного тренда. Многие методы анализа временных рядов начинаются именно с устранения линейного тренда.

Заметим, что некоторые процедуры прогнозирования работают значительно лучше именно при предварительном устранении линейного тренда из ряда исходных данных.

Практически всегда операция по устранению линейного тренда выполняется перед проведением Фурье-анализа и часто перед проведением

других методов анализа. Если вычесть линейный тренд из исходного ряда среднегодовых температур, получим график с «нулевым» трендом (см. рис. 2).

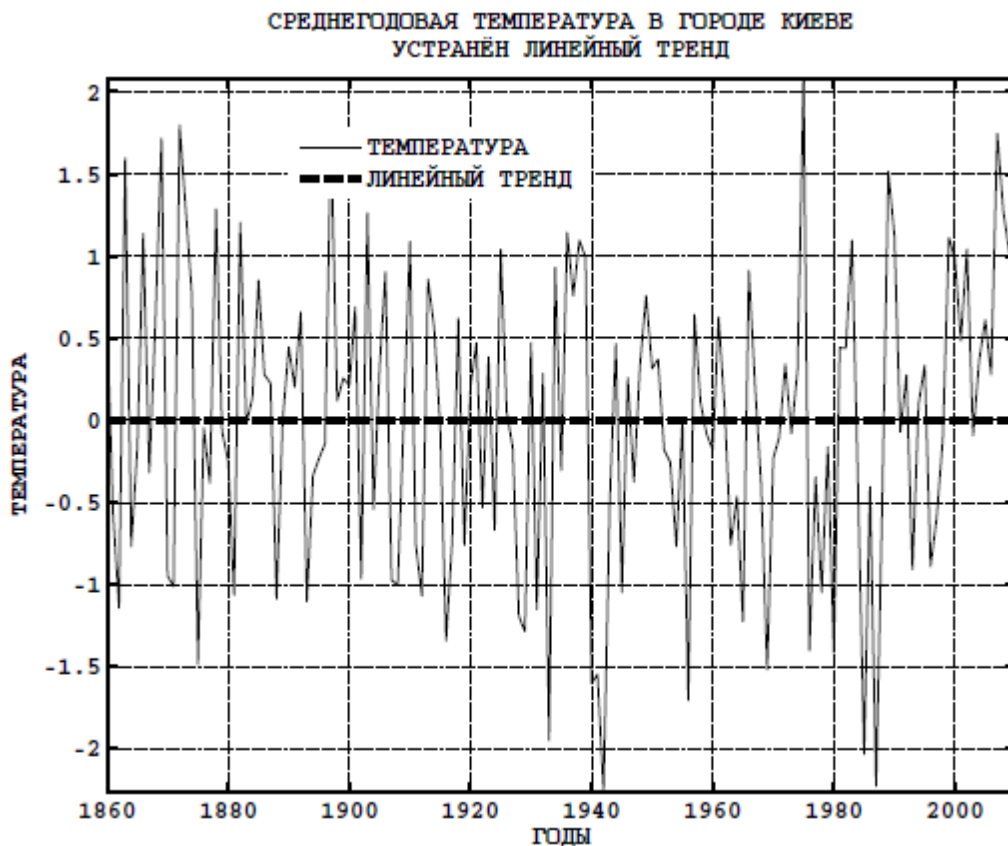


Рисунок 2 – Среднегодовая температура в г. Киеве. Устранен линейный тренд

Понятно, что операции с линейным трендом не самый лучший способ исследования осцилляций ряда. Можно, например, применить достаточно большое число раз процедуру «скользящего усреднения», а далее вычесть полученный таким образом «криволинейный» тренд из исходного ряда. Однако, если не оговаривать детально алгоритм и конкретную процедуру получения такого тренда, то при различных подходах к его построению в итоге можно получить существенно различные результаты.

При использовании стандартной процедуры построения линейного тренда тем не менее всегда имеется возможность получать сопоставимые результаты (при данном методе его построения).

Далее рассмотрим характер изменения осцилляций ряда температуры с течением времени. Для этого необходимо иметь определенную меру,

позволяющую измерять степень осцилляции ряда. В качестве такой меры на первом этапе исследования было использовано стандартное отклонение, поскольку уже из самого его определения следует, что такой показатель может характеризовать и степень осцилляции ряда.

