

Б.С. Ахметов¹, В.А. Лахно², М.Х. Шалабаева³

¹Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан
²Украинаның Ұлттық биоресурстар және табиғатты пайдалану университеті, Киев,
Украина
³Халықаралық көліктік-гуманитарлық университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: m.shalabaeva@mail.ru

ТЕМІР ЖОЛДАҒЫ АПАТТЫ ЖАҒДАЙЛАРҒА ДЕН ҚОЮ ҮШІН КОМПЬЮТЕРЛІК ҚОЛДАУ КӨРСЕТУ

Аңдатпа. Мақалада темір жолдағы апаттық жағдайлары (ТЖ АЖ) туындаған кезде жедел штабтың басшысы мұндай жағдайдың компоненттері арасындағы себеп-салдарлық байланыстар туралы толық және жеткілікті ақпараттың болмауының күрделі жағдайларында бағынысты басқару пункттері мен жою бөлімшелерін келісуге, үйлестіруге және басқаруға бағытталған жеке, алқалық, ақпараттық, ұйымдастырушылық, жедел шешімдердің белгілі бір санын қабылдауы қажет екені анықталатындығы, олар мұндай шешімдер қабылдау және/немесе олардың негізділігіне әсер ету мүмкіндігі арттыруы мүмкіндігі айтылады.

Қауіпті жүктермен (ҚЖ) ТЖ АЖ-ны оқшаулау және олардың салдарын жою бойынша негізделген басқару шешімдерін қабылдау шешім қабылдауды қолдау жүйелері (ШҚҚЖ) көмегімен жүзеге асырылуы тиіс, оларды құру үшін осындай жағдайлардың дамуын болжаудың ұсынылған математикалық модельдерін және жедел штаб басшылары іс-қимылдарының құрылымдық-логикалық сызбаларын қолдану қажет.

Түйінді сөздер. Шешім қабылдауды қолдау жүйелері, апаттар, темір жол көлігі.

Кіріспе.

ҚЖ-мен теміржолдағы апаттық жағдайлардың (ТЖ АЖ) салдарларын жою (болдырмау) адамдарға түрлі қауіп-қатерлердің алдын алуға, қоршаған ортаны (ҚО) қорғауға, жүктерді, жеке құрамды (ЖК), ТЖ инфрақұрылымы объектілерін сақтауға, пойыздар қозғалысын қалпына келтіруге, маневрлік жұмысты қайта бастауға және т.б. бағытталған бірқатар іс-шараларды мүмкіндігінше қысқа мерзімде жүргізуді қажет ететін өзара байланысты үрдістер тізбегі болып табылады. Бұл ретте осы іс-шараларды орындау үшін қажетті әртүрлі ресурстарды ұтымды пайдалану да маңызды. Сонымен, пойыздардың қозғалысын қалпына келтірудің (көлік жүйесінің жұмыс қабілеттілігі) теңгерімді мерзімдері және бұл үшін қажетті ресурстар ҚЖ тасымалдау кезінде ТЖ АЖ салдарын жою жүйесінің тиімділігінің өлшемшарттары болып табылады.

Шешім қабылдауды қолдау зияткерлік жүйелері (ШҚҚЗЖ) қолдану жедел штаб басшысына ТЖ АЖ орнында қалыптасқан жағдайды талдаудың итерациялық үрдісін ақпараттық, технологиялық, аналитикалық және ұйымдастырушылық қамтамасыз етуді, шешімдердің нұсқаларын дайындау мен бағалауды және ТЖ АЖ оқшаулау және оның салдарын жою бойынша түпкілікті шешімді таңдауды жүзеге асыруға мүмкіндік береді, бұл тиісті математикалық модельдерсіз мүмкін еместігі [1–4] жұмыстарда көрсетілген.

Материалдар мен әдістер.

