

Мобильді жол өтпесін соңғы айырым әдісі арқылы есептеу

Аңдатпа. Көптеген ірі қалаларда, мегаполистерде күн санап халық санының артуына байланысты автокөліктер саны да артып келеді. Статистика бойынша бір үйге екі автокөліктен сәйкес келеді. Соған байланысты көшелерде үлкен кептелістер пайда болуда. Кептелістер қала экономикасына экологиялық, экономиялық зиян тигізуде. Автокөліктен шыққан зиянды газдар экологияға кері әсерін тигізіп, жаһандық жылынуға әкелуде. Әлемде кептелісті шешуге байланысты түрлі қозғалысты ұйымдастыру шаралары ұсынылады. Жаңа жол өтпелерін салу, интеллектуалды көлік жүйелерін дамыту, қозғалысты ұйымдастырудың заманауи тәсілдері. Қалаларды кептелісті алдын алу мақсатында жаңаша жобалап, жаңа тәсілдер бойынша құрылымын, жол жағдайларын ескеріп, қозғалыс жолақ санын арттырып жобалауда. Бірақта көптеген ірі қалаларда көше жол желісін өзгерту мүмкіндігі болмауына байланысты берілген мақалада кептелісті алдын алуға байланысты жаңа іс - шаралар ұсынылуда.

Берілген мәселені шешу үшін, танқты жол салғыштар негізінде мобильді жол өтпесі ұсынылған. Мобильді жол өтпесі жылдам жиналып, автокөліктердің екі деңгейде қозғалуының арқасында, кептелістің алдын алады. Мақалада мобильді жол өтпесінің құрылымы сипатталған. Графикалық сипаттамасы берілген. Графикалық сұлбасы көрсетілген. Мобильді жол өтпесінің негізін ортотропты тақта құрайды. Ортотропты тақта - төсем бетіне пісірілген, қиылысқан көлденең тіреулер мен бойлық арқалықтан тұратын тақта. Мақалада ортотропия коэффициенті есептелген. Ортотроптық тақтаның материалының қаттылық сипаттамасы берілген. i - түйіні үшін теңсіздіктер келтірілген. Бүгілу түйіндері анықталған. Берілген есептеулерден соң күш салулар есептелген. Иілу моменті, көлденең күш анықталған.

Берілген мақалада ортотропты тақтаны беріктікке, орнықтылыққа және тұрақтылыққа - соңғы айырым әдісі арқылы есептеу жасалған.

Түйін сөздер: кептеліс, мобильді жол өтпесі, экология, ортотропты тақта, мобильді жол өтпесі, дифференциялық коэффициент, ортотропия коэффициенті, Пуассон коэффициенті, қаттылық сипаттамасы, түйін.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2021-136-3-67-73

Кіріспе

Қазіргі таңда біздің елде және басқа да көптеген дамыған елдердің алдында өзекті көкейкесті мәселелердің бірі жолдағы кептелістер санының артуы басты мәселе болып тұр. Берілген мәселелер қаладағы көлік санының артуынан, көше – жол желісінің бұрыңғы құрылымдық архитектурасында салынып, көшелердегі жүргін бөлікті ұлғайту мүмкіндігінің болмауынан туындап отыр.

Қазақстанда статистика бойынша бір отбасыға екі автокөліктен сәйкес келеді. Кептеліс уақытында әрбір автокөлік жүргізушісі бір бағытта жұмысқа баратынын ескеретін болсақ, кептелістің туындауының басты себебін болжауға мүмкіндік бар. Сонымен қоса, қиылыстарда техногендік апаттар немесе жол бойындағы жол жұмыстары, жол – көлік оқиғалары да кептелісті тудытарын басты себептер болып табылады.

Көптеген мемлекеттер осы кептелісті алдын алу мақсатында әр түрлі қозғалысты ұйымдастыру шараларын ұсынуда. Ондай шараларға түрлі деңгейдегі көпірлер, ақылды қозғалысты ұйымдастыру шаралары, басқа да мысалдарды келтіруге болады.

