

M.F. CƏLİLOV, İ.M. ƏLİYEV

БИНАЛАРЫН МИКРОИQLIM СИСТЕMLƏRİNDƏ BƏPRA OLUNAN ENERЬИDƏN İSTİFADƏ

Müxtəlif sahələrdə olduğu kimi, binaların mikroiklimini təmin edən sistemlərdə də bəpəra olunan enerьи növlərindən müvəffəqiyyətlə istifadə etmək mümkündür. Bəpəra olunan enerьи növlərinə günəş, külək, hidro, geotermal, dalğa, biokütlə və s. enerjiləri aiddir.

Geotermal enerji yerin dərin qatlarında mövcud olan istilik mənbələrinin enerjisidir. Məlum olduğu kimi Yer kürəsinin nüvəsində temperatur 6600 °C, səthində isə 15°C - yə bərabərdir. Nüvədəki temperatur Yer kürəsindəki radioaktiv maddələrin parçalanması nəticəsində əmələ gəlir və bu da böyük miqdarda istiliyin ayrılmasına səbəb olur. Belə ki, Yerin nüvəsi ilə səthi arasında böyük temperatur fərqi nüvədən səthə doğru güclü istilik axınına səbəb olur. Bu istilik axını yerin dərin qatlarında süxurları, suyu və digər maddələri qızdıraraq güclü geotermal istilik mənbələrini yaradır.

Geotermal enerjidaşıyıcısı su buxarı olduqda ondan elektrik enerjisi istehsalı məqsədilə istifadə etmək olar. Yerin dərin qatlarından çıxarılan termal suyun istiliyindən isə xüsusi texnologiyaların tətbiqi ilə binaların isidilməsi, ventilyasiyası və isti su təchizatı üçün istifadə etmək mümkündür. Bu məqsədlə tətbiq edilən sxemlər işlənildikdən termal suyun xüsusiyyətləri, o cümlədən onun temperaturu, tərkibindəki elementlərin növləri və miqdarı nəzərə alınmalıdır.

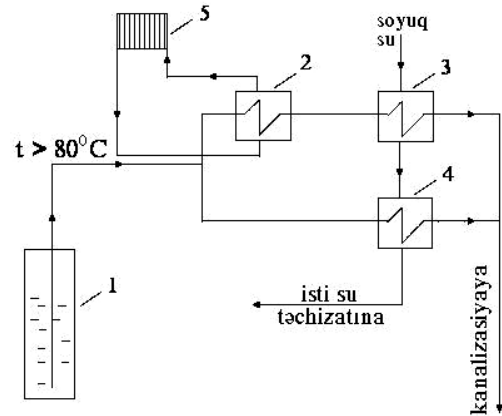
Müxtəlif zonalarda olan termal suların tərkibi və temperaturu fərqli olduğuna görə həmin suların istifadə edilmə prinsipləri və sxemləri də müxtəlifdir. Adətən termal suların tərkibində çoxlu miqdarda həll olmuş qazlar olur və onlar yüksək duzluğa malik olurlar. Bu səbəbdən istilikdəyişdirici aparatlarda ərpın yaranması təhlükəsi meydana çıxır. Tətbiq edilən sxemlər termal suyun tərkibindəki elementlərin ərpyaratma xüsusiyyətindən asılı olaraq müxtəlif olur. Aşağı temperaturlu termal suların istiliyindən istifadə etdikdən sonra onlar kanalizasiyaya

axıdılır. Əgər onun tərkibindəki minerallar müalicəvi əhəmiyyət kəsb edirsə onu 37-38°C temperatura qədər soyudub müalicə vannalarına yönəldirlər.

Termal suyun temperaturu mikroiklim sistemlərində tələb olunan səviyyədə deyildirsə onun yüksəldilməsi üçün pik istilik generatorlarından və ya istilik nasoslarından istifadə etmək olar.

Temperaturu 80 °C - dən çox olan geotermal suların tərkibindən asılı olaraq onun istiliyindən bilavasitə və ya içərisində istilikdəyişdirici aparat yerləşdirilmiş aralıq çənin köməyiylə istifadə etmək mümkündür.

Yüksək temperaturlu (temperaturu 80°C-dən böyük) geotermal suların isti su təchizatı üçün tətbiq olunan tipik sxemlərdən biri şəkil 1-də göstərilmişdir [1]. Термал суйун тьяркибиндяки минераллар истиликдяйишдирижилярдя чюкцнтц йаратмырса бу схемин тятбиги daha da səmərəli olur.



Şəkil 1. Yüksək temperaturlu termal suyun istiliyindən isitmə və isti su təchizatı sistemində istifadə edilməsi:

1 – termal su quyusu; 2 – isitmə qızdırıcısı;
3 – I pillə isti su qızdırıcısı; 4 – II pillə isti su qızdırıcısı; 5 – isitmə cihazı

Şəkildən göründüyü kimi, quyudan çıxarılan termal su əvvəlcə isitmə qızdırıcısına verilir. Termal suyun istiliyinin bir hissəsi isitmə sistemində dövr edən suya ötürüldük-

dən sonra o, I pillə isti su qızdırıcısına daxil olur. Burada onun istiliyi hesabına qızdırıcıya verilən soyuq su müəyyən temperatura qədər qızdıqdan sonra II pillə isti su qızdırıcısında termal suyun istiliyi hesabına əlavə olaraq lazımı temperatura qədər qızır və isti su tələbatçılara verilir. I və II pillə isti su qızdırıcılarından çıxan termal su kanalizasiya xəttinə axıdılır və ya yuxarıda qeyd ediləni kimi müalicə məqsədləri üçün istifadə edilir.

