

DOI 10.53364/24138614\_2023\_29\_2\_85  
ӘОЖ 656.2

<sup>1</sup>Урсарова А. К. \*, <sup>1</sup>Айкумбеков М. Н., <sup>2</sup>Жатқанбаева Э. А.

<sup>1</sup>«Логистика және көлік академиясы» АҚ

<sup>2</sup>Қазақ автомобиль-жол институты

Алматы қ., ҚР.

\*E-mail: [a.ursarova@alt.edu.kz](mailto:a.ursarova@alt.edu.kz)

## ТЕМІР ЖОЛ СТАНСА ЖҰМЫСШЫЛАРЫНЫҢ ДАЯРЛЫҒЫН БАҒАЛАУ ӘДІСТЕРІН ЖЕТІЛДІРУ

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПОДГОТОВКИ РАБОЧИХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

## IMPROVEMENT OF METHODS FOR ASSESSING THE TRAINING OF RAILWAY STATION WORKERS

**Аннотация.** В данной работе разработана формальная методика оценки профессиональной подготовки оперативно-диспетчерского персонала железнодорожных станций, а также усовершенствованы методы расчета норм времени на маневровые движения, выполняемые в процессе смены вагонов.

**Ключевые слова:** человеческий фактор, железнодорожная станция, моделирование, тренажер, информационная модель.

**Аңдатпа.** Бұл жұмыста теміржол станцияларының жедел-диспетчерлік персоналының кәсіби даярлығын бағалаудың формалды әдістерін әзірлеу болып табылады, сондай-ақ вагондарды ауыстыру процесінде орындалатын маневрлік қозғалыстарға уақыт нормаларын есептеу әдістері жетілдірілді.

**Түйін сөздер:** адам факторы, темір жол стансасы, модельдеу, тренажер, ақпараттық модель.

**Abstract.** This work is the development of formal methods for assessing the professional training of operational and dispatch personnel of railway stations, as well as improved methods for calculating time standards for shunting movements performed in the process of changing cars.

**Keywords:** human factor, railway station, simulation, simulator, information model.

«Адам факторы» проблемасын қолданбалы зерттеу ең алдымен авиациямен және ұшу қауіпсіздігін қамтамасыз етумен байланысты болғанын атап өту қажет. 1910 жылы профессор Г. Мюнстерберг (Hugo Munsterberg) "жеке фактор" ұғымын тұжырымдады, ол әуе кемесін басқару кезінде адамның қателіктеріне дейін азаяды. Техникалық жүйені басқаратын адамның сенімділігінің оның психологиялық қасиеттеріне тәуелділігі кәсіби іріктеу әдісінің негізі болды. "Жеке фактор" мәселесін одан әрі зерттеу авиациялық оқиғалардың қатысушылары көбінесе біліктілігі күмән тудырмайтын ең жақсы ұшқыштар екенін көрсетті. Нәтижесінде, 20 ғасырдың 30-жылдарында маманның сенімділігі оның жеке қасиеттерімен ғана емес, сонымен бірге Еңбек құралдарының кемшіліктерімен де анықталады және, тиісінше, адам қателіктер жібермеуі үшін оның сенімділігін төмендететін Еңбек құралдарының кемшіліктерін жою қажет деген қорытынды жасалды.

Адамның қабілеттері мен техникалық жүйенің мүмкіндіктерінің дұрыс үйлесуі "адам – техникалық жүйе – орта" жүйелерінің тиімділігі мен сенімділігін арттырады, адамның техникалық құралдарды мақсатына сәйкес оңтайлы пайдалануын анықтайды және техникалық жүйелерді құру құнын да, оларды пайдалану құнын да төмендетеді.

Мұндай жұмыстардың мысалдары Еуропалық Одақтың шарттары үшін by Evans және by Tokmurzina-Kobernyak et al. [2] Қазақстан шарттары үшін. Екі жұмыста да персоналдың қателіктері пойыз қауіпсіздігін бұзудың негізгі себептерінің бірі болып табылады. Темір жол көлігінің жұмыс істеу қауіпсіздігін қамтамасыз етудегі адам факторының рөлін талдау жұмыста орындалды [3].

