



DOI 10.51885/1561-4212_2025_3_303

FTAXP 06.43.01

ҚҰРҒАҚ КЛИМАТТЫ ЖАҒДАЙДАҒЫ ЖЕР ТӨСЕМЕ ТОПЫРАҒЫНЫҢ ЫЛҒАЛДАНУ ДЕҢГЕЙІНЕ АРНАЛҒАН ЕСЕПТЕМЕЛЕР МЫСАЛДАРЫ

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАСЧЁТНОЙ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА В УСЛОВИЯХ ЗАСУШЛИВОГО КЛИМАТА

EXAMPLES OF CALCULATIONS FOR DETERMINING THE DESIGN MOISTURE CONTENT OF EARTHWORK SOIL IN ARID CLIMATE CONDITIONS

А.Г. Есболат ^{1*}, А.К. Киялбаев ¹, Д.Е. Есентай ¹

¹Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ, Қазақстан

*Автор-корреспондент: Есболат Әсел Ғайниқызы, e-mail: ashkeyeva@mail.ru

Түйінді сөздер:

құрғақ климат,
топырақтың
ылғалдылығы, есептеу
кезеңі, топырақ
тығыздығының
коэффициенті,
топырақтың қаңқалық
тығыздығы, стандартты
тығыздау деңгейі,
топырақтың аяздық
жиналуы.

ТҮЙІНДЕМЕ

Мақала Қазақстанның шөлді және шөлейт аймақтарына тән құрғақ климат жағдайында жер төсемі топырағының есептік ылғалдылығын есептеу әдістерін зерттеуге арналған. Ылғал тапшылығын, топырақ қасиеттерінің маусымдық өзгеруін және климаттық факторлардың жер төсемінің көтергіштігіне әсерін қоса алғанда, жол құрылысына әсер ететін топырақ жағдайларының ерекшеліктері қарастырылады. Топырақтың қату тереңдігін, ылғалдың әр түрлі түрлеріндегі жұмыс қабатының есептік ылғалдылығын анықтауды, сондай-ақ жер асты және жер үсті суларының деңгейінен төсеніш бетінің биіктігін есептеуді қамтитын есептеулердің мысалдары келтірілген. Нәтижелер олардың беріктігі мен сапасын қамтамасыз ету үшін жолдарды жобалау және салу кезінде климаттық және гидрогеологиялық ерекшеліктерді ескеру қажеттілігін көрсетеді. Шөлді және шөлейт жерлерде жол салу кезінде жер төсемін салу шарттары әдеттегіден біршама ерекшеленеді. Топырақ қабаттары тығыздалған кезде, бұл аймақта топырақ шөгінділерінде ауа ылғалдылығының жетіспеушілігі жиі кездеседі және маусымдық өзгерістер артық ылғалға әкеледі.

Ключевые слова:

сухая зона, влажность
почвы, расчетный период,
коэффициент уплотнения
почвы, плотность
каркасной структуры
почвы, стандартное
уплотнение, морозное
пучение почвы.

АННОТАЦИЯ

Статья рассматривает методы определения расчетной влажности грунта земляного полотна в условиях засушливого климата, характерного для пустынных и полупустынных зон Казахстана. Рассмотрены особенности грунтовых условий, влияющих на строительство дорог, включая дефицит влажности, сезонные изменения свойств грунта и влияние климатических факторов на несущую способность земляного полотна. Приведены примеры расчётов, включающих определение глубины промерзания грунта, расчётной влажности рабочего слоя при различных типах увлажнения, а также расчёт возвышения поверхности дорожного покрытия над уровнями подземных и поверхностных вод. Выводы акцентируют



внимание на важности учёта климатических и гидрогеологических условий при проектировании и строительстве автомобильных дорог, чтобы гарантировать их надёжность и долговечность. В засушливых и полупустынных регионах формирование земляного полотна происходит в специфических условиях, отличающихся от традиционных. Недостаточная влажность грунтов затрудняет их уплотнение, а резкие сезонные колебания могут приводить к временному переувлажнению верхних слоёв почвы.

Keywords:

dry region, soil humidity, calculation period, compaction factor, soil skeleton density, standard compaction, frost heave of soil.

ABSTRACT

The article is devoted to the study of methods for calculating the calculated moisture content of the soil of the roadbed in an arid climate typical of the desert and semi-desert zones of Kazakhstan. The features of soil conditions affecting the construction of roads are considered, including moisture deficiency, seasonal changes in soil properties and the influence of climatic factors on the bearing capacity of the roadbed. Examples of calculations are given, including the determination of the depth of soil freezing, the calculated humidity of the working layer for various types of humidification, as well as the calculation of the elevation of the pavement surface above the levels of groundwater and surface waters. The conclusions emphasize the need to take into account climatic and hydrogeological features in the design and construction of roads to ensure their durability and quality. When building roads in desert and semi-desert areas, the conditions for the construction of the roadbed are somewhat different from the usual ones. When compacting the soil layers in this zone, there is often a shortage of air humidity in the soil deposits, and seasonal changes lead to excessive moisture.

