

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ВОСТОЧНОУКРАИНСКОГО РЕГИОНА НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТА

Берестовой А.М., Хлестова О.А., Волков Д.В.

Приазовский государственный технический университет

ул. Университетская, 7, 87555, г. Мариуполь

bamami36@gmail.com, helga26122016@gmail.com,

fullmetalalchemist2016@gmail.com

Показатели работы транспорта являются наиболее зависимыми от климатических условий, особенно зимних. Влияние климатических условий на показатели работы транспорта обуславливается, прежде всего, тем, что под воздействием низких температур изменяются режимы движения, а также физико-механические свойства конструкционных материалов. В статье исследованы вопросы температурных изменений окружающей среды в зимний период и их влияние на работу транспорта. Для исследования выбран Восточноукраинский регион с его температурными характеристиками. Одной из особенностей данного региона является то, что на смену температурных режимов влияет расположенное рядом Азовское море. Для постановки и решения проблемы исследования использовались основные положения инверсии температурных изменений, теории автомобиля, с применением трендового моделирования, а также математических методов транспортной эконометрики. Исследование проводилось на основе сравнения декадных температур г. Мариуполя 2017–2018 гг. Установлены зависимости максимальных и минимальных температур от времени, проанализированы изменения среднедекадной зимней температуры воздуха, которые влияют на конструкции движущихся транспортных средств, пути их движения и показатели работы, особенно экологические. Установлено рост средней зимней температуры, что может вызвать накопление парниковых газов. Исследования свидетельствуют о постепенном потеплении климата, что, в свою очередь, может привести к изменению показателей работы транспорта Восточноукраинского промышленно-аграрного региона. Предложены пути решения экологической проблемы: снижение выбросов углекислого газа и создание экологически устойчивой транспортной системы, а также пути снижения воздействия транспорта на окружающую среду, в том числе применение альтернативных видов топлива и ввод в эксплуатацию электромобилей, создание конструкции движения. *Ключевые слова:* транспорт, температура, температурные изменения окружающей среды, экология транспорта.

Дослідження впливу температурних змін Східноукраїнського регіону на показники роботи транспорту. Берестовий А.М., Хлестова О.А., Волков Д.В. Показники роботи транспорту є найбільш залежними від кліматичних умов, особливо зимових. Вплив кліматичних умов на показники роботи транспорту зумовлюється, перш за все, тим, що під впливом низьких температур змінюються режими руху, а також фізико-механічні властивості конструкційних матеріалів. У статті досліджено питання температурних змін навколишнього середовища в зимовий період і їхній вплив на роботу транспорту. Для дослідження обрано Східноукраїнський регіон з його температурними характеристиками. Однією з особливостей цього регіону є те, що на зміну температурних режимів впливає розташоване поруч Азовське море. Для постановки і вирішення проблеми дослідження використовувалися основні положення інверсії температурних змін, теорії автомобіля, із застосуванням трендового моделювання, а також математичних методів транспортної економіки. Дослідження проводилося на основі порівняння декадних температур м. Маріуполя 2017–2018 рр. Встановлено залежності максимальних і мінімальних температур від часу, проаналізовано зміни середньодекадної зимової температури повітря, що впливають на конструкції рухомих транспортних засобів, шляхи їхнього руху і показники роботи, особливо екологічні. Встановлено зростання середньої зимової температури, що може викликати накопичення парникових газів. Дослідження свідчать про поступове потепління клімату, що, у свою чергу, може призвести до зміни показників роботи транспорту Східноукраїнського промислово-аграрного регіону. Запропоновано шляхи вирішення екологічної проблеми: зниження викидів вуглекислого газу і створення екологічно стійкої транспортної системи, а також шляхи зниження впливу транспорту на навколишнє середовище, зокрема застосування альтернативних видів палива та впровадження в експлуатацію електромобілів, створення конструкції руху. *Ключові слова:* транспорт, температура, температурні зміни навколишнього середовища, екологія транспорту.

