



Vebsayt: <http://2ndsun.uz/index.php/yt>

"O'ZBEKISTON TEMIR YO'LLARI" AJNING NAVOIY – MAROQAND QISMI (UCHASTKASI) DA MAGISTRAL TEPLOVOZLARDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGINI TADQIQ QILISH

Otamurodov Umidjon Shavkatovich

Toshkent davlat transport universiteti magistranti

Ilmiy rahbar: Oleg Sergeyevich Ablyalimov

INFO:

Qabul qilindi: 27.03.2022

Ko'rib chiqildi: 28.03.2022

Chop etildi: 31.03.2022

Kalit so'zlar: *poezdning matematik modeli, harakatning differensial tenglamasini integrallash usuli, harakat tenglamasini Koshi teoremasi, yoqilg'i-energetika resurslarini sarf-xarajatlari, teplovoz dizel yoqilg'isining sarfi, yoqilg'i-energetika samaradorligi.*

ANNOTATSIYA

Ushbu maqolada, tadqiqot o'tkazilayotgan "O'zbekiston temir yo'llari" AJning Navoiy – Maroqand qismi (uchastkasi)ning temir yo'l profili bo'yicha, tadqiqot natijalarini asoslash va tahlil qilish uchun zarur bo'lgan me'zonlar: poezdlarni tortish uchun yoqilg'i – energetika resurslarining umumiy (to'liq) va o'ziga xos xarajatlari, harakatlanishining texnik tezligi, lokomotivlarni oraliq bekatlarda to'xtab va to'xtovsiz harakatlanib tashish ishlarini tashkil etishda yuk poezdini boshqarishning turli xil rejimlarida harakatlanish vaqtlari, shuningdek, sarflangan elektr-energiyasi va dizel yoqilg'isining to'liq va o'ziga xos qiymatlari hisoblanadi.

Copyright © 2022. [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Kirish. Tadqiqot o'tkazilayotgan "O'zbekiston temir yo'llari" AJning Navoiy – Maroqand qismi (uchastkasi)ning temir yo'l profili haqida ma'lumot berarkanmiz. Navoiy-Maroqand temir yo'l qismi (uchastkasi) temir yo'lining uzunligi 140,5 kilometr bo'lib, to'qson to'qqiz elementni o'z ichiga oladi, ulardan ellik etti va o'ttiz to'qqizta elementlari tik-qiyaliklarning o'zgarishi bilan tavsiflanib, mos ravishda tik balandlik 0 dan +4,46 % gacha ko'tariladi va tik nishablik 0 dan 5,9 % gacha tushadi, uch elementi esa "tekis maydon"dir. Ushbu tadqiqot o'tkazilayotgan qism (uchastka) yo'l profilining

III turiga, " tog`-adirli" tegishlidir, chunki ushbu qism (uchastka) yo'l profili tik qiyalik-nishabliklarining elementlari +3,0% dan -3,0% gacha nisbatdagi, shu jumladan $i=0$ tekis maydonli, oraliq intervalda bo`lib, ko`rib chiqilayotgan temir yo`l qism (uchastka)ni umumiy uzunligining taxminan 43,40 foizini tashkil etadi [3].

Ushbu magistrlik dissertatsiyasida yuk poezdlarining harakatlanish tezligi va vaqtini hisoblashning grafik usuli qo`llaniladi, ushbu usulni boshqa usullarga nisbatan qulay va afzalliklari [20,23]: yo`l qo`yilgan xatolarni oson topish imkoniyati va aniqlikda ko`rinishi; maqbulini topish uchun variant yechimlarini qiyoslashning soddaligi; analitik usul bilan solishtirganda kamroq mehnat sarflanishi; muhandislik hisob-kitoblari uchun yetarlicha aniqlikda hisoblanadi.

Ushbu usuldan tormozlash vazifalarini bajarish, maqbul yechimni aniqlashda variant hisob-kitoblarini, poezdlarni tortishda energiya resurslar sarfini va temir yo`llarda tashkiliy va texnik tadbirlarni amalga oshirish samaradorligini hisoblash uchun foydalaniladi. Bundan tashqari, poezdlar harakatlanishi jadvalini ishlab chiqishda va yangi temir yo`llarni loyihalashda, shuningdek, belgilangan yo`nalishdagi poezdlarning og`irlik me`yorlarini aniqlashda ham foydalanish mumkin.

Asosiy qism.

1. Poezdlar harakatini hisoblash usullarini tahlil qilish va asoslash

Poezdlar harakatini hisoblashning asosiy usuli poezdning matematik modelidir –ya`ni, bu poezdning xatti-harakatlarini amaliy maqsadlar uchun yetarlicha aniqlik bilan uch o`lchovli koordinata tizimida tasvirlaydigan harakatning differensial tenglamasidir va uni umumiy ko`rinishda quyidagicha tariflash mumkin:

$$\frac{dv}{dt} = \zeta u \quad (1.1)$$

bu erda: v -harakatlanish tezligi, m/s; t -poezdning harakatlanish vaqti, s; u -poezdning o`ziga xos solishtirma kuchi, N/kN; ζ -poezd harakatining amaldagi (haqiqiy) tezlashishi, kNm/Ns².

