

УДК 629.332

А.А. ДЮЖЕВ, канд. техн. наук

ОАО «АМКОДОР» — управляющая компания холдинга», г. Минск, Республика Беларусь

С.В. ХАРИТОНЧИК, д-р техн. наук

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

А.Г. ВЫГОННЫЙ, канд. техн. наук; Р.Э. ШЕЙБАК

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск

М.М. ДЕЧКО, канд. техн. наук

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ И ОДНОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ДВИГАТЕЛЯ И ТРАНСМИССИИ МАГИСТРАЛЬНОГО АВТОПОЕЗДА

С помощью разработанных комплексов проведен сравнительный анализ результатов многокритериальной и однокритериальной оптимизаций. Показано, что для рассматриваемого автопоезда многокритериальная задача может быть заменена однокритериальной по критериям удельной производительности, средней скорости движения и расходу топлива.

Ключевые слова: автопоезд, двигатель, трансмиссия, оптимизация, параметры, критерии, ограничения, удельная производительность, топливная экономичность

Введение. В настоящее время активно применяются методы оптимизации параметров двигателя и трансмиссии автомобилей. При этом используется как многокритериальная [1, 2, 3, 4] так и однокритериальная [5, 6] оптимизации. Как правило, многокритериальная оптимизация сводится различными методами к однокритериальной оптимизации [6, 7]. В работе [1] для оптимизации параметров трансмиссии используется векторная функция, включающая регрессионные зависимости показателей автомобиля от передаточных чисел коробки передач и главной передачи. В результате оптимизации получают Парето-решения, на основе которых методами уступок выбираются рациональные передаточные числа.

В данной работе рассматривается задача сравнительного анализа многокритериальной и однокритериальной оптимизаций параметров двигателя и трансмиссии магистральных автопоездов на основе моделирования движения автомобилей по дороге с заданными макропрофилем и дорожной обстановкой.

В качестве объекта исследований выбран перспективный автопоезд, разрабатываемый Минским автомобильным заводом и ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси».

Этот автопоезд имеет длину 25,25 м и соответствует одной из комплектации европейской модульной системы (EMS). Автопоезд состоит из бортового автомобиля с колесной формулой 6 × 4, подкатной двуосной тележки с управляемой осью и трехосного полуприцепа. Полная масса автопоезда согласно техническому заданию составляет 62 600 кг.

Выбор параметров двигателя и трансмиссии для оптимизации тягово-скоростных и топливно-экономических свойств. Используя внешние скоростные

характеристики (ВСХ) семейства двигателей экологического класса Euro 6 (рисунок 1), была произведена аппроксимация кривых ВСХ в пакете MATLAB и получены эмпирические формулы.

Кривая изменения крутящего момента состоит из трех участков:

- 1) на участке от 1000 мин⁻¹ до частоты вращения коленчатого вала ДВС n_M , соответствующей началу падения крутящего момента, крутящий момент постоянен и равен максимальному крутящему моменту при полной подаче топлива M_{max} ;
- 2) на участке от n_M до 1800 мин⁻¹ крутящий момент описывается формулами (1–3)

$$M(n) = M_2 + (1,8159 \cdot 10^{-7} \cdot n_2^2 - 8,9476 \cdot 10^{-4} \cdot n_2 + 1,4897 - 511,41/n_2) \cdot 9550, \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad (1)$$

$$M_2 = M_{max} - 2400, \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad (2)$$

$$n_2 = n - (n_M - 1200), \text{ мин}^{-1}, \quad (3)$$

где $M(n)$ — зависимость крутящего момента по ВСХ от частоты вращения коленчатого вала n ДВС;

- 3) на участке от 1800 до 2000 мин⁻¹ характеристики $M(n)$ выделим точки $A(n_p; M_p)$, $B(n_2; M_2)$. Тогда в интервале от n_p до n_2 зависимость может быть описана $M(n) = M_p + (n - n_p) \cdot (M_{II} - M_p) / (n_{II} - n_p)$ (рисунок 2).

Выражение $(M_{II} - M_p) / (n_{II} - n_p) = k = -1,5$ (Н·м/мин⁻¹). Поскольку ДВС при штатном использовании практически не работает на этом участке ВСХ, упрощено считаем, что в интервале от n_{II} до 2000 мин⁻¹ угловой коэффициент прямой, характеризующий интенсивность изменения M в зависимости от n в данном диапазоне частот постоянен и равен k .

