TEXNIK STANSIYALAR ISHIDA TRANSPORT JARAYONLARINING MOSLASHUVCHAN TEXNOLOGIYALARINI QO‘LLASH BO‘YICHA TAKLIFLAR ISHLAB CHIQISH

Butunov Dilmurod Baxodirovich
Toshkent davlat transport universiteti “Temir yo‘ldan foydalanish ishlarini boshqarish” kafedrasi professori
dilmurodpgups@mail.ru
https://orcid.org/0009-0009-4165-0257
Tel:. +998 97 267 55 67
Jonuzaqov Choriyor Berdimurodovich
Toshkent davlat transport universiteti “Temir yo‘ldan foydalanish ishlarini boshqarish” kafedrasi tayanch doktoranti
jonuzoqovchoriyor@gmail.com
https://orcid.org/0009-0001-9415-4558
Tel:. +99890 868 08 04

Qabul qilindi: 20.10.2026
Ko‘rib chiqildi: 21.10.2026
Tasdiqlandi: 22.10.2026

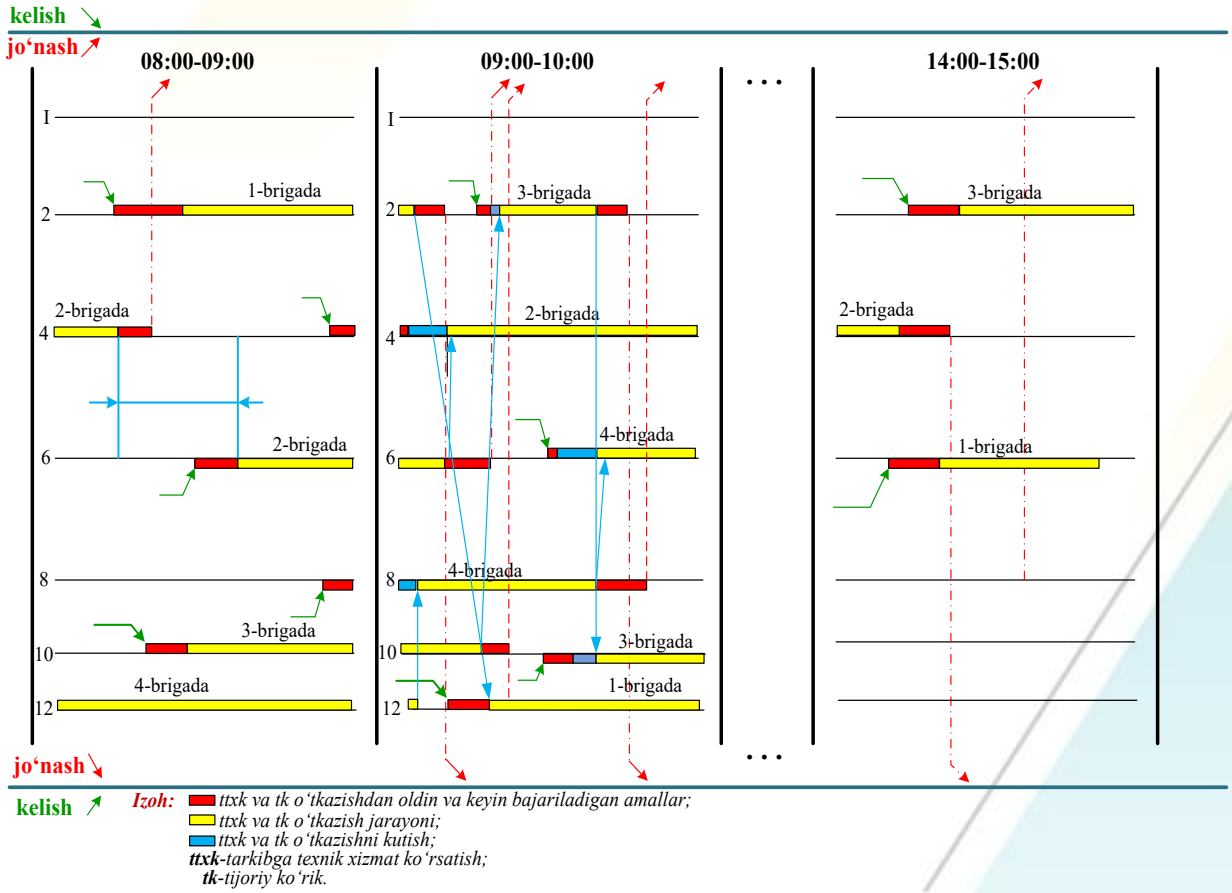
Kalit so‘zlar: stansiya, lokomotiv, o‘tkinchi, terma, uchastka, qabul qilish parki, brigada.

