

- [5] V. A. Tucker, "Gliding birds: descending flight of the white-backed vulture, *gyps africanus*," *Journal of Experimental Biology*, vol. 140, pp. 325-344, 1988.
- [6] V. A. Tucker, "Aerodynamics of gliding flight in a harris' hawk, *parabuteo unicinctus*," *Journal of Experimental Biology*, vol. 149, pp. 469-489, 1990.
- [7] J. V. Shreyas, S. Devrajan, and K. R. Sreenivas, "Aerodynamics of bird and insect flight," *Journal of the Indian Institute of Science*, vol. 91, no. 3, pp. 415-427, July-Sept., 2011.
- [8] J. Y. Su, S. C. Ting, Y. H. Chang, and J. T. Yang, "A passerine spread its tail to facilitate a rapid recovery of its body posture during hovering," *Journal of the Royal Society Interface*, vol. 9, pp. 1674-1684, 2012.
- [9] News article, "UAV performs first ever perched landing using machine learning algorithms,"
- [10] <http://www.bristol.ac.uk/news/2017/january/uav-perched-landing.html>.
- [11] <https://www.hbw.com/species/eurasian-sparrowhawk-accipiter-nisus>
- [12] <http://www.pbase.com/image/130446883> [12] <http://airfoiltools.com/>
- [13] Lobanovskiy Y.I. Elementarnaya teoriya poleta, 2008
- [14] Vinogradov I.N. Aerodynamika ptic-paritelei, 1951. P 128.
- [15] Kolesnikov A.A., Kobzev B.A. Dinamika poleta i upravleniya // Taganrog, 2009.

## КОНСТРУКЦИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ТИПА «ПТИЦА»

**Чигамбаев Темырбай Отарбаевич**, кандидат технических наук, Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, г. Алматы, Казахстан, [t.chigambayev@aes.kz](mailto:t.chigambayev@aes.kz)

**Жексенбаев Еламан Ержанулы**, магистр, Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, г. Алматы, Казахстан, [yelaman.zhexenbayev@gmail.com](mailto:yelaman.zhexenbayev@gmail.com)

## «ҚҰС» ТИПІНДЕГІ ҰШҚЫШСЫЗ ӘУЕ КӨЛІГІН ЖОБАЛАУ

**Чигамбаев Темырбай Отарбаевич**, техника ғылымдарының кандидаты, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Казахстан, [t.chigambayev@aes.kz](mailto:t.chigambayev@aes.kz)

**Жексенбаев Еламан Ержанулы**, магистр, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан, [yelaman.zhexenbayev@gmail.com](mailto:yelaman.zhexenbayev@gmail.com)

**Андатпа.** Бұл мақалада «құс» типіндегі ұшқышсыз әуе көлігі жобаланды. Ұшқышсыз әуе көлігін жобалау үшін қажет есептеулер жүргізілді. Көліктің тұрақтылық, аэродинамика, өлшемі мен конфигурациясы секілді сипаттамалары есептелді.

**Түйінді сөздер:** ұшқышсыз әуе көлігі, құс, ұшу, аэродинамика, биомиметика.

---

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyspayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 118, No.3 (2021) pp.102 -111

## BASIC APPROACHES TO MODELING THE MOTION OF PEOPLE INSIDE BUILDINGS

**Yedilkhan Amirgaliyev**, Dr.Tech.Sci., Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Almaty, Kazakhstan; [amir\\_ed@mail.ru](mailto:amir_ed@mail.ru)

**Aliya Kalizhanova**, Cand. in Physics. - Math. Sciences, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Almaty University of Energy and Communications, Almaty, Kazakhstan; [kalizhanova\\_aliya@mail.ru](mailto:kalizhanova_aliya@mail.ru)

**Ainur Kozbakova**, PhD, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan; ainur79@mail.ru

**Zhazira Amirgaliyeva**, PhD, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Almaty, Kazakhstan; zh.amirgaliyeva@gmail.com

**Aygerim Astanayeva**, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; astanayeva@bk.ru

**Abstract.** In order to prevent emergencies and reduce their consequences, programs and government decrees are being adopted in the country. Despite the fact that the bodies of the Ministries of Emergency Situations (MES) have strengthened their organizational structure, created an appropriate regulatory framework, coordinated actions with international organizations, the existing State system for the prevention and elimination of emergencies needs to be improved and modernized.

The placement of people in the stream is always uneven and often random. The distance between walking people is constantly changing, local seals appear, which then dissolve and arise again. These changes are unstable over time. One of the main factors that determine the speed of a person's movement in a stream is the density of the human mass. In the given problem, the evacuation of people from an educational institution in an emergency is considered. To solve this problem, mathematical methods and models of the movement of streams of people inside the building were used.