Geotermal suların tərkibindəki mineralar истиликдэийишдирижилярдэ әрп йападыса, онда тәтбиқ олунан схемә аралық контур әләвә етмәклә бу проблемни арадан қалдырмақ олар. Аралық контуру олан схемләрдән бири шәкил 2-дә гөстәрилмишдир [1].

Bu sxemə əsasən quyudan çıxarılan termal su çənə verilir. Burada onun istiliyi istilikdəyişdirici səth vasitəsilə tələbatçılara ötürülür. İstilikdəyişdirici səth çənin içərisində yerləşdirilir. Termal sudan әрп әsasән çəндә çөкür və oradan müntəzəm olaraq тәмизләнir.

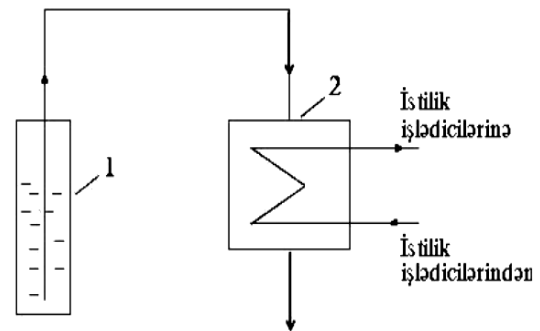
Binaların isti su təchizatında və ventilyasiyasında belə bir sxemin tətbiq edilməsi gözlənilən səmərəni vermirsə, onda quyudan çıxarılan termal su xəttində suyun yumşaldılmasını təmin edən qurğular quraşdırılır (şəkil 3). Termal su bu qurğuda emal edildikdən sonra onun istiliyindən istifadə edilir. Belə qurğunun quraşdırılması çəндә әмәлә gəlән әрpin miqdarını kifayət qədər azaldır.

Bu zaman suyun emalı üçün əhəng-koaqulyant-turşulaşdırma və ya əhəng-soda-koaqulyant-turşulaşdırma üsullarından istifadə etmək səmərəli olur. Emal edilən suyun temperaturu adi təbii sulara nisbətən böyük olduğundan bu üsulların tətbiqi zamanı alınan yumşalmış suyun qalıq codluğu, adi şəraitdəkinə nisbətən kiçik alınır. Turşulaşdırma zamanı isə sudakı hidrat ionlarının yox olması və karbonat ionlarının bikarbonat ionlarına çevrilməsi nəticəsində әрпәмәләgәlmә təhlükəsi aradan qalxır və termal suyun istiliyindən istifadənin səmərəliliyi yüksəlir.

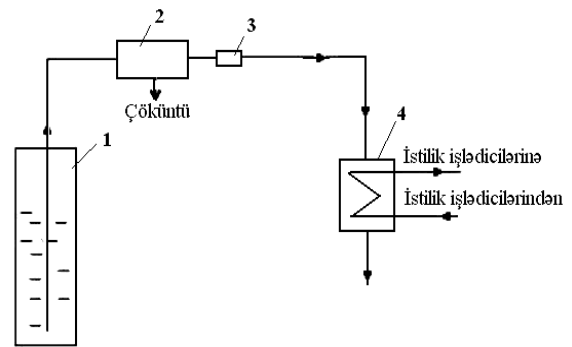
Geotermal enerjinin digər növləri quru termal süxurlarda olan istilik və böyük istilik selinə malik zonaların istiliyi pis keçirən gil layları ilə əhatə olunduğu yerlərdə yığılan enerjidir.

Maqma və onun ətrafında bərkimiş süxurlar quru termal süxurlardır və onlar ən böyük istilik mənbəyinə malikdirlər.

Gil layları ilə əhatə olunmuş böyük istilik zonaları artıq Yer səthinin bir çox yerlərində kəşf edilmişdir. Həmin yerlərdə külli miqdarda enerji ehtiyatı yığıldığından burada suyun temperaturu $150 \div 160^{\circ}\text{C}$, təzyiqi isə $28 \div 56 \text{ Mpa}$ - a çatır. Hazırda hər iki geotermal enerji hövzələrinin istiliyindən istifadə etmək üçün geniş tədqiqat işləri aparılır.



Şəkil 2. Əlavə kontur vasitəsi ilə termal suyun istiliyindən istifadə edilməsi: 1 – termal suyun quyusu; 2 – içərisində istilikdəyişdirici səth yerləşdirilmiş çən



Шякил 3. Суйүмшалдыжы гурьудан истифадэ edilмякля термал суйун истилийиндян истифадянин приситиал схеми: 1 – термал су гуйусу; 2 – суйүмшалдыжы гурьу; 3 – туршулашдырма дүйүңү; 4 – истиликдэийишдирижилер апарат

Ölkəmizin ərazisi də termal sularla zəngindir. Bu sular əsasən Böyük və Kiçik Qafqaz dağları, Abşeron yarımadası, Talış dağ-yamac zonası, Kür çökəkliyi və Xəzər-yanı-Quba ərazilərində yerləşir. Qeyd olunan ərazilərdə olan termal sulardan istifadə

etməklə məişətdə və digər sahələrdə istilik enerjisinə olan ehtiyacların müəyyən hissəsini ödəmək mümkündür.