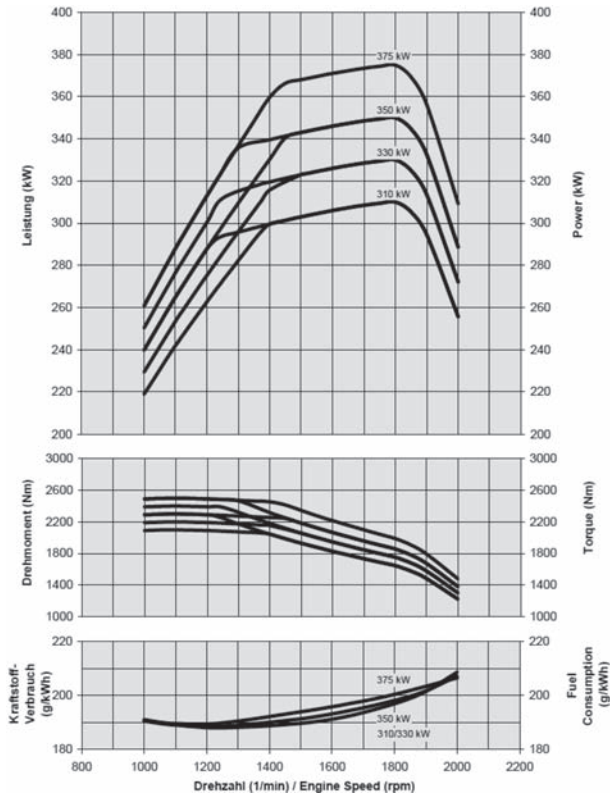


Рисунок 1 — ВСХ семейства двигателей мощностью 310–375 кВт

Кривая изменения удельного расхода топлива в зависимости от крутящего момента при максимальной мощности M_p по ВСХ описывается формулами [8, с. 41]:

$$g(n) = g_{ep} \cdot k_E(n), \quad (4)$$

$$g_{ep}(M_p) = 1,8819 \cdot 10^{-5} \cdot M_p^2 - 0,054438 \cdot M_p + 234,53, \text{ г/(кВт}\cdot\text{ч)}, \quad (5)$$

где $k_E(n)$ — коэффициент, зависящий от степени использования частоты вращения двигателя:

$$k_E(n) = 1,0258 + 0,0779 \cdot E - 0,6142 \cdot E^2 + 0,5116 \cdot E^3, \quad (6)$$

где $E = n/1800$.

Таким образом, для определения характеристики ДВС достаточно задаться параметрами M_{\max} и n_M и включить их в перечень оптимизируемых параметров.

Распределение передаточных чисел 16-ступенчатой коробки передач принимаем в соответ-

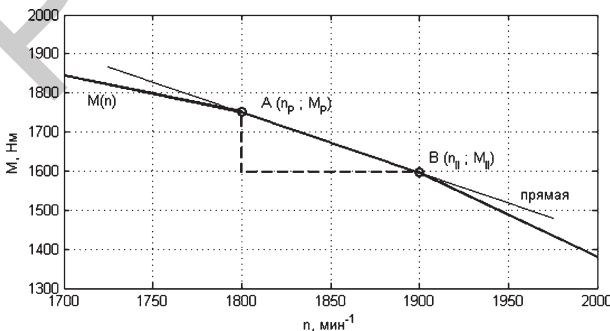


Рисунок 2 — Изменение крутящего момента на третьем участке ВСХ

ствии с геометрическим законом [9, с. 75] в зависимости от передаточного числа первой передачи u_{kp1} . При этом прямая передача соответствует 15-ой передаче. Передаточное число первой передачи u_{kp1} и передаточное число ведущего моста u_0 также включены в перечень оптимизируемых параметров.

Границы диапазонов изменения параметров оптимизации выбраны с учетом анализа существующих конструкций (таблица 1).

Выбор показателей, ограничений и критериев для оптимизации. В стандартах и литературе используются следующие показатели для оценки тягово-скоростных и топливно-экономических свойств магистральных автопоездов:

- максимальная скорость движения автопоезда на горизонтальном участке с сухим, твердым и ровным покрытием, V_{\max} , км/ч [10, с. 2];
- максимальная скорость при установившемся движении автопоезда на 3 % подъеме, V_3 , км/ч [10, с. 3];
- средняя скорость движения на маршруте, V_m , км/ч [2, с. 50];
- средний расход топлива на маршруте, Q_m , л/100 км [2, с. 56];
- удельная производительность на маршруте, ω , 100-т (км²/ч)/л [2, с. 67]

$$\omega = m_n V_{cp} / Q_s, \quad (7)$$

где m_n — масса полезного груза, т; V_{cp} — средняя скорость движения, км/ч; Q_s — средний расход топлива на маршруте, л/100 км;