Как известно, стандартное отклонение является абсолютной мерой изменчивости и зависит от уровня исследуемого временного ряда. В этой связи по стандартному отклонению можно сравнивать изменчивость только сходных по уровню (среднему значению) временных рядов.

Для сравнения изменчивости рядов с существенно отличными уровнями (средними значениями) обычно используют коэффициент вариации [6]. Коэффициент вариации – это относительная мера изменчивости. Если выполняются условия похожести по уровню исследуемых рядов, допустимо использовать вместо коэффициента вариации величину стандартного отклонения.

Выполненные расчеты, где величины стандартных отклонений были заменены на величины коэффициентов вариации, не приводили к качественному изменению вида соответствующих графиков.

В численном эксперименте по оценке осцилляции ряда температуры использовался временной ряд среднесуточных приземных температур воздуха в г. Киеве за период 1881...2011 годы.

С целью упрощения программы для ПЭВМ принималось, что использовано за каждый год только 365 значений ряда, т.е. 29 февраля высокосных годов в исходные данные не вводились.

Далее для всех 365 дней каждого года вычислялось стандартное отклонение. При этом исходный ряд среднесуточных температур предварительно не обрабатывался.

Таким образом, рассчитав стандартное отклонение для 365 дней каждого года, получали конкретное число – меру осцилляции ряда для данного года, а затем строили зависимость стандартного отклонения (меры осцилляции) по годам (см. рис. 3).

Как видно, исходный график стандартных отклонений сильно осциллирует.

Если устранить линейный тренд из полученного ряда стандартных отклонений, можно более четко оценить особенности такого ряда (см. рис. 4).