Annotatsiya: Tadqiqotning maqsadi texnik stansiyalarda poyezd oqimlari sutka davomida notekis kelishi ma’lum vaqt oralig‘ida ish hajmi ko‘payishi yoki kamayishiga va buning natijasida resurslar cheklanishi, texnologik amallar belgilangan vaqt me’yoridan ortib ketishi, texnologik amallararo kutishlar, samarasiz vaqt yo‘qotishlar hosil bo‘lishiga olib keladi. Bu kabi samarasiz vaqt yo‘qotishlarni oldini olish maqsadida temir yo‘l stansiyalari ish jarayonini o‘zgaruvchan ish texnologiyalar asosida tashkil etish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Ishida ishlab chiqilgan matematik modellar “O‘TY” AJ tasarrufidagi “Q” stansiyasi ish faoliyatiga tadbiq qilindi. Dastlab stansiyada qayta ishlanuvchi yuk poyezdining kelish vaqti notekisligi (a) tahlil qilindi.

Kirish. Stansiyasiga 08:00÷08:50 oralig‘ida 2 ta poyezd qabul qilinib, qayta ishlash me’yorda bajarilgan bo‘lsa, 08:50÷10:00 oralig‘ida 5 ta yuk poyezdi qabul qilinib qayta ishlash jarayonida resuslar cheklanishi, kutishlar hamda poyezdning jo‘nab ketishi kechikgan. Bu vaqt oralig‘ida texnologiya o‘zgarmagan, ish hajmi oshganligi sababli texnologik jarayonlarning buzilishi yuzaga kelgan.

b) “Q” stansiyasida o‘zgaruvchan ish rejimlarini aniqlash uchun sutkadagi chorak vaqtlar oralig‘ida qabul-qilingan va jo‘natilgan poyezdlar soni va qayta ishlashga ketgan o‘rtacha vaqtlarning xronometraj natijalari 1-jadvalda ko‘rsatilgan.

“Q” stansiyasida qabul-qilingan va jo‘natilgan poyezdlar sutkadagi chorak vaqtlar oralig‘idagi kuzatuvlar 00:00÷06:00 vaqt oralig‘ida, QQPda 16 ta turli toifadagi poyezdlar qabul qilinganligi aniqlandi (1-jadval). Bu vaqt oralig‘ida JPda 6 ta turli toifadagi poyezd jo‘natilgan. 12:00÷18:00 vaqt oralig‘ida JPda 5 ta turli toifadagi poyez jo‘natilgan bo‘lsa, QQPda 3 ta turli toifadagi poyezd qabul qilingan. Ma’lumotlardan ko‘rish mumkinki, sutkadagi vaqt oraliqlarida qabul qilingan poyezdlar va tarkibdagi vagonlar soni notekis.



1-rasm. *“Q” stansiyasida poyezdlar kelish vaqti notekisligi sharoitada yuk poyezdlarini qayta ishlash jarayoni*

Ushbu holatda “Q” stansiyasida moslashuvchan texnologiyalarni qo‘llash uchun bajariladigan texnologik jarayolar poyezdni qabul qilishdan jo‘natishgacha bo‘lgan amallarni fazalarga ajratish va har bir faza bo‘yicha texnologik amalning vaqt me’yoridan ortishi, yuklanishi, samarasiz vaqt yo‘qotishlar, kutishlarni ifodalovchi ($t_{mos.t}$) qo‘shilgan qiymat vaqti samaradorligining asosiy ko‘rsatkichlari hisoblab chiqildi. Shuning uchun “Q” stansiyasida bajariladigan texnologik jarayonlar shartli ravishda 7 ta fazaga ajratildi (2-rasm).

