

УДК 625.11

А.Е. АЙДАРАЛИЕВ, У.Т. ШЕКЕРБЕКОВ, А.М.АПСЕМЕТОВ, Н.А. ОСМОНКАНОВ
A.E.AIDARALIEV, U.T. SHEKERBEKOV, A.M.APSEMETOV, N.A. OSMONKANOV

E.mail. ksucta@elcat.kg

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЯГОВЫХ РАСЧЕТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

AUTOMATION AND OPTIMIZATION OF TRACTION ACCOUNT IN THE DESIGN OF THE RAILWAY

Бул макалада темир жолдорду долборлоодогу тартуу эсептерин автоматташтыруу каралган.

Ачык сөздөр: темир жол, поезд, вагондун курамы, тартуунун эсептери. поезддин кыймылынын механикасы, салыштырмалуу каршылык, тең таасир эткен күчтр.

В статье предлагается автоматизация тяговых расчетов при проектировании железных дорог.

Ключевые слова: железная дорога, поезд, вагонный состав, тяговые расчеты, механика движения поезда, удельный вес, удельное сопротивление, равнодействующие силы.

The article proposes the automation of traction calculations when the design of the railways.

Keywords: railroad, train, wagon structure, traction calculations, the train movement mechanics, specific gravity, resistivity, resultant forces.

Тяговые расчеты - это раздел прикладной механики, в которой изучается механика движения поезда. В тяговых расчетах рассматриваются силы, действующие на поезд, взаимодействие этих сил, обуславливающее характер движения, и решаются такие задачи, как определение массы состава, скорости и времени хода поезда по участку, механической работы локомотива и работы сил сопротивления движению, расхода электроэнергии электровозами или дизельного топлива тепловозами. По данным тяговых расчетов при проектировании железных дорог оцениваются варианты плана и профиля линии, размещаются отдельные пункты, определяется пропускная способность дороги, проектируются устройства электроснабжения и локомотивного хозяйства (тяговые подстанции, депо, пункты оборота локомотивов и др.).

В тяговых расчетах требуется высокая трудоемкость, точность, большого количества расчетов и графических построений. Информационные технологии позволяют существенно сократить время на проведение таких операций и получать точные результаты расчетов.

Автоматизация и оптимизация расчетов разработана в программе MS Excel. Для выполнения вычислений в программе MS Excel используются формулы, с их помощью можно, например, складывать, умножать и сравнивать данные таблиц. Функции в Excel в значительной степени облегчают проведение расчетов и взаимодействие с электронными таблицами и на их основе можно построить диаграммы и графики любой сложности.

Данный программный расчет позволит моментально получать результаты во введении исходных данных. Рассмотрим работу программного расчета. Исходные данные представлены таблице 1.

Таблица 1 - Исходные данные в стартовое окно программы

Серия			Код		Марка
1-ВЛ10;2-ВЛ11(2 сек);3-ВЛ11(3 сек);			12		2ТЭ116
4-ВЛ10у;5-ВЛ80к;6-ВЛ80с(2сек);					
7-ВЛ80с(3сек);8-ВЛ82(пост. ток);					
9-ВЛ82(перем. ток);10-2ТЭ10М;					

Продолжение таблицы 1.

Руководящий уклон			Код		Марка
					10
Тип колодок					Марка
(1-чугунный;2-чугунный с повышенным содержанием фосфора; 3- композиционные)			1		чугунный
Тип подшипников			Код		Марка
4-осные	(1-скольжения;2- роликовые.)		1		скольжения
6-осные			1		скольжения
8-осные			2		роликовые
Количество вагонов в составе					Марка, %
4-осных					94
6-осных					0
8-осных					6
Коэффициент полногрузности вагонов					Марка
4-осных					0.85
6-осных					0
8-осных					0.95
Конструкция пути			Код		Марка
(1-Звеневой;2-Бесстыковой)			2		Бесстыковой
уклон инерционного подъема			1		16 кл.