**Keywords:** Model, graph, method, algorithm, maximum flow, evacuation.

ӘОЖ 004.9

DOI 10.52167/1609-1817-2021-118-3-102-111

**Е.Н. Амиргалиев<sup>1</sup>, А.У. Калижанова<sup>1,2</sup>, А.Х. Козбакова<sup>1,3</sup>,  
Ж.Е. Амиргалиева<sup>1</sup>, А.А. Астанаева<sup>1,4</sup>**

<sup>1</sup>Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, ҚР БҒМ ҒК, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті

<sup>3</sup>Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>4</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

## ҒИМАРАТ ІШІНДЕ АДАМДАР ҚОЗҒАЛЫСЫН МОДЕЛЬДЕУДІҢ НЕГІЗГІ АМАЛДАРЫ

**Аңдатпа.** Төтенше жағдайлардың алдын алу және олардың зардаптарын азайту мақсатында елде бағдарламалар мен үкіметтік қаулылар қабылданады. Төтенше жағдайлар министрліктерінің (ТЖМ) органдары ұйымдық нығайтылғанына, тиісті нормативтік-құқықтық базаны құрғанына, іс-қимылдарды халықаралық ұйымдармен келіскеніне қарамастан, ТЖ алдын алу мен жоюдың қолданыстағы мемлекеттік жүйесі жетілдіруді және жаңғыртуды қажет етеді. Ағында адамдардың жайғасуы әрқашан әркелкі болып, көбінесе, кездейсоқ сипатқа ие. Жүріп бара жатқан адамдардың арасындағы арақашықтық қашанда өзгеріп, таралатын кейін қайта құрылатын жергілікті тығыздалу пайда болады. Бұл өзгерістер уақыт жағынан тұрақсыз. Ағындағы адамдар қозғалысының жылдамдығын анықтайтын ең негізгі факторлардың бірі – адамдардың бұқаралық тығыздығы болып табылады. Мақалада төтенше жағдайда оқу орнынан адамдарды эвакуациялау қаралады. Бұл мәселені шешу үшін ғимарат ішіндегі адамдар ағындарының қозғалысының математикалық әдістері мен модельдері қолданылды.

**Кілттік сөздер:** Модель, график, әдіс, алгоритм, максималды ағын, эвакуация.

Гимараттың апаттық немесе қалыпты жағдайында бұқаралық қозғалыстың бір мезгілде өтуі барысында адамдар бір бағытта жылжи отырып, ұзындығы  $l$  және ені  $d$  болған, адамдар ағыны атты ағын құрайды.

Көбінесе, адамдар ағыны темекі тектес пішінге ие болады. Ағынның бас жағы мен соңында жүрген бөлігі, әдетте, шағын көлемдегі адамдар санын құрап, олар ағындағы негізгі адамдар бөлігіне қарағанда не жоғары, не төмен жылдамдықпен қозғалады. Апаттық жағдайларда (көбінесе, қалыпты қозғалу кезінде де) ағынның бас жағындағы бөлігі жоғары жылдамдықпен алға жылжиды. Ағынның бас жағының жайылуына байланысты ағынның жаңадан құрылуы болып өтеді.

Эвакуациялау кезінде адамдар қозғалыс жолдары түрінде әр түрлі мақсатқа арналған бөлмелердің және арнайы бөлмелердің өткелдері (дәліз, фойе, баспалдақтар, сырғыма баспалдақтар) қолданылады. Қозғалыс жолы кедергісіз  $L$  ұзындықтағы және  $b$  енімен сипатталады. Жолдар есік орындарымен, декоративтік порталдармен қиылысып, қабырғаның жазықтығынан шығып тұрған элементтердің (мысалы, ашық құбыр желісінің) есебінен тарылады.