КІРІСПЕ

Қазақстан аумағының басым бөлігін алып жатқан шөлді және шөлейтті жерлерде, сондай-ақ қатты суық аймақтарда жол салу кезінде жер төсемін тұрғызу жағдайлары әдеттегіден өзгеше және өзіндік ерекшеліктерге ие. Бұл ерекшеліктерді жұмысты ұйымдастыру жобасында ескеру қажет. Мұндай ерекшеліктерді ескеру ең тиімді механизация құралдарын дұрыс анықтауға және жұмыстың сапалы орындалуын қамтамасыз ететін тиісті технологияны әзірлеуге мүмкіндік береді.

Әдеби шолу.

Қазақстанның аридті аймақтарында жол құрылысы бірқатар ерекше табиғи-климаттық жағдайлармен байланысты, олар жер төсемесін тұрғызу процесіне де, жол төсемесінің пайдалану сипаттамаларына да айтарлықтай әсер етеді. Бұл аймақтардағы басты мәселелердің бірі – атмосфера мен топырақтағы ылғал тапшылығы, ол өз кезегінде негізді тиімді нығыздауды қиындатады.

Сонымен қатар, ылғалдылықтың маусымдық ауытқуы топырақтың физика-механикалық қасиеттерін өзгертеді, оның ішінде шамадан тыс құрғаған күйден артық ылғалданған күйге ауысуы, бұл өз кезегінде негіздің тұрақтылығы мен беріктігіне әсер етеді.

Құрғақ климаттық аймақтарда жолдарды жобалау кезінде топырақ негізінің көтергіштік қабілетін төмендететін және құрылыс процесін қиындататын мынадай табиғи және техногендік факторларды ескеру қажет (Цытович Н.А., 1973 деректері бойынша):

- топырақ пен ауадағы ылғал тапшылығы, сондай-ақ топырақтың беріктігі мен тығыздығын өзгертетін маусымдық үлкен ауытқулар;
- лесс, тұзды топырақтар, сортаң және сор сияқты топырақтардың кең таралуы, олардың ылғал өзгерісіне жоғары сезімталдығы және нашар тығыздалуы;



– антропогендік қызметтің әсері – әсіресе суару, ол жер асты сулары деңгейінің көтерілуіне әкеледі, сонымен қатар жердің қымбат болуына байланысты құрылысқа жарамды топырақтың шектеулілігі;

– құрылыс үшін екі күрделі кезеңнің болуы: қысқы (топырақ қататын) және жазғы (жоғары температура мен артық құрғау), бұл технологиялық процестерді қиындатады.

Осыған байланысты аридті климат жағдайында жер төсемесін тұрғызу кешенді көзқарасты қажет етеді, ол инженерлік шешімдерді бейімдеуді және климаттық пен геологиялық факторлардың жол төсемесінің беріктігі мен ұзақ мерзімділігіне теріс әсерін азайтуға бағытталған технологияларды қолдануды қамтиды.

ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӨДІСТЕРІ

1-мысал. Жол жамылғысының қабаттарындағы жылу алмасу процесі жол үстіндегі ауа қабатынан берілетін жылу арқылы жүзеге асады, ал оның негізгі көзі – күн радиациясы. Осылайша бұл процесті қозғалыстағы ауа ағынынан қатты кедергі (асфальтбетон жамылғысы) арқылы өтетін жылу энергиясының берілуі, яғни жылуалмасу ретінде қарастыруға болады.

Техникалық есептеулерде, әдетте, екі қозғалыстағы сұйық ағын арасындағы жылу алмасу олардың арасындағы көпқабатты қатты қабырға арқылы өтетін процесс ретінде қарастырылады. Бұл кезде әрекеттесуші орталардың температурасы мен олардың жылу беру коэффициенттері ескеріледі. Дәл осылайша бірнеше конструктивтік қабаттан тұратын жол жамылғысын көпқабатты құрылым ретінде қарастыруға болады. Әрбір қабаттың өзіндік жылу өткізгіштігі мен белгілі бір қалыңдығы бар, бұл бүкіл төсеменің жылулық қасиеттеріне әсер етеді. Орта температуралары $t_{ж1}$ и $t_{ж2}$, ал олардың жылу беру коэффициенттері α_1 и α_2 .