2-rasmdan shuni xulosa qilish mumkinki, har bir fazada amalga oshiriladigan texnologik amallar poyezd toifasini hisobga olgan holda shakllantirilgan. Biroq, mazkur yondashuv texnologik jarayonning qaysi fazasida resurslar yetishmovchiligi yuzaga kelishi, poyezdlarning kutib qolishi va samarasiz vaqt yo‘qotishlari shakllanishini aniq miqdoriy baholash imkonini to‘liq ta’minlamaydi. Shuning uchun “Q” stansiyasida yuk poyezdlarni qayta ishlashda o‘zgaruvchan parametrlar sifatida kiritilgan poyezdlarning notekis kelishi poyezd oqimlari ko‘payganda stansiyaning resurs (yo‘l, brigada, manyovr lokomativ)lari bandligi natijasida texnologik amallarni bajarishda kutishlar yuzaga keladi. Bunda texnologik amallarning me’yoriy davomiyligidan tashqari yuzaga keladigan kutishlar va samarasiz vaqt yo‘qotishlarni ifodalovchi qo‘shilgan qiymat vaqti ($t_{mos.t}$)ni aniqlash uchun bajariladigan texnologik fazalar ($i=1,2,...,7$)ning quyidagi parametrlarini aniqlaymiz:

$\pi_1(\pi_2,\pi_3,...,\pi_7)-$ i bosqichdan oldingi tarkiblar navbatining o‘rtacha uzunligi;

$z_1(z_2,z_3,...,z_7)-i$ bosqichidagi tarkiblarning o‘rtacha soni;

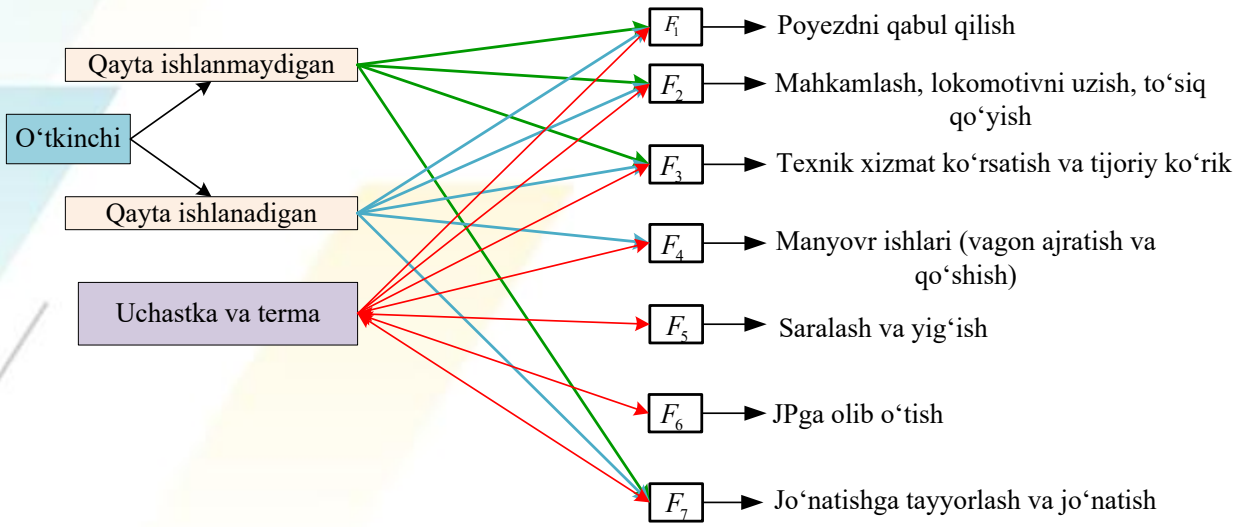
$t^1_{kut}(t^2_{kut},t^3_{kut},...,t^7_{kut})$ – o‘rtacha kutish vaqti;

$t^1_{faza}(t^2_{faza},t^3_{faza},...,t^7_{faza})$ – texnologik amalda (fazada) bo‘lish vaqti.