Enerji istehsalında geotermal enerji mənbələrindən istifadə etmənin əsas üstün cəhəti ondan ibarətdir ki, onların tətbiqi iri həcmli maliyyə vəsaiti tələb etmir. Bu zaman istifadə edilən üzvi yanacaqların miqdarı azaldığından, ətrafa atılan və "istixana" təsiri yaradan qazların da miqdarı azalır ki, bu da global istiləşmə təhlükəsini uzaqlaşdırır.

ƏDƏBİYYAT

1. Cəlilov M.F. Alternativ regenerativ enerji sistemləri, Bakı, 2009, 405 səh., dərslik.
2. Abdullayev K.M., Məmmədov R.K., Lətifov Y.İ., Enerji ehtiyatları, elektrik enerjisi və ətraf mühit, Bakı, 2007, 408 səh.
3. Rzayev P.F., Qurbanov M.A., Rzayeva M.P., Sadə günəş və külək qurğuları, Bakı, 2003, 30 səh.

M.F. Cəlilov, İ.M. Əliyev

**Виналарын микрклим системләрində
bərpa olunan енерјидән istifadə**

XÜLASƏ

Məqalədə bərpa olunan geotermal enerjiden binaların isidilməsində, ventilyasiya və

isti su təchizatı sistemlərində istifadə edilməsi sxemləri verilir və bu zaman qarşıya çıxan problemlərin həlli yolları göstərilir.

М.Ф. Джалилов, И.М. Алиев

Использование возобновляемой геотермальной энергии в системах микроклимата зданий

РЕЗЮМЕ

В статье рассматриваются схемы использования возобновляемой геотермальной энергии в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения зданий, указываются пути устранения возникающих проблем.

M.F. Jalilov, I. M. Aliyev

Use of renewable geothermal energy systems, climate of buildings

SUMMARY

The article deals with schemes of renewable geothermal energy for heating, ventilation and hot water supply buildings, indicate ways to address emerging problems.

N.Y. MƏMMƏDOV¹, V.V. SƏFƏROV²

¹E-mail: nurmamedzeyvid@rambler.ru, ²E-mail: yusalsafarli@yahoo.com

MÜASİR BINALARIN XARICI QORUYUCU KONSTRUKSIYALARININ DAXILI SƏTHİNDƏ TEMPERATURUN PAYLANMA PROSESİNİN ANALIZI

Azərbaycanda son zamanlar tikilən mülki binalarda istilik enerjisindən qeyri effektiv istifadə olunur. Son zamanlara qədər aparılan "ucuz" enerji daşıyıcısından istifadə siyasəti aşağı səviyyəli istilik mühafizəsinə malik binaların tikintisinə gətirib çıxarmışdır. Artıq bütün dünyanı bürüyən enerji böhranı bizdən də yan keçməmiş və bununla əlaqədar olaraq yüksək istilik mühafizəsinə malik binaların tikintisinə başlanılması prioritet məsələ kimi ortaya çıxmışdır. Buna isə

bilavasitə xarici qoruyucu konstruksiyaların istilikötürməyə müqavimətini artırmaqla nail olmaq olar.

Son zamanlar tikinti sektorunun sürətlə inkişaf etdiyi bir zamanda yanacaq – enerji resurslarına, istilik enerjisinə qənaət problemi həllini gözləyən vacib və prioritet məsələlərdən hesab olunur. Bu zaman qarşıya qoyulan əsas şərt ondan ibarətdir ki, binaların daxilində müasir inşaat norma və qaydalarının tələblərinə uyğun olan sanitar-gigiyenik

və komfort hava şəraiti yaradılmalıdır. XX əsrin sonu, XXI əsrin əvvəllərində bu problemlərin həlli ilə məşğul olan dünyanın aparıcı alimlərinin apardığı tədqiqatlarda enerjiyə qənaət sahəsində çox mühüm nəticələr alınmışdır. Artıq bir sıra Avropa ölkələrində, hətta qonşu Rusiyada da enerjiden effektiv istifadə edən, intellektual binalar tikilir. Bu binalarda enerji effektivliyi əsasən xarici qoruyucu konstruksiyaların müasir modellərinin yaradılması və onların istilikötürməyə müqavimətinin artırılması hesabına əldə olunmuşdur.

Lakin bununla belə bu gün müasir binalarda yüksək kefiyyətli daxili mikroiklim parametrlərinin yaradılması və tələb olunan istilik enerjisinin miqdarının daha da aşağı salınması məqsədilə, eyni zamanda yeni inşaat konstruksiyalarının və müasir enerji qoruyucu avadanlıqların meydana çıxması ilə əlaqədar olaraq həmin konstruksiyaların daxilində baş verən istilik-nəmlik proseslərinin apashdırılmasına ehtiyac duyulur.

Qeyd edək ki, bu proseslərin həllinə aid müxtəlif tədqiqatçılar tərəfindən bir sıra fundamental işlər aparılmış və binaların istilik effektivliyinin artırılması sahəsində konkret praktik nəticələr əldə olunmuşdur [1, 2, 3, 4, 5].