Жол жамылғысы құрылымдық қабаттардан тұратындықтан, оны n қабаттан құралған көпқабатты бет ретінде қарастыруға болады. Әрбір қабаттың жылу өткізгіштік коэффициенті – $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$ ал олардың қалыңдығы – $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \dots, \delta_n$.

Жылу алмасу процесіндегі жылу ағынының тығыздығы мына теңдеу арқылы анықталады: /7/.

$$q = k(t_{ж1} - t_{ж2}), \quad (1)$$

мұнда

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (2)$$

$$R = \frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}. \quad (3)$$

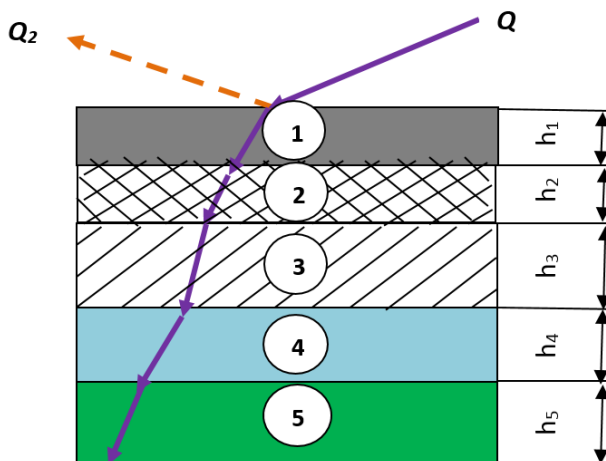
мұндағы k – жылу өткізгіштік коэффициенті, ол жабынның бірлік ауданы арқылы температура айырмасы 1°C болғанда бірлік уақыт ішінде өтетін жылу мөлшерін сипаттайды;

R – жылулық кедергі, ол жылу беру коэффициентінің кері шамасы (Кравченко С.Е., Реут Ж.В., 2020).

Асфальтбетон жамылғысының жылу өткізгіштігінің өзгеруінің топырақтың қату тереңдігіне әсерін теориялық тұрғыдан талдау үшін (3) теңдеуді қолданамыз.

Жол жамылғысының үстіңгі қабатының жылу өткізгіштігінің әртүрлі мәндерінде топырақтың қату тереңдігін анықтау үшін алдымен тәжірибелік зерттеу бөлімінде сипатталған жол жамылғысының құрылымы бар сынақ алаңына есептеулер жүргізу қажет (2.4-2.6 кестеге қараңыз).

Осы кестелерге сәйкес, жол төсемесінің мәндері төмендегідей: 1 – (жоғарғы) қабат – асфальтобетон қалыңдығы $h_1 = 0,06\text{ м}$, жылу өткізгіштік коэффициенті $\lambda_1 = 1,54\text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; 2-қабат – $h_2 = 0,12\text{ м}$, $\lambda_2 = 1,19\text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; 3-қабат – $h_3 = 0,18\text{ м}$, $\lambda_3 = 0,65\text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; 4-қабат – $h_4 = 0,06\text{ м}$, $\lambda_4 = 0,51\text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; жер төсемесінің топырағы-ауыр саздақ $t_i = -0,9^\circ\text{C}$.



1-сурет. Күн энергиясынан жамылғы бетіне берілетін жылу мөлшерін бөлу схемасы
Ескерту – автор (Есболат, 2024) негізінде құрастырған

Асфальтбетонның әртүрлі фракцияларының (құмды, майда түйіршікті, орташа түйіршікті және ірі түйіршікті) жылу өткізгіштік коэффициенттері 3.1-кестедегі деректер негізінде анықталды. Әрбір жамылғы түріне есептелген орташа мәндер 1-кестеде берілген.

Алынған нәтижелерді талдау асфальтбетонның жылу өткізгіштігінің төмендеуі топырақтың қату тереңдігін азайтатынын, бұл өз кезегінде шұңқырлардың пайда болуы және жол жамылғысының бұзылуының алдын алуға ықпал ететінін көрсетеді.

Құмды, майда түйіршікті, орташа түйіршікті және ірі түйіршікті асфальтбетон түрлеріне арналған жылу өткізгіштік коэффициенттерінің орташа мәндері 2-кестеде келтірілген және олар 1-кестедегі деректер негізінде есептелген (Ivanov A.A., Petrov V.V., 2021).