Мобильдендірілген жол өтпелері модульдерден тұрады. Олар өз алдына жиналатын –

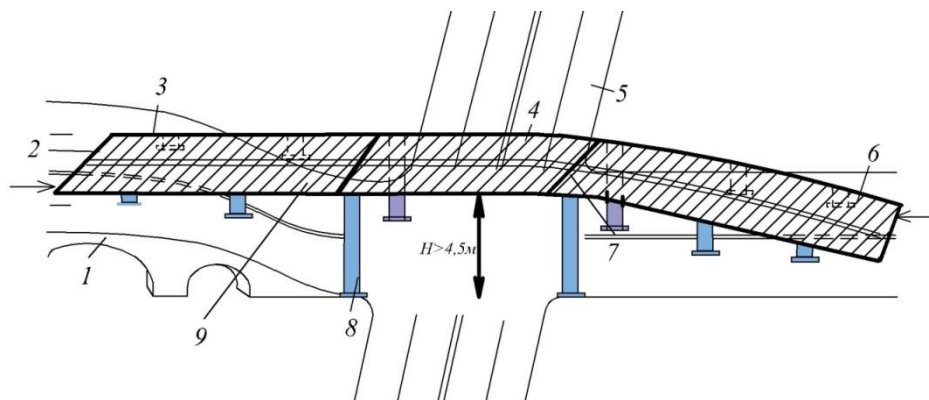
құрастырылатын жылжымалы көпір өтпелерін қамтиды. Берілген құрылымдар көлік кептелісі болған аумақта немесе асфальт төсемінің астында жүргізіліп жатқан коммуналды желілерді жөндеу жұмыстары кезінде қозғалыс жолақтарының биік бетінде орнатылады. Мобильді жол өтпесі төтенше жағдайларда, жөндеу жұмыстары жүріп жатқан аудандарда перпендикуляр бағытта қозғалуға мүмкіндік береді, сол арқылы, автокөлік кептелістерін жойып, жөндеу жұмыстары жүріп жатқан бөліктен айналып өту қажеттілігінен арылтады, сол арқылы қаланың логистикасын жақсартады (сурет 1).



Сурет 1. Мобильді жол өтпесі

Аталған құрылымды өтпелерді қолдана отырып, қаладағы кептеліс уақытындағы көлік логистикасы, қаланың экологиялық жағдайын жақсартады және отын жанармайын үнемдеуге мүмкіндік береді. Осының барлығы қаланың экономикалық жағдайына оңтайлы әсер ететіні бәрімізге мәлім.

Берілген құрылым мобильді болып есептеледі. Қиылысқа автокөлік тіркеуіші немесе жүк автокөлігі арқылы өзінің шассиы көмегімен жеткізіледі. Қиылысқа жеткізілген соң тез арада жинап, бұзу мобильді жол өтпесіндегі орнатылған оңтайландырылған шарнирлі – тоспалы автоматтандырылған байланыс арқылы жүзеге асырылады. Осындай байланысты қолдану құрылымның салмағын жеңілдетіп, кептеліс пайда болған аумақта немесе жөндеу жұмысы болып жатқан аумақта кептелісті алдын алуға көмектеседі (сурет 2).