Son zamanlar xarici konstruksiyaların termiki müqavimətlərinin artırılması və onlarda effektiv istilik izolyasiya materiallarından istifadə olunması ilə əlaqədar olaraq həmin elementlərin daxili səthində temperaturun paylanma xarakterinin araşdırılması xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Bu isə ilk növbədə konstruksiyaların xarici küncələrinə, pəncərə boşluqlarına, birləşmə yerlərinə və s. hissələrə aiddir. Belə ki, həmin nöqtələrdə su buxarlarının kondensə olunması, donma və digər xoşagəlməz proseslərin baş vermə ehtimalı daha böyükdür. Digər tərəfdən [6]-da çox ətraflı apashdırılan və son zamanlara qədər müvəffəqiyyətlə istifadə olunan təkliflər müasir binaların tikintisində, demək olar ki, tamamilə yararsızdır. Səbəbi isə ondan ibarətdir ki, müasir inşaat konstruksiyalarının istilik-texniki xarakteristikaları qeyd olunan ədəbiyyatda təklif olunan asılılıqların tətbiq sahəsindən kənardadır. Ona görə də müasir konstruksiyalar üçün praktik hesabatlarda

istifadə olunması mümkün olan və prosesi mümkün qədər dəqiq xarakterizə edən mühəndisi asılılıqların yaradılmasına ehtiyac var.

Məsələnin həlli üçün qoruyucu konstruksiyaların xarici künc hissəsinin en kəsiyində ikiölçülü temperatur sahəsinin hesabını aparmaq lazımdır. Məlumdur ki, ikiölçülü temperatur sahəsi konstruksiyanın hər bir qatı üçün Laplasın diferensial tənliyi ilə xarakterizə olunur [6]:

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} = 0 \quad (1)$$

burada t – konstruksiyanın x və y koordinatlarına malik olan (koordinat başlanğıcı kimi konstruksiyanın künc hissəsinin xarici tilini götürmək olar) xarici küncündə temperaturun qiymətidir, °C.

(1) tənliyini 3-cü cins sərhəd şərtlərində (küncün səthlərindəki istilik mübadiləsinin intensivliyi ilə temperatur qradienti arasında əlaqəni xarakterizə edir) həll etmək mümkündür. Xüsusi halda konstruksiyanın daxili səthi üçün (1) tənliyinin həlli aşağıdakı kimi olar [6]:

$$-\lambda_d \left(\frac{\partial t}{\partial n} \right)_d = \alpha_d (t_d - \tau_d) \quad (2)$$

burada n – küncün səthinə çəkilmiş daxili normal üzrə məsafə, m ; λ_d – daxili səthin materialının istilikkeçirmə əmsalı, $Vt/(m \cdot K)$; t_d – otağın daxili temperaturu, °C; τ_d – küncdən baxılan məsafədə səthin temperaturu, °C; α_d – daxili səthdə tam istilikmübadilə əmsalı, $Vt/(m^2 \cdot K)$.

Eyni ifadəni xarici səth üçün də yazmaq olar (bu zaman “ d ” indekslərini “ x ” ilə əvəz etmək lazımdır).

Konstruksiyayı təşkil edən qatların birləşmə yerində isə 4-cü cins sərhəd şərtlərindən (temperatur sahəsinin və istilik axınının sıxlığının kəsilməzliyini xarakterizə edir) istifadə edilir. Bu ifadə aşağıdakı kimi yazılır [6]:

$$\tau_1(x, y) = \tau_2(x, y); \quad \lambda_1 \frac{\partial \tau_1}{\partial n_1} = -\lambda_2 \frac{\partial \tau_2}{\partial n_2} \quad (3)$$

burada t_1 və t_2 – x və y koordinatlarına malik olan nöqtədə konstruksiyayı təşkil edən qat-

ların materiallarının temperaturları; λ_1 və λ_2 – bir-biri ilə görüşən qatların materiallarının istilikkeçirmə əmsallarıdır, $Vt/(m \cdot K)$; n_1 və n_2 – konstruksiyanın materiallarının birləşmə səthlərinə çəkilən xarici normalların uzununa məsafədir (qatların içərisinə doğru), m .

Qeyd edək ki, bu gün qüvvədə olan inşaat norma və qaydalarına görə istilik mübadilə əmsalı xarici səth üçün $\alpha_x=23 Vt/(m^2 \cdot K)$, daxili səth üçün isə $\alpha_d=6,8 Vt/(m^2 \cdot K)$ qəbul olunur. Ancaq müşahidələr göstərir ki, müasir binaların xarici konstruksiyalarının bilavasitə künc hissəsinin yaxınlığında α_d bir qədər azalır (təxminən $5,5 - 5,7 Vt/(m^2 \cdot K)$ intervalında dəyişir). [6]-da isə bu effekt nəzərə alınmamış və o vaxt qüvvədə olan norma-lara uyğun olaraq $\alpha_d=6,8$ götürülmüşdür.

(1) və (2) tənliklər sistemi 2-ci dəqiqlik dərəcəli approksimasiyadan istifadə etməklə son fərqlər metodu ilə [7] həll edilmişdir. Nəticədə küncdəki temperaturun qiymətini $t_{i,j}$ hesablamak üçün asılılıq alınmışdır:

$$t_{i,j}=(t_{i-1,j}+t_{i+1,j}+t_{i,j-1}+t_{i,j+1})/4 \quad (4)$$

Başqa sözlə, düyüdə temperaturun qiyməti qonşu düyünlərdəki temperaturların qiymətlərinin həndəsi orta qiymətinə bərabərdir. Konstruksiyanın daxili səthindəki temperatur $t_{n,i}$ üçün sərhəd şərtlərinin approksimasiyası aşağıdakı kimi olar:

$$t_{n,i}=(t_d \cdot Bi_d + t_{n-1,j})/(1 + Bi_d) \quad (5)$$

burada $t_{n-1,j}$ – bilavasitə səthdən qabaq düyüdəki temperaturun qiymətidir; $Bi_d=\alpha_d h/\lambda_d$ – daxili Bi_0 kriteriyasıdır (h setkasının addımına bərabər olan xarakter ölçüyə görə hesablanır). Xarici divarın eni boyu addımların sayı 20 ilə 160 arasında götürülmüşdür.

