



ISSN 1993-3495 online

СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО  
СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО  
MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION

2023, ТОМ 19, НОМЕР 2, 41–50

EDN: DMQUEX

УДК 629.1

## АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО НАБОРА РЕЖИМОВ РАБОТЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ С ПОМОЩЬЮ ВАРИАЦИОННЫХ РЯДОВ

С. А. Горожанкин<sup>1</sup>, Н. В. Савенков<sup>2</sup>, О. О. Золотарев<sup>3</sup>

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,  
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация, 286123.

E-mail: <sup>1</sup> s.a.gorozhankin@donnasa.ru, <sup>2</sup> n.v.savenkov@donnasa.ru, <sup>3</sup> o.o.zolotarev@donnasa.ru

Получена 10 мая 2023; принята 23 мая 2023.

**Аннотация.** В статье предложен подход по представлению режимных условий эксплуатации автомобиля в виде вариационных рядов по скорости движения и требуемой мощности, образующих совместную характеристику. Это позволяет разделить нагрузочно-скоростной диапазон режимов работы силовой установки на группы и ранжировать их по суммарной продолжительности процесса движения. Такое единообразное представление в перспективе позволит упростить и разработать универсальную методику комплексной оптимизации режимных и конструкционных параметров силовых установок автотранспортных средств в зависимости от их назначения и условий эксплуатации. Предложенный подход обусловлен относительной сложностью силовых установок современных автомобилей и наличием множества независимых параметров регулирования соответствующими агрегатами. Необходимость рассматриваемой оптимизации определена систематическим ужесточением экологических норм по выбросам вредных веществ в атмосферу, а также стремлением уменьшения эксплуатационных затрат. В качестве примера в работе приведены результаты для автомобиля категории N<sub>1</sub> в условиях стандартизированного ездового цикла NEDC. На примере системы компьютерной алгебры Mathcad предложен простейший алгоритм для преобразования исследуемых зависимостей в вариационные ряды с заданными параметрами. Полученные в исследовании результаты могут быть применены как для анализа, в том числе сравнительного, фактических режимов движения автомобилей, в том числе ездовых циклов, так и для решения задач синтеза перспективных силовых установок, а также алгоритмов их управления на основе комплексной многопараметрической оптимизации с учетом наборов режимов движения в эксплуатации.

**Ключевые слова:** силовая установка, ездовой цикл, мощностной баланс, вариационный ряд, скорость движения автомобиля, время движения, алгоритм, вариант, интервал.

## АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО НАБОРУ РЕЖИМІВ РОБОТИ АВТОМОБІЛЬНОЇ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ВАРІАЦІЙНИХ РЯДІВ

С. А. Горожанкін<sup>1</sup>, М. В. Савенков<sup>2</sup>, О. О. Золотарьов<sup>3</sup>

ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,  
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація, 286123.

E-mail: <sup>1</sup> s.a.gorozhankin@donnasa.ru, <sup>2</sup> n.v.savenkov@donnasa.ru, <sup>3</sup> o.o.zolotarev@donnasa.ru

Отримана 10 травня 2023; прийнята 23 травня 2023.

**Анотація.** У статті запропоновано підхід за поданням режимних умов експлуатації автомобіля у вигляді варіаційних рядів по швидкості руху і необхідній потужності, що утворюють спільну характеристику. Це



дозволяє розділяти навантажувально-швидкісний діапазон режимів роботи силового пристрою на групи і ранжувати їх за сумарною тривалістю процесу руху. Таке однакове уявлення в перспективі дозволить спростити і розробити універсальну методіку комплексної оптимізації режимних і конструкційних параметрів силових пристроїв автотранспортних засобів залежно від їх призначення та умов експлуатації. Запропонований підхід обумовлений відносною складністю силових установок сучасних автомобілів і наявністю безлічі незалежних параметрів регулювання відповідними агрегатами. Необхідність розглянутої оптимізації визначена систематичним посиленням екологічних норм щодо викидів шкідливих речовин в атмосферу, а також прагненням зменшення експлуатаційних витрат. Як приклад в роботі наведені результати для автомобіля категорії  $N_1$  в умовах стандартизованого їздового циклу NEDC. На прикладі системи комп'ютерної алгебри Mathcad запропоновано найпростіший алгоритм для перетворення досліджуваних залежностей у варіаційні ряди із заданими параметрами. Отримані в дослідженні результати можуть бути застосовані як для аналізу, в т. ч. порівняльного, фактичних режимів руху автомобілів, в тому числі їздових циклів, так і для вирішення завдань синтезу перспективних силових установок, а також алгоритмів їх управління на основі комплексної багатопараметричної оптимізації з урахуванням наборів режимів руху в експлуатації.