Жолаушылар мен жүктерді тасымалдау кезінде темір жол көлігі (ТЖК) сенімділігі оның жолаушылар мен жүктерді межелі жерге уақтылы және қауіпсіз жеткізуді

камтамасыз ету қабілетін жолаушылардың денсаулығы мен жүктердің тауарлық сапасын ТЖК кінәсінен нашарлатпай түсіну керек [5-7].

Сенімділіктің маңызды құрамдас бөлігі темір жол көлігі жүйесінің (ТЖКЖ) қауіпсіздігі болып табылады, ол ТЖ АЖ қауіпті факторларының адам денсаулығына, көлік жұмысына және ҚО әсерін азайтуға бағытталған. Бұл мәселені шешуге ТЖ АЖ-ны оқшаулауға және олардың салдарын жоюға арналған тарату бөлімшелерінің үйлестірілген әрекеттерін жүргізу арқылы қол жеткізіледі [7-9].

ҚЖ, оның ішінде ҚО ластануына қауіп төндіретін ҚЖ тасымалдауға ерекше назар аудару керек. Бұл санатқа әртүрлі физика-химиялық және өрт-жарылыс қаупі бар жүктерді жатқызуға болады. Мұндай жүктермен апаттық жағдайлар адамдарға, ҚО-ға, ТЖК жүктеріне және еліміздің басқа да министрліктері мен ведомстволарының объектілеріне зиянды қауіпті факторлардың әсерімен қатар жүреді. Мұндай жағдайларға мыналар жатады: жарылыстар, өрттер, қатты жүктердің шашылуы, сұйық жүктердің төгілуі және ТЖК тасымалданатын газ тәрізді қауіпті заттардың атмосфераға шығарылуы.

Басқаша айтқанда, ҚЖ тасымалдау кезінде ТЖК сенімділігін оның белгілі бір уақыт кезеңдерінде адамдарға, ҚО, ТЖК жүктері мен объектілеріне зиянды қауіпті факторлардың әсерімен бірге ТЖ АЖ-нан кейін өзінің қауіпсіз жұмысын қалпына келтіру мүмкіндігі ретінде түсіндіруге болады.

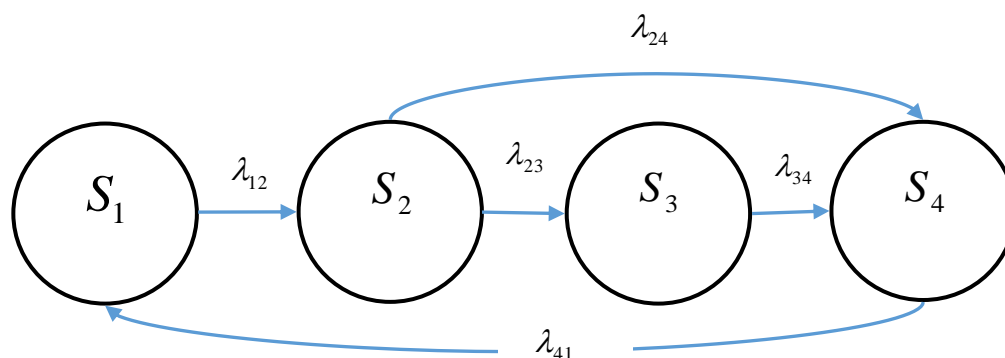
Мұндай тасымалдардың қауіпсіздігі мен сенімділігі мәселелерін зерттеуге көптеген ғылыми еңбектер, соның ішінде осы мәселелердің тиісті теориялық модельдері мен жекелеген практикалық аспектілерін қарастыруға [9, 10] жұмыстар да арналған.

Дегенмен, теміржол АЖ учаскесіндегі жағдайды бағалау және апат салдарын жою бойынша бақылау іс-шараларын әзірлеу бойынша шешім қабылдауды компьютерлік қолдауға қатысты көптеген проблемалық мәселелер толық ашылған жоқ. Бұл біздің зерттеуіміздің өзектілігін анықтайды.