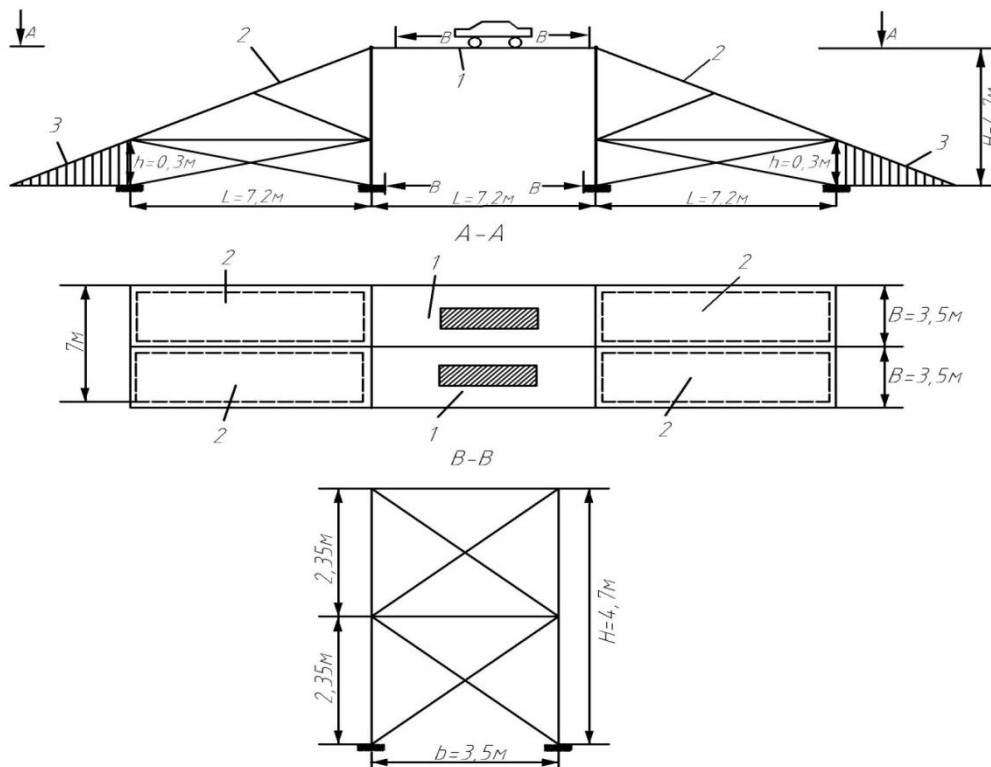


Сурет 2. Мобильді жол өтпесінің графикалық өлшемі

1 – басты жол өтпе; 2 – қосылу сызығы; 3 – бастапқы модуль; 4 – орталық модуль, 5 – жол өтпеге перпендикуляр жол, 6 –соңғы модуль, 7 – қосылу элементтері, 8 – тіреулер, 9 – тақта

Зерттеу әдістері

Мобильді жол құрылымының аса жиі ұсынылатын конструкцияларының бірі – қос жолақты мобильді жол өтпесі. Ол өз кезегінде алты жеке металл модульдер құрастырылады, әрбір модуль өз кезегінде жүргін бөлікті (құрылымды – ортотроптық тақта) және салмақ түсетін көлденең және бойлық бөренелерден тұратын төрт тіреу түріндегі кеңістік қаңқсынан тұрады (сурет 3) [1-3].



Сурет 3. Қос жолақты мобильді жол өтпесінің сұлбасы
1 – қос ортогональ модуль, 2 – төрт еңіс модуль, 3 – аппарат

Барлық модульдер бір – бірімен топсалы – шарнирлі біріккен иілмелі байланыс (шынжыр) арқылы біріккен.

Мобильді жол өтпесін статистикалық анықталмаған жүйелерге есептеу уақытында ішкі күштер мен жылжу жүйелерін бір ғана теңсіздіктер арқылы есептеу мүмкін емес. Сол үшін ұсынылып отырған жүйе ретінде раманы есептеу қажет. Берілген раманы күрделі кернеу жағдайында деп қабылдаймыз.

Мобильді жол өтпесі ортотропты тақтадан құралған. Ортотропты тақтаны есептеу барысында жабын бетті, тақтаның бойлық және көлденең қырларын және құрылымның негізгі аралық арқалығының біріккен жұмысын ескеру қажет.

Аралық құрылыстың басты жұмыс сипаттамасын сандық модельдеу барысындағы кеңістік есептеулерінің соңғы айырым әдісі және соңғы элементтер әдісі жеткілікті түрде ашық көрсетеді.