**Ключові слова:** силовий пристрій, їздовий цикл, варіаційний ряд, баланс потужності, швидкість руху автомобіля, час руху, алгоритм, варіант, інтервал.

## ANALYSIS OF THE OPERATIONAL SET OF OPERATING MODES OF THE AUTOMOTIVE POWER PLANT USING VARIATION SERIES

Sergey Gorozhankin <sup>1</sup>, Nikita Savenkov <sup>2</sup>, Oleg Zolotarev <sup>3</sup>

FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,  
2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, Russian Federation, 286123.

E-mail: <sup>1</sup> s.a.gorozhankin@donnasa.ru, <sup>2</sup> n.v.savenkov@donnasa.ru, <sup>3</sup> o.o.zolotarev@donnasa.ru

Received 10 May 2023; accepted 23 May 2023.

**Abstract.** The article proposes an approach to presenting the operating conditions of a car in the form of variational series in terms of speed and required power, which form a joint characteristic. This allows you to divide the load-speed range of power plant operation modes into groups and rank them according to the total duration of the movement process. Such a uniform representation in the future will make it possible to simplify and develop a universal methodology for the integrated optimization of the regime and design parameters of motor vehicle power plants, depending on their purpose and operating conditions. The proposed approach is due to the relative complexity of the power plants of modern cars and the presence of many independent control parameters for the corresponding units. The need for the optimization under consideration is determined by the systematic tightening of environmental standards for emissions of harmful substances into the atmosphere, as well as the desire to reduce operating costs. As an example, the paper presents the results for a car of category  $N_1$  under the conditions of a standardized NEDC driving cycle. Using the Mathcad computer algebra system as an example, a simple algorithm is proposed for converting the studied dependencies into variational series with given parameters. The results obtained in the study can be used both for analysis, incl. comparative, actual modes of movement of cars, including driving cycles, and for solving problems of synthesis of advanced power plants, as well as algorithms for their control based on complex multi-parameter optimization, taking into account sets of driving modes in operation.

**Keywords:** power plant, driving cycle, power balance, variation series, vehicle speed, driving time, algorithm, option, interval.

### Постановка проблеми

Множество известных методик многопараметрической оптимизации и рационального выбора режимных и конструкционных параметров автомобильных силовых установок основаны на

комплексном критерии эффективности, который среди прочих важных показателей учитывает режимы движения в условиях стандартизированных ездовых испытательных циклов (ЕЦ). Например, работы [1–3]. Однако стоит

принимать во внимание, что фактические режимы движения автотранспортных средств на различных маршрутах разных городов Мира могут в значительной степени отличаться от испытательных циклов в силу множества эксплуатационных факторов. Поэтому становится очевидным, что существует вполне обоснованная необходимость в проведении отдельных исследований этих фактических режимов движения. Для решения этой задачи может быть применено множество подходов, в том числе и на основании опытных исследований. Отдельного изучения при этом требует вопрос обработки и при необходимости усреднения полученных результатов. В настоящей работе на примере действующих ездовых циклов предложена и рассмотрена процедура обработки заданного закона движения автомобиля путем разложения в вариационный ряд.

### Цель статьи

Обосновать практическую значимость и предложить соответствующую методику для преобразования закона движения автомобиля и соответствующей зависимости механической мощности на двигателе, на примере стандартизированного ездового цикла, в вариационный ряд.

### Основной материал исследования

Современные стандартизированные испытательные ездовые циклы, например [1–3], а также фактические режимы движения автомобиля в конкретных дорожных условиях, полученные в ходе эксплуатационных испытаний, имеют сравнительно большую продолжительность в сочетании с достаточно сложными функциями изменения во времени кинематических параметров и силовых показателей выходного звена (двигателя) силовой установки. Например, ездовой цикл WLTC для автомобилей категорий  $N_1$  и  $M_1$  III класса энерговооруженности имеет продолжительность 1 180 с. Это в сочетании с наблюдаемой для перспективных автомобилей, в т. ч. с гибридными силовыми установками (СУ), тенденцией усложнения этих установок приводит к увеличению количества независимых параметров регулирования режимов работы агрегатов. Результатом является усложнение

вычислений разрабатываемых алгоритмов для рационального выбора режимных и конструктивных параметров таких СУ на основе действительных параметров движения. Например, для автомобиля Toyota Prius в условиях фрагмента ECE–15 ездового цикла UDC подобная задача при ее решении методом прямого перебора требует  $10^{391}$  итераций при точности 0,01. Таким образом, ранжированием различных участков диапазона нагрузочно-скоростного режима выходного звена СУ на основе вариационных рядов по суммарному времени движения на этих режимах становится возможным с некоторой дискретностью в значительной степени сократить количество опорных (расчётных) точек в ходе последующей процедуры оптимизированного выбора режимных и отдельных конструктивных параметров автомобильных силовых установок.