Жұмыстың мақсаты. Қоршаған ортаның ластану қаупімен қатар жүретін теміржол апаттары кезіндегі шешімдерді қолдаудың кибернетикалық моделін әзірлеу.

Нәтижелер.

ТЖКЖ жұмыс істеу сызбасын жағдай бағаны түрінде ұсынамыз. Көрсетілген Дискретті күйлері және үздіксіз уақыты бар Марков кездейсоқ үрдісінің сызбасы ретінде ҚЖ тасымалдау кезіндегі ТЖКЖ жағдайының бағанын қарастырамыз (1 сурет).



1 сурет – ҚЖ тасымалдау кезіндегі ТЖКЖ жағдайының графы

Сонда мұндай баған үшін Колмогоров теңдеулер жүйесі келесі түрде болады:

$$\begin{cases} \frac{dP_1}{dt} = -\lambda_{12} \cdot P_1 + \lambda_{41} \cdot P_4, \\ \frac{dP_2}{dt} = -(\lambda_{23} + \lambda_{24}) \cdot P_2 + \lambda_{12} \cdot P_1, \\ \frac{dP_3}{dt} = -\lambda_{34} \cdot P_3 + \lambda_{23} \cdot P_2, \\ \frac{dP_4}{dt} = -\lambda_{41} \cdot P_4 + \lambda_{34} \cdot P_3, \end{cases}, \quad (1)$$

мұндағы λ_{ij} – жағдай бағанындағы тиісті оқиғалардың қарқындылығы (1 сурет);

P_i – жүйенің i – күйге өту ықтималдығы.

Бастапқы шарттар: $t = 0, P_1 = 1, P_2 = P_3 = P_4 = 0$.

Белгіленген режим үшін жүйе жағдайларының соңғы ықтималдық теңдеулер жүйесі келесідей болады:

$$\begin{cases} \lambda_{12} \cdot p_1 = \lambda_{41} \cdot p_4, \\ (\lambda_{23} + \lambda_{24}) \cdot p_2 = \lambda_{12} \cdot p_1, \\ \lambda_{34} \cdot p_3 = \lambda_{23} \cdot p_2, \\ \lambda_{41} \cdot p_4 = \lambda_{34} \cdot p_3. \end{cases} \quad (2)$$

Мынадай шарттар болғанда: $p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 1$.

Жүйенің (2) соңғы теңдеуінде p_2, p_3, p_4 ықтималдықтардың орнына олардың өрнектерін p_1 ықтималдық арқылы және жүйенің (2) алғашқы төрт теңдеуінде болатын, сәйкес келетін λ_{ij} оқиғалар ағындарының қарқындылығы арқылы алмастырамыз. Нәтижесінде (3) теңдеуді аламыз:

$$p_1 + \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{23} + \lambda_{24}} \cdot p_1 + \frac{\lambda_{23}}{\lambda_{34}} \cdot \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{23} + \lambda_{24}} \cdot p_1 + \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{41}} \cdot p_1 = 1. \quad (3)$$

Оқиғалардың тиісті λ_{ij} ағындарының қарқындылығы (Сурет 1) келтірілген модельдің жоғарыда келтірілген технологиялық уақытша параметрлер арқылы көрсетілуі керек:

$$\lambda_{12} = \frac{1}{t_{SS}}; \quad (4)$$

$$\lambda_{23} \cdot \frac{1}{t_{CF}} = \frac{1}{t_{SA} + t_{TT} + t_{RC}} = \frac{1}{t_{SA} + \left(\frac{L}{V}\right) + t_{RC}}; \quad (5)$$