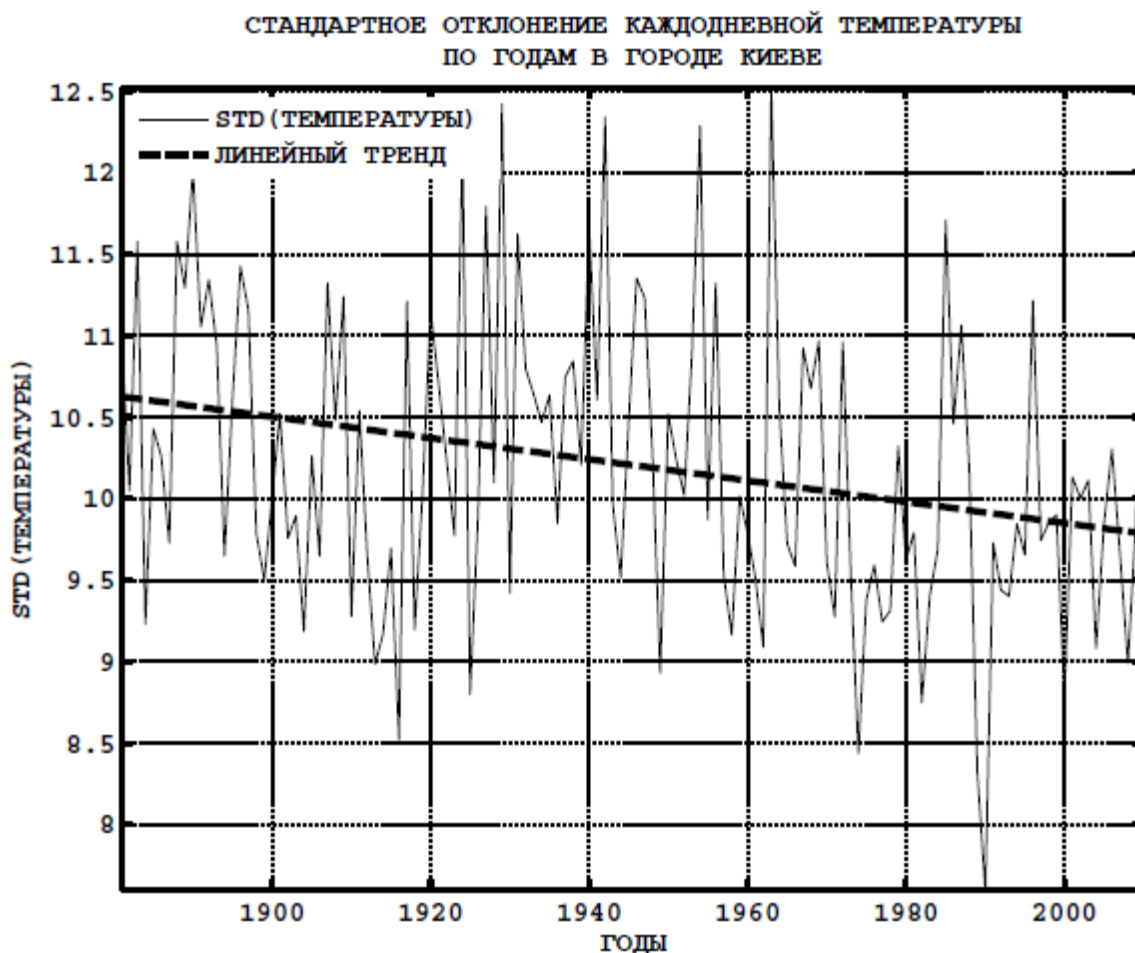


Рисунок 3 – Стандартное отклонение каждодневной температуры по годам в г. Киеве

Проведенные расчеты показали диаметрально противоположные тенденции хода температуры и степени ее осцилляции: если температура воздуха со временем постепенно увеличивается, то степень ее осцилляции, наоборот, неуклонно снижается.

Использование непараметрического показателя вариации

Как известно, применение нескольких взаимодополняющих методов анализа данных позволяет значительно повысить надежность результатов исследования.

В этой связи в качестве еще одного показателя для анализа осцилляций временного ряда температур использовался непараметрический показатель вариации вида:

$$D = \frac{x_1 - x_2 + x_2 - x_3 + \dots + x_{n-1} - x_n}{n-1}, \quad (1)$$

где x_i – значения временного ряда динамического процесса, замеренные через равные интервалы времени;

n – число замеров.

СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ КАЖДОДНЕВНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО ГОДАМ В ГОРОДЕ КИЕВЕ
УСТРАНЁН ЛИНЕЙНЫЙ ТРЕНД

