

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Э. М. ДИЛАНЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕЗДОВОГО ЦИКЛА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ
 ПО ТЕОРИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Предназначенный для эксплуатации в городских условиях электро-мобиль (ЭМ), характеристики которого (энергоемкость источника энергии, развиваемые мощность и вращающий момент тягового двигателя, передаточное число коробки передач и др.) изменяются во времени в зависимости от режима движения, внешняя среда с большим числом случайно изменяющихся параметров и водитель, управляющий электро-мобилем, при их комплексном исследовании представляют собой сложную систему.

В настоящее время имеется значительное число исследований, посвященных транспортным задачам, которые выполнены с использованием теории сложных систем, однако отсутствуют рекомендации и нормы по проектированию электромобилей с учетом случайно изменяющихся параметров внешней среды.

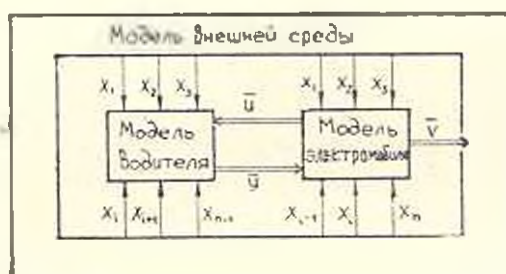


Рис. 1. Блок-схема системы «внешняя среда—водитель—электро-мобиль»

В проблемной лаборатории «Электропривод электро-мобилей» ЕРПН ведутся работы по комплексному решению указанной задачи теорией сложных систем. Блок-схема системы «внешняя среда—водитель—электро-мобиль» приведена на рис. 1.

Модель внешней среды характеризуется рядом параметров, меняющихся случайным образом или по заранее заданным законам. Такими параметрами являются: уклон, кривизна и качество покрытия дороги, расстояние между перекрестками, наличие дорожных знаков и их зна-

чение, светофоров на перекрестках, плотность потоков транспортных средств, наличие пешеходов и др.

Множество параметров внешней среды является проекцией вектора среды $\bar{X}$ в n -мерном пространстве:

$$\bar{X} = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n).$$

Рассмотрим на блок-схеме (рис. 1) процесс функционирования ЭМ во внешней среде. В процессе движения он воздействует на водителя вектором $\bar{U}(u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_n)$, являющимся исходной информацией о состоянии ЭМ для принятия управляющих действий в соответствии с ситуацией внешней среды. Вектор воздействия водителя $\bar{Y}(y_1, y_2, \dots, y_n)$ состоит из управляющих действий, принятых им для формирования необходимого состояния ЭМ. Вектор состояния ЭМ $\bar{V}(v_1, v_2, \dots, v_i)$ характеризует его в данный момент времени (например, скорость движения, ускорение, процесс поворота и т. п.).

Припавая, что водитель действует безошибочно, а ЭМ имеет возможность обеспечивать все требуемые скорости, можно утверждать, что допустимая безопасная скорость $V_{\max \text{ ЭМ}}$ определяется только дорожно-транспортной ситуацией. Предположим, что допустимая максимальная скорость, соответствующая параметру внешней среды x_i , равна $V_{\max i}$. Очевидно, что за безопасную максимальную скорость $V_{\max \text{ ЭМ}}$ в рассматриваемый момент времени следует выбрать минимальное значение из всех $V_{\max i}$:

$$V_{\max \text{ ЭМ}} t = t_i = \min V_{\max i} t = t_i.$$

Указанный „минимакс“ выбора $V_{\max \text{ ЭМ}} t = t_i$ по (1) является логикой модели водителя при вычислениях. Подробный анализ параметров и методика составления модели внешней среды на примере г. Еревана, а также модели водителя приведены в [2-5].

Методами системного анализа при совместном исследовании математических моделей внешней среды, водителя и ЭМ можно исследовать следующие задачи: определение ездового цикла; дальность пробега ЭМ; оценка энергетического состояния аккумуляторных батарей; выбор оптимальных параметров электрооборудования; технико-экономические исследования и др.

Для проектирования и выбора электрооборудования ЭМ одним из основных данных является ездовой цикл, который включает в себя совокупность установившихся и переходных режимов, и достаточно точно характеризует процесс движения электромобиля.