$$\lambda_{24} = \frac{1}{t_{CR} + t_{CF}}; \quad (6)$$

$$\lambda_{34} = \frac{1}{t_{LE}} = \frac{1}{t_{SL} + t_{QCR}}; \quad (7)$$

$$\lambda_{41} = \frac{1}{t_{DR}}. \quad (8)$$

(3) теңдеуден p_1 түбірді табу оңай, ал (4)-(8) формулаларынан λ_{ij} мәнді алмастыра отырып, (9) формуласын аламыз, оған сәйкес p_{SS} ТЖКЖ қауіпсіз және сенімді жұмыс істеу ықтималдығын есептеуге болады (оның ішінде t_{SS} уақыт бойынша апаттық жағдайлар болмайды, ал олардың салдары $t_{SL} + t_{QRC} + t_{DR}$ уақыт ішінде оқшауланады және жойылады:

$$p_{SS} = p_1 = \frac{t_{SS}}{t_{SS} + \left(\frac{t_{CR} + t_{CF}}{t_{CR} + 2 \cdot t_{CF}} \right) \cdot (t_{CF} + t_{LF}) + t_{DR}}. \quad (9)$$

(9) формуласын практикалық технологиялық (және кейіннен экономикалық) есептеулерге қолайлы ету үшін біз осындай көмекші формулаларды қолданамыз:

$$t_{CF} = t_{SA} + t_{TT} + t_{RS} = t_{SA} + \left(\frac{L}{V} \right) + t_{RS}, \quad (10)$$

мұндағы барлық компоненттер жоғарыда анықталған.

$$t_{LE} = t_{RC} + \frac{D_{LE}}{\mu_{LE}}, \quad (11)$$

мұндағы μ_{LE} – ТЖ АЖ оқшаулау кезінде, оның ішінде жүк қалдықтарын сақтау үшін жүргізілетін жұмыстардың өнімділігі уақыт бірлігімен μ_{LE} бірдей мөлшерде өлшенетін D_{LE} мөлшерде (мысалы, μ_{LE} сұйық ҚЖ қалдығын, тонна немесе текше метр ҚЖ айдау үшін сорғылардың өнімділігі, сағатына тонна немесе текше метр қалай пайдаланылуы мүмкін резервтегі бүлінген цистернаның немесе экскаваторлардың жерге төгілуін тазалауға байланысты жер жұмыстарын орындау кезіндегі өнімділігі);

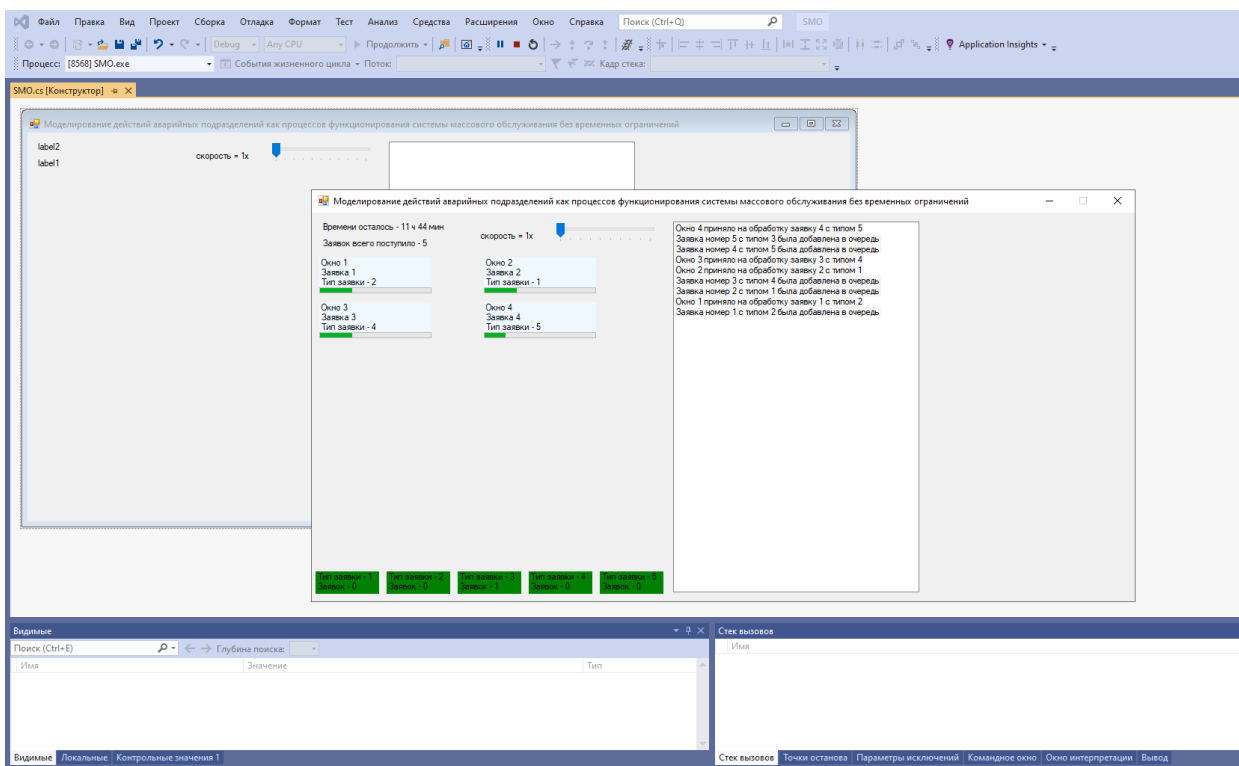
$$t_{DR} = \frac{D_{DR}}{\mu_{DR}}, \quad (12)$$