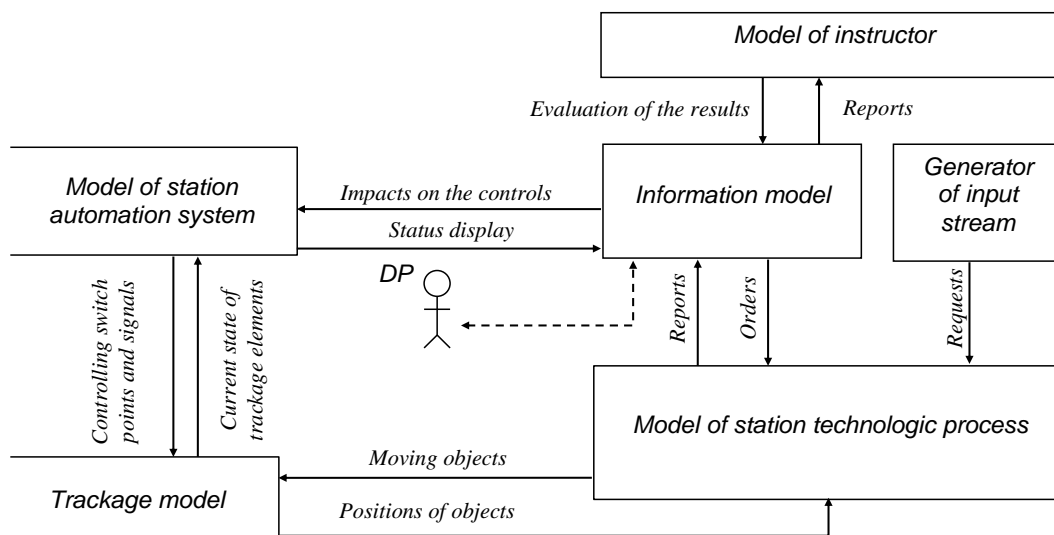
Темір жолдардың жұмыс істеуінің технологиялық процестерін талдау поездар қозғалысының қауіпсіздігін қамтамасыз ету жөніндегі талаптар, әдетте, өндірістік процесті орындау шарттарына шектеулер қоятынын және темір жол көлігінің өңдеу және өткізу қабілетін төмендететінін көрсетеді. [4] - те жүргізілген зерттеулер уақыт өте келе теміржол көлігіндегі технологиялық операцияларды орындау үшін уақыттың күрделі нормаларын есептеу әдістері мен пойыз қауіпсіздігі талаптары арасында алшақтық бар екенін көрсетеді. Осыған байланысты теміржол көлігінің техникалық құралдарының жоғары жүктемесі жағдайында жедел-диспетчерлік персоналдың жұмысын зерттеу проблемасы туындайды. Теміржол қызметкерлерінің жұмыс сапасын бағалау әдісін құру мәселесі by Kyriakidis басылымына арналған [5]. [5] ұсынылған әдіс апаттар мен оқиғалардың пайда болуына ықпал ететін факторларды анықтауға, сондай-ақ диспетчерлік персоналдың өнімділігінің төмендеуіне әкеледі.

Бірінші тәсілді жүзеге асыратын жұмыстардың мысалдары [6, 7]. Атап айтқанда, by Boudnaa et al жұмысында. [6] Stochastic Petri Nets Analysis әдістеріне негізделген теміржол сигнализациясы жүйесінің моделі ұсынылған, ол жабдықтың істен шығуы мен операторлардың қателіктерін ескереді. By Shalyagin & Nichiporuk жұмысында [7] теміржол көлік жүйелерінің адам-оператор жұмысын модельдеуге арналған тәсілдерге талдау ұсынылған. Адам операторының моделін қамтитын модельдеу модельдерінің артықшылығы-олар ұзақ уақытты модельдеуге мүмкіндік береді. Алайда, адам менеджерінің негізгі міндеті күрделі формализацияланатын мәселелерді шешу екенін ескере отырып, адам менеджерінің мінез-құлқын барабар модельдеу күрделі формализацияланатын міндет болып табылады. [1]