Study of the influence of temperature changes in the East Ukrainian region on the performance of transport. Berestov A., Khlstova O., Volkov D. Vehicle performance is most dependent on climatic conditions, especially winter. The influence of climatic conditions on the performance of vehicles is determined, first of all, by the fact that under the influence of low temperatures, the modes of motion change, as well as the physical and mechanical properties of structural materials. The article explores the issues of temperature changes in the environment in winter and their impact on the operation of transport. For the study, the East Ukrainian region was selected, with its temperature characteristics. One of the features of the region under consideration is that the nearby Sea of Azov affects the change in temperature conditions. To formulate and solve the research problem, we used the basic principles of the inversion of temperature changes, automobile theory, using trend modeling, as well as mathematical methods of transport econometrics. The study was conducted on the basis of a comparison of the decade-long temperatures of the city of Mariupol 2017–2018. The dependences of the maximum and minimum temperatures over time are established, changes

in the average ten-day winter air temperature are analyzed that affect the design of mobile vehicles, their paths and performance. An increase in the average winter temperature has been established, which can cause the accumulation of greenhouse gases. Studies indicate a gradual warming of the climate, which in turn can lead to a change in the performance of transport in the East Ukrainian industrial-agricultural region. Ways to solve the environmental problem are proposed: reducing carbon dioxide emissions and creating an environmentally sustainable transport system, as well as ways to reduce the impact of transport on the environment, including the use of alternative fuels and the introduction of electric vehicles, the creation of traffic designs. *Key words:* transport, temperature, temperature changes in the environment, transport ecology.

Постановка проблемы. Показатели работы транспорта являются наиболее зависимыми от климатических условий, особенно зимних. Климатические условия конкретного региона вредно воздействуют на окружающую среду и влияют на надежность транспортных средств, показатели их работы, особенно экологические. Загрязнение атмосферного воздуха токсичными веществами, выделяемыми транспортом, является одной из важнейших проблем, стоящих перед человечеством [1].

Природно-климатические факторы наибольшее влияние оказывают на состояние путей движения. Под воздействием температурных изменений в дорожной конструкции происходят изменения процессов переноса тепла: нагревание, охлаждение, промерзание, оттаивание. Наблюдаются деформации путей движения, особенно автотранспортных, которые представляют собой разрушения пути в виде бугров и трещин [2].

Состояние железнодорожного пути характеризуется отступлениями от равномерного распределения продольных температурных сил (угон отдельных участков рельсовых плетей) и др. [3]. Изменение длины рельсовой плети в зависимости от температуры связано с преодолением погонных и стыковых сопротивлений, особенно это касается так называемого «бархатного пути» – без межрельсовых стыков. Температурные изменения окружающей среды влияют на сопротивление движения транспортных средств.

Влияние климатических условий на показатели работы транспорта обуславливается, прежде всего, тем, что под воздействием низких температур изменяются режимы движения, а также физико-механические свойства сталей, металлических сплавов, пластических масс, резины и других конструкционных материалов. Работоспособность агрегатов транспорта при низких температурах оценивается в основном, например, возможностью начала движения автомобиля и его способностью двигаться на высоких передачах. С понижением температуры воздуха происходит увеличение силы сопротивления движению и уменьшение силы тяги транспортных средств. На преодоление возрастающих сил сопротивления теряется значительная мощность, увеличивается расход топлива. Показатели этих потерь тем выше, чем ниже температурные свойства смазочных масел и топлив [4].

Актуальность исследования. Степень влияния изменения температуры на режим и безопасность работы транспорта зависит от интенсивности метеорологических изменений, поэтому изучение коле-

баний температуры с помощью трендового моделирования важно для комплексного понимания причинно-следственных связей между факторами, оказывающими воздействие на эксплуатацию транспортных средств при пониженных температурах.

Несмотря на определенные достижения в области влияния климатологии на показатели работы транспорта и экологию, следует отметить, что проблема влияния температурных изменений на транспорт изучена недостаточно и представляет интерес для исследования.

Выделение не решенных ранее частей общей проблемы, которым посвящена статья. Целью работы является исследование температурных изменений воздуха в период зимних температур, влияния их на показатели работы транспорта.

Связь авторской доработки с важными научными и практическими задачами. Работа соответствует приоритетному направлению развития науки и техники «Новые технологии и ресурсосберегающие технологии в энергетике, промышленности и агропромышленном комплексе» (Закон Украины от 11 июля 2001 г., № 2623).

Работа выполнена в соответствии с действующими государственными программами и концепциями «Реформирование транспортного комплекса Украины» (с 1998 г.); «Развитие транспортно-дорожного комплекса Украины на 2000–2004 гг.», утвержденной Кабинетом Министров Украины от 30 декабря 2000 г., работа соответствует основным направлениям реформирования транспортного сектора Украины.