Ushbu differensial tenglamaning yechimi poezdni boshqarishning barcha bosqichlarida harakat qonunini aniqlashga imkon beradi, buni amalga oshirish uchun quyidagi usullar qo`llaniladi: analitik, grafik, raqamli va mashina. Ushbu usullarning barchasi uchun umumiy bo`lgan nazariy asos, harakat tenglamasini Koshi teoremasi shaklida yechishdir.

Ushbu muammoni hal qilish uchun amaliy matematika va mexanikada ma'lum bo`lgan bir qator nazariy yondashuvlar qo`llaniladi. Biroq, muammoni hal qilish uchun matematika va mexanikaning barcha qoidalariga muvofiq amalga oshirish, harakat xavfsizligi va poezdni boshqarish texnologiyasi nuqtai nazaridan qabul qilinmasligi mumkin.

Agar tizimning harakatini aniqlaydigan kuchlar orasida tezlikka bog`liq kamida bitta kuch mavjud bo`lsa, unda klassik mexanikaning umumiy teoremlari yordamida harakatni hisoblash mumkin emas, chunki harakat jarayonida namoyon bo`ladigan bunday kuchlar harakatning kinematik xususiyatlariga ta'sir qiladi va ular o`zlariga bog`liq emas. Bunday vazifalarni faqat harakatning differensial tenglamasini integrallash usuli bilan yechilishi mumkin.

Poezdlar harakatini belgilovchi F_k , B_T , W_o barcha asosiy kuchlar harakat tezligiga bog`liq. Bundan tashqari, temir yo`lning qiyaliklar va egri qismlarida poezdning harakatlanishiga qarshi qo`shimcha qarshilik kuchlari harakat qiladi, shuningdek, bu poezdning harakatlanish tezligiga ta'sir qiladi va ularning ta'sir darajasi esa yo`l profili elementlarining birikmalariga va ularning uzunligiga bog`liq.

Shunday qilib, poezdning harakatini hisoblash uchun harakatning differensial tenglamasini integrallash (1.1) usulini tanlash kerak, ya'ni ushbu berilgan tortuv qismi (uchastkasi)ning butun uzunligi bo'ylab tenglamaning yechimini topish kerak. Shu bilan birga, odatda quyidagilar ma'lum bo'ladi: poezd tarkibining og'irligi, lokomotiv seriyasi, poezdning harakatlanishiga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir etuvchi o'ziga xos kuchlarining diagrammasi va yo'l profili.

Harakat qonunining $V(s)$ topilishidan kelib chiqqan tenglamani (1.1) o'zgartirgandan so'ng, biz integrallash usuli orqali yechiladigan boshqa tenglama [21,23] ni olamiz.

Muayyan yechimni amalga oshirish uchun dastlabki shartlarni belgilash va Koshi teoremasi shaklida hisob-kitoblarni amalga oshirish kerak.

Umumiy yechimni topish uchun tortish hisob-kitoblarida [20] kuzatuv usuli qo'llaniladi, uning mohiyati ushbu koordinatalardagi mavjud o'lchash (kuzatish) funksiyasi bo'yicha harakatlanayotgan ob'ekt holatining joriy koordinatalarini hisoblashdan iborat. Poezdning mexanik harakatiga nisbatan bu uning holati (V_i, S_i) va to'g'ridan-to'g'ri ta'sir etuvchi kuchining (tortish rejimida) parametrlarini, differensial tenglamani yechish jarayonida aniqlanishi kerak degan ma'noni anglatadi. Shu bilan birga, integrallashning ba'zi i-bosqichida dastlabki shartlar sifatida (V_i, S_i) oldingi qadam oxiridagi holat parametrlari (V_{i-1}, S_{i-1}) ishlatiladi.

2. Yuk poezdining harakatlanish jarayonini o'rganish vazifasini belgilash va uni amalga oshirishning kengaytirilgan algoritmi

Umuman olganda, poezdlar harakatlanish jarayonini tadqiq qilish vazifasi odatda quyidagicha shakllantiriladi [19,17].

Poezdning harakatlanishini differensial tenglamasi tuziladi (1.1), ya'ni:

$$\frac{dv}{dt} = \zeta u$$

Poezdning harakatlanish jarayonining boshlang'ich va yakuniy holati S yo'l (masofa) va V tezlik koordinatalari bilan belgilanadi, ya'ni:

$$(S_{\text{bosh}}, V_{\text{bosh}}), (S_{\text{yak}}, V_{\text{yak}}) \quad (1.2)$$

Poezdning harakatlanish tezligiga, F_k tortish kuchiga va N_k lokomotiv quvvatiga cheklovlar qo'yiladi, ya'ni:

$$(V \leq V^{\text{or}}), (F_k \leq F_k^{\text{ilash}}), (N_k \leq N_k^{\text{max}}) \quad (1.3)$$

bu erda: F_k^{ilash} -g'ildiraklarni relslar bilan ilashishi uchun lokomotivning tortish kuchi, N .