Екінші тәсіл жедел диспетчерлік персоналдың тренажер-симуляторларында іске асырылады. Қазіргі уақытта әзірленген модельдер виртуалды шындық әдістерін қолданады [8], желілік оқыту технологиялары және т.б. тренажерлер станция кезекшілерінің жұмыс жағдайларын шындыққа жақын модельдеуге және нақты адамдардың өздері басқаратын объектілер мен жүйелердің жұмысына әсерін бағалауға мүмкіндік береді. Бұл тәсілдің кемшілігі-модельдеу жылдамдығы шектеулі және оның нәтижелері модельдеуге қатысатын адам қабылдаған субъективті шешімдерге байланысты.

Осы жұмыстың мақсаты теміржол станцияларының жедел-диспетчерлік персоналының кәсіби даярлығын бағалаудың формалды әдістерін әзірлеу болып табылады. Зерттеу әдістері ретінде берілген пайдалану жағдайларында адам-диспетчердің жұмыс көрсеткіштерін алу үшін имитациялық модельдеу әдістері, сондай-ақ алынған нәтижелерді бағалау үшін кластерлік және дискриминанттық талдау әдістері таңдалды.

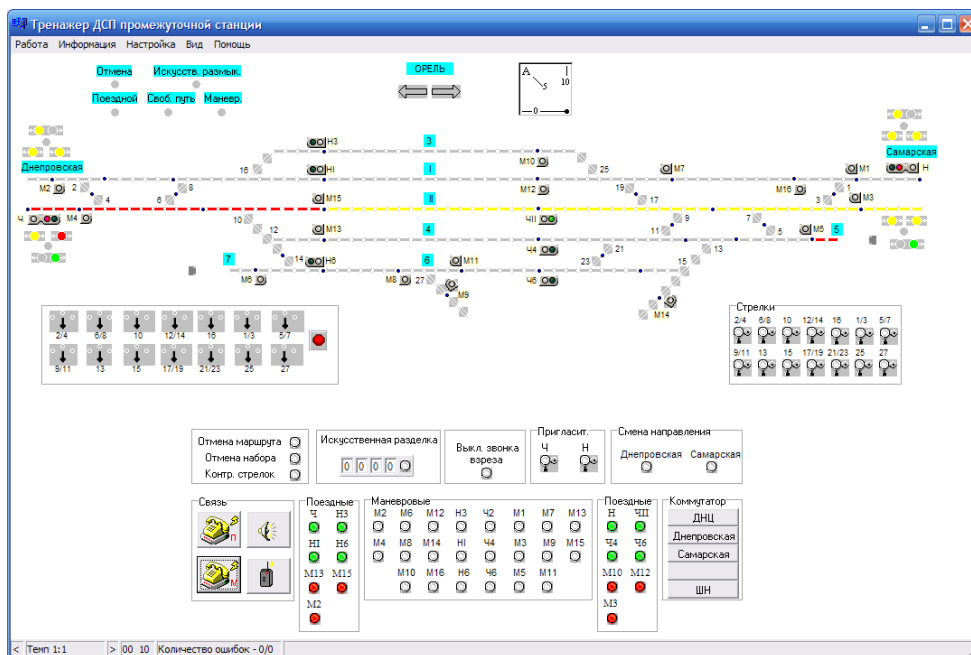
Methods. Зерттеуде теміржол станциясының көрсеткіштерін алудың негізгі әдісі ретінде компьютерлерді қолдана отырып модельдеу әдісі таңдалды. Бұл жағдайда станция күрделі, динамикалық, стохастикалық, эргатикалық (адам басқаратын) жүйе ретінде қарастырылады. Әзірленген модельдің жалпы құрылымы суретте көрсетілген. 3.