- количество переключений передач на маршруте моделирования, kol ;
- расход топлива на установившейся скорости в 80 км/ч, Q_{80} , л/100 км [11, с. 8];
- время разгона на пути 400 м, t_{400} , с [12, с. 8];
- время разгона на пути 1000 м, t_{1000} , с [12, с. 8];
- время разгона до скорости 60 км/ч, t_{60} , с [12, с. 9];
- время разгона до скорости 80 км/ч, t_{80} , с [12, с. 9];
- условная максимальная скорость, $V_{\text{умax}}$, км/ч [8, с. 37], [2, с. 49];

Таблица 1 — Оптимизируемые параметры

№ п/п	Наименование	Обозначение	Диапазон
1	Максимальный крутящий момент двигателя, Н·м	M_{\max}	$2000 \leq M_{\max} \leq 3200$
2	Частота вращения коленчатого вала, соответствующая началу падения крутящего момента, мин ⁻¹	n_M	$1300 \leq n_M \leq 1600$
3	Передаточное число первой передачи	u_{kp1}	$13 \leq u_{kp1} \leq 19$
4	Передаточное число ведущего моста	u_0	$2 \leq u_0 \leq 4$

- максимальный преодолеваемый подъем на высшей передаче КП, α_{16} , %;
 - максимальный преодолеваемый подъем [10, с. 2] (обеспечивается сцепным весом автопоезда для всего принятого диапазона оптимизируемых параметров из таблицы 1).

В качестве ограничений показателей выбираем те нормируемые показатели, численное значение которых строго оговорено стандартами. Важным условием движения автопоезда является отсутствие буксования ведущих колес на третьей передаче. Практика показывает, что первые передачи магистральные автопоезда используют при неполной загрузке двигателя (по крутящему моменту), когда требуется движение с небольшими скоростями, а не для обеспечения большого тягового усилия. Поэтому вводим дополнительное ограничение *Slip*, контролирующее отсутствие буксования на третьей передаче. Значение *Slip* = 1 означает, что наблюдается буксование на третьей передаче, значение 0, говорит об отсутствии буксования на третьей передаче. В таблице 2 представлены введенные ограничения.

Ограничение по показателю V_3 может быть увеличено, чтобы автопоезд не сдерживал поток движения на магистральных дорогах, имеющих уклоны 3 %. В частности, в работе [13] рекомендуется V_3 увеличивать до 60 км/ч.

В качестве критериев оптимизации принимаем: Q_m , V_m , kol , ω .

Разработка математических моделей для определения показателя автопоезда. Для определения показателей V_m , Q_m , ω и kol использовалась программа Минского автомобильного завода для моделирования движения автотранспортных средств с учетом дорожной обстановки и работы двигателя на частичных нагрузках (PMD)[14].

Остальные показатели были определены с помощью программы VDaPMD, разработанной в среде MATLAB с использованием существующих методов [8].

Для моделирования движения автопоезда использовался комплексный маршрут, характеристики участков которых приведены в таблице 4.

Продольный профиль заданной дороги аппроксимирован кусочно-линейной функцией, координа-

ты (X , Y) которой заданы. Пример отрезка продольного профиля для участка Заславль — Радошковичи — Заславль (таблица 3) приведен на рисунке 3.

Автопоезд с заданными конструкционными параметрами движется от начальной до конечной точки дороги, все время развивает максимально возможную скорость. При этом накладываются ограничения, приведенные в работе [15, с. 78].

Для решения поставленной многокритериальной задачи оптимизации параметров автопоезда в качестве программы-оптимизатора использовалась программа IOSO NM (Indirect Optimization on the base of Self-Organization) [16] согласно соглашению о научно-техническом сотрудничестве с компанией «Ирион». Преимуществом IOSO NM является автоматический выбор алгоритма оптимизации исходя из специфики конкретной задачи, что обеспечивает ускорение расчета. Процесс оптимизации, осуществляемый IOSO NM, приведен на рисунке 4. IOSO NM позволяет определить множество Парето-оптимальных решений, вводя и изменяя самостоятельно входные переменные (параметры) в заданном пользователем диапазоне, анализирует изменения полученных расчетных критериев Y_{pi} , сравнивает их с требуемыми значениями Y_{Ti} , и принимает решение об увеличении либо уменьшении тех или иных параметров из заданного диапазона. При получении с заданной точностью расчета \min или \max критерия (например, для средней скорости на маршруте определяется \max , а для расхода топлива — \min) найденное решение считается оптимальным.