Талқылау

Ортотропты тақта үшін негізгі дифференциалдық теңдік төмендегідей болады [4, 5]

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \alpha \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \beta \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{P(x, y)}{Dx}, \quad (1)$$

мұндағы:

$w = w(x, y)$ - тақтаның иілу функциясы;

$p = p(x, y)$ - тақта бетіндегі жүктелім;

t - тақтаның қалыңдығы;

E_x, E_y - x, y осьтері бойындағы тақтаның серпімділік модулі;

μ_x, μ_y - Пуассон коэффициенті;

Ортотропия коэффициенті:

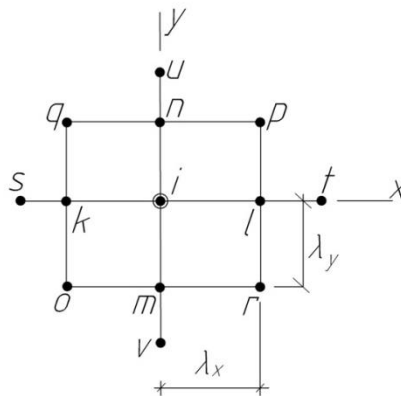
$$\alpha = \frac{2D_1 + 2D_{xy}}{D_x}; \quad \beta = \frac{D_y}{D_x};$$

Ортотропты тақта материалының қаттылық сипаттамасы:

$$D_x = \frac{E_x t^3}{12(1 - \mu_x \mu_y)}; \quad D_y = \frac{E_y t^3}{12(1 - \mu_x \mu_y)}; \quad D_1 = \frac{\mu_x E_x t^3}{12(1 - \mu_x \mu_y)} = \mu_x D_x = \mu_y D_y,$$

$$H = D_1 + 2D_{xy}; \quad D_{xy} = \frac{Gt^3}{12}; \quad (2)$$

Ортотропты тақтаның тікбұрышты тордың i - түйіні үшін (сурет 5) үшінші теңсіздік үшін аралық жазылады [6-7]



Сурет 5. Тікбұрышты тор үлгісі

Тікбұрышты тордың i - түйіні үшін (2) теңсіздігі келесі түрде жазылады ($n = \frac{\lambda_y^2}{\lambda_x^2}$ шарттарын ескере отырып, λ_x - "x" осы бойынша тор қадамы, λ_y - "y" осы бойынша тор қадамы) [5]:

$$w_i (6n^2 + 4\alpha n + 6\beta) + (w_k + w_l)(-4n^2 - 2\alpha n) + (w_n + w_m)(-2\alpha n - 4\beta) +$$

$$(w_0 + w_p + w_r + w_q)(\alpha n) + (w_s + w_t)(n^2) + (w_u + w_v)(\beta) = \frac{P_i \lambda_y^4}{D_x}, \quad (3)$$

немесе

$$a_1 w_i + a_2 (w_k + w_l) + a_3 (w_u + w_m) + a_4 (w_0 + w_p + w_r + w_q) + a_5 (w_s + w_t) + a_6 (w_u + w_v) = \frac{P_i \lambda y^4}{D_x}. \quad (3^*)$$

Бүгілу түйіндерін анықтаған соң w_m ($m = 1, 2, \dots, n_s$), [n_s - ішкі жиектік (есептік) түйін саны], тілімдегі ішкі күш салулар төмендегі формулалар арқылы анықталады:

а) Иілу моменттері:

$$\left. \begin{aligned} M_x &= -\left(D_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + D_\mu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right) \\ M_y &= -\left(D_\mu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right) \\ M_{xy} &= 2D_{xy} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}\right) \end{aligned} \right\} \begin{cases} D_\mu = D_1 = \frac{\alpha_{xy} t^3}{12}; \\ D_x = \frac{\alpha_x t^3}{12}; \quad D_y = \frac{\alpha_y t^3}{12}; \\ D_{xy} = \frac{Gt^3}{12}; \\ \alpha_x = \frac{E_x}{1 - \mu_x \mu_y}; \quad \alpha_y = \frac{E_y}{1 - \mu_x \mu_y}; \\ \alpha_{xy} = D_x \mu_y = D_y \mu_x; \end{cases} \quad (4)$$

$$H = D_1 + 2D_{xy}.$$

б) Көлденең күштер:

$$\left. \begin{aligned} Q_x &= \frac{\partial}{\partial x} \left[D_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + H \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right] \\ Q_y &= \frac{\partial}{\partial y} \left[D_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + H \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right] \end{aligned} \right\}. \quad (5)$$