**Сурет 1.** Адам басқаратын жүйедегі модель

Станцияның модельдеу моделі станцияның функционалды моделіне негізделген, [9]. Бұл модельде станцияның жұмыс істеу процесі станцияның технологиялық процесінің жекелеген күйлері арасындағы ауысулар тізбегі ретінде қарастырылады. Бұл ретте әрбір осындай жай-күй жылжымалы құрамның жолдарда орналасуымен және әртүрлі объектілермен (поездармен, локомотивтермен, вагондармен) технологиялық операциялардың аяқталу дәрежесімен сипатталады. Модельдегі объектілермен технологиялық операцияларды орындау тәртібі детерминистік соңғы машиналардың көмегімен белгіленеді. Нысандарға сәйкес келетін машиналардың күйден күйге ауысуы ішкі және сыртқы сигналдардың әсерінен болады. Ішкі сигналдар модельдің өзінен технологиялық операциялардың соңында, жолдардағы жылжымалы құрамның орналасуы өзгерген кезде, сондай-ақ таймердің командасы бойынша белгілі бір уақытта келеді. Сыртқы сигналдар (командалар) модельдеуді жүзеге асыратын адам операторынан келеді. Командалар операторға жеке объектілерге қызмет көрсетудің тәртібі мен басымдылығын таңдауға мүмкіндік береді. Модельдің әр күйі үшін оператордың дұрыс және бұрыс әрекеттеріне сәйкес келетін және ағымдағы күйдің өзгеруіне әкелетін мүмкін командалардың тізімі алдын-ала анықталған.

Оператордың барлық басқа командалары қолайсыз болып саналады. Рұқсат етілмеген командаларды беру оператордың қателігі болып саналады және модельдің күйін өзгертуге әкелмейді. Командаларды оператор-адамнан модельге беру және модельдің ағымдағы жай-күйін көрсету ақпараттық модельдің көмегімен орындалады, ол операторды станцияны басқару үшін барлық қажетті ақпаратпен қамтамасыз етеді, көрнекі (станция жолдарындағы жылжымалы құрамның жағдайы, бағыттамаалар мен бағдаршамдардың жай-күйі, аралықтардың жұмыспен қамтылуы және т.б.), сондай-ақ вербалды (технологиялық операцияларды орындау туралы баяндамалар, диспетчердің командалары, операцияларды орындауға сұрау салулар және т. б.). Ақпараттық модель станция бойынша кезекшінің жұмыс орны негізінде қажетті басқару элементтері (кнопкалар, тұтқалар, байланыс коммутаторлары) бар теміржол станциясының мнемосхемасы түрінде іске асырылған. Аралық станцияның тренажері үшін осындай ақпараттық модельдің мысалы суретте көрсетілген. 4.



Сурет 2. Аралық станцияның тренажері

Нұсқаушы моделі модельдеу және жаттығу процесін ұйымдастыруды және сүйемелдеуді, сондай-ақ станция жұмысының көрсеткіштерін және оның технологиялық процесін басқару бойынша адам-оператор әрекеттерінің тиімділігін бағалауды қамтамасыз етеді.

Модульдерді синхрондау жүйелік таймердің пәрмені бойынша дискретті уақыт сәттерінде орындалады. Тренажерде жұмыс істеу процесінде адамның барлық іс-қимылдары тіркеледі және ол аяқталғаннан кейін станция жұмысын басқару сапасын сипаттайтын бастапқы көрсеткіштер айқындалады, мысалы, өңделген поездар мен вагондардың саны, осы станциядағы поездар мен вагондардың тұрып қалуы, көрші станциялар мен аралықтардағы тұрып қалу, оператор жіберген қателер тізбесі және т. б.

Қолданыстағы тренажер-симуляторларда қызметкердің кәсіби даярлық деңгейін бағалауды көп жағдайда орындалған жаттығу көрсеткіштерін талдау негізінде адам-нұсқаушы орындайды. Алайда, көптеген көрсеткіштердің болуы оларды біржақты түсіндіруді қиындатады. Сонымен қатар, бұл тәсіл қызметкердің тренажердегі жұмысының нәтижелері бойынша әрекеттерін бағалаудағы субъективті фактордың әсерін жоққа шығармайды. Осыған байланысты авторлар станция кезекшілерінің тренажер-симулятордағы жаттығуларының нәтижелері бойынша кәсіби дайындық деңгейін интегралды бағалау әдістемесін жасады. Бұл әдіс жұмыс іздеушіні жұмысшылардың бір тобына жатқызуға мүмкіндік беретін математикалық жіктеу әдістеріне негізделген, олардың әрқайсысы белгілі бір кәсіби дайындық деңгейімен сипатталады.