В общем случае, нагрузочно-скоростной режим выходного звена (двигателя) силовой установки (СУ) автомобиля определяется тремя величинами: крутящим моментом на ведущем колесе  $M_k$ , его частотой вращения  $\omega_k$  и угловым ускорением  $\varepsilon_k$  [1]. Эти величины, с одной стороны, определяются режимами работы агрегатов СУ, а с другой – условиями движения АТС.

Режимы работы агрегатов СУ главным образом обуславливаются первыми двумя величинами:  $M_k$  и  $\omega_k$  [1]. Для процесса движения автомобиля с ненулевой скоростью при отсутствии пробуксовки ведущих колёс вместо  $M_k$  и  $\omega_k$  могут эквивалентно быть приняты механическая мощность на ведущих колесах  $N_k$  и скорость движения автомобиля  $V$ . Одним из способов определения  $N_k$  является ее вычисление на основании уравнения мощностного баланса (1) – в качестве суммы мощностей, необходимых для преодоления трех сил: сопротивления дороги, воздушной среды и инерции.

$$N_k = N_d + N_B + N_{II}, \quad (1)$$

Уравнение (1) как функции от времени движения по ЕЦ имеет вид:

$$N_k = f(t) = m_a \cdot g \cdot \psi_V \cdot V(t) + W \cdot V(t)^3 + m_a \cdot j(t) \cdot V(t) + j(t) \cdot J_{IIK} / r_K^2, \quad (2)$$

где  $m_a$  – масса АТС;

$\psi_V$  – коэффициент сопротивления движению;

$W$  – фактор обтекаемости кузова автомобиля;

$J_{ПК}$  – приведенный к ведущему колесу момент инерции маховых масс автомобиля;

$r_k$  – кинематический радиус ведущего колеса.

В качестве условий движения АТС в настоящей статье рассматриваются режимные условия эксплуатации, которые могут быть представлены либо в виде ездового цикла, либо в виде фактического набора режимов движения на конкретном маршруте (маршрутах) с различной степенью усреднения [4–6].

Ездовым циклом (ЕЦ) является установленная соответствующим государственным или международным нормативным документом определенная последовательность режимов движения автотранспортного средства (АТС), применяемая при определении в относительно равных (среднеэксплуатационных) условиях, топливно-экономических эксплуатационных свойств АТС и его экологических качеств. Разрабатываются ЕЦ на основании статистического исследования действительных режимов движения автомобилей отдельных категорий и клас-

сов в городских и магистральных условиях различных регионов мира. Например, Новый европейский ездовой цикл (NEDC), который применяется для официального утверждения АТС категорий  $N_1$  и  $M_1$  [5]), рисунок 1, представляет собой зависимость поступательной скорости автомобиля от времени движения  $V=f(t)$ .

Зависимость требуемой для движения в условиях данного ЕЦ механической мощности на ведущих колесах АТС, рассчитанная на основе (2) для выбранного в качестве примера автомобиля «ГАЗель Next», показана на рисунке 2. Отрицательные значения определяются работой двигателя в режиме принудительного холостого хода и торможения.

Вариационным рядом является ранжированный ряд распределения по величине какого-либо признака объекта или процесса [7, 8]. При этом признак носит название варьирующего, а его отдельные числовые значения называются вариантами. Число, показывающее, сколько раз данный вариант встречается в вариационном ряду, называется частотой [9, 10].

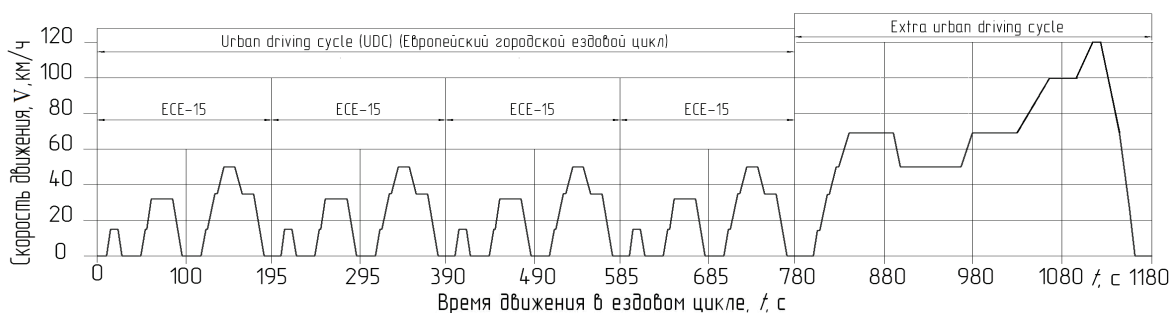


Рисунок 1 – Ездовой цикл NEDC (вариант для АТС с энерговооруженностью более 30 Вт/кг).