Выполнение работы проводилось в соответствии с положениями Транспортной стратегии Украины на период до 2020 г. (Распоряжение Кабинета Министров Украины от 20 октября 2010 г., № 2174-р).

Выполнение работы связано с планами научно-исследовательских работ Государственного высшего учебного заведения «Приазовский государственный технический университет» (ГВУЗ «ПГТУ»).

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1) исследовать изменения минимальных и максимальных показателей температур во времени. Для исследований приняты изменения температур за период 2017–2018 гг.;

2) определить характер изменений средних декадных температур Восточноукраинского промышленно-аграрного региона за данный период и установить зависимости температурных изменений во времени;

3) выявлять способы повышения экологических показателей работы транспорта при снижении его влияния на окружающую среду.

Анализ последних исследований и публикаций. Исследование температурных изменений основывается на трудах в области физической географии и экологии, климатологии. На изучение техногенных влияний на экосистему направлены труды украинских экологов Г.М. Илькуна, В.П. Тарабрина [5], В.А. Кучерявого [6]. Отечественные ученые С.Н. Кравченко и М.В. Костецкий обобщили экологические зависимости [7]. Климатологические исследования проводили Г.Н. Высоцкий, П.К. Погребняк и другие ученые [8]. Изучению температурных характеристик при повышении безопасности движения поездов посвящены труды мариупольского ученого В.В. Чigareва [9]. Вопросам влияния температурных изменений окружающей среды и перевозимых грузов на энергетические и экологические показатели работы транспорта посвящены исследования [10] и другие.

Следует отметить, что вопросы влияния температурных изменений конкретных регионов на показатели работы транспорта ещё не достаточно изучены.

Новизна. Впервые исследованы температурные изменения Восточноукраинского региона в зимний период с использованием трендов, смоделирована динамика температурных колебаний.

Методологическое или общенаучное значение. Для постановки и решения проблемы исследования по влиянию температурных изменений Восточноукраинского региона на работу транспорта использовались основные положения инверсии температурных изменений, теории автомобиля, с применением трендового моделирования, а также математических методов транспортной эконометрики К.Ю. Рихтера [21].

Изложение основного материала. Загрязнение окружающей среды вредными от средств транспорта веществами колеблется во времени и пространстве и зависит от изменения показателей температуры, особенно в зимний период, когда теплый воздух поднимается выше холодного.

Амплитуда колебаний концентрации во времени обусловлена прежде всего метеорологическими факторами (направлением и скоростью ветра, температурной стратификацией атмосферы, влажностью воздуха), высотой расположения источника выбросов от поверхности Земли. При этом следует учитывать, что способность земной поверхности поглощать или излучать теплоту влияет на вертикальное распределение температуры в приземном слое атмосферы и приводит к температурной инверсии (отклонению от адиабатности). В инверсионных условиях ослабляется турбулентный обмен, ухудшаются условия рассеивания вредных выбросов в приземном слое атмосферы [11].

Повышение температуры воздуха с высотой приводит к тому, что вредные выбросы не могут подниматься выше определенного уровня [12].

Наиболее высокие концентрации вредных веществ наблюдаются при низких температурах в период зимних инверсий при высокой влажности воздуха, которой обладают приморские регионы, каким является Восточноукраинский промышленно-аграрный регион.

Климат и погода – составные части природных факторов, которые существенно влияют на эксплуатационные показатели работы транспорта, его дорог, на режим и безопасность движения, т.е. на эффектометрические, в том числе экологические, показатели работы транспорта.

Климатические условия – режим условий погоды за длительный период времени, вносят изменения в атмосферные процессы в определенной местности.

Климат в восточной части Украины умеренно-континентальный с сухим жарким, засушливым летом и холодной малоснежной зимой, с господствующими восточными и юго-восточными ветрами. В зимний период наблюдаются резкие колебания температуры. С приходом холодных воздушных масс отмечается резкое понижение температуры до -22°C . Теплые воздушные массы приносят повышения температуры до 10°C , которое сопровождается оттепелями [4].

Зимние климатические условия особенно большое влияние оказывают на физико-химические показатели смазочных масел, топлив, амортизаторной и тормозной жидкости, электролита и другое. Конструкционные материалы проявляют склонность к хрупкому разрушению и к быстрому изменению свойств сварных швов, а также прилегающих к ним участков [13].