Қызметкердің дайындық деңгейін бағалау үшін индикаторларды таңдау өте маңызды міндет болып табылады, өйткені N көрсеткіштерінің шамадан тыс саны, әдетте, алынған бағалау сапасының төмендеуіне әкеледі. Осыған байланысты көптеген көрсеткіштердің ішінен ең маңыздыларының (ақпараттық) жиынтығын бөліп көрсету қажет. Бұл мәселені шешу дисперсиялық талдау әдісін және Шеффтiң бірнеше салыстыру әдісін қолдану арқылы жүзеге асырылады. Нәтижесінде келесі Ақпараттық көрсеткіштер анықталды: m станциясында өңделген пойыздардың саны, станцияда пойыздарға қызмет көрсетудің орташа ұзақтығы – Tп, көрші станциялардағы орташа Қарапайым пойыздар – Tн, кіру бағдаршамының алдындағы орташа Қарапайым пойыздар – Tс, бір пойызға келетін айыппұл

балдарының сомасы – Z, M, TP, TN, TC пайдалану көрсеткіштері жаттығу нәтижелеріне тікелей орнатылады.

Станция кезекшілері жұмыс барысында жіберетін қателіктердің маңыздылығы айтарлықтай өзгеше болуы мүмкін екенін ескере отырып, z индикаторын қалыптастыру кезінде әр қате оның маңыздылығына байланысты белгілі бір айыппұл баллдарымен бағаланады. Осы бағаларды алу үшін Алматы 1 темір жол стансасының жедел-диспетчерлік персоналының қызметкерлеріне сауалнама жүргізілді, оның нәтижелері бойынша әр мүмкін қатенің маңыздылығы анықталды (10 балдық шкала бойынша).

Жіктеу үшін қолданылатын көрсеткіштер әртүрлі бірліктерде өлшенеді және әртүрлі мәндер ауқымына ие. Осыған байланысты мәндердің үлкен ауқымы бар көрсеткіштер жіктеу нәтижелеріне басым әсер етеді. Бұл әсерді болдырмау үшін белгілі бір объектіні жіктеуде қолданылатын S және X\* векторының оқу үлгісінің де көрсеткіштерінің мәндерін стандарттау жүргізілуі керек. Әдісті таңдау Бастапқы n-өлшемді кеңістіктің геометриясын айтарлықтай өзгерте алады, сондықтан жаттығу нәтижелерін бағалау әдістемесін жасау кезінде деректерді стандарттаудың әртүрлі әдістерінің тиімділігі зерттелді.

Стандарттау әдістері 50 адамнан тұратын бақылау тобының тренажерында жұмыс нәтижелерін жіктеу кезінде кластерлік және дискриминанттық талдаудың әртүрлі әдістерімен бірге зерттелді, оған 15 кәсіби станция кезекшісі және 35 студент кірді. Бұл ретте бастапқыда сараптамалық жолмен жаттықтырушылардың үш топқа "эталондық" жіктелуі орындалды: "жоғары дайындық деңгейі" (А тобы), "орташа деңгей" (Б тобы) және "төмен деңгей" (В тобы). Стандарттаудың әр әдісінің тиімділігі екі критерий бойынша бағаланды: қате жіктеудің ықтималдығы және жіктеуден кейін GK біліктілік топтарындағы жеке индикаторлардың мәндерінің таралу мәнін анықтайтын DGR жиынтық топ ішіндегі дисперсияның мәні. 05 болды, ал Duh топ ішіндегі дисперсияның мәні деректерді стандарттаудың басқа әдістеріне қарағанда едәуір аз болды. Салыстыру үшін, осы мәселені шешу үшін ең нашар стандарттау әдістерін қолдану 0,30 деңгейінде қате жіктеу ықтималдығын анықтайтынын атап өткен жөн...0,40. Белгілі бір қызметкердің кәсіптік даярлық деңгейін кейіннен бағалау үшін пайдаланылатын бастапқы оқыту іріктемесін алу үшін дискриминанттық талдау әдістерімен кластерлік талдау әдістері пайдаланылды. Кластерлік талдау әдістерінің міндеті бастапқы көп өлшемді деректерде кластер ішіндегі объектілер белгілі бір мағынада бір – біріне "ұқсас", ал әртүрлі кластерлердегі объектілер "ұқсас емес" болатындай біртекті кеңістікті (кластерлерді) бөліп көрсету болып табылады. Бұл жағдайда "ұқсастық" көп өлшемді кеңістіктегі объектілердің жақындығын білдіреді.