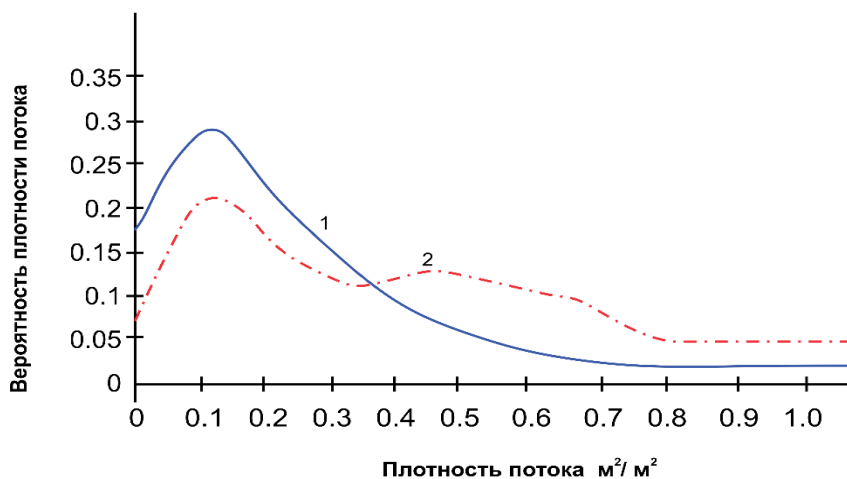
Адамдар ағынының қозғалыс жолы (көлденең, көлбеу есік, терезе орындары) сипаттамасы мен  $L$  және  $b$  параметрлері жағынан ерекшеленетін телімдерге бөлінеді. Сәйкес жуандығы  $0,7$  м астам қабырғада орналасқан есік орны мен тамбурды дербес жол телімі деп есептеген жөн. Сонымен бірге, адамдардың қозғалысы механикалық құрылғылар арқылы да жүзеге асырылуы мүмкін: эскалаторлар және лифтітер.

Адамдардың механикалық құрылғылар арқылы қозғалуы дербес жол телімі болып табылады [1].

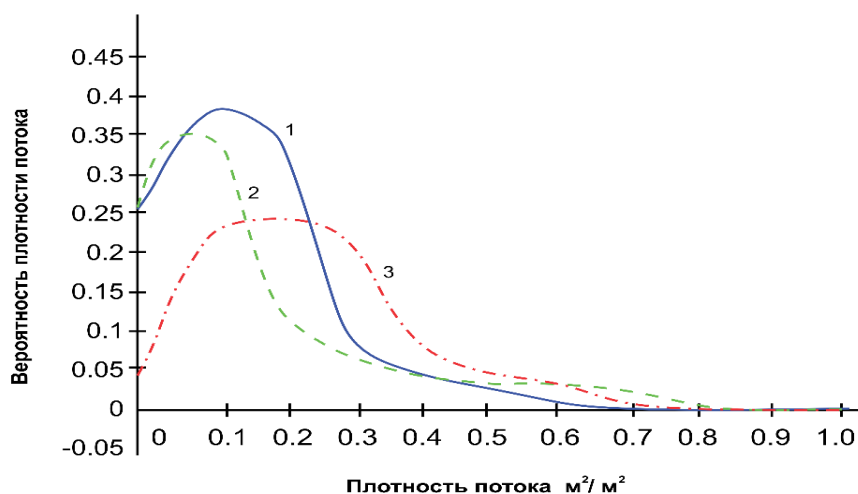
Адамдар ағыны  $N$  адамдар санымен және  $D$  тығыздығымен, яғни ағын орналасқан ауданға қатысты адамдар санымен сипатталады.  $D_{\text{макс}} = 0,92 \text{ м}^2 / \text{м}^2$  адамдар ағынының тығыздығының максималды мәні. Адамдар ағынын зерттеулер кейбір жағдайларда  $D_{\text{макс}}$  ағын тығыздығы  $0,92 \text{ м}^2 / \text{м}^2$  шамасынан жоғары бола алатынын көрсетті (мысалы, еңсіз есік орындарында). Адамдар ағыны белгілі бір  $V$  қозғалыс жылдамдығына ие. Жол  $Q$  өткізу қабілетімен яғни, көлденең қима жол арқылы бір уақыт бірлігінде өтуші адамдар санымен сипатталады. Сәйкес, тығыздықтың физикалық тұрғыдан шегі түрінде  $D_{\text{ф.п.}} = 1,15 \text{ м}^2 / \text{м}^2$  шамасын есептеуге болады. Жол кенеттен тарылатын жерлерде ағын тығыздығы жоғары шамаға қол жеткізеді. Әр түрлі жол телімдері үшін ағын тығыздығының ықтималдылығы 1-2. суреттерінде берілген [1].

Әрбір адам адамның өлшемімен анықталатын  $f$  көлденең кескін ауданымен сипатталады. Адам өлшемі физикалық мәліметіне, жасына және киіміне байланысты өзгереді. Адамдар өлшемінің және алынған нәтижелердің қорытындысының негізінде, кестеде–2.1 көрсетілген, адамның келесі орташа есептелген өлшемдері алынды [1].

Әрбір адамды  $V_0$  ерікті қозғалыс жылдамдығымен және көңіл-күй жағдайының деңгейімен сипаттауға болады. Көңіл-күй жағдайының деңгейі белгілі бір адамдар ағынының қозғалыс категориясына сәйкес келеді: жайлы, байсалды, белсенді, жоғары белсенді [2-4].