С точки зрения экономической географии и регионалистики Восточноукраинский регион представляет собой промышленно и экономически наиболее развитый регион Украины, к которому относят Донецкую, Запорожскую и другие области. В территориальном разделении труда регион выделяется, прежде всего, как важная угольно-металлургическая база с развитым тяжелым машиностроением, тепловой энергетикой, отраслями химической, цементной и стекольной промышленности. На территории региона залегают ценные минерально-сырьевые ресурсы, что стало одной из главных предпосылок формирования мощного промышленного комплекса.

Аграрный сектор связан с легкой и пищевой промышленностью, производственной инфраструктурой (транспортом, хранением, сбытом и другим).

Сельское хозяйство Восточноукраинского региона специализируется на выращивании зерновых: озимая и яровая пшеница, кукуруза на зерно, технических культур, подсолнечника [14]. Животноводство представлено молочно-мясным скотоводством, свиноводством, овцеводством, птицеводством. В регионе развивается рыболовство.

В функционально-отраслевой структуре Восточно-украинского региона преобладает тяжелая промышленность на основе развития угольной промышленности и черной металлургии. Эти отрасли стали предпосылкой развития всех видов транспорта, особенно железнодорожного, автомобильного и водного [15].

Мариупольский промышленный узел многоотраслевой с преобладанием черной металлургии. Ее удельный вес в общегородском объеме промышленного производства составляет 93,45% [16].

Одной из особенностей рассматриваемого региона является то, что на изменение температурных режимов влияет расположенное рядом Азовское море. Транспортно-технологическая работа региона в основном базируется на работе морского порта г. Мариуполя.

Мариупольский морской порт является «морскими воротами Донбасса», связан со 152 портами всех континентов. Через порт осуществляются перевозки по морю угля, металла, продукции машиностроения, руды, зерна из Донецкой, Луганской, Харьковской и соседних областей Украины. Грузооборот порта в 2018 г. составил 5,887 млн тонн

(в т.ч., экспортных грузов – 4,929 млн тонн, импортных – 907,45 тыс. тонн, в каботаже – 50,5 тыс. тонн). Удельный вес порта в грузообороте морских портов Украины – 4,4% [17].

Следует отметить, что интенсивная хозяйственная и транспортная деятельность сказывается на климатических условиях и является причиной температурных изменений.

Проанализированы температурные изменения, средняя подекадная зимняя температура (табл. 1), а также минимальная и максимальная температуры (табл. 2 и 3) на примере Мариупольского промышленно-аграрного региона в последние с 2017–2018 гг., по данным Украинского гидрометцентра [18].

Устойчивая закономерность изменения температур, наблюдаемая в течение длительного периода времени в Восточноукраинском регионе, может быть выявлена с использованием трендового моделирования.

С использованием трендового моделирования по исходным данным исследованы тенденции изменения температур и подобраны функциональные зависимости (рис. 1 и 2).

Для формализации зависимости уровней временных рядов от температуры может быть применен

Таблица 1

Средняя температура по Мариупольскому промышленно-аграрному региону в период зимних температур в 2017–2018 гг.

Декада	2017 г.					2018 г.				
	январь	февраль	март	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	ноябрь	декабрь
I	-0,4	-9,9	5,2	6,8	3,2	1,9	0,9	5,1	7	-1,3
II	-1,5	-3,2	5,1	5,9	-0,5	-3,3	-5,5	6,5	5,2	-2,2
III	-6,2	1,9	6,9	0,2	2,7	-2,9	-0,4	7,5	-1,2	3,4

Таблица 2

Максимальная и минимальная температура по Мариупольскому промышленно-аграрному региону в период зимних температур в 2017 г.

Декада	2017 г.									
	январь		февраль		март		ноябрь		декабрь	
	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
I	4,3	-11,0	4,0	-14,4	11,3	-1,7	13,1	0,2	9,7	-2,7
II	5,0	-9,6	4,5	-14,0	9,2	0,3	12,6	-2,4	11,4	-0,8
III	2,4	-17,2	5,5	-14,4	17,1	-1,1	9,8	-6,0	8,0	-3,2

Таблица 3

Максимальная и минимальная температура по Мариупольскому промышленно-аграрному региону в период зимних температур в 2018 г.