Tanlangan $u = f(S)$ boshqaruv bilan tenglama (1.1)ni yechish orqali, poezdning boshqa barcha koordinatalarini, shu jumladan, poezdlar tortishiga E yoqilg'i-energetika resurslarini sarf-xarajatlarini aniq topish mumkin.

(1.2) – (1.3) tenglamalarni hisobga olgan holda, (1.1) tenglama bilan ifodalanadigan poezdning harakatlanish shartlari uchun shunday boshqarishning $u^* = f(s)$ - tortish, bo'sh yurish va xizmat tormozlash rejimlarining holatlarini topish kerak-ki, bu poezdni jarayonning boshlanish holatidan to oxirgi holatigacha, hisob-kitob qismining oxirida bir qancha B muvaffaqiyatli parametrlar bilan harakatlanishini ta'minlaydi.

Bu erda B muvaffaqiyatli parametrlar temir yo'l transportida temir yo'l yuklarini tashishning narxi (qiymati), pul mablag'lari, va boshqalar uchun poezdlarni tortishda yoqilg'i – energetika resurslarining sarfini aniqlaydi.

Poezdning harakatlanishida dizel yoqilg'isining sarfini hisoblashda, magistral yuk teplovzlari

uchun tortish, bo'sh yurish va tormozlash rejimida dizel yoqilg'isi sarfining me'yorlariga va $t(S)$ vaqtning, $V(S)$ tezlikning qurilgan egri chiziqlariga asoslangan holda amalga oshiriladi.

Poezdni berilgan qism (uchastka) bo'ylab harakatlanishi uchun teplovoz sarflagan dizel yoqilg'isining sarfi quyidagi formula bilan hisoblab chiqiladi:

$$E = G_T t_T + g_x t_x \quad (1.4)$$

bu erda: G_T -3TE10M va UzTE16M3 teplovozlari kontroller mashinistining nominal pozitsiyasida teplovoz dizel yoqilg'isining sarfi, kg / min;

t_T - teplovozning tortish rejimida teplovozning umumiy ish vaqti, min;

g_x - teplovozning bo'sh yurish va tormozlash rejimlarida dizel yoqilg'isining sarfi, kg / min;

t_x - teplovozning bo'sh yurish va tormozlash rejimlarida umumiy harakatlanish vaqti, min.

Dizel yoqilg'isining o'ziga xos solishtirma sarfini quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$e = \frac{E \cdot 10^4}{Q \cdot L}, \quad \frac{\kappa z}{10^4 \text{ mkm brymmo}} \quad (1.5)$$

Yuqoridagilarga asoslanib, biz "O'zbekiston temir yo'llari" AJning barcha tahlil qilinayotgan va tadqiqot o'tkazilayotgan temir yo'l qism (uchastka)lari uchun yagona bir xil bo'lgan tortish hisob-kitoblarini bajarish uchun kengaytirilgan algoritmi taqdim etamiz.

1. Hisob-kitob qismida dizel tortuv lokomotivlarining tashish ishlarini tashkil etish shart-sharoitlarini va moddiy-texnik bazaning holati omillarining parametrlarini (xususiyatlarini) tanlaymiz.

2. Biz temir yo'lning belgilangan ma'lum qismida teplovozning harakatlanish vaqti va tezligini hisoblashning grafik usulidan foydalangan holda, poezdlar harakatining differensial tenglamasini hisoblaymiz.

3. Biz hisobning belgilangan ma'lum bir qismida poezdlar harakatining differensial tenglamasini grafik integrallash natijalarini qayta ko'rib chiqamiz va ularni tahlil qilamiz.

3. Foydalanish sharoitida 3TE10M va UzTE16M3 magistral teplovozlarning samaradorlik ko'rsatkichlarini hisoblash usuli

Tadqiqot metodologiyasi UzTE16M3 va 3TE10M dizel lokomotivlari bilan yuk poezdini boshqarishning matematik modellarini tuzishdan iborat bo'lib, ularning tortish xususiyatlariga va Navoiy - Maroqand tog'-adirligi qism (uchastkasi)da bizga berilgan magistral teplovozlarning tashish ishlarini tashkil etish uchun turli shart – sharoitlardan kelib chiqqan holda, tahminan 28-sonli tarqatish bekati (raz'ezd)dan temir yo'l profili elementlarini turli xil tik-qiyaliklari bo'yicha qismlarga yarmidan bo'linadi. Yuqorida ko'rsatilgan usulni amalga oshirish uchun poezdning o'ziga xos solishtirma natijaviy kuchlari oldindan hisoblab chiqiladi, so'ngra yuqorida keltirilgan tavsiyalarga asoslanib, ularning qurilishi amalga oshiriladi, shuningdek, hisob-kitobning hisoblangan (yoki berilgan) qismida poezdning harakatlanish tezligi va yurish vaqtining egri chiziqlari quriladi.