В конечном итоге ездовой цикл представляет собой вероятностный усредненный график движения транспортных средств в городе. На основании большого статистического материала, собранного путем натурных испытаний и изучения условий г. Еревана, по данным ГАИ и лите-

ратурных источников, были определены параметры моделей внешней среды, водителя и электромобиля, которые приводятся в [3, 4]. Путем имитации движения электромобиля на ЭВМ, из выделенных 22-х параметров внешней среды учитывались 11 параметров: x_1 — расстояние между перекрестками; x_2 — уклон дороги на длине 100 м (4,61); x_3 — кривизна дороги (1,96); x_4 — тип покрытия дороги (3,63); x_5 — состояние покрытия дороги в зависимости от климатических условий (3,63); x_6 — светофоры дорожные знаки: x_{61} — «въезд запрещен» (1,55); x_{62} — «движение запрещено» (1,55); x_{63} — «автомобильное движение запрещено» (1,55); x_7 — «ограничение скорости» (1,25); x_8 — «минимальная скорость» (1,25). Здесь в скобках указаны весовые коэффициенты параметров, полученные эвристической информацией на основе анализа опыта экспертов.

Имея вероятность распределения компонентов вектора внешней среды $\bar{X}$ и алгоритм имитации движения ЭМ, на ЭВМ «Минск-22» для каждого i -го такта движения получены значения скорости v_i . В пределах каждого такта (100 м пути) скорость движения ЭМ считалась постоянной. В результате вычисления на ЭВМ получен большой массив данных $v_i, \Delta t_i, a_i$ с числом членов, более 1000 (a_i — ускорение ЭМ).

Для сопоставления с ездовым циклом в форме трапеции, определенным НАМИ для проектирования ЭМ, был построен эквивалентный трапециевидный ездовой график ЭМ для г. Еревана. Для такого построения достаточно исследовать некоторую выборку из генеральной совокупности. Были выделены 10 выборок по 50 значений в каждой и для них вычислены средние значения ускорения (при разгоне) $a_1 = +0,56 \text{ м/с}^2$, замедления (при торможении) $a_2 = -1,32 \text{ м/с}^2$, продолжительности остановок $t_4 = 18 \text{ с}$, а для каждого цикла движения — пройденный путь $S_{\text{цикл}}$, средняя скорость $V_{\text{ср}}$, суммарные (для всех циклов) пройденный путь $\sum_{j=1}^m S_{\text{цикл}}$ и время движения $\sum_{j=1}^m t_{\text{цикл}}$. Средняя скорость ЭМ за время движения определена по формуле:

$$V_{\text{ср}} = \frac{\sum_{j=1}^m S_{\text{цикл}}}{\sum_{j=1}^m t_{\text{цикл}}}.$$

Полученная средняя скорость была принята, как скорость установившегося режима движения эквивалентного ездового цикла.

По полученным данным на рис. 2 сплошной линией построен график эквивалентного ездового цикла для г. Еревана. Там же пунктирной линией дан график ездового цикла НАМИ для одного участка на горизонтальном перегоне 1000 м, включающий разгон до скорости 55 км/ч с ускорением 0,83 м/с², установившееся движение с $V = 55 \text{ км/ч}$, торможение при среднем замедлении 1,5 м/с² и остановку на 20 с после каж-

дого участка. После каждых 15 км пробега предусмотрено преодоление 10%-го подъема на участке протяженностью в 500 м при скорости движения не ниже 20 км/ч.

Установившаяся скорость в ереванском цикле меньше, чем в цикле НАМИ, т. к. при этом в параметрах внешней среды учитывается уклон дороги α_2 , а в ездовом цикле НАМИ он учитывается только в последнем цикле.

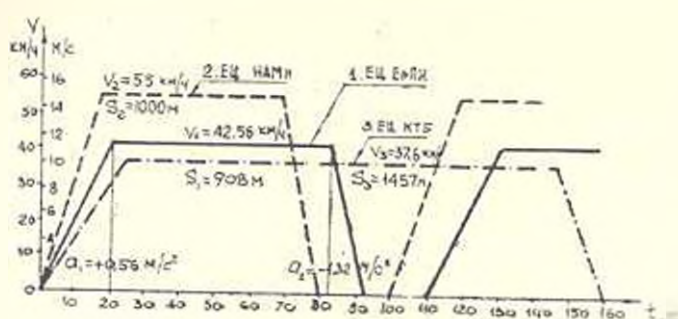


Рис. 2. Графики ездовых циклов.

Понятие и определение ездовых циклов возникли с целевым назначением исследовать проблемы загрязнения воздушных бассейнов городов и топливной экономичности автомобилей. Их анализ и сравнение (Европейский ЕЭК—ООН, федеральный цикл США, цикл штата Калифорния, ездовой цикл Японии и др.) показывают, что они существенно различаются друг от друга по форме и значениям максимальной и средней скоростей, ускорениям и другим параметрам.

На основании этого можно утверждать, что даже для одного и того же города графики ездовых циклов, полученные разными методами, не будут идентичными, особенно по форме.

Однако, имеются некоторые основные параметры цикла, которые с достаточной точностью могут оценить достоверность полученных результатов. К ним относятся: средняя скорость установившегося движения $V_{\text{ср}}$; пройденный путь за цикл $S_{\text{ци}}$ и, в меньшей степени, среднее ускорение $a_{\text{ср}}$ и максимальная скорость V_{max} .