1-кесте. Топырақтың қату тереңдігі мен жол құрылымдарының теориялық есептеулерінің нәтижелері

	Жамылғының түрі	Қабаттардың қалыңдығы мен жылу өткізгіштігі $h, \text{ м}; \lambda \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$	Жылу кедергісі, R_0 , $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$	Қату тереңдігі $h, \text{ м}$
1	2	3	4	5
1	1 қабат ұсақ түйіршікті асфальтбетон 2 қабат ірі түйіршікті асфальтбетон	$h_1 = 0,05; \lambda_1 = 0,69$ $h_2 = 0,08; \lambda_2 = 1,32$	0,59	0,72
2	1 қабат ұсақ түйіршікті асфальтбетон 2 қабат орташа түйіршікті асфальтбетон	$h_1 = 0,05; \lambda_1 = 0,69$ $h_2 = 0,06; \lambda_2 = 1,15$	0,61	0,68



1-кестенің соңы

1	2	3	4	5
3	1 қабат құмды асфальтбетон 2 қабат ірі түйіршікті асфальтбетон	$h_1 = 0,035; \lambda_1 = 0,42$ $h_2 = 0,08; \lambda_2 = 1,32$	0,60	0,70
4	1 қабат құмды асфальтбетон 2 қабат түйіршікті асфальтбетон	$h_1 = 0,035; \lambda_1 = 0,42$ $h_2 = 0,06; \lambda_2 = 1,15$	0,63	0,62
5	1 қабат орташа түйіршікті асфальтбетон 2 ұсақ түйіршікті асфальтбетон	$h_1 = 0,035; \lambda_1 = 0,42$ $h_1 = 0,06; \lambda_1 = 0,69$	0,68	0,57
6	1 қабат орташа түйіршікті асфальтбетон 2 ұсақ түйіршікті асфальтбетон	$h_2 = 0,05; \lambda_2 = 1,15$ $h_2 = 0,08; \lambda_2 = 1,32$	0,53	0,80
Ескерту – автор (Есболат, 2024)				

2 мысал. Негіздің жұмыс қабаты кезіндегі судың есептік мөлшерін анықтау.

Автомобиль жолының трассасы жасанды суару аймағында орналасқан учаскеден өтеді. Жұмыс қабатының материалы ретінде шаңды құрылымды жеңіл лайлы топырақ пайдаланылады, ал оның келесі сипаттамалары бар:

1. Топырақ пен жол төсемінің құрылысы
2. Топырақтың ылғалдылығы және тығыздалуы.

Зерттелген топырақ үшін негізгі ылғалдылық көрсеткіштері анықталды: илену шегі топырақтағы ылғал мөлшері 17 % болғанда байқалады, ағымды күйге көшу 29 % кезінде орын алады, ал оңтайлы ылғалдылық 16 %-ға тең. Бұл топырақтың минералдық бөлігінің ең жоғары тығыздығы $1,7 \text{ т/м}^3$ құрайды. КазАЖИ жүргізген зертханалық сынақтардың нәтижесінде материалдың тығыздау коэффициенті 0,98 деңгейінде белгіленді.

Жол конструкциясының қабаттарының құрамы

Жол жамылғысы мынадай қабаттардан тұрады:

Жоғарғы қабат: ыстық тығыз асфальтбетон (тығыздығы – $2,4 \text{ т/м}^3$, қалыңдығы – 5 см).

Аралық қабат: кеуекті асфальтбетон (тығыздығы – $2,3 \text{ т/м}^3$, қалыңдығы – 8 см).

Негізгі қабат: гранитті шағылтас, қию әдісімен төселген (тығыздығы – $1,8 \text{ т/м}^3$, қалыңдығы – 20 см).

Төменгі қабат: орта түйіршікті құм (тығыздығы – $1,95 \text{ т/м}^3$, қалыңдығы – 20 см).

Жұмыс қабатының ылғалдану дәрежесі бойынша ол үшінші түрге жатады.

Нормативтік ылғалдылық

Жол төсемінің астындағы топырақта аяздық ісіну қаупін болдырмайтын нормативтік ылғалдылықты анықтау қажет. Негіздің шекті рұқсат етілген ылғалдылығын дер кезінде белгілеу қысқы жағдайда жол төсемінің тұрақтылығы мен ұзақ мерзімділігін қамтамасыз етеді.

Есептеу алгоритмі. Қату аймағындағы есептелген топырақ ылғалдылығының мәнін келесі формула бойынша анықтауға болады [3]:

$$W_{PACЧ(M)} = \frac{\rho_B}{1,09} \left\{ \frac{1 + I_{ПЧ} \left[1 - a_{П} l_g \left(1 + \frac{P}{P_o} \right) \right]}{K_y \rho_{СК(MAX)}} - \frac{1}{\rho_{ГР}} \right\} + 0,083 W_{ИЗ} \quad (4)$$

Топырақтың есептік ылғалдылығын анықтау

Жол төсемінің астындағы қату аймағының есептік ылғалдылығы $W_{есеп(ЗМ)}$ деп белгіленеді және бірлік үлесімен көрсетіледі. Бұл ретте:



– топырақтың аяздық ісіну шамасы;
– топыраққа түсетін жүктеменің әсерін сипаттайтын α_p , өлшемсіз коэффициент;
– жабын құрылымының салмағынан пайда болатын қысым P , ол 0,98 МПа-ға тең қабылданады.