3.1 va 3.2- jadvallarda poezdlarga xizmat ko'rsatadigan uch bo'lim (seksiya)li UzTE16M3 va 3TE10M magistral teplovozlarning tortish, bo'sh yurish va tormozlash rejimlarida turli og'irlikdagi ($Q = 2500...3500t$) tarkibli yuk poezdining o'ziga xos solishtirma natijaviy kuchlari keltirilgan.

3.1...3.6-rasmlarda Navoiy - Maroqand tog'-adirligi qism (uchastkasi)da UzTE16M3 va 3TE10M teplovozlarning tashish ishlarini tashkil etish shartlarini hisob-kitoblarida qabul qilingan va moddiy – texnik bazaning belgilangan xususiyatlarini hisobga olgan holda qurilgan $v(s)$ va $t(s)$ bog'liqliklari ko'rsatilgan.

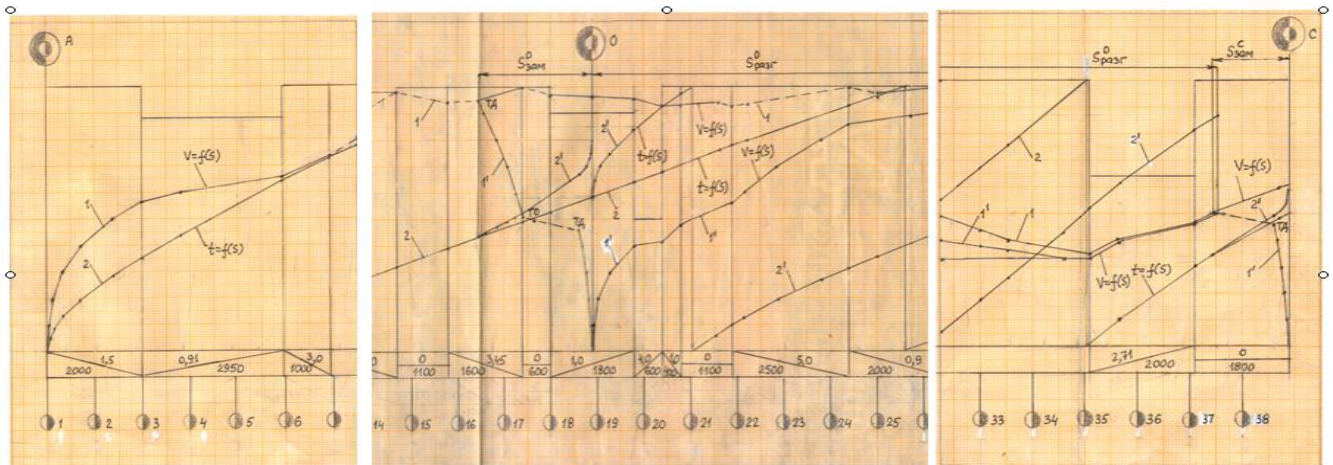
3.1-jadval. Tortish rejimi uchun poezdning o'ziga xos solishtirma natijaviy kuchlari, dizel tortuv lokomotivi (teplovoz)

v	F _k	w' ₀	Q ₁ = 2500 t			Q ₁ = 3000 t			Q ₁ = 3500 t		
			w'' ₀	w ₀	f _k - w ₀	w'' ₀	w ₀	f _k - w ₀	w'' ₀	w ₀	f _k - w ₀
Km/ soat	N	N/kN	N/kN	N/kN	N/kN	N/kN	N/kN	N/kN	N/kN	N/kN	N/kN
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	1360000	1,90	0,94	1,04	46,50	0,87	0,99	39,65	0,87	0,95	34,44
10	1168000	2,03	1,04	1,08	39,68	0,95	1,02	33,86	0,94	0,98	29,36
13	1125000	2,08	1,08	1,14	38,13	0,97	1,02	32,51	0,97	0,98	29,21
20	839000	2,22	1,18	1,29	28,02	1,05	1,20	23,89	1,04	1,14	20,68
30	600000	2,47	1,36	1,47	19,47	1,18	1,36	16,60	1,17	1,28	14,32
40	470000	2,78	1,58	1,70	14,69	1,34	1,55	12,54	1,33	1,45	10,76
50	375000	3,15	1,84	1,79	11,02	1,53	1,78	9,49	1,51	1,64	8,06
60	312000	3,58	2,14	1,98	8,57	1,74	2,05	7,36	1,73	1,88	6,20
70	273000	4,07	2,48	2,17	6,84	1,99	2,35	5,92	1,97	2,14	4,92
80	235000	4,62	2,86	2,29	5,11	2,26	2,69	4,47	2,24	2,43	3,62
90	21400	5,23	3,28	2,64	3,93	2,57	3,50	4,82	2,54	2,74	2,75
100	194000	5,90	3,74	3,05	2,74	2,90	2,53	2,78	2,87	3,11	1,86