1 сурет – Ағын тығыздығының ықтималдығы: 1- есіктерде, 2- өзге жолдарда



2 сурет – Ағын тығыздығының ықтималдығы: 1- баспалдақтар жоғарыға, 2- баспалдақтар төменге, 3- оқу орны

1 кесте –Адамның орташа есептелген өлшемдері

Адамның жасы	Ені, м	Жуандығы, м	Көлденең кескін ауданы, м <sup>2</sup>
Киімдегі ересек адам			
жазғы	0,46	0,28	0,100
көшеге арналған маусымаралық	0,48	0,30	0,113
көшеге арналған қыстық	0,50	0,32	0,125
жасөспірім	0,43 - 0,38	0,27 - 0,22	0,090-0,067
сәби	0,34 - 0,30	0,21-0,17	0,056-0,040

Клеткалы автоматтар, желілік модельдер, адамдар қозғалысын сұйықтық (гидроаналогия) ағынының ағымы түрінде беру адамдар қозғалысын модельдеудің жиі қолданылатын әдістері болып табылады [5].

Бірінші амал ең көп таралғаны болып табылады. Мұнда адамдар ағыны дәліз бойымен сұйықтықтың құбырдан өтетін ағымы сияқты беріледі. Мұндай амал адамдар ағынының, бірдей сипаттамаға ие, бірдей элементтерден тұратынын топшылайды. Бірақ, сұйықтық бөлшегіне қарағанда ағындағы адамдар әр түрлі жеке жүріс-тұрысқа ие. Ағындағы әрбір жеке – дара адамның өзіндік жүріс-тұрысы адамдар тобының жалпы жүріс-тұрысына өте үлкен әсерін тигізеді. Кіші қима теліміне өту кезінде адамдар ағынының жылдамдығы төмендейді, ал сұйықтық жылдамдығы берілген жағдайда жоғарылайды. Осы себептің салдарынан адамдар ағынын құбырдағы сұйықтық ағымына ұқсас модельдеу мүмкін емес [2].

Екінші амал қарапайым дискреттік модельдер түріндегі клеткалы автоматтарды қолдануды топшылайды. Берілген модельдер түрінде адамдар ағынының қозғалысы екі құраушы бөліктен тұратыны топшыланады: бағытталған және ретсіз. Мұндай жағдайда клеткалы автомат бірдей квадратқа (тордың квадратына) бөлінген ғимарат жобасы түрінде болады. Әрбір клетка екі түрлі жағдайдың бірінде ғана бола алады: 1- егер клетка бос болмағанда, 0-егер клетка бос болғанда. Әрбір адамға сәйкес кейбір бөлшек қойылады. Қабырға мен басқа да кедергілерге клеткалар сәйкес болады да, мұнда бөлшектер жылжи алмайды. Адамдар ағынының қозғалысын тең уақыт аралығы арқылы ғимарат ішінде модельдеу кезінде тор ішінде бөлшектерді, сәйкес келетін көршілес клеткалар бос болған жағдайда ғана, белгілі бір бағытта жылжыту жүзеге асырылады. Әрбір мүмкін болған бағытта бөлшек жылжи алатын ықтималдылық әрбір қадамда анықталып отырады [6].

Алынған ықтималдылық негізінде әрбір ось бойымен бөлшектердің таралу тығыздылығы есептеледі. Бірақ, мұндай түрде, модель ағындағы адамдардың әртүрлі жылдамдықта қозғалуы сияқты деректі көрсетпейді. Мұндай кемшілікті барлық бөлшектерді жылдам және баяуға бөліп жою ұсынылады [7]. Жұп қадамдарда екі бөлшек типі де жылжуы керек, ал тақ қадамдарда тек қана жылдамдары жылжуы қажет. Сонымен бірге, тақ қадамдарда баяу бөлшектер жылдам бөлшектердің кедергісі түрінде қарастырылады[8].

Жоғарыда берілген жазбаларға қарағанда, клеткалы автоматтар адамдар ағынының көптеген қасиеттерінің яғни ағын бөліктерінің қайта құрылуы, таралуы, ағын ішіндегі адамдардың әр түрлі қозғалыс жылдамдығы сияқты кейбір жерлерін модельдеуге мүмкіндік береді. Бірақ, мәселені есептеудің күрделілігін айтарлықтай жоғарылататын өте үлкен торды айтарлықтай үлкен ғимарат үшін құру қажеттігі туындайды. Ұсынылған бөлшектерді жылдамдық бойынша екі типке бөлу тәсілі модельдің анықтығын төмендетеді. Жеке жылдамдықтың әрбір бөлшегінің тапсырмасы мәселені онан әрі қиындатады [9].