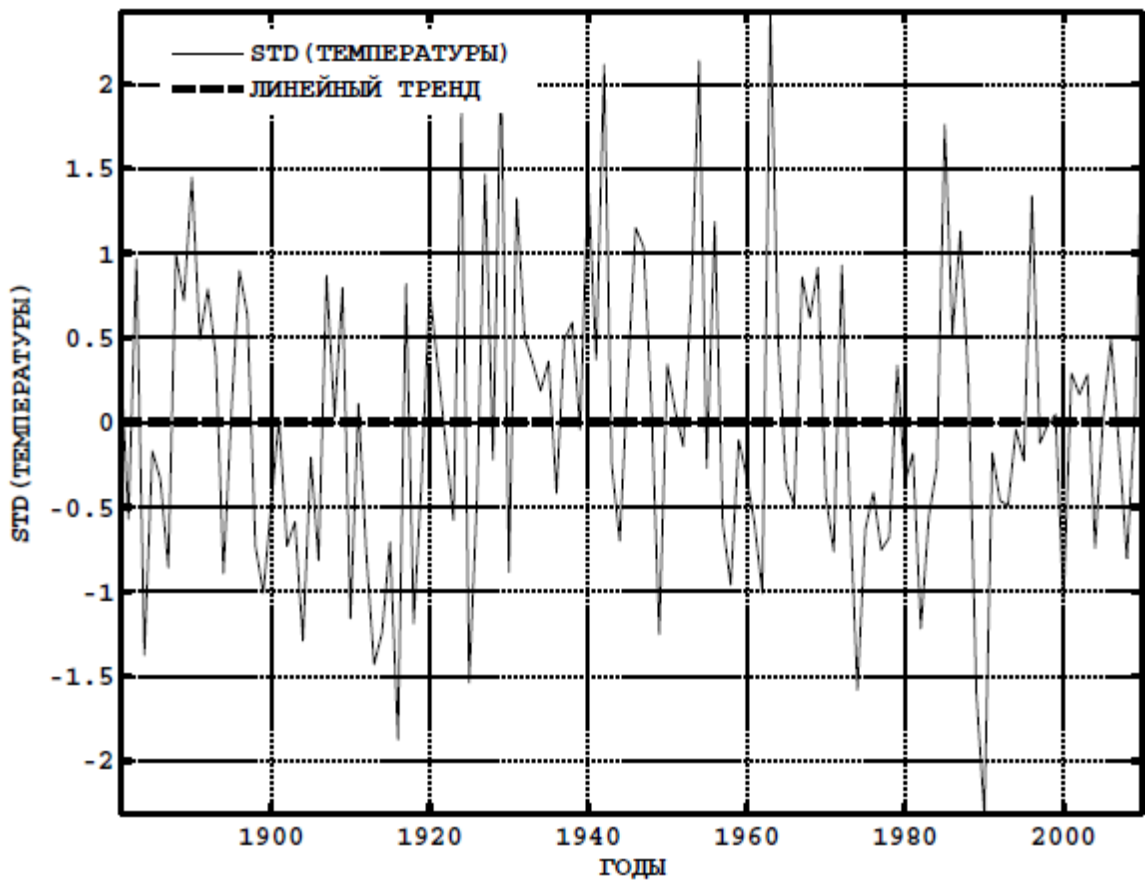


Рисунок 4 – Стандартное отклонение каждодневной температуры по годам в г. Киеве. Устранен линейный тренд

Данный показатель позволяет демонстрировать изменения в состоянии исследуемого процесса даже в случаях, когда применение других критериев нецелесообразно.

В нотации *MATLAB* непараметрический показатель вариации (1) приобретает вид

$$S = S ;$$

$$LS = LENGTH S ; \quad (2)$$

$$D = SUM ABS DIFF S \cdot LS - 1,$$

где S – исходный ряд (ряд длиной 365 значений для одного года);

LS –длина исходного ряда $LS > 2$;

D –мера осцилляции ряда, скаляр (для одного года, т.е. для 365 соответствующих значений).

При применении критерия (2) в итоге был получен несколько иной временной ряд, чем при использовании стандартного отклонения.

Однако, как видно из рис. 5, в этом случае также наблюдается явное понижение графика, как и при предыдущем анализе (прямые линии трендов в обоих случаях идут вниз).