Результаты многокритериальной оптимизации параметров двигателя и трансмиссии. На первоначальном этапе в качестве критериев оптимизации были приняты критерии: V_3 , V_m , Q_m , kol , а в качестве ограничений: $V_{\max} \geq 100$ км/ч, $V_3 \geq 35$ км/ч, $Slip = 0$.

Оптимизатор IOSO NM произвел 1500 итерации и определил 100 оптимальных Парето-решений для параметров, критериев и показателей. Для примера в таблице 4 приведены значения параметров, критериев и показателей для 10 Парето-решений. В таблице 4 удельная производительность ω определена по данным V_m и Q_m .

Анализ парных корреляции критериев и показателей выявил высокую корреляционную зависимость между многими из них. Так, например, коэффициент корреляции между средним расходом топлива Q_m и средней скоростью V_m равен 0,927, между V_3 и Q_m — 0,979. Взаимозависимость ряда критериев является предпосылкой к их сокращению.

Для оценки влияния оптимальных параметров на изменение критериев и показателей, определены коэффициенты чувствительности по формуле (8) и результаты отображены на рисунке 5:

$$k_{ч} = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{X_{\max}} \cdot 100\%, \quad (8)$$

где X_{\max} , X_{\min} — минимальное и максимальное значение выборки X .

Таблица 2 — Ограничения

№ п/п	Наименование	Обозначение	Необходимое значение
1	Максимальная скорость на горизонтальной дороге, км/ч	V_{\max}	$V_{\max} \geq 100$
2	Максимальная скорость на 3 % подъеме, км/ч	V_3	$V_3 \geq 35$
3	Отсутствие буксования на третьей передаче	<i>Slip</i>	<i>Slip</i> = 0

Таблица 3 — Участки, составляющие комплексный типовой маршрут для магистральных автомобилей

№ участка	Наименование участка маршрута	Продольный профиль					Ограничение скорости на маршруте, км/ч	Длина, м
		Краткая характеристика	Уклоны, %	Мат. ожидание	Дисперсия	Ср. кв. отклонение		
1	Пересечение автодорог «Минск — аэропорт «Минск-2» и М1 — Раубичи — Логойск* (без участка «Курган Славы — пересечение с дорогой А245»)	холмистый	до 4	-0,03	2,428	1,56	80	76820
2	Курган Славы — пересечение с дорогой А245*	холмистый	до 3,5	-0,07	2,991	1,73	75	28540
3	Заславль — Радошковичи*	холмистый	до 4	-0,01	3,120	1,77	70	42580
4	Скоростная дорога НИЦИАМТ*	холмистый	до 4	0,05	3,636	1,91	90	28000
5	Брухзаль — Грэфенхаузен	равнинный	без заслуживающих внимания водителей уклонов**	0,03	1,186	1,09	85	95333
6	Грэфенхаузен — Вендерсхаузен (Вerratаль)	холмистый, гористый	до 8**	-0,09	4,664	2,16	85	204501
7	Крупки — Минск	равнинный, слабохолмистый	до 3	-0,02	0,679	0,82	70	64500
8	Хаунеталь (Фулда) — Вюрцбург	холмистый, гористый	до 8-9,5**	-0,06	7,231	2,69	65	128000
	Весь маршрут	от равнинного до гористого		-0,04	3,807	1,95	65-90	668274

Примечания: 1. *Во встречных направлениях; 2. ** Согласно зарубежной информации

Из рисунка 5 видно, что наиболее чувствительным является α_{16} (максимальный преодолеваемый подъем на высшей передаче), а наименее чувстви-

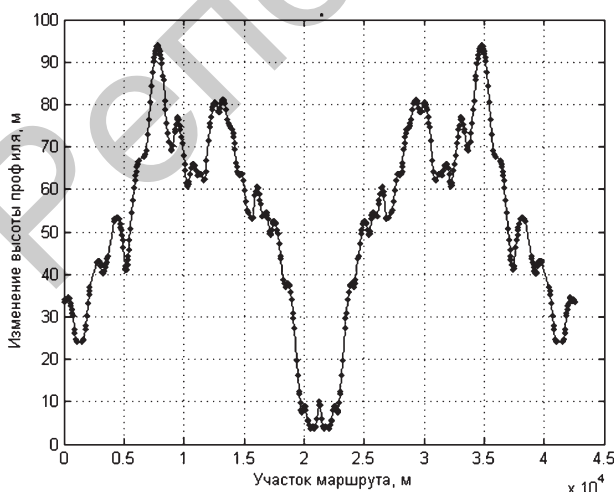


Рисунок 3 — Продольный профиль участка маршрута «Заславль — Радошковичи — Заславль»

тельным — средняя скорость движения V_m по маршруту моделирования.