1-jadval

“Q” stansiyasiga sutkaning chorak vaqtlari oralig‘ida qabul-qilingan va jo‘natilgan poyezdlar soni va o‘rtacha qayta ishlash vaqti

Vaqtlar oralig‘i	Poyezd toifasi				Qabul qilingan va jo‘natilgan poyezdlar soni			O‘rtacha qayta ishlash vaqti, daqiqa					
	o‘tkinchi	uchastka	terma	boshqa	QQP	JP	Jami	QQP			JP		
								TIJ	Amalda	Farqi +/-	TIJ	Amalda	Farqi +/-
00:00÷06:00	7	9	6	3	16	6	22	60	71	-11	90	89	+1
06:00÷12:00	5	6	5	2	11	5	16	60	64	-4	90	91	-1
12:00÷18:00	3	3	2	1	3	5	8	60	57	+3	90	93	-3
18:00÷24:00	3	2	3	1	5	3	8	60	62	-2	90	91	-1
Jami	**18**	**20**	**16**	**7**	**35**	**19**	**54**			**-8**			**-4**



2-rasm. *“Q” stansiyasida yuk poyezdlarini qayta ishlash jarayonlari fazalari*

“Q” stansiyasiga yuk poyezdlarning notekis kelishi (1-rasm)da 9:00÷10:00 vaqt oralig‘ida poyezd oqimlari ko‘payishi natijasida stansiyaning texnologik qurilmalari va xizmat ko‘rsatuvchi resurslariga tushadigan yuklama ortadi. Mazkur sharoitda stansiyaning barqaror va me’yoriy ish rejimini ta’minlash uchun (1)-ifodada keltirilgan shartning bajarilishi talab etiladi.

$$\rho = \frac{\lambda}{n \cdot \mu} < 1 \qquad (1)$$

bunda λ – poyezdlar kelish notekisligi;
n – xizmat ko‘rsatuvchi resurslar soni;
μ – texnik amalning xizmat tezligi;
$\rho < 1$ stansiya yuklanmagan resurslar yetarli;
$\rho \to 1$ stansiya yuklanishga yaqin resurslar band;
$\rho \geq 1$ stansiya yuklangan resurslar cheklangan.

Texnik stansiyalarning ish faoliyati cheklanmagan navbatga ega bo‘lgan ko‘p kanalli xizmat ko‘rsatish tizimi sifatida qaraladi. Yuk poyezdlarining stansiyaga notekis kelishini hisobga olgan holda, ayrim vaqt oraliqlarida poyezd oqimlarining ko‘payishi kuzatiladi. Bunda (λ) – stansiyaga kelish intensivligi ya’ni poyezd oqimi Puasson qonuniga bo‘ysunadi. Yuk poyezdlarni qayta ishlash (xizmat ko‘rsatish) intensivligi (μ) parametriga ega ko‘rsatkichli taqsimot bilan ifodalanadi. Natijada texnik stansiyaning ish jarayoni $M_1 / M_2 / n / \infty$ turidagi ko‘p kanalli xizmat ko‘rsatish tizimi sifatida qaraladi.

bunda M_1 – poyezdlarning stansiyaga notekis kelishining Puasson oqimi;
M_2 – har bir poyezdga xizmat ko‘rsatish vaqti;
n – bir vaqtning o‘zida xizmat ko‘rsata oladigan resurslar soni;
∞ – navbat sig‘imi cheklanmagan.

Shuning uchun “Q” stansiyasining me’yoriy ish rejimi uchun (1)-ifoda bajarilishi kerak. Me’yoriy ish rejimida stansiyaning barqaror ish rejim ehtimolliklari quydagicha bo‘lishi mumkin:

$S_o^{b.hol}$ – resurslar va ishchi xodimlar bekor turipti;

$S_1^{b.hol}$ – bitta texnologik amaldagi ishchi xodimlar band, navbat yo‘q;

$S_k^{b.hol}$ – texnik xizmat ko‘rsatish va tijoriy ko‘rikning k ta brigadasi band, bitta brigada navbatda turibdi, $1 \le k \le n$;

$S_n^{b.hol}$ – barcha n ta resurs band, navbat yo‘q;

$S_{n+1}^{b.hol}$ – barcha n ta resurs band, bitta poyezd navbatda turibdi;

$S_{n+r}^{b.hol}$ – barcha n ta resurs band, navbatda r ta tarkib bor.