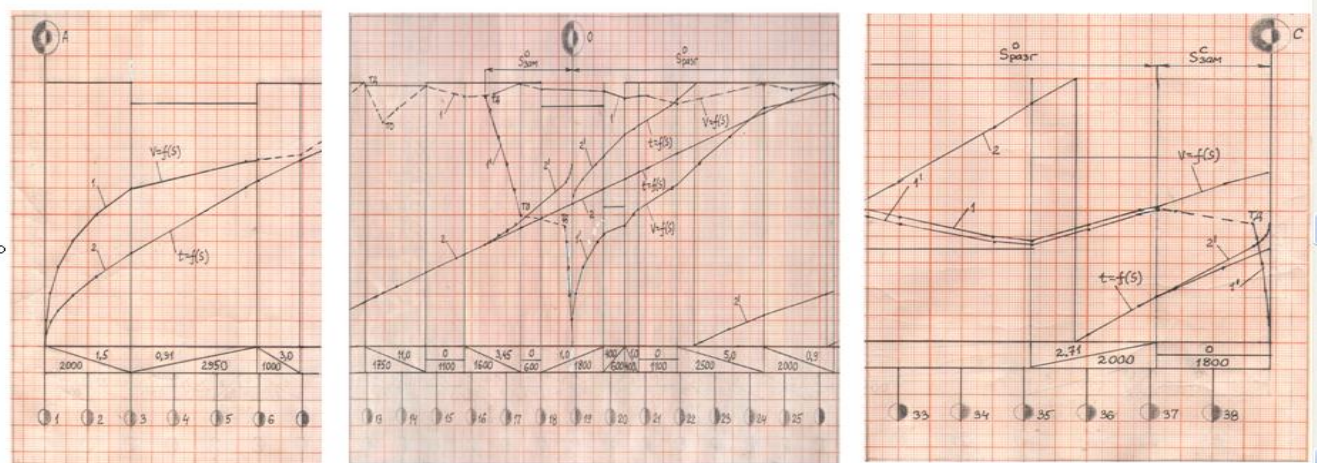
3.2-jadval. Bo'sh yurish va tormozlash rejimi uchun poezdning o'ziga xos solishtirma natijaviy kuchlari, dizel tortuv lokomotivi (teplovoz)

v	w _x	φ _{kp}	b _T	Q ₁ = 2500 t			Q ₂ = 3000 t			Q ₃ = 3500 t		
				w _{ox}	w _{ox} +0,5b _T	w _{ox} +b _T	w _{ox}	w _{ox} +0,5b _T	w _{ox} +b _T	w _{ox}	w _{ox} +0,5b _T	w _{ox} +b _T
Km/ soat	H/k H	—	N/kN	N/ kN	N/kN	N/ kN	N/kN	N/kN	N/kN	N/ kN	N/kN	N/kN
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	2,40	0,270	89,10	1,15	45,69	90,25	1,06	45,61	90,16	1,03	45,58	90,13
10	2,54	1,198	65,34	1,25	33,92	66,59	1,13	33,80	66,47	1,11	33,70	66,45
20	2,76	0,162	53,46	1,40	28,13	54,86	1,23	27,96	54,69	1,22	27,76	54,68
30	3,05	0,140	46,20	1,60	24,70	47,80	1,37	24,54	47,70	1,37	24,13	47,57
40	3,40	0,126	41,58	1,84	22,63	43,42	1,54	23,33	43,12	1,55	21,82	43,13
50	3,83	0,116	38,28	2,12	21,26	40,40	1,74	20,84	39,93	1,76	20,17	40,04

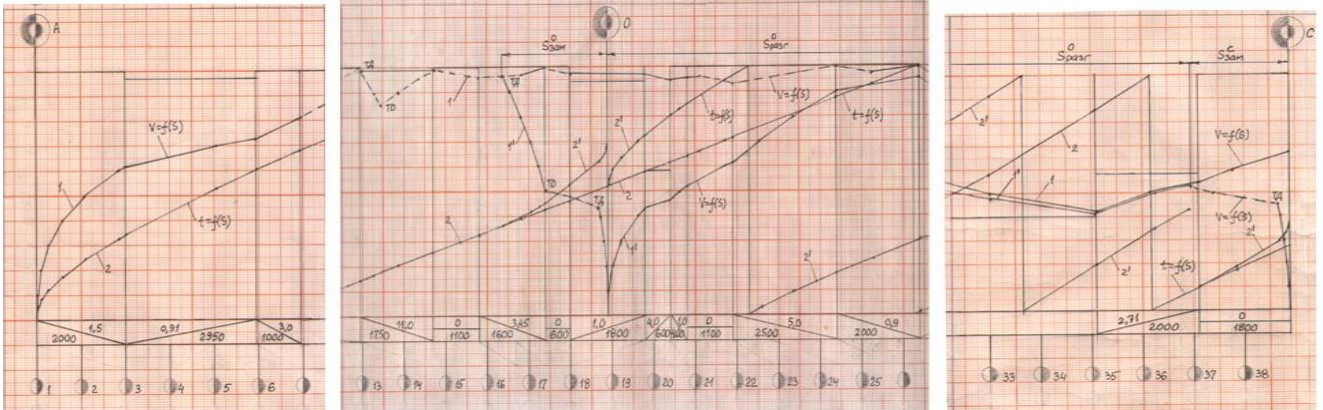
60	4,32	0,108	35,64	2,45	20,27	38,09	1,98	19,80	37,62	2,00	18,85	37,64
70	4,89	0,102	33,66	2,82	19,65	36,48	2,26	19,09	35,92	2,28	17,86	35,94
80	5,52	0,097	32,01	3,24	19,24	35,25	2,56	18,60	34,64	2,59	17,04	34,60
90	6,23	0,093	30,69	3,70	19,04	34,39	2,90	18,29	33,68	2,93	16,38	33,61
100	7,00	0,090	29,70	4,20	19,01	33,90	3,28	18,13	32,98	3,31	15,88	33,01