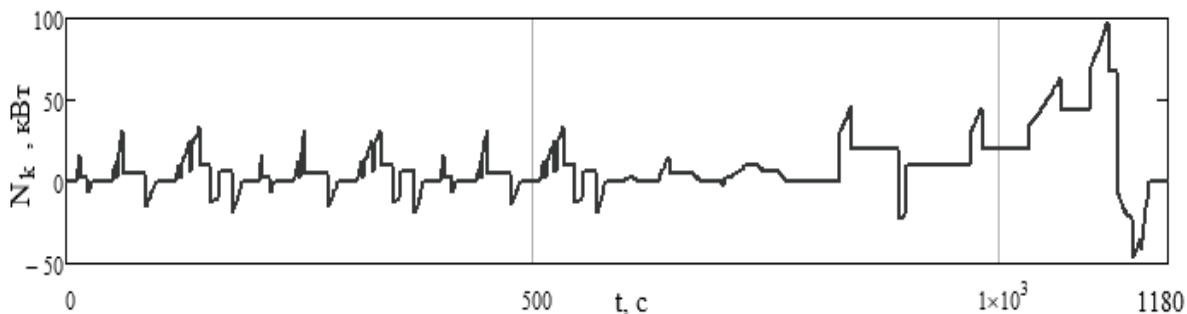


Рисунок 2 – Функция требуемой для движения в условиях ездового цикла NEDC мощности на ведущих колесах автомобиля «ГАЗель Next».

В примере с рассматриваемыми в статье функциями  $N_k = f(t)$  и  $V = f(t)$ , которые совместно определяют нагрузочно-скоростной режим выходного звена СУ, признаками будут являться мощность  $N_k$  и скорость движения  $V$ , а их отдельные числовые значения – вариантами; частотами  $t$  будет являться накопленное время движения, соответствующее определенной вариан-те.

В соответствии с эмпирическим правилом оптимального количества интервалов, на кото-рые разбивается наблюдаемый диапазон измене-ния случайной величины при построении ги-стограммы плотности её распределения, количе-ство интервалов определяется как [11, 12]:

$$n = 1 + 3,322 \cdot \lg N, \quad (3)$$

где  $n$  – количество интервалов, на которые реко-мендуется разбивать вариационный ряд,

$N$  – накопленное значение частот всего вари-ационного ряда (для рассматриваемых в ра-боте ЕЦ параметру  $N$  будет соответствовать общее время ЕЦ:  $N = 180$  с для NEDC).

С учетом (3),  $n$  для NEDC составляет 11,2. При округлении в большую сторону возможно принять  $n = 12$ . Размах вариации  $R$  для функ-ции  $V = f(t)$  равен максимальной скорости движения в ЕЦ:  $R = 120$  км/ч, а для функции  $N_k = f(t)$   $R = |-50| + 100 = 150$  кВт. При этом длина каждого интервала вариационного ряда составляет:

- для функции  $V = f(t)$ :  $h_v = R/n = 120/12 = 10$  км/ч;
- для функции  $N_k = f(t)$ :  $h_N = R/n = 150/12 = 12,5$  кВт.

Учитывая достаточно большой массив исходных данных (опорных точек) зависимостей  $V = f(t)$  и  $N_k = f(t)$ , преобразованных в дискретные с ша-гами  $h_v$  и  $h_N$ , рационально выполнять построение вариационного ряда с помощью специальных вычислительных алгоритмов. В настоящей рабо-те для этой цели применена система компьютерной

алгебры Mathcad. Разработанный простейший алгоритм для создания на основе функций  $V = f(t)$  и  $N_k = f(t)$  вариационного ряда приведен на рисунке 3.

Приведенный на рисунке 3 алгоритм состоит из пяти-ти строк и основан на итерационном цикле «for». Тело этого цикла (строки № 3 и № 4) выполняется последовательно для каждого зна-чения переменной цикла «i», в качестве которой принята последовательность значений времени движения в ЕЦ (согласно соответствующей опе-рационной карте). В программу введены непрерыв-ные функции скорости движения в ЕЦ  $V = f(t)$  (составлена на основании соответствующей опе-рационной карты с помощью аппроксимации) и требуемой мощности на движителе  $N_k = f(t)$ ; дан-ные функции находятся в строке № 3 в виде « $V(i)$ » и « $N_k(i)$ ».

Алгоритм позволяет определить значение параметра вывода «z», в качестве которого при-нято значение частоты  $t$  (суммарного времени) вариационного ряда, соответствующее сочета-нию двух аргументов: определенному интервалу скоростей движения АТС и интервалу мощ-ностей на движителе. Таким образом, аргумен-тами « $Nt$ » и « $v$ » итерационного цикла являе-ются дискретные последовательности точек на-чала интервалов скоростей движения АТС и мощностей на движителе:  $Nt = (-50, hN .. 150)$ ,  $v = (0, hv .. 120)$ .