Нәтижелері

Тікбұрышты тордың (сурет 5) i - түйіні үшін соңғы айырымдар бойынша (4,5) өрнектері үшін келесідей:

$$\begin{aligned} \lambda y^2 M_{xi} &= -D_x \left[n(w_k + w_l) + \frac{D_1}{D_x} (w_m + w_n) - \frac{2(nD_x + D_1)w_i}{D_x} \right]; \\ \lambda y^2 M_{yi} &= -D_x \left[\frac{D_1}{D_x} (w_k + w_l) + \frac{D_y}{D_x} (w_m + w_n) - \frac{2(D_y + nD_1)w_i}{D_x} \right]; \\ 2\lambda y^2 M_{xyi} &= D_x \left(\frac{D_{xy}}{D_x} \right) n[(w_q + w_r) - (w_o + w_p)]; \\ 2\lambda y^3 Q_x &= D_x \left\{ n[w_t - 2(w_l - w_k) - w_s] + \frac{H}{D_x} [2(w_k - w_l) + (w_p + w_r) - (w_q + w_o)] \right\}; \\ 2\lambda y^3 Q_y &= D_x \left\{ \frac{D_y}{D_x} [(w_v - w_u) + 2(w_m - w_n)] + \frac{H}{D_x} [2(w_m - w_n) + (w_p + w_q) - (w_r + w_o)] \right\} \end{aligned} \quad (6)$$

Қорытынды

Төртбұрышты тор түйіндері үшін шекара шарттары ортотропты тақта шарттарымен сәйкес келеді.

Берілген шарттардың сәйкес келуі, құрылымның беріктігін, орнықтылығы мен тұрақтылығын қамтамасыз ететіндігіне айқын дәлел.

Әдебиеттер тізімі

1. Балабекова К.Г., Кадыров А.С. Мобильді жол өтпесі құрылымының жұмысын зерттеу және негіздеу. – Қарағанды: ҚарМТУ. – 2019. – 150 б.
2. Кадыров А.С., Балабекова К.Г. Мобильді көпір өтпесінің жетілген модулінің сәйкестірілген элементтерін есептеу және конструкторлық шешу // ПМУ хабаршысы. Энергетикалық серия. – 2016. – №3. – Б. 41-52
3. Ганюков А.А., Балабекова К.Г. Расчет пространственной рамы модульного путепровода // Университет еңбектері. – 2016. – №4. – Б. 63-68.
4. Kadyrov, A., Ganyukov, A., Imanov, M., Balabekova, K. Calculation of constructive elements of mobile overpass. Current Science, – 2019, – vol. 116(9), p. 1544-1550
5. Ganyukov, A., Kadyrov, A., Balabekova, K., Kurmasheva, B. Tests and calculations of structural elements of temporary bridges. Roads and Bridges - Drogi i Mosty, – 2018, – vol. 17(3), – p. 215-226.
6. Kadyrov, A., Ganyukov, A., Balabekova, K. Development of constructions of mobile road overpasses. MATEC Web of Conferences, 2017, 108, 16002.
7. Kadyrov, A., Balabekova, K., Ganyukov, A., Akhmediyev, S. The constructive solution and calculation of elements of the unified module of the mobile bridge overcrossing. Transport Problems, – 2017, – vol. 12(3), p. 59-69.

А.С. Кадыров, А.А. Ганюков, К.Г. Балабекова

Қарағандық техникалық университет, Қарағанда, Қазақстан

Расчет мобильного путепровода методом конечных разностей

Аннотация. Во многих крупных городах, мегаполисах с каждым днем из-за увеличения численности населения увеличивается количество автомобилей. По статистике, на один дом приходится по два автомобиля. В связи с этим на улицах появляются большие пробки. Пробки наносят экологический, экономический ущерб экономике города. Вредные газы, выделяющиеся из автомобиля, негативно влияют на экологию и приводят к глобальному потеплению.