2. Получены результаты расчетов:

Таблица 2 - Значения удельного сопротивления движению локомотива

v , км/ч	ω_0' Н/кН	ω_x' Н/кН
0	1.9	2.4
10	2.725	2.525
19.5	3.56	2.71
24.2	3.98	2.82
30	4.525	2.985
40	5.5	3.32
50	6.53	3.73
60	7.6	4.2
70	8.73	4.75
80	9.9	5.36
90	11.13	6.05
100	12.4	6.8
110	13.73	7.63

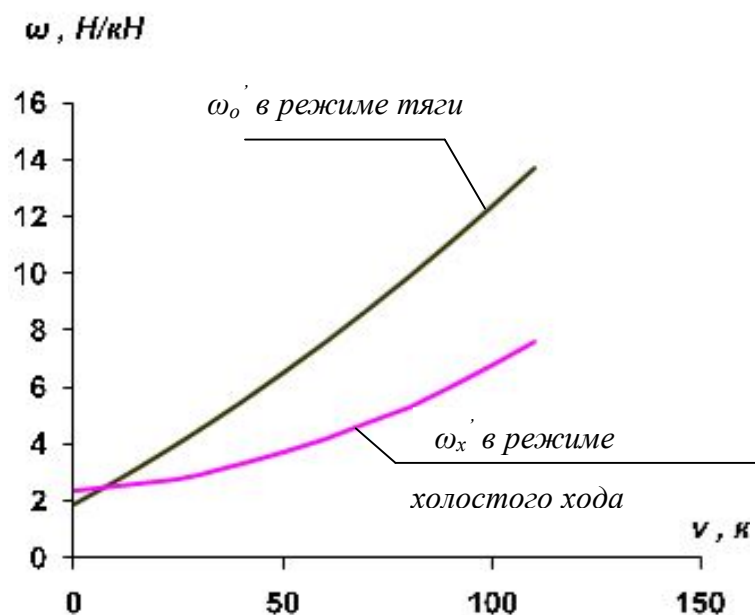


Рис.1. Диаграмма удельного сопротивления движению локомотива

Таблица 3 -Значения средневзвешенного основного удельного сопротивления вагонного состава

v , км/ч	ω_0'' , Н/кН
0	1.1
10	1.14
19.5	1.21
24.2	1.25
30	1.3
40	1.41
50	1.53
60	1.69
70	1.85
80	2.03
90	2.25
100	2.48
110	2.72

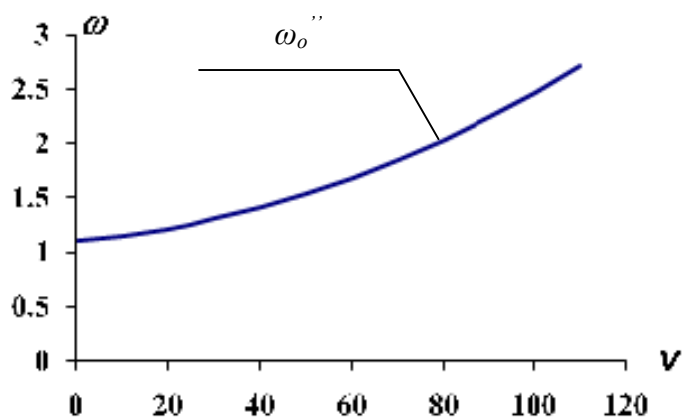


Рис.2. Диаграмма средневзвешенного основного удельного сопротивления вагонного состава

Таблица 4 - Расчет удельных равнодействующих сил

v , км/ч	f_k , Н/кН	$\omega'oP$, Н	$\omega'xP$, Н	$\omega'oQ$, Н	$\omega\omega$, Н/кН	ωx , Н/кН
0	15.76	524	662	5500	1.19	1.22
10	13.19	752	697	5700	1.28	1.26
19.5	11.79	981	748	6050	1.39	1.34
24.2	9.81	1099	779	6250	1.45	1.39
30	8.08	1249	824	6500	1.53	1.45
40	6.2	1518	916	7050	1.69	1.57
50	4.98	1802	1029	7650	1.87	1.72
60	4.17	2098	1159	8450	2.08	1.9
70	3.56	2409	1311	9250	2.3	2.09
80	3.12	2732	1479	10150	2.55	2.3
90	2.78	3072	1670	11250	2.83	2.55
100	2.5	3422	1877	12400	3.13	2.82
110	2.24	3789	2106	13600	3.44	3.1