Топырақтағы қатпайтын судың шамасы мына формула бойынша анықталады:

$$W_{из} = K_{кз} \cdot W_n \quad (5)$$

мұндағы $K_{кз}$ топырақтың түрі мен күйіне байланысты коэффициент W_n , а – илену шегіндегі ылғалдылық.

Егер қату ескерілмесе, есептік ылғалдылық мынадай түрде анықталады:

I типті ылғалдану үшін:

$$W_{EC(1)} = \frac{W_{опт} + W_{РАС(2,3)}}{2} \quad (6)$$

II және III типті ылғалдандыру:

$$W_{есеп(2,3)} = \frac{(\rho_{гр} - K_y \cdot \rho_{ск(макс)}) \cdot P}{K_y \cdot \rho_{ск(макс)} \cdot V_B - V_{ауа}} \quad (7)$$

мұндағы:

$\rho_{гр}$ – топырақтың тығыздығы;

$\rho_{ск(макс)}$ – қаңқаның шекті тығыздығы;

V_B – жердегі бөлшектердің үлесі;

$V_{ауа}$ – ауа кеуектілігі;

K_y – тығыздау коэффициенті (нормативті түрде белгіленген).

Есептеу тәртібі.

$$W_{РАСЧ(3)} = \frac{(2,69 - 0,98 \cdot 1,70) \cdot 1,0}{0,98 \cdot 2,69 \cdot 1,70} - 0,02 = 0,208$$

$$\text{Салыстырмалы ылғалдық шамасы құрайды: } \frac{W_{РАСЧ(3)}}{W_L} = \frac{0,208}{0,29} = 0,72$$

$$\text{Жұмыс қабатын ылғалдандырудың 2-түрі: } W_{РАСЧ(2)} = W_{РАСЧ(3)} = 0,208$$

$$\frac{W_{РАСЧ(2)}}{W_L} = \frac{0,208}{0,29} = 0,72.$$

Жұмыс қабатын ылғалдандырудың 1-түрі.

$$\text{Есептеу формула бойынша жүргізіледі: } W_{РАСЧ(1)} = \frac{0,16 + 0,21}{2} = 0,185$$

$$\text{Салыстырмалы ылғалдық шамасы құрайды: } \frac{W_{РАСЧ(1)}}{W_L} = \frac{0,185}{0,29} = 0,64$$

2. Жол төсемінің астындағы жер негізінің тоңуы ескерілген жағдайда топырақтың есептік ылғалдылығын есептеу

Шығу деректері:

Жол төсемінің құрылысы астында орналасқан тоңған топырақ қабатының қалыңдығы 0,2 м құрайды. Барлық басқа параметрлер жоғарыда берілген деректерге сәйкес қабылданады.

Есептеудің бастапқы кезеңі – жол төсемі қабаттарының массасының топырақ бетіне келтіретін қысымын анықтау. Бұл қысым кейінгі есептеулерде – аяздық қысымның әсерін және қату зоналарындағы есептік ылғалдылықты есептегенде ескеріледі.

$$P = (2400 \cdot 0,05 + 2300 \cdot 0,08 + 1800 \cdot 0,20 + 1950 \cdot 0,20) \cdot 0,0098 = 10,3 \text{ КПа.}$$



Одан кейін (3) формула бойынша топырақтағы қатпайтын судың мөлшері есептеледі: $W_{из}=0,40 \cdot 0,17=0,068$.

1-түрдегі ылғалдану үшін (2) формула бойынша жер төсемінің қату аймағындағы топырақтың есептік ылғалдылығының шамасы анықталады.

$$W_{PAC(M)} = \frac{1,00}{1,09} \left\{ \frac{1 + 0,02 \left[1 - 0,5 l_g \left(1 + \frac{10,3}{9,8} \right) \right]}{0,98 \cdot 1,70} - \frac{1}{2,69} \right\} + 0,083 \cdot 0,068 = 0,224$$

$$\text{Бұл қабатта } \frac{W_{PAC(M)}}{W_L} = \frac{0,224}{0,29} = 0,77.$$

Қату тереңдігінен төмен жерде топырақтың 0,185-ке тең (жоғарыны қараңыз). Сонда жұмыс қабаты топырағының есептік ылғалдылығының тереңдік бойынша орташа мәні мынадай болады:

$$W_{D\Delta N \times (1)} = \frac{0,224 \cdot 0,2 + 0,185 \delta (1,2 - 0,2)}{1,2} = 0,192.$$