Analoji olaraq (5) ifadəsini konstruksiyanın xarici səthi üçün də yazmaq olar. Bunun üçün xarici səthin birləşmə nöqtəsi üçün 4-cü dərəcəli sərhəd şərtlərini approksimasiya edən tənlik tərtib olunur. Xüsusi halda y oxuna paralel səthin sərhədi üçün həmin tənlik aşağıdakı kimi yazılır:

$$\tau_{i,j} = \frac{t_{i+1,j} \cdot \lambda_{i+1,j} + t_{i-1,j} \cdot \lambda_{i-1,j}}{t_{i+1,j} \cdot \lambda_{i-1,j}} \quad (6)$$

Başqa sözlə, birləşmə nöqtəsindəki temperaturun qiyməti birləşmə yerinin hər iki

qonşu tərəfinin sərhədinə çəkilmiş perpendikulyarın üzərindəki orta temperatura bərabərdir. Çəki əmsalları kimi - materialların istilikkeçirmə əmsalları götürülür. (6) ifadəsini x oxuna paralel müstəvi üçün yazdıqda yuxarıdakı parametrlərdəki indekslər “ $i, j-1$ ” və “ $i, j+1$ ” indeksləri ilə əvəz olunur.

Xarici və daxili səthlərdə ümumiləşdirilmiş mühəndisi ifadələr almaq hesablat olçüsüz parametrlərlə aparılmışdır. Əsas kriteri kimi R_d/R_{ii} nisbəti götürülmüşdür ($R_d=1/\alpha_d$ – künc hissənin daxili səthinin istilik mübadiləsinə müqaviməti, R_{ii} – künc hissədən kənarında divarın istilikötürməyə müqaviməti). Təyin olunmalı kəmiyyət kimi şərti nisbi termiki müqavimət r' qəbul olunmuşdur. Onun vasitəsilə bilavasitə divarın küncündəki temperaturu τ_k aşağıdakı düsturla tapmaq olar:

$$\tau_k=t_d - r'(t_d - t_x) \quad (7)$$

burada t_d - xarici havanın temperaturudur, °C.

Aydındır ki, küncdən kənarında $r'=R_d/R_x$ və τ_k üçün hökmən $r' > R_d/R_x$ olmalıdır. r' ilə R_d/R_x arasındakı asılılıq ($r'=f(R_d/R_x)$) qrafiki aşağıdakı şəkildə göstərilir.

Şəkildə bütöv qalın xətlə bircinsli divarın künc hissəsi üçün hesablat qiymətlərinə əsasən qurulmuş asılılıq göstərilir. Bu asılılıq R_{ii} - nin geniş diapazonunda aşağıdakı ifadə ilə approksimasiya olunur:

$$r' = \left(\frac{R_d}{R_{ii}}\right)^{2/3} \quad (8)$$

(8) ifadəsi kiçik xəta ilə aşağıdakı kimi də yazıla bilər:

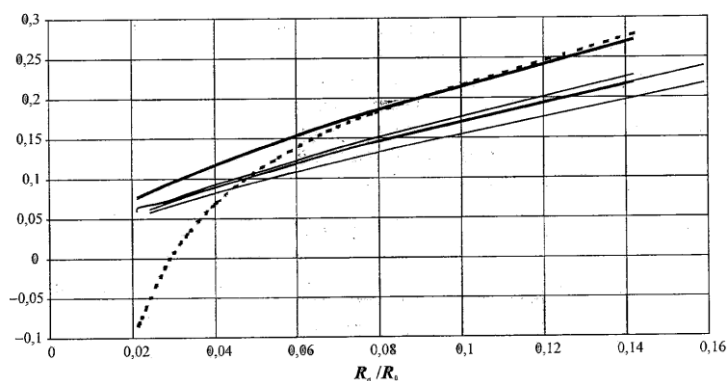
$$r' = \frac{2}{3} \left(\frac{R_d}{R_{ii}} + \sqrt{\frac{R_d}{2R_{ii}}}\right) \quad (9)$$

(8) və (9) ifadələrinin qrafik təsvirləri şəkildə göstərilir.

(9) ifadəsi ilk baxışda mürəkkəb görünə bilər, mühəndisi hesabatlarda ondan istifadə olunması daha məqsədəuyğundur.

Şəkildə punktir xətlə [6] - da təklif olunan asılılığın qrafiki də göstərilir. Apardığımız hesablatların parametrlərindən istifadə edərək, kiçik riyazi çevrilmələr apararaq aşağıdakı asılılığı ala bilərik:

$$r' = 0,18 + (R_d/R_{ii}) - 0,0061/(R_d/R_{ii}) \quad (10)$$



r' kəmiyyətinin R_d/R_x nisbətindən asılılıq qrafiki

Göründüyü kimi, $R_d/R_{ii} > 0,07$ qiymətlərində, başqa sözlə, $R_{ii} < 2,1 (m^2 \cdot K/Vt)$ olduqda hər iki qrafik üst - üstə düşür. R_{ii} -nin daha böyük qiymətlərində isə onlar arasında böyük fərq yaranır. Nəzərə alsaq ki, müasir xarici qoruyucu konstruksiyalar üçün R_{ii} -nin daha böyük qiymətləri xarakterikdir, təklif olunan asılılığın daha effektiv olduğu aydınlaşar. Digər tərəfdən, R_d/R_{ii} -nin bəzi qiymətlərində [6]-da təklif olunan ifadə səhv və fiziki mümkün olmayan nəticələr verir. Müəllif özü təklif etdiyi ifadənin istifadə olunacaq konkret intervalını müəyyənləşdirmişdir. Ancaq 1998-ci ilin inşaat norma və qaydalarına [8] edilən 3 №-li dəyişikliklərə qədər xarici konstruksiyaların əksəriyyəti həmin intervala uyğun idi. Müasir konstruksiyaların istilik-texniki xarakteristikaları isə həmin interval daxilində olmadığından, hesabət zamanı [6]-da təklif olunan formuldən yox, (8) ifadəsindən istifadə etməklə konstruksiyaların səthlərində temperaturun paylanması daha dəqiq xəritəsini ala bilərik.

İndi isə xarici konstruksiyanın künc hissəsində kondensat yaranmaması üçün minimal buraxıla bilən termiki müqaviməti (R_{ii}) təyin edək. Bunun üçün (7) ifadəsində τ_k kəmiyyətini t_s kəmiyyətinə (t_s - şəh nöqtəsinin temperaturudur) bərabərləşdirib, alınan ifadədən ölçüsüz termiki müqavimətin r' , sonra isə ümumi termiki müqavimətin R_{ii} tələb olunan qiymətini təyin edirik:

$$R_{ii} = \frac{1}{\alpha_d} \left(\frac{A(t_d - t_{x5})}{t_d - t_s} \right)^{3/2} \quad (11)$$

burada A - əmsaldır ($A=1$ - birqat divar üçün, $A=0,75$ - konstruksiyanın daxili səth-

ində istilik izolyasiya qatı olan hal üçün); t_{x5} - qış dövrü üçün xarici havanın orta beşgünlük temperaturudur.

Göründüyü kimi (11) düsturu xarici qoruyucu konstruksiyaların istilikötürməyə qarşı ümumi termiki müqavimət düsturuna oxşayır. Ancaq burada $3/2$ dərəcə göstəricisi olduğundan, termiki müqavimətin qiyməti artıq olur. Deməli, konstruksiyanın istilikötürmə əmsalı daha kiçik qiymətə malik olur. Bu isə binanın xarici divar konstruksiyasından daha az istilik itkisinin olması ilə nəticələnir.

Qeyd edək ki, (11) düsturu istənilən təyinatlı bina üçün istifadə oluna bilər.

Nəticələr

1. Müasir binaların xarici qoruyucu konstruksiyalarının səthlərində temperaturun paylanma xarakteri araşdırılmışdır.
2. Xarici konstruksiyanın künc hissəsində kondensatın yaranmaması üçün minimal buraxıla bilən termiki müqavimətin qiymətini təyin etmək üçün empirik asılılıq təklif olunmuşdur.

Məmmədov N.Y. Səfərov V.V.

Müasir binaların xarici qoruyucu konstruksiyalarının daxili səthində temperaturun paylanma prosesinin analizi

Xülasə

Məqalədə müasir binaların xarici qoruyucu konstruksiyalarının səthlərində tempe-

raturun paylanma xarakteri araşdırılmışdır. Xarici səthin künc hissəsində şehlənmə prosesinin əmələ gəlməməsi üçün minimal buraxıla bilən istilikötürməyə termiki müqavimətin tələb olunan qiymətinin hesablanması üçün riyazi ifadə təklif olunur.

Мамедов Н.Я., Сафаров В.В.

Анализ процесса распределения температуры на внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций современных зданий

Резюме

В статье анализируется характер распределения температуры на поверхностях наружных ограждающих конструкций современных зданий. Также предлагается зависимость для определения минимально допустимого сопротивления теплопередаче наружной стены, исходя из отсутствия конденсации в углу.

Mamedov N.Y., Safarov V.V.

Analysis of the temperature distribution on the inner surface enclosing parts of modern buildings

Summary

The article analyzes the nature of the temperature distribution on the surfaces enclosing parts of modern buildings. It is also proposed to determine the dependence of the minimum thermal resistance outside the wal-

**АБДУРАХМАНОВ Ф.Ю., НАДЖАФОВА С.И.,
ГАСЫМОВА А.С., АЛИЕВ И.А., УДОВИЧЕНКО Т.И.**

Институт Микробиологии НАНА

НАНОТЕХНОЛОГИЯ – ЗА И ПРОТИВ

Ключевые слова: наночастицы, наноматериалы, наночастицы серебра, углеродные мембраны, нанотрубки.

Введение. В наши дни наночастицы используются почти во всех сферах современной жизни. С помощью этих час-

ts, on the basis of the lack of condensation in the corner.