Продолжение таблицы 4 - Расчет удельных равнодействующих сил

v , км/ч	$ro(тяг)$, Н/кН	$ro(xx)$, Н/кН	$ro(mop)$, $\alpha=1$ Н/кН	$ro(mop)$, $\alpha=0,5$ Н/кН
0	14.57	-1.22	-103.82	-52.52
10	11.91	-1.26	-76.5	-38.88
19.5	10.4	-1.34	-63.28	-32.31
24.2	8.36	-1.39	-59.15	-30.27
30	6.55	-1.45	-54.65	-28.05
40	4.51	-1.57	-49.45	-25.51
50	3.11	-1.72	-45.8	-23.76
60	2.09	-1.9	-42.94	-22.42
70	1.26	-2.09	-40.85	-21.47
80	0.57	-2.3	-39.16	-20.73
90	-0.05	-2.55	-37.89	-20.22
100	-0.63	-2.82	-37.02	-19.92
110	-1.2	-3.1	-36.16	-19.63

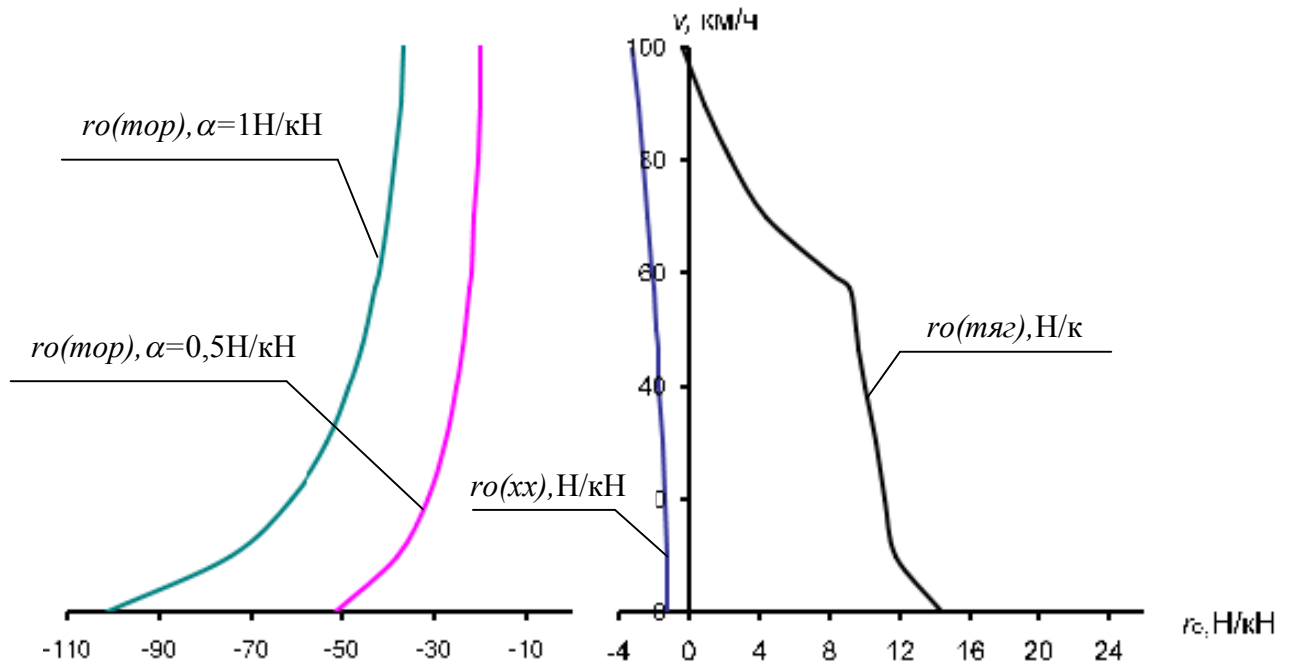


Рис. 3. Диаграмма удельных равнодействующих сил

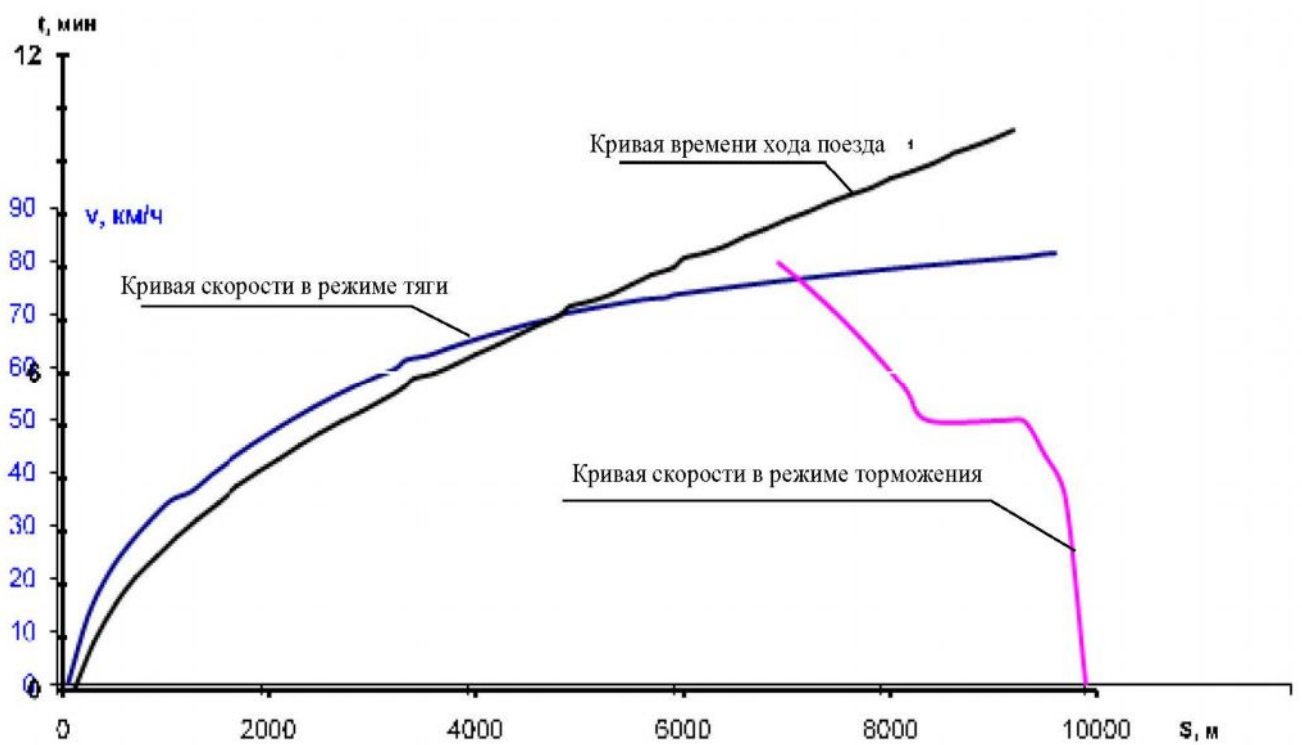


Рис. 4. Кривая скорости и времени хода поезда на участке

Таблица 5 - Определение скорости и времени хода поезда

№ элемента	Длина элемента $l_j, м$	Действительный уклон		Длина спрямляемого элемента $l_c, м$	Спрямяемый		$\sum \alpha$	Эквива		Приведенный	
		$i_d, \% \bullet$ туда	обратно		уклон i_c, \bullet туда	\bullet обратно		лентн. уклон	уклон i_k		
0	1500	0	0	1500	0	0			туда	обратно	
1	2000	3	-3	2000	3	-3				3	-3
2	1800	0	0	1800	0	0				0	0
3	2500	-5	5	2500	-5	5				-5	5
4	1700	-1	1	1700	-1	1				-1	1
5	2000	4	-4	2000	4	-4	55	0.24		4.24	-3.76
6	1800	8	-8	1800	8	-8				8	-8
7	1500	7	-7	1500	7	-7				7	-7
8	1700	2	-2	1700	2	-2				2	-2
9	1500	0	0	1500	0	0				0	0