Декада	2018 г.									
	январь		февраль		март		ноябрь		декабрь	
	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
I	7,3	-4,5	6,2	-4,4	5,6	-9,3	11,7	0,0	4,7	-5,2
II	2,7	-8,5	3,7	-5,0	7,3	-5,0	6,0	-3,8	5,0	-4,6
III	4,0	-10,3	0,6	-14,1	12,5	-4,8	4,4	-7,8	7,0	-5,5

полиномиальный тренд, рассматривая трендовое моделирование [21].

Полиномиальный тренд – это степенная функция, которая применяется для описания значений временных рядов, попеременно возрастающих и убывающих для анализа набора данных нестабильной величины [19], в рассматриваемом случае – температурных. Степень полинома определяет количество экстремумов (пиков), т.е. максимальных и минимальных значений температур за анализируемый промежуток времени.

Уравнение полиномиального тренда 4-го порядка имеет формулу (1):

$$y = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e \quad (1)$$

где y – показатели температуры; a, b, c, d, e – коэффициенты, константы; x – период времени.

Рассмотрены изменения средней температуры (табл. 1) в зимний период наличия отрицательных

температур 2017–2018 гг. по Мариупольскому промышленно-аграрному региону (рис. 1 и 2).

В качестве аппроксимирующей функции был использован полином 4-й степени. Тип выбранной функции тренда, т.е. степень многочлена, определен, прежде всего, значениями температур. Величина R^2 характеризует достоверность полиномиальной зависимости. Полиномиальная зависимость 4-й степени средней температуры воздуха в 2017–2018 гг. установлена:

$$y_{2017} = 0,0115x^4 - 0,3983x^3 + 4,5018x^2 - 17,512x + 14,822 \quad (2)$$

$$R^2 = 0,841$$

$$y_{2018} = 0,0117x^4 - 0,3933x^3 + 4,2857x^2 - 16,231x + 15,129822 \quad (3)$$

$$R^2 = 0,7215$$

Температура воздуха в течение анализируемых лет непрерывно менялась. В феврале 2017 г. минималь-

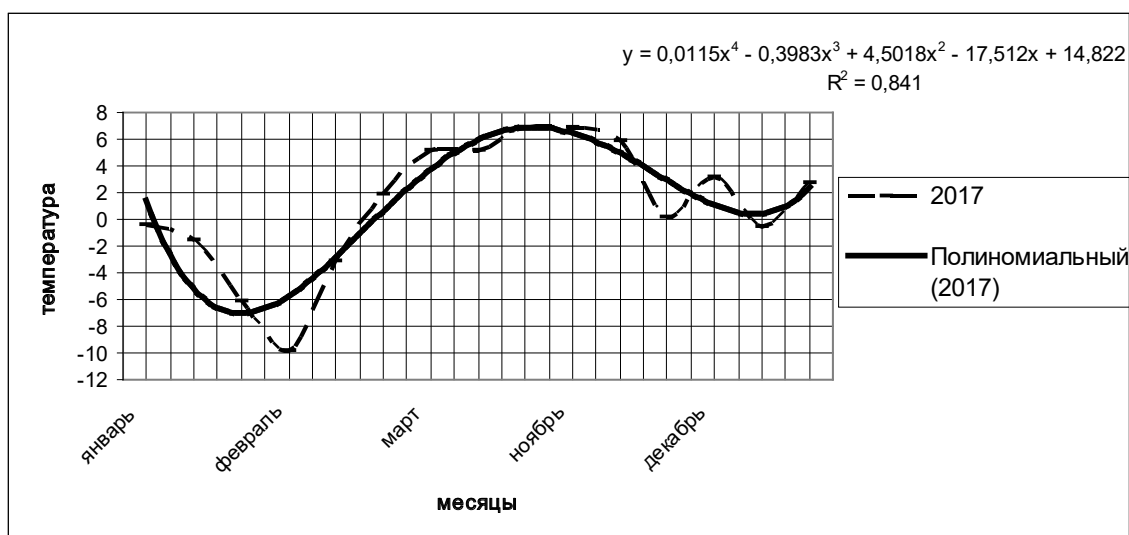


Рис. 1. Изменения средней температуры в период наличия отрицательных и положительных температур в 2017 г.