мұндағы D_{DR} – ТЖ АЖ салдарын жою үшін орындалатын жұмыстардың көлемі (мысалы, қауіпті сұйықтыққа малынған топырақтың жоғарғы қабатын алу және әкету) тоннамен (немесе, мысалы, текше метрмен немесе басқа өлшем бірліктерімен); μ_{DR} – ТЖ АЖ салдарын жою жөніндегі жұмыстарды орындау өнімділігі, уақыт бірлігі үшін бірдей өлшем бірліктерінде.

Әрбір күйде ҚЖ-ді тасымалдау жүйесінің болуы экономикалық көрсеткіштердің әртүрлі деңгейімен анық сипатталатынын ескере отырып, ұсынылған математикалық модельдерді пайдалана отырып, ТЖКЖ сенімділігінің тиісті деңгейін сақтаудың әсерін кибернетикалық тұрғыдан бағалау ұсынылады.

Талқылау.

Бағдарламалық жасақтама ADO.net технология негізінде Visual Studio 2019 бағдарламалау ортасында орындалды (2 сурет).

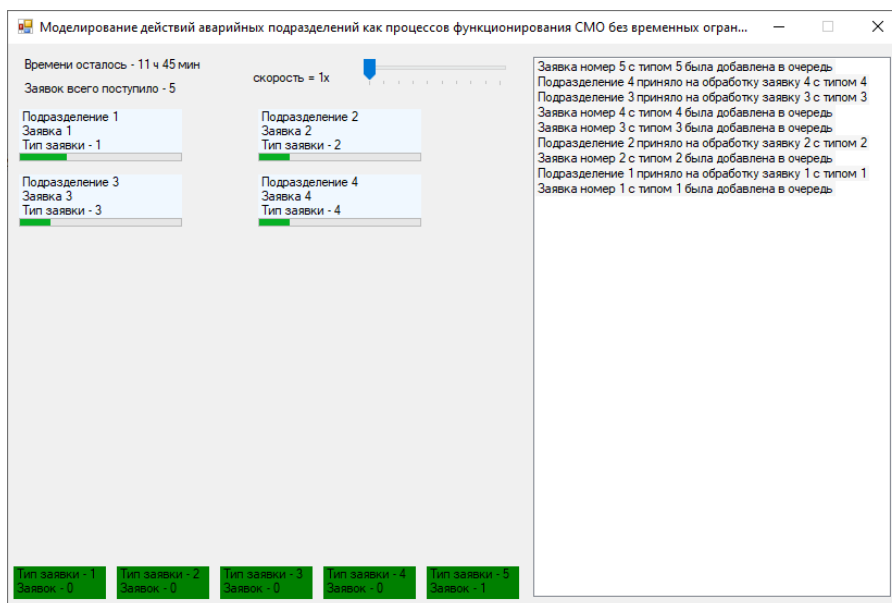


2 сурет – ADO.net платформасында уақытты шектеусіз жаппай қызмет көрсету жүйесінің жұмыс істеу процестері ретінде апаттық бөлімшелердің іс-әрекеттерінің ресми сипаттамасын бағдарламалық қамтамасыз етуді енгізуге арналған әзірлеу ортасының жалпы түрі

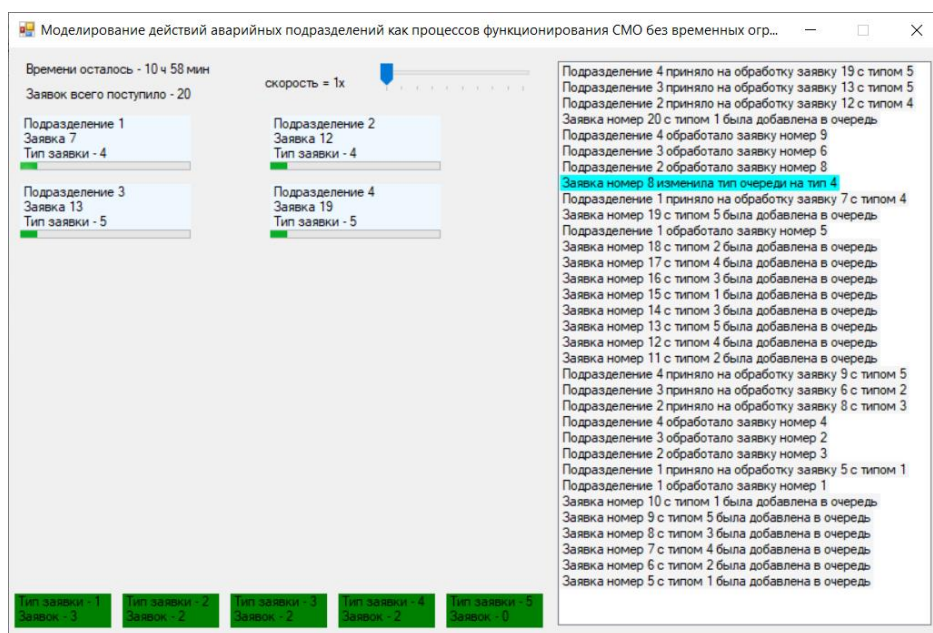