Ағымдылық шегіндегі ылғалдылыққа қатысты есептік ылғалдылық мынадай шаманы құрайды

$$\frac{0,192}{0,29} = 0,66.$$

2-түрдегі ылғалдану үшін қату тереңдігіндегі топырақтың ылғалдылығы 0,208-ге тең болады:

$$W_{PAC(2)} = \frac{0,236 \cdot 0,2 + 0,208 \cdot (1,2 - 0,2)}{1,2} = 0,213.$$

Жұмыс қабатын ылғалдандырудың 3-түрі үшін:

$$W_{PAC(M)} = \frac{1,00}{1,09} \left\{ \frac{1 + 0,02 \left[1 - 0,5 l_g \left(1 + \frac{10,3}{9,8} \right) \right]}{0,98 \cdot 1,70} - \frac{1}{2,69} \right\} + 0,083 \cdot 0,068 = 0,257.$$

3-мысал. III техникалық санаттағы автомобиль жолын қарастырайық, ол жасанды суару аймағынан өтеді. Жаз мезгілінде жер асты суларының деңгейі жер бетіне дейін 0,3 м-ге көтеріледі, ал күзгі-көктемгі маусымда ол 1,5 м-ге дейін төмендейді. Бұдан бөлек, жаз айларында 30 күннен астам уақыт бойы жол жолағының ішінде 0,05 м қалыңдыққа дейінгі қабатпен жер үсті суларының жиналуы байқалады. Жол жамылғысының астындағы топырақ қабаттары қатуға ұшырамайды. Барлық басқа жағдайлар 1-мысалда сипатталған параметрлерге сәйкес келеді.

Есептеу алгоритмі: Жаз мезгілінде жол жамылғысының жер асты сулары деңгейінен қажетті көтерілу биіктігін анықтау белгіленген есептік алгоритм бойынша жүзеге асырылады, ол учаскенің гидрологиялық және геотехникалық сипаттамаларын ескереді. («Қазақстанның құрғақ аймақтарында топырақты тығыздау жөніндегі әдістемелік ұсынымдар», 1983).



$$W_{PACЧ(1)} = W_{OIT} + W_{PACЧ(2,3)} / 2. \quad (8)$$

мұндағы $W_{есеп(1)}$ – жұмыс қабатының 1-типтегі ылғалдануы кезінде есептеу кезеңіндегі топырақтың ылғалдылығы, бірлік үлесімен;

$W_{оит}$ – топырақтың оңтайлы ылғалдылығы, бірлік үлесі;

$W_{есеп(2,3)}$ – жұмыс қабатының 2 және 3 типтегі ылғалдануы кезінде есептеу кезеңіндегі топырақтың ылғалдылығы, бірлік үлесімен.

Асфальтбетонның ыстық тығыз түрінің серпімділік модулі – 3200 МПа, қабат қалыңдығы 0,05 м, кеуекті асфальтбетонның серпімділік модулі – 2000 МПа, қабат қалыңдығы 0,08 м, граниттен жасалған бірдей қиыршық тас серпімділік модулі – 400 МПа, қабат қалыңдығы 0,2 м, орта түйіршікті құмның серпімділік модулі – 100 МПа, қабат қалыңдығы 0,2 м.

$$E_{д.о} = \frac{3200 \cdot 5 + 2000 \cdot 8 + 400 \cdot 20 + 100 \cdot 20}{53} = 792 \text{ МПа.}$$

Салыстырмалы ылғалдылығы 0,72 болған жағдайда (жоғарыны қараңыз) жеңіл шаңды саздақтың серпімділік модулі [4] деректеріне сәйкес $E_{гр}=43$ құрайды. Сол Инструкцияға сәйкес доңғалақтың жапсар бетіне түсіретін орташа есептік меншікті қысымы $P=0,6$ МПа, ал қозғалыстағы автокөлік доңғалағының ізіне сәйкес есептік диаметрі $D=0,37$ м. Осы шамаларды (6) формуласына қойсақ, мынадай нәтижеге қол жеткіземіз:

$$\Delta H_{п.в} = \frac{37 \cdot \sqrt{\frac{0,6 - 0,012}{1,5 - 0,012}}}{1,1 \cdot \sqrt[3]{\frac{792}{43}}} = 0,73 \text{ м.}$$