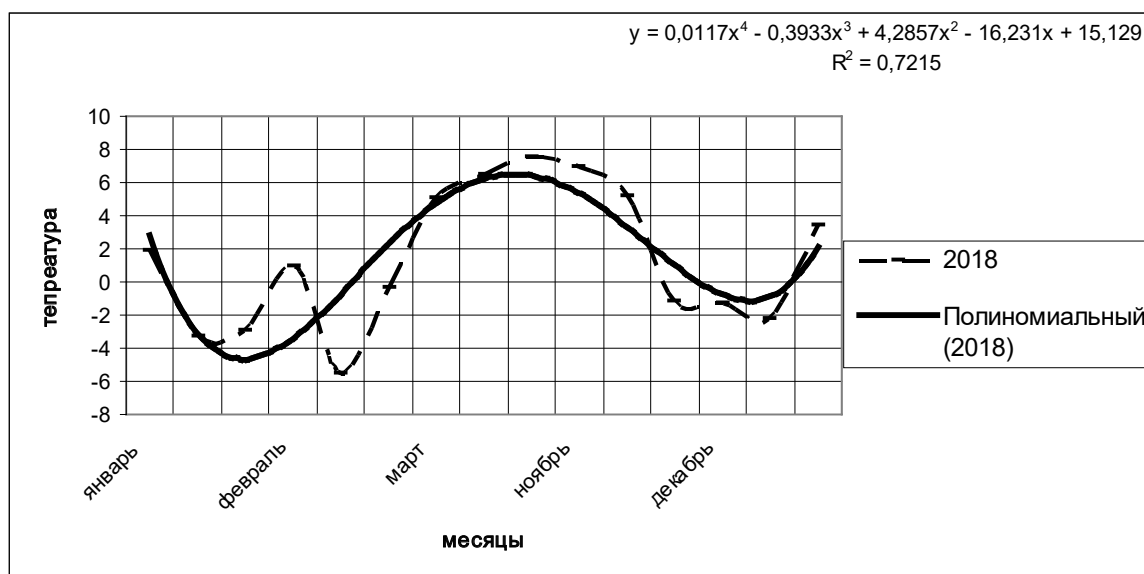


Рис. 2. Изменения средней температуры в период наличия отрицательных и положительных температур в 2018 г.

ная средняя температура составила $-9,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в январе 2018 г. – $3,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, следовательно, $\Delta t = -6,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Данные исследования демонстрируют тенденцию к росту температуры. В 2018 г. усредненные минимальные показатели температур повысились до $-5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Средняя максимальная температура в 2017 г. была $6,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, в 2018 г. увеличилась до $7,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, разница составила 9%.

На основании данных (табл. 3) построен график максимальных и минимальных изменений температуры (рис. 3) 2018 г., используя полиномиальную зависимость 4-й степени.

Поле колебания температур (рис. 3) очерчено границами. Нижняя граница с минимальными показателями температур характеризует снижение показателей работы транспорта, в том числе большее загрязнение окружающей среды, обусловленное неблагоприятными климатическими условиями, и поэтому она названа «пессимистической». По аналогии верхняя граница с максимальными, в том числе положительными, температурами названа «оптимистической» [20].

Полиномиальная оптимистическая кривая (граница) может быть описана трендом:

$$y = 0,0045x^4 - 0,1701x^3 + 2,0266x^2 - 7,6123x + 11,288129822 \quad (4)$$

$$R^2 = 0,8$$

Полиномиальная пессимистическая граница температур соответственно:

$$y = 0,0094x^4 - 0,3355x^3 + 3,919x^2 - 15,48x + 3,3203 \quad (5)$$

$$R^2 = 0,7853$$

Построенная полиномиальная зависимость максимальных температур имеет $R^2=0,8$, уровень

соответствия минимальных температур $R^2=0,7853$. Величина достоверности аппроксимации полиномиального тренда $R^2 < 0,7$.

Анализ изменений температуры окружающей среды за 2018 г. выявил, что самая низкая *min* температура воздуха наблюдалась в III декаде февраля и составила $-14,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, самая высокая *max* температура за период зимних температур в III декаде марта составила $12,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На основе анализа значений отдельных коэффициентов функций трендов можно делать выводы о структуре процессов роста температур.

Коэффициенты функции тренда определяются при устремлении к минимуму суммы квадратов отклонений по формуле (6) [21]:

$$Q = \sum_i (y_i - Y_i)^2 \rightarrow \min, \quad (6)$$

где y_i – измеренные значения температур; Y_i – значение функции тренда в промежутках времени x_i .