Вариационный ряд  $t = f(Nt, v)$ , полученный на основе операционной карты ЕЦ и уравнения мощностного баланса АТС, позволяет оценить продолжительность движения АТС на конкрет-ном нагрузочно-скоростном режиме.

Результаты разложения функций  $N_k = f(t)$  и  $V = f(t)$  в вариационный ряд при количестве ин-тервалов  $h_N v$  и  $h_v$  приведены таблице, а соответ-ствующие графики на рисунок 4.

```

t(Nt, v) :=
| z ← 0
| for i ∈ 0, 1.. N
|   | z ← z + 1 if [Nt ≤ Nk(i) < (Nt + hN)] ∧ [v ≤ V(i) < (v + hv)]
|   | z ← z otherwise
| z
    
```

**Рисунок 3** – Листинг программы Mathcad для преобразования зависимостей  $N_k = f(t)$  и  $V = f(t)$  в вариационный ряд  $t = f(Nt, v)$ .

**Таблица.** Результаты разложения в вариационный ряд функций скорости и требуемой мощности на двигателе в условиях ездового цикла NEDC для АТС «ГАЗель Next»

Нижняя граница интервалов $N_i$ , кВт	Нижняя граница интервалов $V$ , км/ч												
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
-50	0	0	0	1	1	1	3	2	0	0	0	0	0
-37.5	0	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
-25	0	2	15	3	1	4	3	0	4	4	4	0	0
-12.5	31	27	6	9	15	0	0	0	0	0	1	3	0
0	348	78	12	173	11	117	0	0	0	0	0	0	0
12.5	0	15	20	13	0	0	100	0	0	0	0	0	0
25	0	0	3	6	18	12	0	4	0	0	0	0	0
37.5	0	0	0	0	0	0	12	9	9	0	30	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10	0	0	0
62.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	10	0
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0
87.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Проверка: сумма частот,  $N$  (общее время ЕЦ) = 1 180 с.

На основе полученных зависимостей можно сделать вывод, что для рассмотренного вариационного ряда распределение частот является ассиметричным – значительная часть общего времени цикла сопровождается отсутствием движения АТС (348 с при  $N_i = 0$  кВт и  $V = 0$  км/ч) либо его движением с минимальной скоростью и минимальной мощностью на двигателе. На втором месте по продолжительности (173 с) является нагрузочно-скоростной режим работы СУ при котором  $0 \text{ кВт} \leq N_i < 12,5 \text{ кВт}$  и  $30 \text{ км/ч} \leq V < 40 \text{ км/ч}$ . Также отмечаются и самые непродолжительные диапазоны режимов движения длительностью не более 1 с. При этом некоторые сочетания диапазонов  $N_i$  и  $V$  не встречаются (имеют нулевые значения частот).

Для комплексного анализа нагрузочно-скоростных режимов СУ автомобиля путем преобразования функций  $N_k = f(t)$  и  $V = f(t)$  в вариационные ряды могут быть рассчитаны и другие их характеристики: мода, медиана, дисперсия, коэффициент вариации, интерквартильный интервал и т. д.

Также следует отметить, что длина интервалов, а соответственно, и их количество, могут быть скорректированы в соответствии с конкретной прикладной задачей. На примере выполненного преобразования установлено, что при  $h_v < 5$  и  $h_N < 5$  вариационные ряды приобретают вид спектра, идентичного спектру шумов – этот факт, очевидно, уменьшает пользу от их дальнейшего практического применения.

### Вывод

Разработанный и изложенный в настоящей работе подход по анализу с позиции превалирования во времени нагрузочно-скоростных режимов работы автомобильной силовой установки предполагается для его дальнейшего применения с целью рационального (оптимального) выбора как режимных параметров её агрегатов (имеется ввиду разработка алгоритмов управления этими агрегатами), так и конструктивных параметров, включая решение задач комплексной многопараметрической оптимизации.