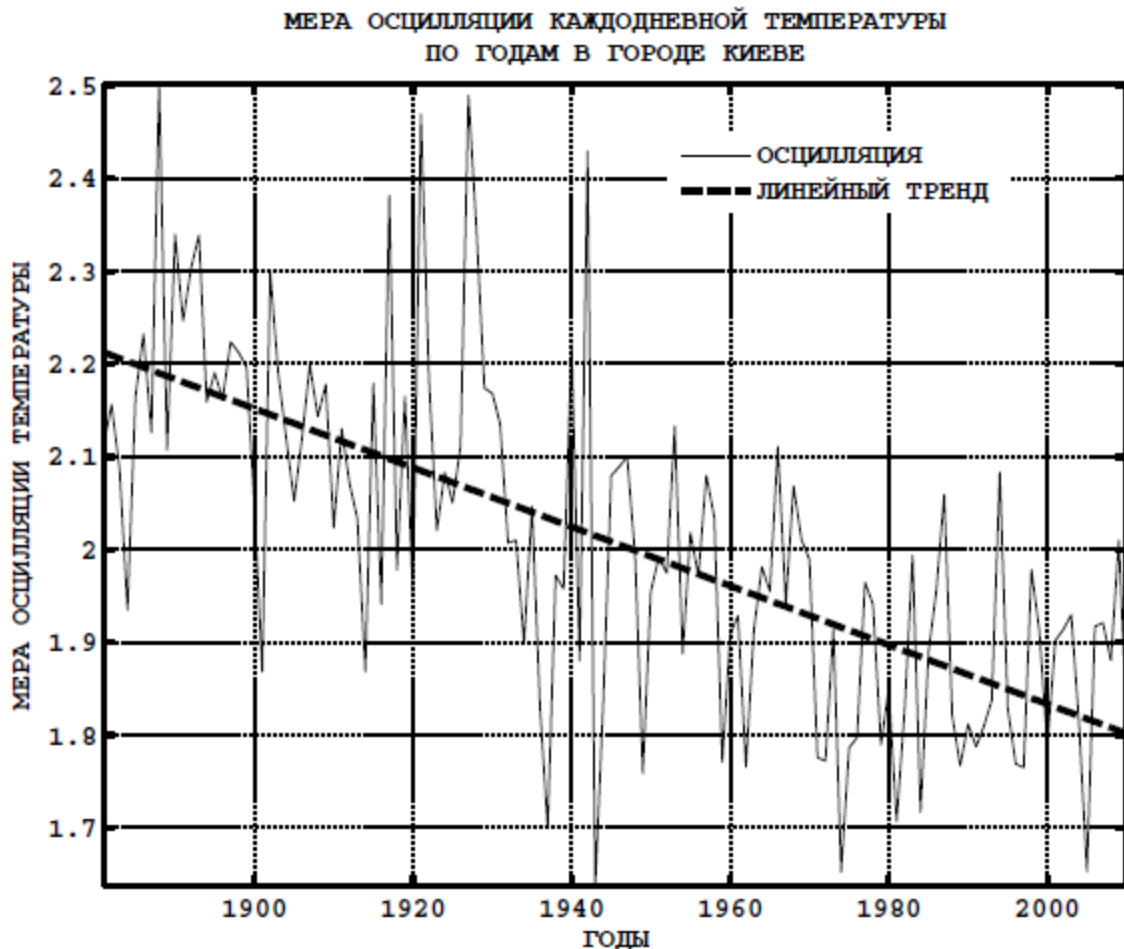


Рисунок 5 – Мера осцилляции каждодневной температуры по годам в г. Киеве

На рис. 6 представлений результат вичитання лінійного тренда з ряду мери осциляції.