«Талаптарға» (жауап беруді қажет ететін қауіпті жағдайларға) қызмет көрсету үшін және қызмет көрсетуге кезекте тұрусыз жаппай қызмет көрсету жүйесі (ЖҚКЖ) ретінде төтенше оқиғаны оқшаулау және оның зардаптарын жою бойынша жұмыстарды сипаттайтын сұраныстардың бес түрі қарастырылады. Осы теориялық тәсілде ЖҚКТ-ның классикалық және нақты тапсырмаларға бейімделген математикалық әдістері пайдаланылады.

Сұраныстардың біреуі ең жоғары басымдыққа ие болуы керек (кезектен тыс қызмет көрсетіледі). Апат орнында жою жұмыстары кезінде сұраныс түрін өзгерту мүмкіндігін қарастыру керек. Сонымен бірге сұраныстың кезектен шығу ықтималдығын ескеру қажет. Сұраныс кезекте әдеттегіден ұзағырақ тұрса және оны қазіргі уақытта ешбір арна өңдей алмаса, онда осы жағдай орын алуы мүмкін. Тапсырысты генерациялау мерзімі мен оны өңдеу мерзімі кездейсоқ сандар генераторы арқылы белгіленген аралықтағы кездейсоқ мәндер ретінде жасалуы керек. Модельдеу объектілеріне айрықша идентификаторларды тағайындау және кездейсоқ мәліметтерді құру үшін ЖҚКЖ құралдар жиынтығын қамтамасыз етуі керек.