Үшінші амал ғимараттың құрамдас бөлшектерін өзара доғалармен бірігуші түйін түрінде беруді топшылайды. Әр доғаға кейбір қиылысу уақыты салыстырылады. Адамдардың қозғалысы түйіннен түйінге дейін есептеледі. Кейбір желілік модельдерде әрбір жеке адамға желі ішінде белгілі бір маршрут пен доғаны кесіп өтудің белгілі бір уақыты салыстырылады. Негізінен, мұндай амалда, адамдар қозғалысының әртүрлі жылдамдықтарын модельдеуге болады. Осылай, желілік модельдер жеке адамдардың жеке тұлғалық мінездемелерін есепке алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ғимаратты, модельдеудің алгоритмін өте қатты қиындатпайтын құрамдас элементтер саны бар, желі түрінде беруі мүмкін. Осыған ұқсас модельдерді құру кезінде

желі құрылымын қалыптастыру ең негізгі қиындық болып табылады.

Адамдар ағынының параметрлерін есептеудің ең негізгі әдістері мыналар:

МЕСТ 12.1.004-91 стандартағы формулалар бойынша ағын параметрлерін және эвакуациялаудың жалпы уақытын есептеу әдісі [9];

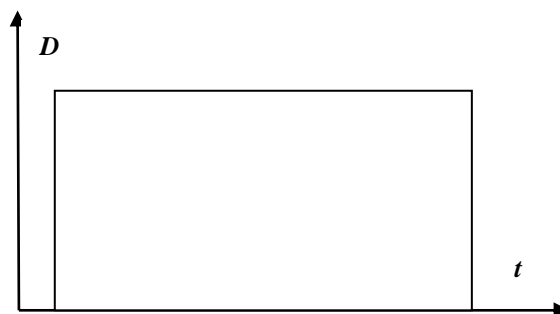
– графоаналитикалық әдіспен ағын параметрлерін және эвакуациялаудың жалпы уақытын есептеу;

– адамдардың қозғалу жылдамдығына адамдардың көңіл-күй жағдайының және ағын тығыздылығының әсер етуін есепке ала отырып ағын параметрлерін есептеу [10].

Бірінші әдіс жан-жақты қарастырылған. Берілген әдістің нәтижесі жуықтау, әрі айтарлықтай өрескел. Берілген әдіске сәйкес өткелдердің алдында бірден адамдардың жиналуы оның ең негізгі кемшілігі болып табылады, бұл эвакуациялау кезінде жалпы есептелген уақыттың көбеюіне

алып келеді. МЕСТ 12.1.004-91 әдісі бойынша эвакуациялаудың жалпы уақытын есептеу кезіндегі өткелдер алдында адамдардың жиналуының қалыптасуы мен таралу динамикасы сурет -3 келтірілген.

Графоаналитикалық әдісте ағынның қайта құрылу жылдамдықтары, ағынның бас жағындағы және соңғы жағындағы қайта құрылу жылдамдықтары т.б. есептеледі. Алынған мәліметтер кестеге енгізіледі. Арнайы құрылымдар көмегімен эвакуациялаудың жалпы уақыты анықталады. Графоаналитикалық әдіс ағынның қайта қалыптасуын есепке алғандықтан нақтырақ нәтиже береді, бұл оның басты құндылығы болып табылады. Сонымен бірге, графоаналитикалық әдіс практикада жүзеге асыру барысында айтарлықтай бейнетті болып келеді. эвакуациялаудың жалпы уақытын графоаналитикалық әдіспен есептеу кезіндегі өткелдер алдында адамдар жиналуының қалыптасуы мен таралу динамикасы сурет – 4 берілген



3 сурет – МЕСТ 12.1.004-91 бойынша эвакуациялаудың жалпы уақытын есептеу кезіндегі өткелдер алдында адамдардың жиналуының қалыптасуы мен таралу динамикасы

Адамдардың қозғалу жылдамдығына адамдардың көңіл-күй жағдайының және ағын тығыздылығының әсер етуін есепке

Берілген әдіс көмегімен модельдеуде ағын алдында тығыздықтың бірте-бірте өсуін көруге болады, бұл алынған мәліметтерге сәйкес келеді. Жоғары тығыздықтағы ағындар бірте-бірте қалыптасып, тығыздыққа жету уақыты  $D_{q_{max}}$  ( $q$  ағын қарқындылығы

алатын әдіс артық әдіс болып табылады. Өткелдер алдында адамдардың жиналуының қалыптасуы мен таралу динамикасы 5 суретте берілген.