ƏDƏBİYYAT

1. Кувшинов Ю.Я., Малявина Е.Г. Методика расчета трехмерного температурного поля наружных стен с осесимметричными теплопроводными включениями // Известия вузов «Строительство», 2001, № 5, с. 66 – 70.
2. Мамедов Н.Я. Анализ теплотехнических показателей здания с эффективным использованием энергии // Журнал «Проблемы энергетики», 2007, № 2, с. 67 – 72.
3. Мамедов Н.Я. Анализ процесса переохлаждения ограждающих конструкций современных зданий // Журнал «Эко-энергетика», 2010, № 1, с. 13 – 20.
4. Перехоженцев А.Г. Вопросы теории и расчета влажностного состояния неоднородных участков ограждающих конструкций здания. Волгоград, ВолГАСА, 1997, 273 с.
5. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей здания. / Под редакцией Ю.А.Табунщикова и В.Г.Гагарина. – 5-е издание, пересмотр. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2006, 256 с.
6. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. М.: Высшая школа, 1982, 415 с.
7. Прусаков Г.М. Математические модели и методы в расчетах на ЭВМ. – М.: Наука, 1993, 144 с.
8. СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника». – М.: ГУП ЦПП, 1998.

тиц получают полимерно-глинистые сорбенты, которые служат для очистки и обеззараживания как питьевой воды, так и промышленных и бытовых стоков. С помощью полученных сорбентов очищают окружающую среду от нефтепродук-

тов и органики. Наночастицы используются, например, даже в косметике и парфюмерии. В настоящий момент проводятся исследования возможностей использования наночастиц серебра в фармацевтических препаратах. Но уже сейчас они находят огромное применение. Эти наночастицы поглощают излучение ультрафиолетовых лучей с большой эффективностью, что, несомненно, делают такие кремы куда более эффективными.

Под термином нанотехнологии подразумевают использование большого разнообразия инструментальных средств, методов и технологий, которые состоят из частиц, размер которых приблизительно составляет несколько сотен нанометров в диаметре. Частицы такого размера имеют уникальные физико-химические и поверхностные свойства, которые придают им новые возможности.

О нанотехнологии. Нанотехнология относится к той части науки, которая занимается атомарным и молекулярным строением веществ, размерами в диапазоне от 1 до 100 нм. Любые материалы или устройства, размеры которых попадают в данный диапазон, получают приставку нано-. Поверхность таких частиц в миллионы раз превосходит объем самих частиц. Эти частицы занимают промежуточное положение между истинными гомогенными растворами, сплавами, и обычными объектами макромира.

Проектирование материалов на молекулярном и атомарном уровне и манипулирование ими открывает перед учеными огромные возможности для создания новых методов защиты окружающей среды. Уникальные свойства наноматериалов могут дать ощутимые преимущества в методах производства энергии и восстановления окружающей среды.

Обладая меньшим размером и большей активной поверхностью, наночастицы могут легко проникнуть в центр загрязненной зоны. Они легко переносятся вместе с грунтовыми водами и попутно очищают все окружающее пространство. Нанотехнологии не только самым тесным образом связаны с проблемами окружаю-

щей среды, но и, возможно, приведут к новым решениям весьма сложных проблем [1].

В частности, использование наночастиц серебра приобрело особенно широкое распространение, потому что эти наночастицы известны своими антибактериальными свойствами [2].

Опасения по поводу воздействия нанотехнологий на окружающую среду – в частности воду и почву, начали возникать все чаще и чаще. Исследователи из Королевского университета Канады изучили образцы почвы из арктических областей. Они провели эксперимент по сравнению их с обычными образцами почвы, чтобы оценить влияние обеззараживающих наночастиц. Они определили в образцах содержание тех полезных бактерий, который помогает растениям удерживать в почве азот. Известно, что растения не могут этого сделать самостоятельно, поэтому так же важно, как и углеродного цикла для поддержания жизни на Земле [10].

Свойства наночастиц. Как уже отмечалось, свойства у наночастицы серебра на самом деле уникальные. Во-первых, это феноменальная бактерицидная и антивирусная активность. Об антимикробных свойствах, присущих ионам серебра, человечеству известно уже очень давно. Наверняка большинство читателей слышали о целительных способностях церковной “святой воды”, получаемой путем прогонки обычной воды сквозь серебряный фильтр. Такая вода не содержит многих болезнетворных бактерий, которые могут присутствовать в обычной воде. Кроме того, такая вода содержит некоторую концентрацию ионов серебра, способных нейтрализовать вредные бактерии и микроорганизмы, чем и объясняется ее благотворное влияние на здоровье человека.

Установлено, что наночастицы серебра в тысячи раз эффективнее борются с бактериями и вирусами, чем серебряные ионы.

Кроме того, в отличие от антибиотиков, убивающих не только вреднос-

ные вирусы, но и пораженные ими клетки, действие наночастиц действуют только на вирусы, клетка при этом не повреждается. Дело в том, что оболочка микроорганизмов состоит из особых белков, которые при поражении наночастицами перестают снабжать бактерию кислородом. Микроорганизм больше не могут окислять глюкозу и гибнут, оставшись без источника энергии. Вирусы, вообще не имеющие никакой оболочки, тоже погибают при встрече с наночастицей.

Наночастицы способны долго сохранять бактерицидные свойства после нанесения на многие твердые поверхности. Это позволяет создать высокоэффективные дезинфицирующие аэрозоли длительного срока действия для бытового применения.

Нанотехнология – за. Ежегодно в мире производят миллионы тонн наночастиц, в том числе серебряных, которые очень популярны благодаря своим противомикробным и противогрибковым свойствам.

В США и других странах имеется огромное количество загрязненных в результате промышленной деятельности регионов, подземных хранилищ вредных веществ, заброшенных шахт и горных выработок.

Углеродные мембраны из нанотрубок могут удалить почти все типы загрязняющих веществ в воде, включая мутность, нефть, бактерии, вирусы и органические вещества. Хотя поры углеродных нанотрубок значительно меньше, возможно из-за плавного строения нанотрубок, тем не менее, они обладают такой же или лучшей пропускной способностью, чем у стандартных материалов, с большими порами [3, 5].