S оқыту үлгісін алу міндеті- $XI = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{in}\}$  бастапқы x векторларының жиынтығын адамдардың бақылау тобының жаттығу көрсеткіштерімен GK ( $K=1...G$ ) кластерлеріне бөлу, осылайша әр GK кластеріне  $X_i$  векторлары кіреді, олар бірдей деңгейдегі адамдарды сипаттайды. кәсіби дайындық.

Кластерлік талдаудың көптеген алгоритмдерінің ішінен тікелей жіктеу алгоритмдері таңдалды және зерттелді, өйткені олар алдын-ала анықталған қасиеттері бар кластерлерді бөлуге бағытталған, бұл тапсырманың шарттарына сәйкес келеді. Айта кету керек, тікелей жіктеу алгоритмдері агломеративті (кластерлерді біріктіру стратегиясы) және бөлу (бөлу стратегиясы) болып бөлінеді. Агломерациялық алгоритмдерде жіктеудің басында әрбір жіктелетін объект жеке кластер болып табылады.

Жоғарыда айтылғандай, кластерлік талдаудың агломерациялық алгоритмдері кластерлердің саны белгіленген мәнге жеткенше біртіндеп біріктіруді болжайды. Агломерациялық алгоритмнің әр қадамында екі кластер біріктіріледі, олардың арасындағы қашықтық аз болады. Бұл жағдайда жеке кластерлер арасындағы қашықтықты анықтау мәселесі туындайды. Бұл қашықтықты есептеу әдісі қабылданған біріктіру стратегиясымен анықталады.

**Қолданылатын әдебиеттер тізімі**

1. Таран, И.А. (2012). Законы передачи мощности по ветвям гидростатических механических трансмиссий с двойным разделением. Научный вестник Национального горного университета, 2, 69-75.
2. Токмурзина-Коберняк Н., Вахитова Л., Урсарова А. (2020) К вопросу обеспечения безопасности движения на железнодорожном транспорте. Вестник КазАТК, том 4(115), стр. 137-144. <https://vestnik.alt.edu.kz/index.php/journal/issue/view/1/1>
3. Ди Грация Г., Витторини Б., Карлицца Л., Ламедика Р. и Фаббри Г. (2014) Значение человеческого фактора в обеспечении безопасности железнодорожных перевозок. Ежегодная конференция АЕИТ 2014 - От исследований к промышленности: необходимость более эффективной передачи технологий (АЕИТ), стр. 1-6, doi: 10.1109/АЕИТ.2014.7002059.
4. Козаченко Д. Н., Верлан А. И. и Коробьева Р. Х. (2021). Разработка аналитических методов расчета норм времени на маневровые работы. Наука и транспортный прогресс: № 1 (91), с. 51-64. <https://doi.org/10.15802/stp2021/228097> .
5. Кириакидис М., Маджумдар А., Очиенг В. Ю. (2018) Индекс эффективности работы персонала на железнодорожном транспорте – новый подход к оценке эффективности работы персонала на железнодорожном транспорте. Проектирование надежности и безопасность систем, Том 170, стр. 226-243. <https://doi.org/10.1016/j.res.2017.10.012> .
6. Будная Дж., Мхида А., Идрисси Б. Б. (2015) Оценка надежности систем железнодорожной сигнализации на основе анализа стохастических сетей Петри. Международный журнал интеллектуальных систем и приложений в инженерии, Том 3(2), стр. 90-96. <https://www.ijisae.org/IJISAE/article/view/547> .
7. Шалягин Д., Ничипорук В. (2012) Моделирование работы человека-оператора системы управления поездом. Наука и техника транспорта. Выпуск 2, стр. 16-21. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_17749714\\_83392465.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_17749714_83392465.pdf) .
8. Ферлин А., Цю С., Бон П., Саллак М., Дютыйоль С.С., Шон В., Черфи-Буланж З. (2018). Автоматизированный метод исследования надежности человека в системах контроля за движением поездов. Транзакции ЕЕЕ по интеллектуальным транспортным системам, том 19, № 10, стр. 3360-3375. doi: 10.1109/TITS.2017.2779565.
9. Бобровский В.И., Козаченко Д.Н. и Вернигора Р.В. (2014) Функциональное моделирование железнодорожных станций на основе конечных автоматов. Транспортные проблемы, 9 (3), 57-66. [http://transportproblems.polsl.pl/Archiwum/2014/zeszyt3/2014t9z3\\_06.pdf](http://transportproblems.polsl.pl/Archiwum/2014/zeszyt3/2014t9z3_06.pdf)