Для решения данной задачи предложен мобильный путепровод на базе танковых путепроводов. Мобильный путепровод быстро собирается и предотвращает заторы, благодаря движению автомобилей на двух уровнях. Основу мобильного путепровода составляет ортотропная плита. Ортотропная плита - плита, состоящая из поперечных упоров и продольных балок, приваренных к поверхности настила.

В данной статье посредством метода конечной разности сделан расчет ортотропной плиты на прочность, устойчивость и стабильность.

Ключевые слова: затор, мобильный путепровод, экология, ортотропная плита, мобильный путепровод.

A.S. Kadyrov, A.A. Ganyukov, K.G. Balabekova
Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan

Calculation of a mobile overpass using the finite difference method

Abstract. In many large cities and megacities, the number of cars increases every day due to the increase in the population. According to statistics, there are two cars per house. In this regard, there are large traffic jams on the streets. Traffic jams cause environmental and economic damage to the city's economy. Harmful gases released from the car have a negative impact on the environment and lead to global warming.

To solve this problem, there is proposed a mobile overpass based on tank overpasses. The mobile overpass is quickly assembled and prevents congestion, thanks to the movement of cars on two levels. The mobile overpass is based on an orthotropic slab. Orthotropic is a plate consisting of transverse stops and longitudinal beams welded to the surface of the flooring.

In this article, there is calculated an orthotropic plate for strength, stability, and stability using the finite difference method.

Keywords: congestion, mobile overpass, ecology, orthotropic plate, mobile overpass.

References

1. Balabekova K.G., Kadyrov A.S. *Mobildi zhol otpesi kurylymynyn zhumysyn zertteu zhane negizdeu* [Research and substantiation of the work of the structure of the mobile crossing]. Karagandy: Karmtu, 2019. P.150 [in Kazakh].
2. Kadyrov A.S., Balabekova K.G. *Mobildi kopir otpesinin jzhtilgen modulinin sakestirilgen elementterin esepeteu zhane konstruktorlyk sheshu*. PMU habarshysy. Energetikalyq seriya. 3, 41-52 (2016) [in Kazakh].
3. Ganiukov A.A., Balabekova K.G. *Raschet prostranstvennoi ramy modulnogo puteprovoda*. Universitet enbekteri. 4, 63-68 (2016) [in Russian].
4. Kadyrov, A., Ganyukov, A., Imanov, M., Balabekova, K. Calculation of constructive elements of mobile overpass. *Current Science*. 116(9), 1544-1550 (2019) [in English].
5. Ganyukov, A., Kadyrov, A., Balabekova, K., Kurmasheva, B. Tests and calculations of structural elements of temporary bridges. *Roads and Bridges*. 17(3), 215-226 (2018), [in English].
6. Kadyrov, A., Ganyukov, A., Balabekova, K. Development of constructions of mobile road overpasses. *MATEC Web of Conferences*, 2017, 108, 16002 [in English].
7. Kadyrov, A., Balabekova, K., Ganyukov, A., Akhmediyev, S. The constructive solution and calculation of elements of the unified module of the mobile bridge overcrossing. *Transport Problems*. 12(3), 59-69 (2017) [in English].

Авторлар жайлы мәлімет:

Кадиров А.С. – техника ғылымдарының докторы, көлік техникасы және логистикалық жүйелер кафедрасының профессоры, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан, adil.kadyrov@mail.ru.

Ганюков А.А. – PhD докторы, механика кафедрасының аға оқытушысы, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан, sgn2002@mail.ru.

Балабекова К.Г. – PhD докторы, көлік техникасы және логистикалық жүйелер кафедрасының доценті, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан, 06_03_92@mail.ru.

Kadyrov A.S. – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Transport Technology and Logistics Systems, Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan, adil.kadyrov@mail.ru.

Ganyukov A.A. – Ph.D., Senior Lecturer of the Department of Mechanics of Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan, sgn2002@mail.ru.

Balabekova K.G. – Ph.D. in Technical Science, Associate Professor, Department of Transport Engineering and Logistics Systems, Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, 06_03_92@mail.ru.