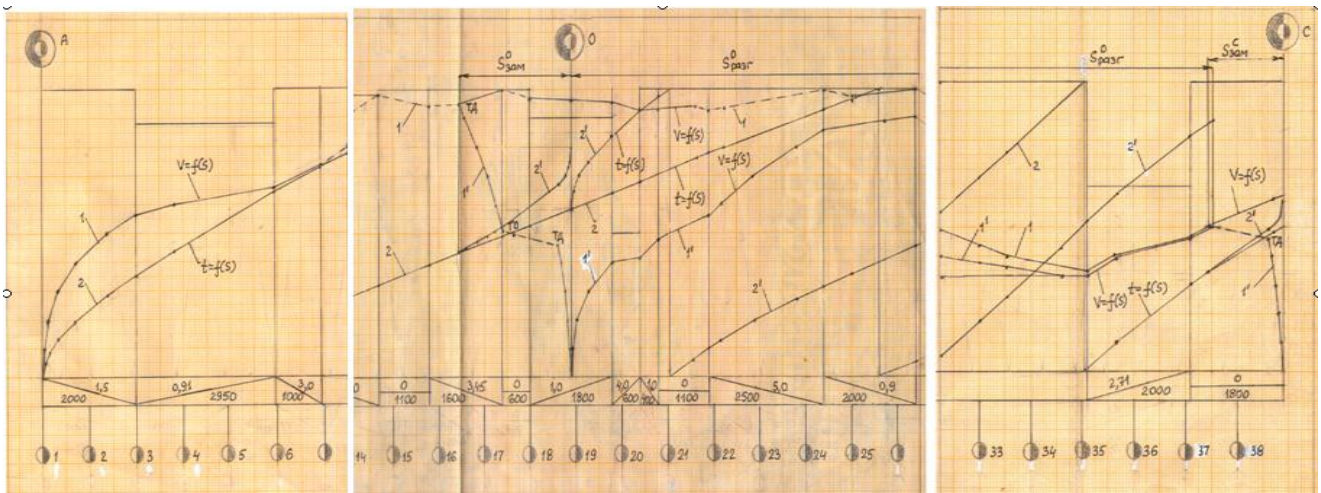
3.1-rasm. UzTE16M3 teplovozi uchun tortish hisob-kitobining bog`liqligi, $Q_1 = 2500$ t



3.2-rasm. UzTE16M3 teplovozi uchun tortish hisob-kitobining bog`liqligi, $Q_2 = 3000$ t

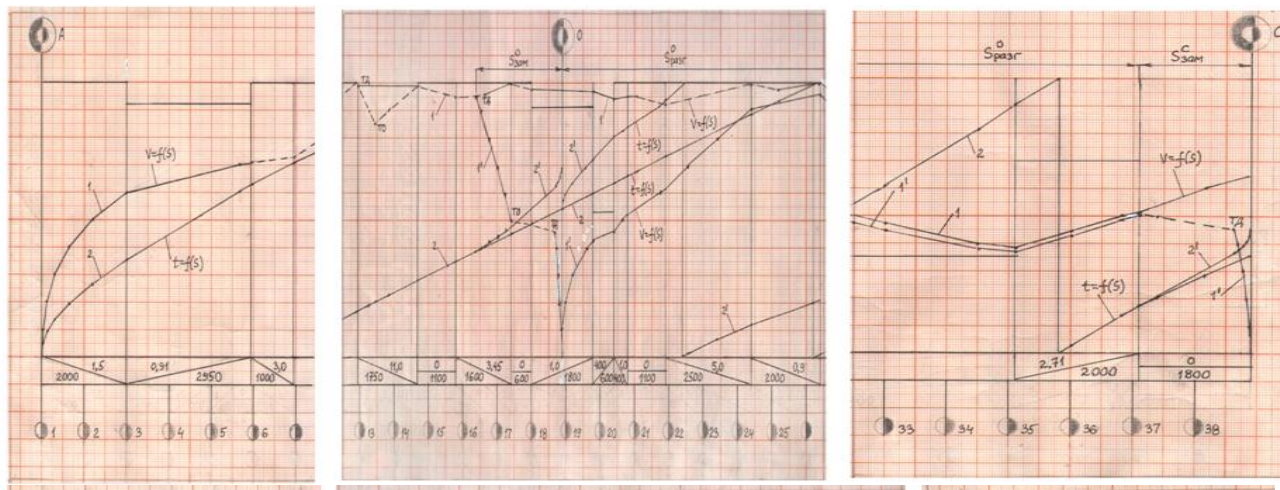


3.3-rasm. UzTE16M3 teplovozi uchun tortish hisob-kitobining bog`liqligi, $Q_3=3500$ t