максимумге жететін  $D$  ағын тығыздығы) сәтінен  $D_{max}$  ( $D$  максималды ағын тығыздығы) дейін 5-7 с құрайды. Бұл деректі графоаналитикалық әдіс пен МЕСТ 12.1.004-91 әдісі көрсетпейді. Осының салдарынан осы екі әдіс ақылға сыйымсыз түрде адамдардың жоғары

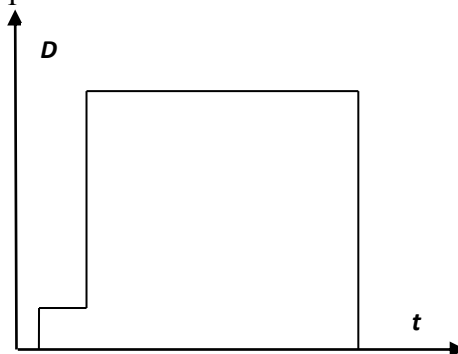


тығыздықта жиналуының сақталуы мен құрылу динамикасын береді, сондықтан да эвакуациялаудың жалпы уақытын қате есептейді [11].

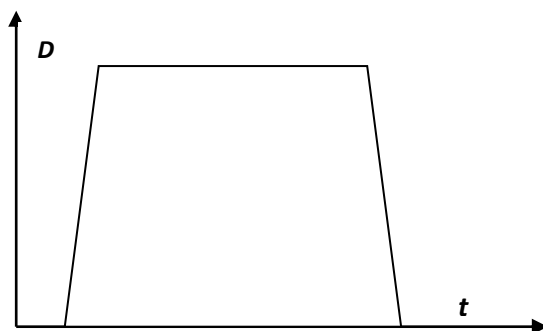
Эвакуациялау мәселелеріндегі желіде бір қабатты және көп қабатты ағындар

Зерттелетін ғимаратта тек қана бір қабат қарастырылып жатқандықтан  $i_0$  қабат индексін аламыз. Тепе-теңдікті іздеу алгоритмінің идеясы мүмкін болған

бастапқы желіні іздеуден және олардың келесі тепе-теңдік жағдайына келуінен тұрады. Әрбір доға шектеулі өткізу қабілетіне ие болғандықтан мүмкін болған ағындардың бар болуы мен оларды іздеудің тексерілуін максималды ағын туралы есеп арқылы және осы есепті Форд-Фалкерсон алгоритмі мен шешу арқылы жүзеге асыруға болады.



4 сурет – Графоаналитикалық әдіс бойынша эвакуациялаудың жалпы уақытын есептеу кезіндегі өткелдер алдында адамдардың жиналуының қалыптасуы мен таралу динамикасы



5 сурет – Адамдардың қозғалу жылдамдығын есептеу кезінде оның тығыздығы мен көңіл-күй жағдайының деңгейін есепке ала отырып өткелдер алдындағы адамдардың жиналуының қалыптасуы мен таралу динамикасы

Максималды ағын есебінде ағын бастапқы төбенің біреуінен соңғының біреуіне өтеді. Барлық доғалар белгіленген өту қабілеттілігіне ие. Есепті мұндай түрге алып келу үшін жалған  $ii$  және  $kk$  екі төбені қосамыз.  $i_0$  ағын көзін  $ii$  біріктірейік. Ол үшін өту қабілеттілігі  $-q_i^o(i_0)$  тең болады,  $q_i(i) > 0$ . Бұл доғаларға өту қабілеттілігі сәйкесінше  $q_i(i)$  тең. Нәтижеде максималды ағын туралы стандартты түрдегі есепті аламыз, оны шешу үшін кез келген белгілі

алгоритмдердің бірін қолданамыз. Егер максималды ағын  $q_i^o(i_0)$ -дан кем болған болса, онда бір қабаттың қорытынды есебі, сәйкесінше есеп түгелімен шешімге ие болмайды. Мұндай жағдайда минималды қиылған жер қосымша доғалардан тысқары орналасады [42].

Егер максималды ағын  $q_{i_0}(i_0)$ -дан кем болса, онда бірінші қабаттың бастапқы есебі, сонымен бірге барлық есеп шешімі жок. Мұндай жағдайда

минималды қиық қосымша доғалардан тысқары орналасқан болады.