Stansiyaga poyezdlar notekis kelishi natijasida barcha mumkin bo‘lgan holatlar $\rho_0 + \rho_1 + \rho_2 + ... + \rho_r = 1$ bo‘lganda, stansiyaning ish rejimiga normal holat sharti kiritiladi. Bunda vaqt oralig‘ida kelib chiqadigan ikkita holatni inobatga olish zarur:

1) kutishlar yo‘q navbat hosil bo‘lmagan holatlar

$$\rho_0 + \rho_1 + \rho_2 + ... + \rho_n = \rho_0 \left(\sum_{i=0}^{n} \frac{\rho^i}{i!} \right) \quad (2)$$

2) barcha n ta resurslar band va navbat mavjud holatlar

$$\rho_{n+1} + \rho_{n+2} + ... + \rho_{n+r} = \rho_0 \left(\sum_{r=1}^{\infty} \frac{\rho^{n+r}}{n^r \cdot n!} \right) \quad (3)$$

(3)-ifodadan ($\frac{\rho^n}{n^r}$) ni umumiy ko‘paytuvchi sifatida qavsdan tashqariga chiqarsak quyidagi tenglik hosil bo‘ladi

$$\rho_0 \cdot \frac{\rho^n}{n!} \sum_{r=1}^{\infty} \left(\frac{\rho}{n} \right)^r \quad (4)$$

(4)-ifodadan ($\frac{\rho}{n} = q$) belgilash kiritish orqali ifoda soddalshtirilib umumiy yig‘indi, cheksiz kamayuvchi geometrik progressiya yig‘indisi formulasi ko‘rinishga keltirildi

$$q + q^2 + q^3 + ... = \frac{q}{1-q}, \text{ bunda } |q| < 1 \quad (5)$$

Belgilash kiritilganidan keying hosil bo‘lgan yig‘indini (4)-ifodaga qo‘ysak quyidagi tenglik hosil bo‘ladi

$$\sum_{r=1}^{\infty} \left(\frac{\rho}{n} \right)^r = \frac{\frac{\rho}{n}}{1 - \frac{\rho}{n}} = \frac{\rho}{n - \rho} \quad (6)$$

Natijada quyidagi tenglik hosil bo‘ladi

$$\rho_0 \cdot \frac{\rho^n}{n!}\frac{\rho}{n-\rho} = \rho_0 \cdot \frac{\rho^{n+1}}{n!(n-\rho)} \quad (7)$$

2-holat (navbat va kutishlar mavjud resurslar cheklangan holat) soddalashtirildi hosil bo‘lgan (7)-ifodani 1-holat resurslar cheklanmagan kutishlar va navbat mavjud emas (2)-ifoda bilan birlashtirish orqali bajarilayotgan texnologik jarayon fazasida tizim bo‘sh bo‘lish ehtimolini aniqlaydi.

$$\rho_0 = \left\{ \sum_{i=o}^{n} \frac{\rho^i}{i!} + \frac{\rho^{n+1}}{n!}\frac{1}{(n-\rho)} \right\}^{-1} \quad (8)$$

$$\rho_k = \frac{\rho^k}{k!} \cdot \rho_o, \text{ bunda } (1 \le k \le n) \quad (9)$$

$$\rho_{n+r} = \frac{\rho^{n+r}}{n^r \cdot n!} \cdot \rho_o, \text{ bunda } (r \ge 1) \quad (10)$$

Tizimning ($S_k^{b.hol}$) holatida barqaror ish rejimida aynan k ta xizmat ko‘rsatish resursi band bo‘lishi ya’ni xizmat ko‘rsatilayotgan poyezdlar soni mavjud brigadalar sonidan oshmasa ($1 \le k \le n$) va barcha n ta xizmat ko‘rsatish resursi band bo‘lganda va navbatda r ta tarkib bo‘lganda $(r \ge 1)$, $S_{n+r}^{b.hol}$ holatning ehtimolligi hisoblanadi. Bunda $S_k^{b.hol}$ holatining ehtimolligi (barcha resurslar band, navbat yo‘q) hisoblanadi.

Stansiyaning barqaror holat ehtimolliklaridan kelib chiqib, yuk poyezdlarni qayta ishlashda texnologik jarayonlarning umumlashtirilgan ko‘rsatkichlari hisoblanadi:

qayta ishlanishini ko‘tayotgan poyezdlarning o‘rtacha soni

$$\bar{\pi} = \frac{\rho^{n+1} \cdot \rho_o}{n \cdot n!(1-k)^2}, \quad (11)$$

bunda p_0 – tizimda poyezd yo‘q bo‘lishining ehtimolligi;

n – xizmat ko‘rsatish resurslari masalan, brigadalar soni;

p – xizmat ko‘rsatishning yuklamasini ifodalovchi parametr;

k – xizmat ko‘rsatish amalining yuklanish koeffitsiyenti.