Высокая чувствительность параметра α_{16} обосновывается большим влиянием параметров двигателя и трансмиссии.

Небольшой разброс V_m связан с тем, что скорость движения ограничивается в большей степени скоростными ограничениями на дороге, чем параметрами двигателя и трансмиссии (в заданных диапазонах их изменения).

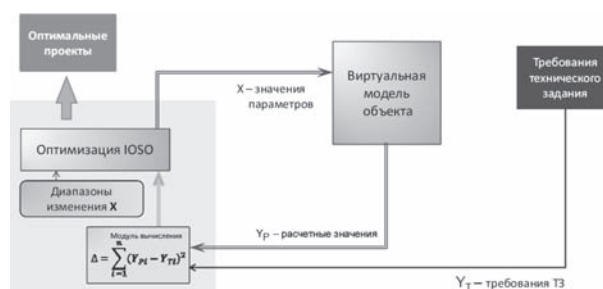


Рисунок 4 — Процесс оптимизации, осуществляемый IOSO NM

Таблица 4 — Результаты оптимизации

№	Показатели										Критерии								
	P_{max}	M_{max}	n_M	u_{kpl}	u_0	V_{max}	α_{16}	t_{400}	t_{1000}	t_{60}	t_{80}	$V_{y_{max}}$	Q_{80}	Slip	V_3	ω	V_m	Q_m	kol
1	561,8	3200	1599,8	13,378	2	154,8	0,675	40,1	71,9	43	78,3	91,6	43,3	0	77,3	43,69	72,45	67,15	229
2	561,9	3200	1600	13,535	2,047	157,1	0,736	40,4	72,1	42,4	77,4	92,5	43,4	0	77,2	44,03	72,66	66,84	351
3	561,9	3200	1600	13,466	2,049	157,2	0,74	40,3	72,1	42,4	77,3	92,5	43,4	0	77,2	43,95	72,64	66,93	294
4	561,9	3200	1600	15,72	2,02	154,6	0,671	41	73,1	46,5	77,7	92	43,4	0	77,1	43,69	72,53	67,25	203
5	561,0	3195,5	1599,9	13,174	2,077	159,1	0,779	40,3	72,1	42,2	76,7	92,6	43,4	0	77,1	44,09	72,59	66,69	319
6	561,7	3199,6	1599,8	15,722	2,033	155,3	0,688	41,1	73,1	46,6	77,3	92,1	43,4	0	77,1	43,76	72,56	67,15	255
7	561,7	3200	1599,2	15,746	2,036	155,4	0,692	41,1	73,1	46,7	77,2	92,1	43,4	0	77	44,07	72,7	66,81	337
8	556,6	3173,3	1600	15,399	2,039	154,9	0,687	41,1	73,2	46,8	77,9	91,8	43,1	0	76,5	44,29	72,59	66,38	349
9	552,7	3200	1561,6	16,396	2	153,3	0,636	40,6	72,2	45,1	73,9	93,7	42,9	0	76,1	44,16	72,56	66,55	205
10	560,0	3200	1592,3	15,277	2,305	161,9	1,034	41,6	73,4	44,6	79,8	88	42,3	0	75,6	44,15	72,57	66,58	276

Таблица 5 — Однокритериальная оптимизация по критериям $V_m, Q_m, kol, \omega, V_3, Q_{80}$ на максимум и минимум