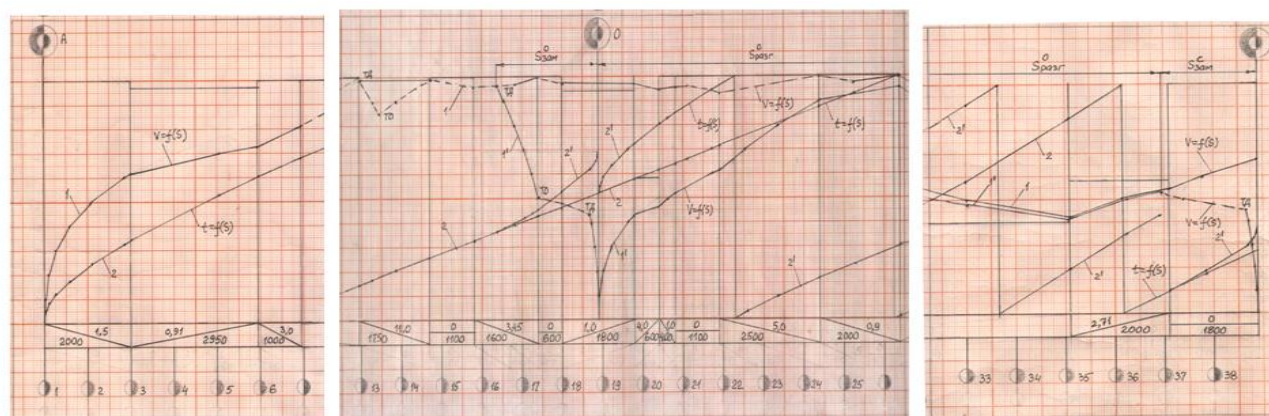


3.4-rasm. 3TE10M teplovozi uchun tortish hisob-kitobining bog`liqligi, $Q_1=2500$ t

Temir yo'l profili elementlarining tik-qiyaliklarining o'lchamiga qarab, poezdning harakatlanish tezligi tezlashgan, bir tekis yoki sekinlashgan bo'lishi mumkin. Biroq, ularning har biri lokomotivning [64,65,68] quvvati va tortish-foydalanish sifatleri (xususiyatlari) dan yuqori darajada foydalanish tamoyiliga bog`liq, bunda UzTE16M3 va 3TE10M teplovozlari uchun tortish rejimlarida to`liq maydon (PP)da mashinist kontrolleri nominal 15 ta pozitsiyaga ega, shuningdek, tortuv elektodvigatellarining birinchi (OP1) va ikkinchi (OP2) maydonlarini zaiflashtirish bosqichlari, teplovoznining tortish xususiyatiga muvofiq, bo'sh yurish va xizmat tormozlash rejimlari bilan birgalikda 19 km/s (avtomatik xususiyatiga chiqish tezligi) tezlikdan 100 km/s (strukturaviy tezlik) tezlikkacha bo`lgan oraliqqa ega bo`ladi.



3.5-rasm. 3TE10M teplovozi uchun tortish hisob-kitobining bog`liqligi, $Q_1 = 3000 \text{ t}$



3.6-rasm. 3TE10M teplovozi uchun tortish hisob-kitobining bog`liqligi, $Q_1 = 3500 \text{ t}$

Navoiy - Maroqand temir yo'l qismi (uchastkasi)da yo'lning harakatlanish tezligi cheklangan: $V^{\text{chekl.}} = 80 \text{ km/s}$ (Juma bekati), $V^{\text{chekl.}} = 60 \text{ km/s}$ (Nurbuloq bekati, Kattaqo'rg'on bekati, Zirabuloq bekati.) va $V^{\text{chekl.}} = 40 \text{ km/s}$ (Ziyovuddin bekati.) bo'lgan beshta oraliq bekatlar va 24-sonli, 28-sonli va 29-sonli tarqatish bekat (raz`ezd)larda $V^{\text{chekl.}} = 60 \text{ km/s}$ tezlik chegaralariga ega bo'lgan oltita alohida tarqatish bekat (raz`ezd)lar mavjud. Bundan tashqari, Maroqand - Juma va Nurbuloq – Kattaqo'rg'on oraliq temir yo'l (peregion)larida $V^{\text{chekl.}} = 80 \text{ km/s}$ tezlikda harakatlanish tezligi bo'yicha bir cheklov va yuk poezdlarining harakatlanish tezligi bo'yicha Juma - 24-sonli tarqatish bekat (raz`ezd) va Kattaqo'rg'on - 28-sonli tarqatish bekat (raz`ezd) oraliq temir yo'l (peregion)larining har biriga ikkita yana shunday bir xil cheklovlar mavjud. Shu bilan birga, yuk poezdining eng yuqori tezligi $V^{\text{max}} = 90 \text{ km/s}$ / soat etib belgilangan.