Егер максималды ағын  $q_{i_0}(i_0)$ -ге тең болса, онда тепе-теңдік жағдайына инварианттық жаңғыртулар арқылы өтетін ұйғарымды ағын аламыз.

$$\text{sign}_u(v) = \begin{cases} 0, & \text{егер } v \notin C \\ +1, & v \in C, \\ -1, & v \in C, \end{cases}$$

$+1, v \in C$  -циклды айналып өту бағытымен сәйкес келуші бағыт,

$-1, v \in C$  -циклды айналып өту бағытымен қарсы келуші бағыт,

$v \in V$  қатынасын қанағаттандырушы  $xv$  болсын.  $\theta$  санын алайық, кез келген  $v \in V$  үшін  $\bar{x}_v = x_v + \text{sign}_C^u(v)\theta$  қоямыз, яғни бағыты айналып өту бағытымен сәйкес келетін цикл доғасы үшін  $xv$  ағын ұзындығына  $\theta$  жалғанады, бағыты айналып өту бағытына қарама-қарсы цикл доғасы үшін  $xv$  ағын ұзындығына  $\theta$  жалғанады. Сонда  $\bar{x}_v, v \in V$  қатынасын қанағаттандырады.

Тепе-теңдік жағдайын іздеу алгоритмі.

Келтірілген құрылымдар бір қабаттың тепе-теңдік жағдайын іздеу үшін циклдердің бірегей түйілу типіндегі алгоритмдерін қолдануға мүмкіндік береді. Мысалы,  $NB_u(0) > \varepsilon$  болған доғаны (шағын санды жеткілікті) іздейміз, егер мұндай доға болмаса, онда қабаттың түйілуін тоқтатамыз, бұл доға үшін  $NB_u(\theta) = 0$  есебін шешеміз де, алгоритмді қайта орындауға кірісеміз. Көп қабатты жүйелер үшін доғаны

$C$  еркін циклын қарастырайық.  $u$  циклындағы кейбір доғалардың бағытымен сәйкес келуші айналып өтудің еркін бағытын береміз.  $\text{sign}_C^u(v)$  сипаттамалық функциясын құрамыз:

барлық қабаттардан және сәйкесінше қабаттардың ішінен іздеу керек.

**Қорытынды:** Гидравликалық желілер теориясының есептерін шешудегі тәжірибеміз ұсынылған амалдың тиімділігіне сенім арттырады. Осылай, мысалы, шамамен 1500 доға мен 1000 төбешік өлшемділігіндегі қалалық сумен жабдықтау желісінде, жылумен қамтамасыз ету желісіндеағынның таралу есебін 15-30 секунд ішінде дербес компьютерлерде шешу жол-көлік желілеріндегі ағынның таралуы қолайлы болған уақыт ішінде орындалуын топшылауға мүмкіндік береді. Ұсынылған алгоритмдер паралельдеу алгоритмдерін қолдануға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде кең көлемде заманауи көп процессорлы компьютерлік желілерді қолдануға мүмкіндік береді.

Ғылыми зерттеу жұмыстары Қазақстан Республикасы Білім және Ғылым министрлігінің гранттық қолдауымен № АР09259547 «Нақты уақыт режимінде эвакуациялау тапсырмалары үшін интеллектуалды ақпараттық технологияларды құру» жобасы аясында, Ақпараттық және есептеуіш технологиялары институтында жүргізілген.

## . ӘДЕБИЕТТЕР

[1]Малинецкий Г.Г. *Моделирование движения толпы при помощи клеточных автоматов* / Известия ВУЗов. Сер. Прикладная нелинейная динамика. 1997. Т. 5. С. 75-79.

[2]Малинецкий Г.Г. *Клеточные автоматы для расчета некоторых газодинамических процессов* // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1996. Т. 36, № 5. С. 137145.



[3]Малинецкий Г.Г *Применение моделей класса решеточных газов для решения задач газодинамики* // Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика. 1996. Т. 4, № 4,5. С. 59.

[4]Малышкин В.Э. *Основы параллельных вычислений.* Метод. пособие. Новосибирск: НГТУ, 1998. 55 с.

[5]Мациевский С. В. *Нечеткие множества: Учебное пособие.*- Калининград: КГУ, 2004. 176 с.

[6]Мелихов А.Н., Л.С. Берштейн, С .Я. Коровин *Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой.* // М.: Наука, 1990. 272 с.

[7]Михаль О.Ф. *Организация эволюционных нечетких экспертных систем на локально-параллельных алгоритмах.* Международная конференция по индуктивному моделированию "International Conference on Inductive Modelling (ICIM - 2002) ", Труды, Т.3, Львов, 2002. С. 79 - 84.

[8]Михаль О.Ф. *Принципы организации эволюционных нечетких систем распознавания образов на локально-параллельных алгоритмах.* 8-я Международная конференция "Теория и техника передачи, приема и обработки информации" ("Интегрированные системы, сети и технологии") "ИИСТ-2002". Сб. научных трудов. Харьков: ХНУРЭ, 2002, С. 558 - 560.