Критерий оптимизация на:	M_{max}	n_M	u_{kpl}	u_0	V_3	V_{max}	α_{16}	t_{400}	t_{1000}	t_{60}	t_{80}	$V_{y_{max}}$	Q_{80}	Slip	ω	V_m	Q_m	kol
V_m	максимум	3194	1417	13,91	4,00	71,13	2,697	43,50	72,81	45,38	64,53	104,29	44,07	1	42,92	72,87	68,76	91
	минимум	2000	1300	13,88	2,00	39,89	0,062	47,29	86,17	74,38	142,54	73,67	33,23	0	49,37	66,34	54,42	412
Q_m	максимум	3080	1521	15,84	4,00	71,41	2,549	44,35	73,82	46,72	65,81	105,26	44,04	1	42,93	72,65	68,54	96
	минимум	2020	1325	13,90	2,76	41,61	0,724	49,17	88,04	78,87	151,51	76,68	32,75	0	50,33	66,63	53,62	401
kol	максимум	2099	1431	14,68	2,47	45,41	0,545	46,24	82,79	61,51	117,31	81,60	33,62	0	49,85	67,68	54,98	517
	минимум	3040	1499	15,91	3,97	69,68	2,484	44,03	73,48	45,95	65,61	106,09	43,29	1	43,67	72,47	67,20	95
ω	максимум	2380	1348	16,02	2,47	50,56	0,705	45,49	80,61	62,64	104,88	84,14	34,65	0	51,03	69,22	54,94	350
	минимум	3161	1591	16,55	4,00	76,58	2,620	45,47	75,51	50,20	67,98	105,59	44,91	1	42,03	72,90	70,24	93
V_3	максимум	3200	1600	19,00	4,00	77,78	2,625	46,13	76,04	50,71	68,13	106,63	44,54	1	42,39	72,97	69,71	89
	минимум	2000	1300	13,00	2,00	39,71	0,072	46,82	85,56	74,59	145,53	74,56	33,18	0	49,49	66,40	54,33	413
Q_{80}	максимум	3166	1587	13,00	4,00	76,58	2,685	44,21	74,24	48,92	66,73	103,78	45,06	0	41,89	72,93	70,52	92
	минимум	2006	1300	13,00	2,16	40,10	0,236	47,22	86,18	79,63	140,15	75,28	31,70	0	50,05	66,49	53,81	439

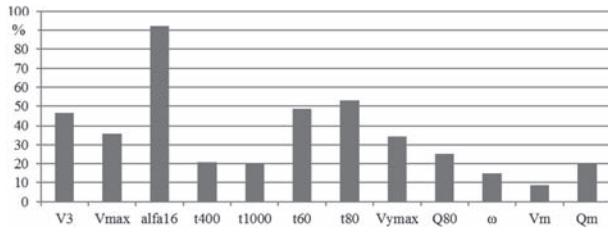


Рисунок 5 — Чувствительность критериев и показателей к изменению параметров двигателя и трансмиссии

По данным Парето-решений была проанализирована плотность распределения критериев оптимизации V_3 , V_m , Q_m , kol , показателя ω (рисунок 6) и параметров оптимизации M_{max} , n_M , u_{kp1} , u_0 (рисунок 7). Значения на оси абсцисс определялись по формуле:

$$K = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \cdot 100\%, \quad (9)$$

где K — относительная часть диапазона критерия или параметра, %; X_{max} , X_{min} — минимальное и максимальное значения критериев и параметров.

Как видно из рисунков, наибольшие значения плотности распределения в основном расположены на крайних значениях критериев и параметров.

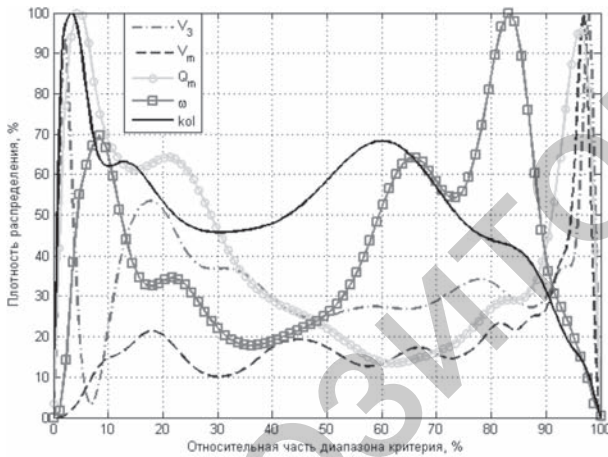


Рисунок 6 — Плотность распределения значений критериев оптимизации

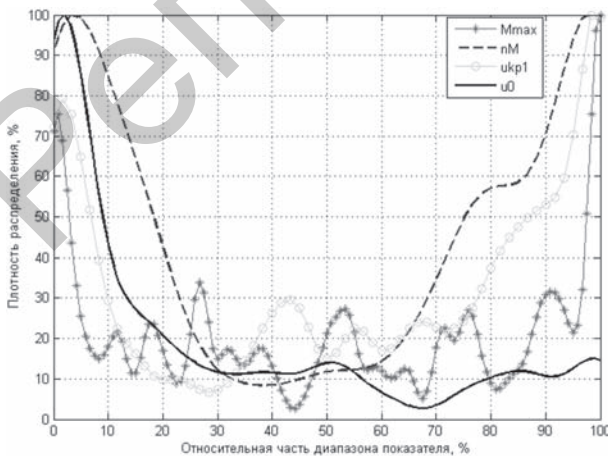


Рисунок 7 — Плотность распределения значений параметров оптимизации

Приведенные выше результаты многокритериальной оптимизации показали наличие большого количества Парето-оптимальных решений. Из этого множества специалист может выбрать одно из решений, руководствуясь приоритетным критерием, которыми могут быть V_m , Q_m , ω и др.