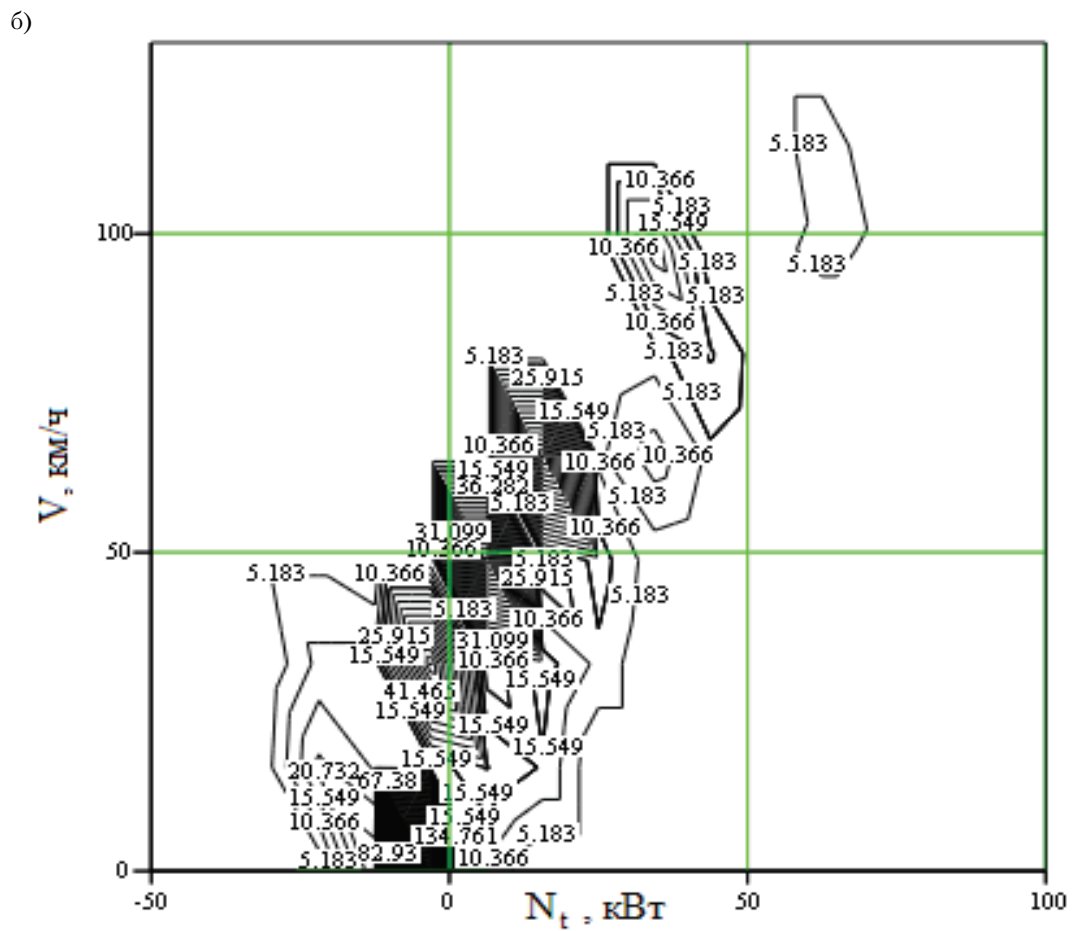
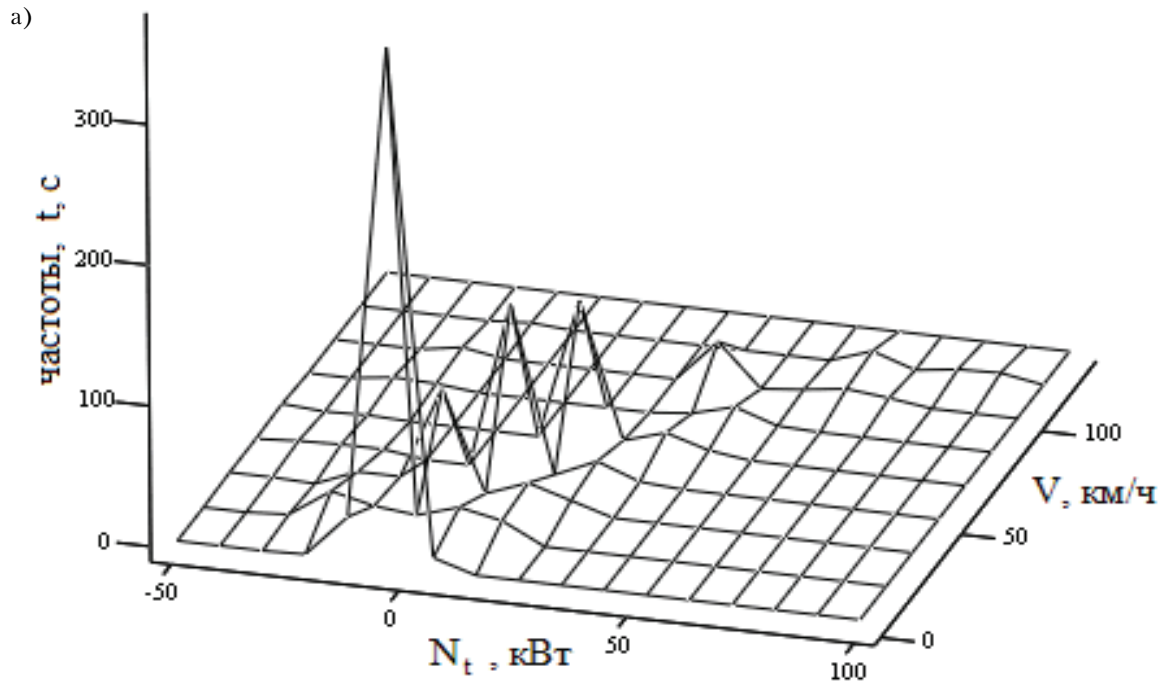