Тенденция увеличения температуры воздуха вызывает накопление вредных парниковых газов (метана, углекислого газа, озона, оксидов азота, фреонов и другого), что, в свою очередь, приводит к таким необратимым последствиям, как климатические изменения и глобальное потепление. Опасность глобального потепления состоит в нарушении климата, изменении химического состава воды, распределении атмосферных осадков и многих других неблагоприятных последствиях.

Карбюраторные автомобили являются в мире основным источником выбросов CO_2 в атмосферу, поэтому внедрение новых, более чистых с точки зрения экологии транспортных технологий представляется одним из приоритетов развития Украины.

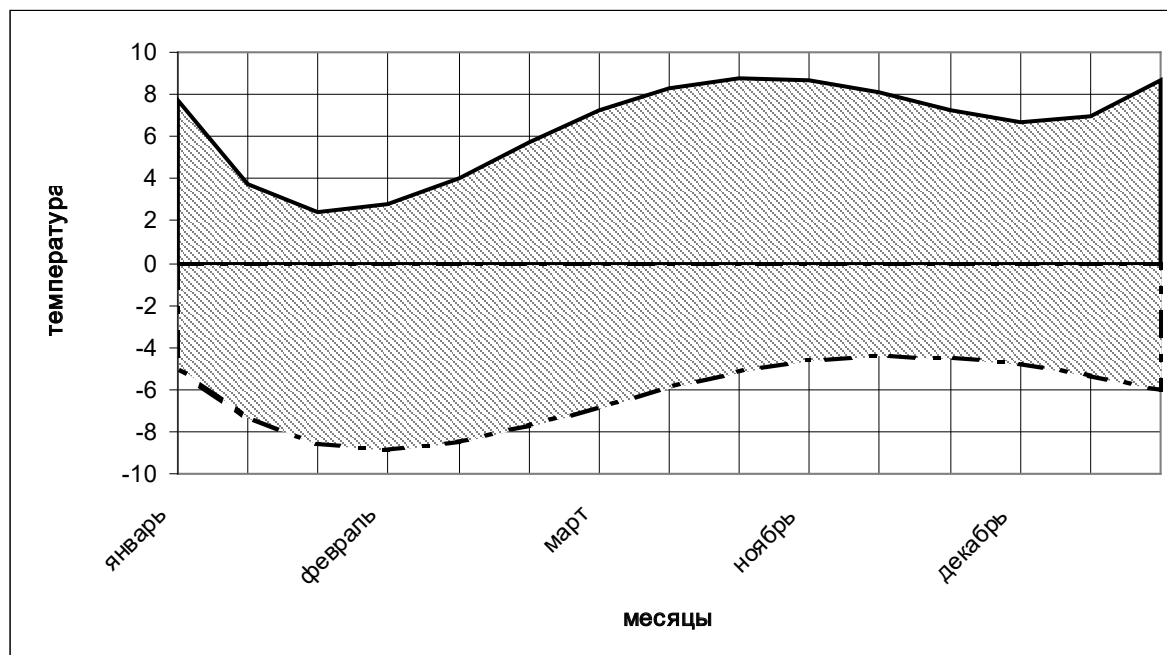


Рис. 3. Поле колебания отрицательных температур за 2018 г.: – оптимистическая; – пессимистическая граница

В качестве технологических мероприятий, которые помогут снизить токсичность выхлопных газов, можно выделить следующие [22]:

- регулировка двигателей, совершенствование конструкций двигателей внутреннего сгорания, внедрение электрических двигателей;

- изменение состава топлива, применение альтернативных видов топлива, перевод автомобилей на сжиженный газ;

- изменение конструкции пути движения транспортных средств в направлении влияния температурных изменений на свойства материалов, из которых изготовлены пути движения;

- внедрение в эксплуатацию электромобилей и другое.

Если рассматривать проблему повышения температуры в глобальном масштабе, то следует отметить, что Украина одной из первых поддержала Парижское климатическое соглашение от 2016 г., главная цель

которого – не допустить роста глобальной средней температуры более чем на 2 °С [23].

Главные выводы. На основе данных минимальных и максимальных отрицательных температур определены зависимости температурных изменений, установлено повышение средней температуры окружающей среды по времени.