В связи со значительной корреляцией критериев оптимизации рассмотрим результаты однокритериальной оптимизации и их сравнение с результатами многокритериальной оптимизации.

Оптимизация по одному критерию. Однокритериальная оптимизация параметров двигателя и трансмиссии выполнена с помощью генетического алгоритма оптимизации, реализованного в Optimization Toolbox MATLAB по критериям: V_m , Q_m , kol , ω , V_3 , Q_{80} .

При этом (см. таблицу 1) диапазон допустимых значений параметров остался таким, как и при многокритериальной оптимизации. Найденные максимумы и минимумы критериев, значения показателей и параметров им соответствующие приведены в таблице 5. Жирным шрифтом выделено значение оптимизируемого критерия (максимум либо минимум).

Сравнение минимальных и максимальных значений критериев и показателей автопоезда при однокритериальной и многокритериальной оптимизациях приведено на рисунке 8. Как видно из рисунка 8, диапазоны изменений значений критериев и показателей при многокритериальной и однокритериальной оптимизациях практически совпадают. Это объясняется высокой корреляцией критериев, поэтому многокритериальная оптимизация может быть заменена в этих случаях однокритериальной.

Из таблицы 5 для набора параметров ($M_{max} = 2380$ Н·м, $n_M = 1348$ мин⁻¹, $u_{kp1} = 16,02$, $u_0 = 2,47$) соответствующих максимуму ω было произведено исследование для каждой из функций $\omega(M_{max})$, $\omega(n_M)$, $\omega(u_{kp1})$, $\omega(u_0)$ при прочих неизменных параметрах. Из рисунка 9 видно, что на производимость автопоезда наиболее влияет M_{max} , при этом $\omega(M_{max})$ имеет ярко выраженный экстремум; $\omega(n_M)$ — убывающая функция. Максимальные значения функций $\omega(u_{kp1})$, $\omega(u_0)$ близки к максимальному значению функции $\omega(M_{max})$, но диапазон их изменения значительно меньше диапазона изменения $\omega(M_{max})$.

Выводы. 1. Анализ результатов показал, что границы диапазона Парето-решения для многокритериальной оптимизации совпадают с решения-

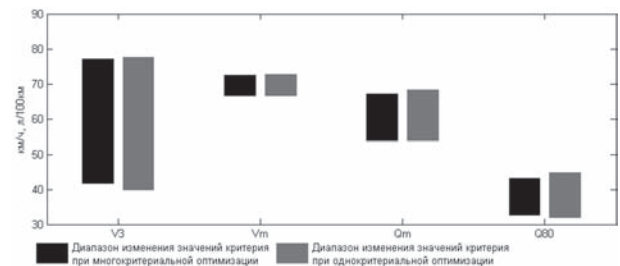


Рисунок 8 — Сравнение значений критериев при однокритериальной и многокритериальной оптимизациях на максимум и минимум

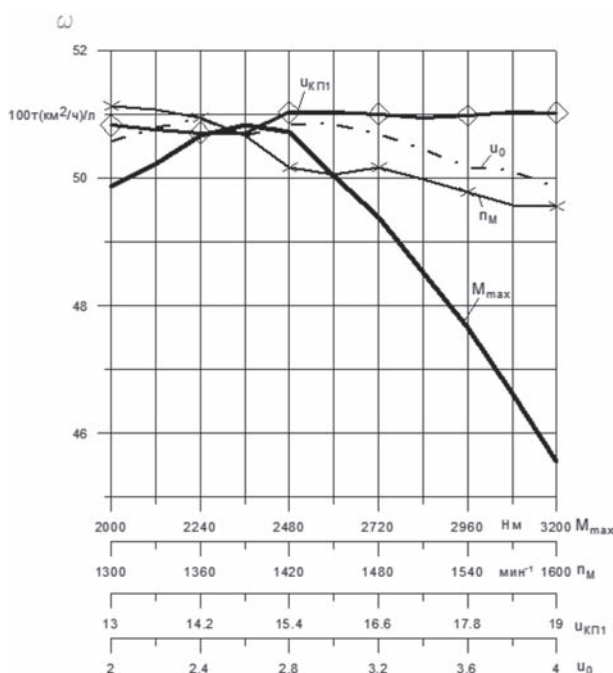


Рисунок 9 — Зависимость $\omega(M_{\max})$, $\omega(n_{\max})$, $\omega(u_{kp1})$, $\omega(u_0)$

ми задачи однокритериальной оптимизации на максимум и минимум. Вследствие этого рассмотренная многокритериальная задача может быть заменена однокритериальной.