Xulosa: Yuqorida aytib o'tilgan tortish hisob-kitoblarini bajarish usuli va algoritmiga asoslangan holda, "O'zbekiston temir yo'llari" AJning ayrim qism (uchastka)larida UzTE16M3 va 3TE10M magistral teplovozlari bilan yuk poyezdlarining harakatini boshqarish bo'yicha bir necha vazifalarni hal etib, ularning hosil bo'lgan natijalariga ob`ektiv baho beriladi va qo'shimcha ilmiy vazifalarni hal etish bilan bog'liq bo'lgan, foydalanish jarayonida temir yo'l kompaniyasining magistral teplovoz parkining ish samaradorligini oshirishga qaratilgan nazariy va eksperimental tadqiqotlarni takomillashtirish yo'llarini aniqlaydi. Bundan tashqari,

1. Agar biz kuch masshtabini k va tezligini m deb qabul qilsak va yo'l masshtabini [20...22] bo'yicha aniqlasak, unda ma'lum bir Δv tezlik oralig'i uchun qurilgan $v(s)$ integral egri akkordi yo'ning o'qi bilan poezdning o'ziga xos ta'sir kuchiga mutanosib α burchagiga teng β burchak hosil qiladi.

2. Agar tezlik m va yo'l y masshtablari ma'lum bo'lsa va vaqt masshtabini [20] bo'yicha aniqlangan bo'lsa, unda, ma'lum bir Δs yo'l oralig'i uchun qurilgan egri chiziq akkordi $t(s)$, δ burchagiga teng γ burchakni vaqt o'qi bilan tashkil etadi, chunki bu Δs yo'l va Δv tezlik kichik oralig'ida o'rtacha tezlikka proporsionaldir.

3. Ma'lum bir temir yo'l qism (uchastka)ni yo'l profilining turli elementlarida poezdning harakat tezligini va harakatlanish vaqtini hisoblashning grafik usullari aniqlanadi.

4. O'zbekiston temir yo'llaridagi tortish harakat tarkiblarining haqiqiy foydalanish sharoitlariga tayanib, samaradorlik mezonlarini va uni hisoblashning kengaytirilgan algoritmini hisobga olgan holda, poezdning harakatlanish jarayonini o'rganib tadqiq qilish vazifasi shakllantiriladi.

5. "O'zbekiston temir yo'llari" AJning Navoiy - Maroqand tog' - adirli qismi (uchastkasi)da uch bo'lim (seksiya)li 3TE10M va UzTE16M3 magistral teplovozlardan foydalanish samaradorligining asosiy ko'rsatkichlarini hisoblash metodikasi taklif qilinadi va amalga oshiriladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Деев В. В. Тяга поездов [Matn] / В. В. Деев, Г. А. Ильин, Г. С. Афонин // Oliy o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanma. – M: Transport, 1987-y. -264-bet.
2. Правила тяговых расчётов для поездной работы. – М.: Transport, 1985-y, -287-bet.
3. Абляимов О. С. Основы управления локомотивов [Matn] / О. С. Абляимов, Э. С. Ушаков // Temir yo'l transporti kasb-hunar kollejlari uchun darslik. – Toshkent: "Davr", 2012-y. – 392-bet.
4. Абляимов О. С. Оценка эффективности использования дизельного тягового подвижного состава на холмисто – горном участке железной дороги [Текст] / О. С. Абляимов // Научный журнал «Транспорт Азиатско – Тихоокеанского региона» / Дальневосточный гос. ун-т путей сообщения. – Хабаровск, 2017. № 3 (12). – С. 6 – 11.
5. Абляимов О. С. Графический метод расчёта времени хода поезда на разгон – замедление [Matn] / О. С. Абляимов, И. О. Ташбеков, О. Б. Нигматов // Respublika ilmiy – amaliy anjumani "Oliy va o'rta maxsus, kasb-hunar ta'limining o'zaro hamkorlik aloqalari: yutuq va muammolar". / Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti. – Toshkent: TDIU, 2017. 66-68-betlar.
6. Абляимов О. С. К вопросу эксплуатации тепловозов UzTE16M3 на участке Мароқанд – Навоий АО «Ўзбекистон темир йўллари» [Текст] / О. С. Абляимов // Международный информационно-аналитический журнал «Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык» / Иркутский филиал Московского гос. тех. ун-та гражданской авиации. – Иркутск, 2017. № 3. – С. 27 – 34.
7. Абляимов О. С. К анализу перевозочной работы тепловозов UzTE16M3 на холмисто – горном участке железнодорожного пути [Текст] / О. С. Абляимов, Т. М. Турсунов, М. И. Хисматулин // Вестник ТашИИТ / Ташкентский ин-т инж. ж.-д. трансп. – Ташкент, 2016. № 4 – С. 56 – 59.