Рисунок 4 – Графическое изображение вариационного ряда в виде полигонов частот: а) в виде поверхности частот; б) в виде изолиний частот.

## Литература

1. United Nations Global Technical Regulation on Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures (WLTP) // United Nations Economic Commission for Europe (United Nations Economic and Social Council). : [сайт]. – 2018. – URL: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29registry/ECE-TRANS-180a15am4e.pdf>\* (дата обращения: 10.03.2022). – Текст : электронный.
2. Бахолдин, Д. А. Применение современных ездовых циклов для определения запаса хода электромобиля. – Текст : непосредственный / Д. А. Бахолдин, Н. И. Щуров, П. А. Бахолдин // Наука. Технологии. Инновации : сборник научных трудов, Новосибирск, 02–06 декабря 2019 года : в 9 частях. Часть 5 / под редакцией А. В. Гадукиной. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. – С. 219–223.
3. Зар, Н. Л. Анализ международных ездовых циклов автомобиля / Н. Л. Зар, К. В. Чижевский, В. Н. Сидоров. – Текст : электронный // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2020. – № 2–1(58). – С. 109–114. – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_42780848\\_69181649.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42780848_69181649.pdf) (дата обращения: 10.03.2022).
4. Литвинов, А. С. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств : учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / А. С. Литвинов, Я. Е. Фаробин. – Москва : Машиностроение, 1989. – 240 с. – Текст : непосредственный.
5. Сидоров, К. М. Энергетическая и топливная эффективность автомобилей с гибридной силовой установкой : специальность 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сидоров Кирилл Михайлович ; Московский государственный автомобильно-дорожный институт (технический университет). – Москва, 2010. – 24 с. – Текст : непосредственный.
6. Доровских, Д. В. Уточнение математической модели движения автомобиля по режимам европейского ездового цикла и определение режимов упрощенного испытательного цикла / Д. В. Доровских, Ю. Е. Глазков. – Текст : электронный // Техника и технология транспорта: научный Интернет-журнал. – 2018. – № 4(9). – С. 1–8. – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_36513253\\_46428964.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_36513253_46428964.pdf) (дата обращения: 10.03.2022). – EDN: YPFPNB.
7. Савенков, Н. В. Повышение топливной экономичности городских автобусов на основе исследования режимов движения на маршрутах / Н. В. Савенков, В. Г. Скрипкарь, Л. Э. Энтина. – Текст : непосредственный // Вестник Донецкого национального технического университета. – 2019. – № 3(17). – С. 34–41.

## References

1. United Nations Global Technical Regulation on Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures (WLTP) // United Nations Economic Commission for Europe (United Nations Economic and Social Council). – [website]. – 2018. – URL: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29registry/ECE-TRANS-180a15am4e.pdf>\* (date of access: 10.03.2022). – Text : electronic.
2. Bakholdin, D. A.; Shchurov, N. I.; Bakholdin, P. A. Application of modern driving cycles to determine the power reserve of an electric vehicle. – Text : direct // Science. Technologies. Innovations: collection of scientific papers, Novosibirsk, December 02–06, 2019: in 9 parts. Part 5 / edited by A. V. Gadyukina. – Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University, 2019. – S. 219–223. (in Russian)
3. Zar, N. L.; Chizhevsky, K. V.; Sidorov, V. N. Analysis of international driving cycles of a car. – Text : electronic // Actual scientific research in the modern world. – 2020. – № 2–1(58). – S. 109–114. – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_42780848\\_69181649.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42780848_69181649.pdf) (date of access: 03.10.2022). (in Russian)
4. Litvinov, A. S.; Farobin, Ya. E. Car: Theory of operational properties : a textbook for universities in the specialty «Automobiles and the automotive industry». – Moscow : Mashinostroenie, 1989. – 240 p. – Text : direct. (in Russian)
5. Sidorov, K. M. Energy and fuel efficiency of vehicles with a hybrid power plant: specialty 05.09.03 «Electrical complexes and systems»: abstract of the dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Sidorov Kirill Mikhailovich; Moscow State Automobile and Road Institute (Technical University). – Moscow, 2010. – 24 p. – Text : direct. (in Russian)
6. Dorovskikh, D. V.; Glazkov, Yu. E. Refinement of the mathematical model of vehicle movement according to the modes of the European driving cycle and determination of the modes of the simplified test cycle. – Text : electronic // Technique and technology of transport: scientific Internet journal. – 2018. – № 4(9). – P. 1–8. – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_36513253\\_46428964.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_36513253_46428964.pdf) (date of access: 03/10/2022). – EDN: YPFPNB. (in Russian)
7. Savenkov, N.V.; Skripkar, V. G.; Entina, L. E. Improving the fuel efficiency of urban buses based on the study of traffic modes on routes. – Text : direct // Bulletin of the Donetsk National Technical University. – 2019. – № 3(17). – P. 34–41. (in Russian)
8. Regulation № 101 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE): Uniform provisions concerning the approval of passenger cars equipped with an internal combustion engine with