Модельдеудің барлық параметрлерін реттеу жою жұмыстарын жүргізуді модельдеу басталғанға дейін және атап айтқанда қоршаған ортаға әсерін жою үшін бөлек терезеде жүзеге асырылады. Аралық модельдеу нәтижелері нақты уақыт режимінде экранға шығарылады (3- 4 суреттер).



3 сурет – ТЖ АЖ орнында жою бөлімшелерінің жұмыс жүктемесі жағдайларының көрінісі (барлық бөлімшелер бос және тапсырыстарды қабылдауға дайын)



4 сурет – ТЖ АЖ орнында жою бөлімшелерінің жұмыс жүктемесі жағдайларының көрінісі (тапсырыстардың бірі кезек сипаттамасын өзгертті)

Қорытынды.

Мақалада келесі нәтижелер алынды:

1) ТЖ АЖ туындаған кезде жедел штабтың басшысы мұндай жағдайдың құрамдас бөліктері арасындағы себеп-салдарлық байланыстар туралы толық және жеткілікті ақпараттың болмауының күрделі жағдайларында бағынышты басқару пункттері мен тарату бөлімшелерін келісуге, үйлестіруге және басқаруға бағытталған жеке, алқалы, ақпараттық, ұйымдастырушылық, жедел шешімдердің белгілі бір санын қабылдауы қажет екені анықталды, олар одан асып кетуі мүмкін мұндай шешімдер қабылдау және/немесе олардың дұрыстығына әсер ету мүмкіндігі.

2) Апаттық жағдайдың туындау мүмкіндігін, оны бағалауды, оқшаулауды және оның салдарын жоюды ескере отырып, ТЖКЖ-нің қауіпсіз жұмыс істеу жай-күйінің бағдарланған графигі түрінде ҚЖ теміржол тасымалы жүйесі ресімделді.

3) Математикалық модельдер әзірленді, олар жүйені сенімділік жағдайында қолдаудың белгілі бір технологиялық және ұйымдастырушылық шараларына байланысты қауіпсіз жұмыс жағдайында ҚЖүктерді тасымалдау кезінде ТЖКЖ болу ықтималдығын практикалық есептеу деңгейіне жеткізілді. ТЖ АЖ оқшаулау және жою бойынша уақтылы негізделген шешім қабылдаудың жеделдігі жою жұмыстарының уақытын едәуір қысқарту түрінде ғана емес, сонымен қатар ҚО-дағы осы жағдайлардың жағымсыз салдарын пропорционалды түрде азайту түрінде айқын синергетикалық әсер беретіні дәлелденді.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Abuova, Akbala, et al. "Conceptual model of the automated decision-making process in analysis of emergency situations on railway transport. "International Conference on Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems. Springer, Cham, 2019.

[2] Batarlienè, Nijolè, and Aldona Jarasunienè. "Analysis of the accidents and incidents occurring during the transportation of dangerous goods by railway transport". *Transport* 29.4 (2014): 395-400.

[3] Hooghiemstra, J. S., Kroon, L. G., Odijk, M. A., Salomon, M., & Zwaneveld, P. J. (1999). Decision support systems support the search for win-win solutions in railway network design. *Interfaces*, 29(2), 15-32.

[4] Dindar, S., Kaewunruen, S., & An, M. (2019). Rail accident analysis using large-scale investigations of train derailments on switches and crossings: Comparing the performances of a novel stochastic mathematical prediction and various assumptions. *Engineering failure analysis*, 103, 203-216.

[5] Katsman M., Mathematical models of decision support system for the head of the fire-fighting department on railways/M. Katsman, O. Kryvopishyn, V. Lapin. – San Diego, USA. – Reliability: theory & applications. – Vol. 2. № 03(22). –2011. – P. 86–93.