[9]ГОСТ 12.1.004-91. *Пожарная безопасность.* Общие требования, ИПК Издательство стандартов, 1996.

[10] Р.Р. Ягера *Нечеткие множества и теория возможностей.* Последние достижения М.: Радио и связь, 1986.408 с.

[11] Коваленко А.Г. *Теоретико-игровой подход и теория гидравлических сетей в проблеме моделирования движения городских транспортных потоков.* Вестник Самарского государственного университета. 2013, № 1 (102). Стр. 177-185.

## REFERENCES

[1] Malinetskiy G.G. Modeling the movement of the crowd using cellular automata / Izvestiya VUZov. Ser. Applied nonlinear dynamics. 1997. Vol. 5. S. 75-79.

[2] Malinetskiy G.G. Cellular automata for calculating some gas-dynamic processes / // Journal of computational mathematics and mathematical physics. 1996. Т. 36, No. 5. S. 137-145.

[3] Malinetskii GG Application of models of the class of lattice gases for solving problems of gas dynamics / // Izv. universities. Applied nonlinear dynamics. 1996. Т. 4, No. 4.5. P. 59.

[4] Malyshkin V.E. Fundamentals of Parallel Computing. Method. allowance. Novosibirsk: NSTU, 1998.55 p.

[5] Matsievsky S. V. Fuzzy sets: Textbook.- Kaliningrad: KSU, 2004. 176 p.

[6] Melikhov AN, L.S. Bershtein, S. Ya. Korovin Situational advising systems with fuzzy logic. // Moscow: Nauka, 1990.272 p.

[7] Michal OF Organization of evolutionary fuzzy expert systems based on local-parallel algorithms. International Conference on Inductive Modeling "International Conference on Inductive Modeling (ICIM - 2002)", Proceedings, T.Z., Lvov, 2002. pp. 79 - 84.

[8] Michal O.F. The principles of organizing evolutionary fuzzy pattern recognition systems based on locally parallel algorithms. 8th International Conference "Theory and technology of transmission, reception and processing of information" ("Integrated systems, networks and technologies") "IIST-2002". Sat. scientific papers. Kharkov: KhNURE, 2002, pp. 558 - 560.

[9] GOST 12.1.004-91. Fire safety. General Requirements, IPK Standards Publishing House, 1996.

[10] R.R. Jager Fuzzy sets and the theory of possibilities. Recent achievements M.: Radio and communication, 1986 408 p.

[11] Kovalenko A.G. Game-theoretic approach and the theory of hydraulic networks in the problem of modeling the movement of urban traffic flows. Samara State University Bulletin. 2013, No. 1 (102). P. 177-185.

## ҒИМАРАТ ІШІНДЕ АДАМДАР ҚОЗҒАЛЫСЫН МОДЕЛЬДЕУДІҢ НЕГІЗГІ АМАЛДАРЫ

**Едилхан Амиргалиев**, т. ғ. д., ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан; amir\_ed@mail.ru

**Әлия Қалижанова**, ф.-м. ғ. к., ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Ғ.Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан; kalizhanova\_aliya@mail.ru

**Айнұр Козбақова**, PhD, ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы технология университеті, Алматы, Қазақстан; ainur79@mail.ru

**Жазира Амиргалиева**, PhD, ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан; zh.amirgaliyeva@gmail.com

**Айгерім Астанаева**, ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; astanayeva@bk.ru

## ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДЕЙ ВНУТРИ ЗДАНИЙ

**Едилхан Амиргалиев**, д.т.н., Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматы, Казахстан; amir\_ed@mail.ru

**Алия Калижанова**, к.ф.-м.н, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматинский университет энергетике и связи им.Г.Даукеева, Алматы, Казахстан; kalizhanova\_aliya@mail.ru

**Айнұр Козбақова**, PhD, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан; ainur79@mail.ru

**Жазира Амиргалиева**, PhD, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматы, Казахстан; zh.amirgaliyeva@gmail.com

**Айгерім Астанаева**, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан; astanayeva@bk.ru

**Аннотация:** Размещение людей в потоке имеет всегда неравномерный и часто случайный характер. Расстояние между идущими людьми постоянно меняется, возникают местные уплотнения, которые затем рассасываются и возникают снова. Эти изменения неустойчивы во времени. Одним из основных факторов, определяющих скорость движения человека в потоке, является плотность людской массы. В статье рассматривается эвакуация людей из учебного заведения в аварийной ситуации. Для решения данной задачи использованы математические методы и модели движения потоков людей внутри здания

**Ключевые слова:** Модель, график, метод, алгоритм, максимальный поток, эвакуация.