Qayta ishlash jarayonidagi texnologik amallarda bo‘lgan va qayta ishlanishni kutayotgan poyezdlarning o‘rtacha soni

$$\bar{z} = \bar{\pi} + \rho, \quad (12)$$

navbatda kutishning o‘rtacha vaqti

$$\bar{t}_{kut} = \frac{\bar{\pi}}{\lambda}, \quad (13)$$

yuk poyezdlarning texnologik amallarda bo‘lish o‘rtacha vaqti

$$\bar{t}_{tex.am} = \frac{\bar{z}}{\lambda}, \quad (14)$$

Yuk poyezdlarini qayta ishlash jarayonining 7 ta fazada shakllanadigan navbatlarining o‘rtacha qiymatlarini jamlash orqali stansiya bo‘yicha navbatda turgan poyezdlarning umumiy o‘rtacha soni quydagicha aniqlanadi

$$\bar{\pi}_{um} = \bar{\pi}_1 + \bar{\pi}_2 +,...,+\bar{\pi}_7 \quad (15)$$

Yuk poyezdlarini qayta ishlashning 7 ta fazasida navbatda kutayotgan hamda xizmat ko‘rsatilayotgan tarkiblarning jami o‘rtacha soni quydagicha aniqlanadi

$$\bar{z}_{um} = \bar{z}_1 + \bar{z}_2 +,...,+\bar{z}_7 \quad (16)$$

Yuk poyezdlari 7 ta texnologik fazadan ketma-ket o‘tishi sababli, har bir fazada yuzaga keladigan kutish vaqtlarini jamlash orqali poyezdning umumiy kutish davomiyligi aniqlanadi

$$t_{kut} = t^1_{kut} + t^2_{kut} +,...,+t^7_{kut} \quad (17)$$

Yuk poyezdlarini qayta ishlash jarayonida har bir fazada sarflanadigan vaqt davomiyligi quyidagicha aniqlanadi

$$t_{faza} = t^1_{faza} + t^2_{faza} +,...,+t^7_{faza} \quad (18)$$

Texnik stansiyalarda yuk poyezdlarini qayta ishlash jarayonida taklif etilayotgan texnologik amallarning me’yoriy davomiyligi, samarasiz vaqt yo‘qotishlar va kutish vaqtlarini ifodalovchi $(t_{mos.t})$ parametrlarning aniq qiymatlarini aniqlash maqsadida, yuk poyezdlarining toifalari inobatga olingan holda bajariladigan texnologik amallar 2-rasmga muvofiq alohida fazalarga ajratildi. 7 ta texnologik fazaning yuklanganlik darajasi sutka davomida o‘zgaradi. Taklif etilayotgan usulda har bir fazaning poyezd oqimi intensivligi, xizmat ko‘rsatish tezligi, xizmat ko‘rsatuvchi resurslar soni, resurslarning yuklanganlik darajasi va kutish davomiyligi baholanadi. Olingan ko‘rsatkichlar asosida texnologik jarayonlarda kelib chiqadigan “zaif joy” aniqlanib, uning kelib chiqishiga sabab bo‘lgan mavjud resurslar (yo‘llar soni, brigadalar, va manyovr lokomotivlar)ni qayta taqsimlash amalga oshiriladi.

XULOSA

Tahlil natijalari “Q” stansiyasiga qayta ishlash uchun keladigan yuk poyezdlari oqimi sutka davomida bir maromda shakllanmasligini ko‘rsatdi. Ayrim vaqt oralig‘ida poyezdlar kelishi keskin ortib, qabul qilish, saralash va jo‘natish yo‘llari hamda manevr vositalariga yuklama oshadi. Boshqa davrlarda esa ushbu resurslardan foydalanish darajasi pasayadi. Natijada tig‘iz davrlarda poyezdlarning texnologik amallarni bajarishni kutish vaqti uzayadi, vagonlar turib qolishi hamda me’yoriy texnologik vaqtning ortishi kuzatiladi. Shuning uchun stansiya ishini doimiy, o‘zgarmas texnologiya asosida emas, balki poyezdlar oqimining joriy va prognoz qilinayotgan hajmiga mos ravishda o‘zgaruvchan ish texnologiyasi asosida tashkil etish zarur. Ishlab chiqilgan matematik modellar aynan poyezdlar kelishidagi notekislikni hisobga olib, stansiya resurslarini vaqt bo‘yicha maqbul taqsimlash,

ortiqcha kutishlarni kamaytirish va stansiya ish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

[1]. D.B. Butunov, Ch.B. Jonuzokov, Sh.A. Daminov / Analysis of the current status of the throughput and processing capabilities of the “Q” station // Journal Engineer Volume:3 Issue:2 June, 2025 // https://doi.org/10.56143/engineertstu.v3i2.63

[2]. Erofeyeva E.A. Stages of application of simulation models of stations for calculation of standard values of idle time of cars / Problems of physics, mathematics and engineering. – 2013. №1 (14). – C. 96-100.