[6] Katsman M. D. Problematic model of ecological consequences of railroad accidents / M. D. Katsman, V. K. Myronenko, M. I. Adamenko// Reliability: theory & applications. Vol. 8.№ 1(28). San Diego, USA . – 2013. – P. 72–85.

[7] Katsman M. D., Mathematical models of ecologically hazardous rail. Traffic accidents / M. D. Katsman, V. K., Myronenko, V. I. Matsiuk // Reliability: theory&applications. – Vol. 10, № 1(36). – San Diego, USA – 2015. – P. 28–39.

[8] Lapin. V. I.S. Blioh (1836 – 1901) Railway magnate and peacemaker, prominent scientist-railroader: economist, statistician and financier / V. Lapin, O. Kryvopishyn, M. Katsman. – San Diego, USA. – Reliability: theory & applications. – Vol. 2.№ 04(23). –2011. – P. 149–155.

[9] Kornaszewski, M., Chrzan, M., & Olczykowski, Z. (2017, April). Implementation of new solutions of intelligent transport systems in railway transport in Poland. *International Conference on Transport Systems Telematics* (p. 282-292). Springer, Cham.

[10] Torretta, V., Rada, E. C., Schiavon, M., & Viotti, P. (2017). Decision support systems for assessing risks involved in transporting hazardous materials: A review. *Safety science*, 92, p. 1-9.

Akhmetov Bakhytzhhan, doctor of technical sciences, professor, Abai Kazakh National pedagogical university, Almaty, Kazakhstan, bakhytzhhan.akhmetov.54@mail.ru

Valeriy Lakhno, doctor of technical sciences, professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine, valss21@ukr.net

Maira Shalabayeva, doctoral student, International University of Transport and humanities, Almaty, Kazakhstan, m.shalabaeva@mail.ru

COMPUTER SUPPORT FOR RESPONSE TO RAILWAY EMERGENCIES

Abstract. The article shows that when a railway emergency occurs, the head of the operational headquarters in difficult conditions of the absence of complete and sufficient information about the cause-and-effect relationships between the components of such a situation needs to make a certain number of individual, collegial, informational, organizational, operational decisions aimed for coordination, coordination and management of subordinate control points and liquidation units, which may exceed its ability to make such decisions and/or affect their validity.

Making informed management decisions on the localization of railway stations and eliminating their consequences should be carried out using decision support systems (DSS), for the creation of which the proposed mathematical models for predicting the development of such situations and structural and logical diagrams of actions of the heads of the operational headquarters should be used.

Keywords. Decision support systems, accidents, railway transport.

Бакытжан Ахметов, д.т.н., профессор, Казахский Национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан, bakhytzhan.akhmetov.54@mail.ru

Валерий Лакно, д.т.н., профессор, Национальный университет биоресурсов и природопользования, Киев, Украина, valss21@ukr.net

Майра Шалабаева, докторант, Международный транспортно-гуманитарный университет, Алматы, Казахстан, m.shalabaeva@mail.ru

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПОДДЕРЖКА РЕАГИРОВАНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Аннотация. В статье показано, что при возникновении железнодорожных аварийных ситуаций (ЖД АС) руководителю оперативного штаба в сложных условиях отсутствия полной и достаточной информации о причинно-следственных связях между компонентами такой ситуации необходимо принимать определенное количество индивидуальных, коллегиальных, информационных, организационных, оперативных решений, направленных на согласование, координацию и управление подчиненными пунктами управления и ликвидационными подразделениями, которые могут превышать его возможности принятия таких решений и/или влиять на их обоснованность. Принятие обоснованных управленческих решений по локализации ЖД АС и ликвидации их последствий должно осуществляться с помощью систем поддержки принятия решений (СППР), для создания которых следует использовать предложенные математические модели прогнозирования развития таких ситуаций и структурно-логические схемы действий руководителей оперативного штаба.

Ключевые слова. Системы поддержки решений, аварии, железнодорожный транспорт.