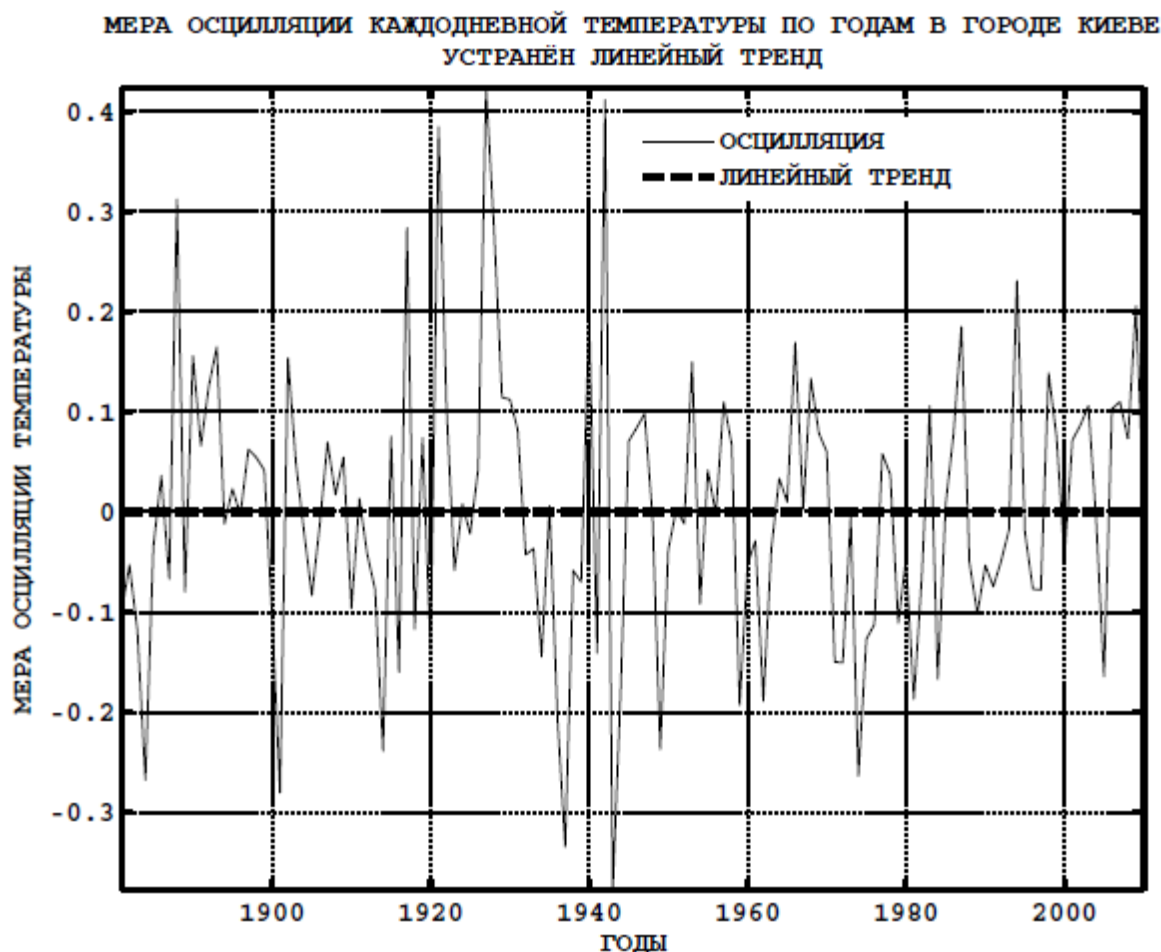


Рисунок 6 – Мера осцилляций каждодневной температуры по годам в г. Киеве. Устранен линейный тренд

Данный ряд в итоге может быть условно разделен на две части с существенно различным поведением – до 1940 г. и после этого года.

В этой связи, по-видимому, можно также говорить о соответствующем фазовом переходе в ряде меры осцилляций температуры.

Таким образом, и в данном случае по г. Киеву фиксируется устойчивое повышение температуры при явном понижении степени ее осцилляций.

Выводы

Проведенны исследования по современному режиму приземной температуре по в г. Киеве.

С использованием различных подходов к оценке степени осцилляции установлено, что ход степени осцилляции оказывается противоположным ходу температуры с точки зрения линейных трендов (по мере постепенного возрастания температуры степень ее осцилляции уменьшается).

В этой связи весьма упрощенно снижение степени осцилляции можно трактовать с тех позиций, что определенная температура в г. Киеве за последние годы «сохраняется» дольше (наблюдается значительно меньше случаев ее частых изменений).

Дальнейший совместный анализ рядов температуры и степени осцилляции позволит лучше оценить поведение климатической системы, что открывает дополнительные возможности при ее долгосрочном прогнозировании.

Литература

1. Литвиненко А.С. Дослідження циклічності погодно-кліматичних умов України в зв'язку з прогнозуванням впливу небезпечних природних явищ на стан автомобільних доріг/Дороги і мости, вип. 5. –К.: ДерждорНДІ. – 2006. –74-89.
2. Климатология// О.А. Дроздов, В.А. Васильев, Н.В. Кобышева и др. –Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 568 с.
3. Клімат України// За ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – К.: Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.
4. Клімат Києва// За ред. В.І. Осадчого, О.О. Косовця, В.М. Бабіченко. –К.: Ніка-Центр, 2010. – 320 с.
5. Исаев А.А. Статистика в метеорологии и климатологии. –М.: Изд-во МГУ, 1988. – 248 с.
6. Чернышева Л.С., Платонова В.А. Расчет и интерпретация основных климатологических показателей отдельных метеорологических величин. Учебно-методическое пособие. –Владивосток: Изд-во Дальневосточного ун-та, 2009. – 88 с.

Рецензенти:

Кузло М.Т., д-р техн. наук, Національний університет водного господарства та природокористування.

Гончаренко Ф.П., канд. техн. наук, ДП "Укрдипроддор".

Reviewers:

Kuzlo M.T., Dr. Tech. Sci., National University of Water and Environmental Engineering.

Honcharenko F.P., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), "Ukrdiproddor".

Стаття надійшла до редакції: **31.05.2016 р.**