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Жаз мезгілінде жер асты суларының деңгейі жер бетінен 0,3 м тереңдікте орналасатынын ескере отырып, үйіндінің ең аз биіктігі 0,43 м болуы тиіс (0,73-0,3). Күзгі-көктемгі маусымда жер асты суларының деңгейі жер бетінен 1,5 м тереңдікке дейін төмендейді, бұл үйіндінің кемінде 0,1 м биіктігін қажет етеді (1,6-1,5). Бұдан бөлек, жаз мезгілінде 30 күннен астам уақыт бойы жер үсті суларының 0,5 м қалыңдықтағы қабаты жиналады, бұл үйіндінің биіктігі кемінде 0,95 м болуын қажет етеді. (Smith D., Johnson M., 2020).

Құрғақ климат жағдайында жер жұмыстарының ең тиімді кезеңі – топырақтың табиғи ылғалдылығы оның оңтайлы мәніне барынша жақындаған уақыт. Суармалы аумақтарда мұндай жұмыстарды жүргізудің қолайлы уақыты қазаннан мамырға дейінгі кезең болып табылады, ал игерілмеген аймақтарда ол ақпаннан мамырға дейінгі уақытпен шектеледі. Жұмыстарды жүргізудің ең оңтайлы уақытын дәл анықтау үшін соңғы он жылдағы орташа статистикалық деректерге (ауа температурасы, жауын-шашын мөлшері және булану көрсеткіштері) негізделген климаттық кесте жасалады. (Kuznetsov E.P., Savel'ev I.V., 2020).

ҚОРЫТЫНДЫ

Топырақтың шамадан тыс ылғалдануы немесе артық құрғауы оның босап кетуіне немесе ісінуіне әкелуі мүмкін. Мұндай жағдайлардың алдын алу үшін жұмыс қабатының тығыздығы жоғары учаскелерде жол жабынын төсеуді жер жұмыстары аяқталғаннан кейін бірден орындау ұсынылады. Бұл сыртқы факторлардың әсерін барынша азайтып, ұзаққа созылатын технологиялық үзілістерді болдырмайды.

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ: авторлар мүдделер қақтығысының жоқ екенін мәлімдейді.



ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- Fredlund, D. G., & Rahardjo, H. (2018). Soil Mechanics for Unsaturated Soils. New York: Wiley, 522 p.
- Zhang, L., & Chen, W. (2021). Modeling soil moisture variability in arid climates. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 147(3), 230-242.
- Smith, D., & Johnson, M. (2018). Thermal properties of road materials in cold regions. Journal of Cold Regions Engineering, 32(4), 123-135.
- Brown, R., & Davis, L. (2017). Impact of moisture on thermal conductivity of soils. Geotechnical Journal, 45(2), 67-78.
- Lee, S., & Kim, H. (2019). Freeze-thaw effects on pavement materials. International Journal of Pavement Engineering, 20(1), 45-56.
- Определение расчетной влажности грунтов для строительства дорог в засушливых регионах (2022). Геотехнический журнал, (2), 45-53. // Opredelenie raschetnoj vlazhnosti gruntov dlja stroitel'stva dorog v zasushlivyh regionah [Determination of design soil moisture for road construction in arid regions]. Geotechnical Journal, (2), 45-53. (In Russ.)
- Цытович, Н. А. (1973). Механика грунтов. Краткий курс. Москва: Высшая школа, 280 с. // Tsytovich, N. A. (1973). Mekhanika gruntov. Kratkyj kurs [Soil mechanics. Short course]. Moscow: Vysshaya shkola, 280 p. (In Russ.)
- Киялбаев, А.К. (2023). Теоретические и экспериментальные методы транспортного строительства. Учебник часть 1 и часть 2. Алматы-Бишкек: Adal kitap, 343 с. и 356 с. // Kiyalbayev, A.K. (2023). Teoreticheskie i eksperimentalnye metody transportnogo stroitel'stva. Uchebnik chast 1 i chast 2 [Theoretical and experimental methods of transport construction. Textbook Part 1 and Part 2]. Almaty-Bishkek: Adal kitap, 343 p. and 356 p. (In Russ.)
- Методические рекомендации по уплотнению грунтов в засушливых районах Казахстана (1983). Алма-Ата: КаздорНИИ, 24 с. // Metodicheskie rekomendacii po uplotneniju gruntov v zasushlivyh raionah Kazahstana [Guidelines for soil compaction in arid regions of Kazakhstan]. Alma-Ata: KazdorNII, 24 p. (In Russ.)
- СН РК 3.03-19-2006. Проектирование дорожных одежд нежесткого типа (2007). Астана: Минтранс РК, 86 с. // SN RK 3.03-19-2006. Proektirovanie dorozhnyh odezhd nezhestkogo tipa [Design of flexible pavements]. Astana: Mintranskom RK, 86 p. (In Russ.)
- Иванов, А. А., & Петров, В. В. (2021). Расчет влажности грунта земляного полотна: основы и методы. Журнал строительной механики, (4), 23-31. // Ivanov, A. A., & Petrov, V. V. (2021). Raschet vlazhnosti grunta zemljanogo polotna: osnovy i metody [Calculation of soil moisture of roadbed: fundamentals and methods]. Zhurnal stroitel'noj mehaniki, (4), 23-31. (In Russ.)
- Сидоров, Н. Н. (2019). Грунтоведение: теоретические и прикладные аспекты. Москва: Изд-во МИСИ, 276 с. // Sidorov, N. N. (2019). Gruntovedenie: teoreticheskie i prikladnye aspekty [Soil science: theoretical and applied aspects]. Moscow: MISI, 276 p. (In Russ.)
- Кузнецов, Е. П., & Савельев, И. В. (2020). Влияние климатических условий на эксплуатацию земляного полотна. Наука и технологии в дорожном строительстве, (3), 15-22. // Kuznesov, E. P., & Savel'ev, I. V. (2020). Vlijanie klimaticheskikh uslovij na jekspluataciju zemljanogo polotna [Impact of climatic conditions on roadbed operation]. Nauka i tehnologii v dorozhnom stroitel'stve, (3), 15-22. (In Russ.)
- Борисова, О. П., & Логинов, К. А. (2020). Расчет влажности грунта при строительстве дорог в условиях недостаточного увлажнения. Транспортная инфраструктура, (6), 31-38. // Borisova, O. P., & Loginov, K. A. (2020). Raschet vlazhnosti grunta pri stroitel'stve dorog v uslovijah nedostatochnogo uvlazhnenija [Calculation of soil moisture in road construction under insufficient moisture conditions]. Transportnaja infrastruktura, (6), 31-38. (In Russ.)
- Беляев, И. М., & Филатов, В. С. (2022). Определение расчетной влажности грунтов для строительства дорог в засушливых регионах. Геотехнический журнал, (2), 45-53. //