2. На удельную производительность ω автопоезда наиболее значительно влияет значение M_{\max} , при этом имеется выраженный максимум удельной производительности. Значения n_{\max} , u_{kp1} , u_0 в меньшей мере влияют на удельную производительность при прочих неизменных параметрах.

3. Разработаны программные комплексы, позволяющие производить многокритериальную и однокритериальную оптимизацию параметров двигателя и трансмиссии магистрального автопоезда. Многокритериальный комплекс базируется на моделировании движения автомобиля по дороге с заданным макропрофилем и дорожной обстановкой, программе расчета нормируемых показателей, выступающих в качестве ограничений и программе оптимизаторе IOSO NM. А однокритериальная — на программе моделирования движения автомобиля по дороге с

заданным макропрофилем и дорожной обстановкой, программе расчета нормируемых показателей, выступающих в качестве ограничений и модуле Optimization Tool MATLAB.

Список литературы

1. Блохин, А.Н. Методы определения передаточных чисел трансмиссии автомобиля. Анализ и оптимизация решений / А.Н. Блохин. — LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. — 276 с.
2. Токарев, А.А. Топливная экономичность и тягово-скоростные качества автомобиля / А.А. Токарев. — М.: Машиностроение, 1982. — 224 с.
3. Русаков, С.С. Разработка методики оптимизации передаточных чисел механической ступенчатой трансмиссии легкового автомобиля с учетом режимов работы его двигателя: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.05.03 / С.С. Русаков. — Тольятти: ТГУ, 2007. — 20 с.
4. Fan Qin-man. Multi-Objective Optimization Design of Vehicle Transmission System Based on Pareto Optimal Theory / Fan Qin-man // Intelligent Computation Technology and Automation (Volume 3). [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/>. — Дата доступа: 10.07.2014.
5. Агейкин, Я.С. Специальные главы теории автомобиля: учеб. пособие / Я.С. Агейкин. — М.: МГИУ, 2008. — 148 с.
6. Многокритериальные задачи принятия решений [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://gurov.vs58.net/lab1xfxf/tema3>. — Дата доступа: 21.02.2014.
7. Методы последовательной оптимизации. Лекция № 6. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://8v83.tom.ru/8V83/>. — Дата доступа: 12.04.2014.
8. Тяговая динамика и топливная экономичность автомобиля с механической трансмиссией: учеб.-методич. пособие / О.С. Руктепель [и др.]. — Минск: БНТУ, 2000. — 68 с.
9. Гришкевич, А.И. Автомобили: Теория: учеб. для вузов / А.И. Гришкевич. — Минск: Выш. шк., 1986. — 208 с.
10. Автомобили грузовые. Общие технические требования. ГОСТ 21398-89. — Введ. 01.01.91. — М.: Из-во стандартов, 1983. — 14 с.
11. Автотранспортные средства. Топливная экономичность. ГОСТ 20306-90. — Введ. 01.01.92. — М.: Из-во стандартов, 1991. — 33 с.
12. Автотранспортные средства. Скоростные свойства. Методы испытаний ГОСТ 22576-90. — Введ. 01.01.92. — М.: Из-во стандартов, 1990. — 20 с.
13. Корсаков, В.В. Выбор мощности двигателя магистрального автопоезда / В.В. Корсаков, А.Г. Выгонный // Механика машин и механизмов. — 2009. — № 3. — С. 15–17.
14. Моделирование движения автомобиля с учетом «стационарной» дорожной обстановки и работы двигателя на частичных нагрузках: отчет о НИР 2.36-80. — Минск: РУП «МАЗ», 1980.
15. Высоцкий, М.С. Основы проектирования автомобилей и автопоездов большой грузоподъемности / М.С. Высоцкий. — Минск: Наука и техника, 1980. — 200 с.
16. Сигма Технология. Программный комплекс IOSO NM [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.iosotech.com/>. — Дата доступа: 05.09.2013.

Djuzhev A.A., Kharytonchyk S.V., Vygonyy A.G., Sheibak R.E., Dichko M.M.

Comparative analysis of multi- and singlecriterial optimization for engine and transmission parameters of highway truck

A comparative analysis of the results of multicriteria and singlecriterion optimization is conducted with developed tools. It is shown that for the given highway truck the multicriteria problem can be replaced by a one-criterion problem in accordance with criteria of specific productivity, average speed and fuel consumption.

Keywords: truck, engin, transmission, optimization, parameters, criteria, limits, specific performance, fuel efficiency

Поступила в редакцию 29.07.2014.