[3]. Грошев В. А. Технологический процесс на железных дорогах / В. А. Грошев // Межвуз. науч.- теоретич. конференция «Инновационная железная дорога. Новейшие и перспективные системы обеспечения движения поездов» : сб. статей / под общ. ред. А. С. Шарлая. – Петергоф : ВИ (ЖДВ и ВОСО), 2017. – С. 42–44.

[4]. Pepevnik, A. The railway traffic shunting system / A. Pepevnik, B. Bogović // Promet (Zagreb). – 2003. – Vol. 15, Issue 3. – P. 177–184.

[5]. Alekseevna N.T. Models and algorithms of a specialized information-computing system for planning shunting operations in industrial transport: dis. ... can. technical sciences. -SPb: PGUPS, 2019. – 147.

[6]. Ковалев К. Е. Метод распределения функций и зон управления между оперативным персоналом крупных участковых станций : дис.… канд. техн. наук, специальность : 05.22.08 /К. Е. Ковалев. – СПб. : ПГУПС, 2015. – 194 с;

[7]. Козаченко Д. Н.Математическая модель для оценки технико-технологических показателей работыжелезнодорожных станций. Наука тапрогрес транспорту. 2013. No 3(45). С. 22–28.DOI: https://doi.org/10.15802/stp2013/14540

[8]. Шухина Е. Е. Алгоритмы повышения пропускной способности железнодорожных участков и их реализация в ИСУЖТ / Е. Е. Шухина, В. И. Астрахан, В. М. Малинов, Б. Г. Цукерман // Труды Второй науч.-технич. конференции «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте (ИСУЖТ–2013)». – М. : НИИАС, 2013. – С. 65–68

[9]. P. Wanga. Train trajectory optimization for improved on-time arrival under parametric uncertainty/A. Trivellaa, Rob M.P. Goverdeb, F.Cormana// Transportation Research Part C. 119 (2020). 102680. https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102680

[10]. A. Laschenykh. Development of mathematical models for planning the duration of shunting operations / A. A. Laschenykh, S. N. Turpak, S. V. Gritsai, L. A. Vasilyeva, E. A. Ostroglyad

[11]. Pokhilko S.P., Bauer A.V., Buschik D.K. /Эффективность применения инновационных технологий на грузовой станции и их влияние на показатель оборота вагона // сборник научных трудов донижт № 1(76) / 2025

[12]. Д. Н. Козаченко, Ю. Н. Германюк, Э. К. Манафов./ организация контроля технологических процессов железнодорожных станций на основании статистических методов // doi: https://doi.org/10.15802/stp2019/178426;

[13]. Варжина К.М., Корнилов С.Н./ Выбор направлений повышения пропускной способности железнодорожных станций в условиях усложнения структуры вагонопотоков// России. 2014. №5;

[14]. D.B. Butunov, Ch.B. Jonuzokov, J.A. Juraboev, D.J. Kengesbaeva / Temir yo‘l stantsiyalarining o‘tkazuvchanlik va qayta ishlash qobiliyatlariga ta’sir ko‘rsatuvchi omillar // Journal of Transport , Volume:2 Issue:2 June, 2025 // https://doi.org/10.56143/2181-2438-2025-2-22-26;

[15]. Бутунов Д.Б. Совершенствование методов технико-эксплуатационной оценки организации и управления вагонопотоками сортировочных станций. Дис.док. фил. (PhD). Ташкент: ТашИИТ. – 2019. – 187 с.

[16]. Butunov Dilmurod, Jonuzokov Choriyor, Abdukodirov Sardor / Operational procedures for variable work schedules at railway stations // № 3s(11)2026, ISSN:2181-1083 DOI:10.61663/263stuitmct11 Date:2026-09-14//