Beljaev, I. M., & Filatov, V. S. (2022). Opredelenie raschetnoj vlazhnosti gruntov dlja stroitel'stva dorog v zasushlivykh regionah [Determination of design soil moisture for road construction in arid regions]. *Geotekhnicheskij zhurnal*, (2), 45–53. (In Russ.)

Кравченко, С. Е., & Реут, Ж. В. (2020). О необходимости учета теплофизических свойств при проектировании конструкций дорожных одежд и выборе материалов. *Дорожное строительство и его инженерное обеспечение*, 48–51. Минск: БНТУ. // Kravchenko, S. E., & Reut, Zh. V. (2020). O neobходимosti ucheta teplofizicheskikh svojstv pri proektirovanii konstrukcij dorozhnyh odezhd i vybore materialov [On the necessity of considering thermophysical properties in pavement design and material selection]. *Dorozhnoe stroitel'stvo i ego inzhenerное obесpechenie*, 48–51. Minsk: BNTU. (In Russ.)

Авторлар туралы мәліметтер Информация об авторах Information about authors



Есболат Әсел Ғайниқызы – PhD академиялық дәрежеге үміткер докторы, Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ., Қазақстан

Есболат Әсел Ғайниқызы – соискатель академической степени доктор рНд, КазАДИ им. Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Казахстан.

Yesbolat Assel – PhD candidate, L.B.Goncharov KazADI, Almaty, Kazakhstan

e-mail: ashkeyeva@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2292-6305>



Киялбаев Абди Киялбаевич – техникалық ғылымдар докторы, Л.Б. Гончаров атындағы КазАЖИ профессоры, Алматы қ., Қазақстан

Киялбаев Абди Киялбаевич – доктор технических наук, профессор КазАДИ им. Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Казахстан

Kiyalbayev Abdi – Doctor of Technical Sciences, Professor of L.B.Goncharov KazADI, Almaty, Kazakhstan

e-mail: abdi-ki@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3068-3856>



Есентай Даурен Ерланович – доктор phd, Л.Б. Гончаров атындағы КазАЖИ қауымдастырылған профессоры, г. Алматы, Қазақстан

Есентай Даурен Ерланович – доктор phd, ассоциированный профессор КазАДИ им. Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Казахстан

Yessentay Dauren – PhD, Associate Professor of L.B. Goncharov KazADI, Almaty, Kazakhstan

e-mail: Rector@kazadi.edu.kz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8443-1398>