Таблица 5 - Фрагмент расчета скорости поезда на участке движения в режиме тяги

№	$S1, км$	$v_n, км/ч$	$ro(v_n), Н/кН$	$i_k, Н/кН$	$r-ro-i_k$	$vk, км/ч$	$S, м$
S1					Н/кН		
1	0.1	0	14.57	0	14.57	13.2227	100
2	0.2	13.14	11.5	0	11.5	21.1816	300
3	0.2	21.18	11	0	11	26.6944	500
4	0.2	26.69	10.6	0	10.6	31.0927	700
5	0.2	31.09	10.4	0	10.4	34.8739	900

Таблица 6 - Фрагмент расчета скорости поезда на участке движения в режиме тяги

№	$S1, км$	$v_n, км/ч$	$ro(v_n), Н/кН$	$i_k, Н/кН$	$r-ro-i_k$	$vk, км/ч$	$S, м$
6	0.2	34.87	10.2	0	10.2	38.2193	1100
7	0.2	36.58	10.1	0	10.1	39.7555	1300
8	0.2	39.76	10	0	10	42.6715	1500
9	0.2	42.67	9.9	3	6.9	45.3688	1700
10	0.2	45.36	9.67	3	6.67	47.8499	1900
11	0.2	47.85	9.6	3	6.6	50.1998	2100

Выводы:

1. Масса состава при трогании с места $Q_{mp}=10800\text{т}$
2. Масса поезда $P+Q=5060\text{т}$. Условие считается выполненным, если масса состава меньше массы состава по условию трогания с места $Q < Q_{mp}$
3. Длина поезда $l_n=872\text{м}$,
4. Длина приемо-отправочных путей $l_{no}=882\text{м}$.
5. Масса поезда $P+Q=5060\text{т}$
6. Получили результаты расчета удельных сопротивлений локомотива и вагонного состава на разных скоростях движения поезда.
7. Получили результаты расчета удельных равнодействующих сил на разных скоростях движения поезда.
8. Получили результаты расчета скорости поезда на участке движения в режиме тяги.
9. Получили результаты расчета скорости поезда на участке движения в режиме торможения.
10. Время хода поезда на данном участке по направлению «туда» в 12 минут.

Результаты расчета ускорит решения задач тяговых расчетов и умение делать выводы, связанные с установлением нормы массы грузовых составов, достаточности длины приемоотправочных путей существующих раздельных пунктов, а также оценивать технико-энергетические и эксплуатационные показатели движения поездов для сравнения вариантов новых железных дорог, проектов реконструкции эксплуатируемых линий. Разработанный метод расчета необходим для производства тяговых расчетов в реальном проектировании.

Список литературы

1. Изыскание и проектирование железных дорог [Текст]: Учебник для вузов ж.д. трансп. /А.В. Горинов и др. - М.: Транспорт, 1979. - том I. - 319с.
2. Изыскание и проектирование железных дорог [Текст]: Учебник для вузов ж.д. трансп. /А.В. Горинов и др. М.: Транспорт, 1979. - том II. - 305с.
3. Астахов П.Н. Справочник по тяговым расчетам [Текст] / П.Н.Астахов и др. - М.: Транспорт, 1973. – 256 с.
4. Правила тяговых расчетов для поездной работы [Текст] / - М.: Транспорт, 1969. -319 с.
5. Гавриленков А.В. Изыскания и проектирование железных дорог [Текст]: Пособие по курсовому и дипломному проектированию / А.В. Гавриленков, Г.С. Переселенков. - М.:Транспорт, 1990. -69 с.