Данные исследования свидетельствуют о постепенном потеплении климата, что, в свою очередь, может привести к изменению показателей работы транспорта Восточнотрапункского промышленно-аграрного региона.

Предложены пути решения экологической проблемы: снижение выбросов углекислого газа и создание экологически устойчивой транспортной системы, а также пути снижения влияния транспорта на окружающую среду, в том числе применение альтернативных видов топлива и внедрение в эксплуатацию электромобилей, создание конструкции движения.

Литература

1. Звонов В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. Москва, 1973. 200 с.
2. Воздействие природных факторов на дорогу URL: https://studopedia.ru/12_103683_vozdeystvie-prirodnih-faktorov-na-dorogu.html (дата обращения: 14.08.2019).
3. Температурная работа рельсов URL: <https://studfiles.net/preview/2892317/> (дата обращения: 10.09. 2019).
4. Климатические условия, влияющие на надежность и долговечность автомобиля URL: <http://stroy-technics.ru/article/klimaticheskie-usloviya-vliyayushchie-na-nadezhnost-i-dolgovechnost-avtomobilya/> (дата обращения: 28.08. 2019).
5. Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут : монографія / за заг. ред. А.М. Редзюка. Київ : ДП ДержавтотрансНДПроект, 2005. 400 с.
6. Кучерявий В.П. Екологія. Львів : Світ, 2001. 500 с.
7. Кравченко С.Н. Социально-психологические аспекты правовой охраны окружающей среды. Львов : Изд-во Львов. ун-та, 1988. 155 с.
8. Высоцкий Г.Н. Избранные труды. Москва, 1960. 435 с.
9. Кассов В.Д. Повышение эффективности защиты металлических поверхностей от набрызгивания при сварке. *Вестник Приазовского государственного технического университета* : сб. науч. тр. Мариуполь, 1998. Вып. 6. С. 155–159.
10. Берестовой А.М. Синтез процессов и объектов в материальных потоках транспорта затвердевающих жидкостей : дисс. ... докт. техн. наук : 05.22.12. Луганск : ВУНУ, 2002. 542 с.
11. Инверсия температуры приземная. Экология. Справочник. URL: <https://ru-ecology.info/term/27285/> (дата обращения: 22.09.2019).
12. Андронников В.В., Савченко П.Д. Влияние климатических особенностей региона на степень загрязнения атмосферы. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-klimaticheskikh-osobennostey-regiona-na-stepen-zagryazneniya-atmosfery/> (дата обращения: 15.09.2019).
13. Уменьшение загрязнения атмосферы от автотранспорта. URL: https://studopedia.ru/4_148079_umenshenie-zagryazneniya-atmosfery-ot-avtotransporta.html (дата обращения: 24.09.2019).
14. Справочник предприятий АПК по областям URL: <http://megainfo.com.ua/region/donetsk/apk.html> (дата обращения: 24.08.2019).
15. Ішук С.І., Гладкий О.В. Регіональна економіка (теорія, методи, практика) : підручник. Київ, 2013. 447 с.
16. Промышленность Мариупольского узла в настоящее время. URL: <https://studfiles.net/preview/5680615/page:23/> (дата обращения: 26.08.2019).
17. Мариупольский морской порт. URL: <https://ports.com.ua/spravka/infrastruktura/mariupolskiy-morskoj-port> (дата обращения: 28.09.2019).
18. Український гідрометеорологічний центр: Інформаційний сервер погоди. URL: <https://meteo.gov.ua/ua/34712> (дата обращения: 15.09.2019).
19. Как рассчитать различные виды тренда в Excel. URL: <https://4analytics.ru/rabota-ctrendami/stati/trendi/index.html> (дата обращения: 17.08.2019).
20. Хлестова О.А. Повышение эффективности транспортно-технологической схемы доменного производства : дисс. ... канд. техн. наук : 05.22.12. Днепропетровск, 2015. 172 с.
21. Рихтер К.Ю. Транспортная эконометрия. Москва, 1983. 318 с.
22. Автомобиль как фактор глобального потепления URL: <http://www.zelife.ru/11644-akfgp/> (дата обращения: 02.08. 2019).
23. Парижское климатическое соглашение вступило в силу. URL: <https://yaizakon.com.ua/parizhskoe-klimaticheskoe-soglasenie-vstupilo-v-silu/> (дата обращения: 17.08.2019).