8. Regulation № 101 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE): Uniform provisions concerning the approval of passenger cars equipped with an internal combustion engine with regard to the measurement of the emission of carbon dioxide and fuel consumption and of categories M1 and N1 vehicles equipped with an electric power train with regard to the measurement of electric energy consumption and range // United Nations Economic Commission for Europe (United Nations Economic and Social Council), : [сайт]. – 2004. – URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/12faf0c9-6266-4af2-97e4-6a67b5fbaf44> (дата обращения: 10.03.2022). – Текст : электронный.
9. Венецкий, И. Г. Вариационные ряды и их характеристики / И. Г. Венецкий. – Москва : Статистика, 1970. – 155 с. – Текст : непосредственный.
10. Бардасов, С. А. Определение оптимального числа групп интервального вариационного ряда / С. А. Бардасов. – Текст : непосредственный // Вестник Тюменского государственного университета. – 2005. – № 1. – С. 66–68.
11. Sturges, H. The choice of a class-interval / H. Sturges. – Текст : непосредственный // American Statistical Association. – 1926. – Volume 21, № 153. – P. 65–66.
12. Новиков, А. М. Методология / А. М. Новиков, Д. А. Новиков. – Москва : СИНТЕГ, 2007. – 668 с. – ISBN 978-5-89638-100-6. – Текст : непосредственный.
- regard to the measurement of the emission of carbon dioxide and fuel consumption and of categories M1 and N1 vehicles equipped with an electric power train with regard to the measurement of electric energy consumption and range // United Nations Economic Commission for Europe (United Nations Economic and Social Council). – [website]. – 2004. – URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/12faf0c9-6266-4af2-97e4-6a67b5fbaf44> (date of access: 10.03.2022). – Text : electronic.
9. Venetsky, I. G. Variational series and their characteristics. – Moscow : Statistics, 1970. – 155 p. – Text : direct. (in Russian)
10. Bardasov, S. A. Determination of the optimal number of groups of an interval variational series / S. A. Bardasov. – Text: direct // Bulletin of the Tyumen State University. – 2005. – № 1. - P. 66–68. (in Russian)
11. Sturges, H. The choice of a class-interval. – Text : direct // American Statistical Association. – 1926. – Volume 21, № 153. – P. 65–66.
12. Novikov, A. M.; Novikov D. A. Methodology. – Moscow : SINTEG, 2007. – 668 p. – ISBN 978-5-89638-100-6. – Text : direct. (in Russian)

**Горожанкин Сергей Андреевич** – доктор технических наук, профессор; профессор кафедры автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: автомобильный транспорт, силовые агрегаты, теплотехника, газовая динамика.

**Савенков Никита Владимирович** – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: топливная экономичность автомобилей на неустановившихся режимах движения.

**Золотарев Олег Олегович** – ассистент кафедры автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: силовые установки гибридных автомобилей.

**Горожанкін Сергій Андрійович** – доктор технічних наук, професор; професор кафедри автомобільного транспорту, сервісу та експлуатації ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: автомобільний транспорт, силові агрегати, теплотехніка, динаміка газів.

**Савенков Микита Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент; завідувач кафедри автомобільного транспорту, сервісу та експлуатації ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: паливна економічність автомобілів на несталіх режимах руху.

**Золотарьов Олег Олегович** – асистент кафедри автомобільного транспорту, сервісу та експлуатації ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: силові пристрої гібридних автомобілів.

**Gorozhankin Sergey** – Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of department Automobile transport, service and operation, FSBEI HE «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: Automobile transport, power units, ICE, gas dynamics.

**Savenkov Nikita** – Ph. D., Associate Professor, Head of department Automobile transport, service and operation, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: fuel efficiency of cars on transient driving modes.

**Zolotarev Oleg** – assistant of the department Automobile transport, service and operation, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: power units of the hybrid vehicles.