Определив из ездового цикла, полученного КТБ Минавтоотдела Арм.ССР для г. Еревана (рис. 3) [6], среднюю скорость участков с установившимся движением и среднее ускорение при разгоне и торможении, проинтегрировав кривые $V = F(t)$ двух циклов и определив средний пройденный путь, построен эквивалентный график ездового цикла г. Еревана для автомобилей (рис. 2, таблица 3). С целью сравнения в таблице приведены параметры ездовых циклов, определенные ЕРПН, КТБ и НАМИ.

Анализ кривых рис. 2 и данных таблицы показывает, что ездовой цикл, полученный по теории сложных систем в ЕРПН, можно считать вполне удовлетворительным. Существенная разница между пробегами по ездовым циклам ЕРПН и КТБ не может служить критерием при оцен-

ке точности метода ЕрПИ, жбо несколько сомнительна реальность расстояния безостановочного движения (1883 м) в условиях г. Еревана, полученного для второго цикла на графике рис. 3.

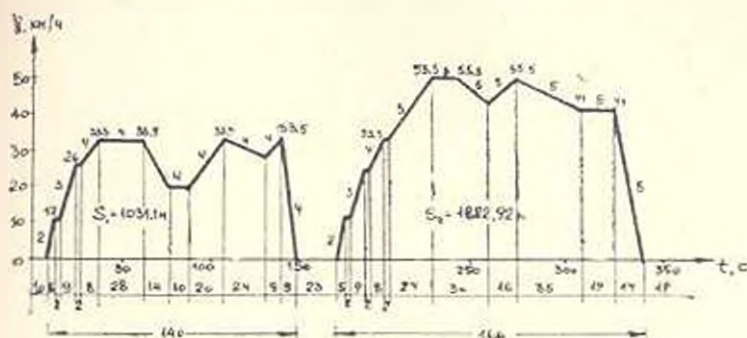


Рис. 3. Автомобильный ездовой цикл для Еревана, определенный КТБ Министрства транспорта АрмССР

Таблица

Ориентация	$V_{ср.}, км/ч$	$S, м$	$+a_1, м/с^2$ (разгон)	$-a_2, м/с^2$ (тормож.)	$V_{max}, км/ч$
ЕрПИ	42,56	908	0,56	1,32	60
КТБ	37,6	1457	0,4	0,92	55
НАМИ	55	1000	0,63	1,5	60

ЕрПИ им. К. Маркса

16.11.1981

Է. Մ. ԿԵԼԱՆՅԱՆ

ՔԱՐԻ ՀԱՐԱԿԱՐԳԵՐԻ ՏԵՍՈՒԹՅԱՄԲ ԷԼԵԿՏՐԱԴՐՈՒՄԻ ԵՐԹԱՅԻՆ ԶԻԿԼԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Արտադրին միջավայրի, վարորդի և էլեկտրամոբիլի համար կազմված մաթեմատիկական մոդելների հիման վրա որոշված է երթույին ցիկլը երևան քաղաքի համար, որը համեմատված է ՀՍՀՄ տնտեսական արտադրության միջին չափի կողմից որոշված ավտոմոբիլային երթույին ցիկլի և ՆԱՄԻ-ի էլեկտրամոբիլի երթույին ցիկլի հետ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бисленко Н. П., Колашников В. В., Ковальско Н. П. Механика сложных систем.— М.: Советское радио, 1973.— 439 с.
2. Диланян Э. М., Налчиджян Т. А. Разработка, изготовление и исследование комбинированной системы питания макетного образца электромобиля.— Ереван, 1973.— 65 с. (Препринт/Отчет НИР ЕрПИ: № 387).

3. Диланян Э. М., Налчаджян Т. А. Разработка, изготовление и исследование электрооборудования макетных образцов автомобилей.— Ереван, 1974.— 175 с. (Препринт/Отчет НИИР ЕрПИ: № Г.Р. 72047013).
4. Диланян Э. М., Налчаджян Т. А. Разработка и создание макетного образца автомобиля с одноцилиндровым бензиновым электромотором. Исследования модели «автомобиль-орел».— Ереван, 1975.— 97 с. (Препринт/Отчет НИИР ЕрПИ: № Г.Р. 72047013).
5. Диланян Э. М., Дурсарян К. С. Создание электротехнического оборудования.— Ереван, 1981.— 101 с. (Препринт/Отчет НИИР ЕрПИ: № Г.Р. 81015127).
6. Исследование влияния параметров ездового цикла на выброс токсичных компонентов с обработанными газами и топливную экономичность.— Ереван, 1974.— 22 с. (Препринт/Научный отчет по теме № 2-72 КТБ Машинотроения АрмССР).