**References**

1. Taran, I.A. (2012). Laws of power transmission on branches of double-split hydrostatic mechanical transmissions. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2, 69-75.
2. Tokmurzina-Kobernyak N., Vakhitova L., Ursarova A. (2020) To the question of ensuring traffic safety by railway transport. *Bulletin of KazATC*, Vol. 4(115), pp. 137-144. <https://vestnik.alt.edu.kz/index.php/journal/issue/view/1/1>
3. Di Grazia G., Vittorini B., Carlizza L., Lamedica R. and Fabbri G. (2014) Human factor relevance in safety assurance of railway operations. 2014 AEIT Annual Conference - From Research to Industry: The Need for a More Effective Technology Transfer (AEIT), pp. 1-6, doi: 10.1109/AEIT.2014.7002059.
4. Kozachenko, D. N., Verlan, A. I., & Korobiova, R. H. (2021). Development of Analytical Methods for Calculating Time Standards for Shunting Operations. *Science and transport progress: № 1 (91)*, pp. 51–64. <https://doi.org/10.15802/stp2021/228097>.
5. Kyriakidis M., Majumdar A., Ochieng W. Y. (2018) The human performance railway operational index – a novel approach to assess human performance for railway operations. *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 170, pp. 226-243. <https://doi.org/10.1016/j.res.2017.10.012>.

6. Boudnaya J., Mkhida A., Idrissi B. B. (2015) Dependability Assessment of the Railway Signalling Systems Based on the Stochastic Petri Nets Analysis. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, Vol. 3(2), pp. 90–96. <https://www.ijisae.org/IJISAE/article/view/547>.
7. Shalyagin D., Nichiporuk V. (2012) Modeling the work of a human operator of a train control system. *Science and technology of transport*. Issue 2, pp. 16-21. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_17749714\\_83392465.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_17749714_83392465.pdf).
8. Ferlin A., Qiu S., Bon P., Sallak M., Dutilleul S.C., Schon W., Cherfi-Boulangue Z. (2018). An Automated Method for the Study of Human Reliability in Railway Supervision Systems. *EEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 19, no. 10, pp. 3360-3375. doi: 10.1109/TITS.2017.2779565.
9. Bobrovskiy V.I., Kozachenko D.N. and Vernygora R.V. (2014) Functional simulation of railway stations on the basis of finite-state automata. *Transport Problems*, 9 (3), 57-66. [http://transportproblems.polsl.pl/pl/Archiwum/2014/zeszyt3/2014t9z3\\_06.pdf](http://transportproblems.polsl.pl/pl/Archiwum/2014/zeszyt3/2014t9z3_06.pdf)