Ткани, модифицированные серебряными наночастицами, являются, по сути, самодезинфицирующимися. На них не может “ужиться” ни одна болезнетворная бактерия или вирус. Наночастицы не вымываются из ткани при стирке, а эффективный срок их действия составляет более шести месяцев, что говорит о практически неограниченных возможностях

применения такой ткани в медицине и быту. Материал, содержащий наночастицы серебра, незаменим для медицинских халатов, постельного белья, детской одежды, антигрибковой обуви и т.д. [5].

Нановолокна фильтров из алюминия и другие материалы из нановолокон удаляют отрицательно заряженные загрязняющие вещества как, вирусы, бактерии, органические и неорганические коллоиды. Искусственные наночастицы, которых также называют «бакиболлы», не вредят микроорганизмам, которые очищают окружающую среду. Даже большое количество промышленных наночастиц не влияют на жизнь микроорганизмов. Это является очень важной находкой ученых, так как даже небольшое количество безопасных компонентов, таких как тальк, может оказаться ядовитым для микроскопических организмов [3,6].

Наноструктурированные покрытия обладают повышенной износ- и коррозионной стойкостью, пониженным коэффициентом трения по отношению не только к основному материалу, но и к традиционным покрытиям.

В 2004 году исследователи из Техасского университета в Остине попытались использовать когда-то популярную бактерию *E. coli* для создания нанокристаллов-сверхпроводников, которые, возможно, могут в скором времени появиться в будущем в новом поколении компьютеров – оптических ПК [9].

Крошечные оптические компьютеры будущего могут использовать для обработки данных оптические сигналы вместо электронных, а нанокристаллы-сверхпроводники, созданные бактериями, будут выступать в роли светодиодов (LEDS), необходимых для управления оптическими сигналами.

Даже большое количество промышленных наночастиц не влияют на жизнь микроорганизмов, которые в свою очередь очищают окружающую среду. Это является очень важной находкой ученых, так как даже небольшое количество безопасных компонентов, таких как тальк, мо-

жет оказаться ядовитым для микроскопических организмов.

Ученым не удалось проследить хотя бы малейшее изменение в жизни микроорганизмов под влиянием наночастиц и это крайне важно, потому что от микроорганизмов отчасти зависит жизнь нашей планеты [13].

Вирусы также можно получать в нанотехнологических лабораториях. В 2006 году ученые Массачусетского технологического института занялись проблемой получения маленьких бактериальных вирусов или бактериофагов для создания нанопроводов, которые можно применять в ионнолитиевых нанобатареях [9].

Наночастицы, добавленные в угольные фильтры для воды, практически не вымываются с ней, как это происходит в случае обычных серебряных ионов. Это говорит о том, что срок действия таких фильтров будет несоизмеримо больше, а качество очистки воды возрастет на порядок. И так, крошечные, незаметные, экологически чистые серебряные наночастицы могут применяться везде, где необходимо обеспечить чистоту и гигиену: от косметических средств до обеззараживания хирургических инструментов или помещений. При этом, как уверяют ведущие российские ученые в данной области, стоимость средств и материалов, созданных на их основе, будет не намного дороже традиционных аналогов, и с развитием нанотехнологий они станут доступны каждому. Фирма Samsung уже добавляет наночастицы серебра в сотовые телефоны, стиральные машины, кондиционеры и другую бытовую технику.

Помимо обеззараживающих свойств, наночастицы серебра обладают также высокой электропроводностью, что позволяет создавать различные клеи. Проводящий клей может быть использован, например, в микроэлектронике для соединения мельчайших электронных деталей [11].

Нанотехнология – против. В различных странах появляются все большее количество исследовательских работ о

возможных опасностях нанотехнологий. Указывается, что наночастицы серебра приводит к нарушению репродуктивной функции водных животных, свободно проникая через клеточные мембраны, или же нанотрубки, попадающие в почву, делают ее стерильной, подрывая пищевые цепочки растений. Углеродные нанотрубки, попадая в лёгкие крыс, вызывают сильные нарушения, а затем разносятся кровью по всему организму [3].

Так, в 2008 году группой западных ученых было проведено исследование о риске для окружающей среды пяти основных типов наноматериалов, включая нанотрубки, квантовые точки и бакиболлы. [4].

Многие текущие проекты нацелены на изучение характера взаимодействия наночастиц с биологическими и экологическими системами, включая перемещение наночастиц в микроструйных системах. Исследователи пытаются определить, как разные виды загрязняющих веществ связываются с наноматериалами, переносятся ими в грунтовых водах, взаимодействуют с биологическими клетками и поражают их [5].

Учёные из Канады после того, как изучили влияние серебряных наночастиц на жизнедеятельность микроорганизмов в арктической почве вынесли вердикт, что наночастицы серебра могут быть опасны для организма.

Учёные из канадского Университета Куинс (Queen's University) выяснили, что наночастицы, которые сегодня можно найти повсюду – от носков и кремов для загара до соусов и чаёв, – могут приводить к непоправимым разрушениям почвенной системы и окружающей среды [6].

Учёные решили выяснить, какое влияние могут оказать наночастицы серебра на окружающую среду, в частности, на почву.

В рамках проекта Полярного года они собрали образцы почвы в Арктике, рассчитывая, что нанотехнологии ещё не успели добраться до далёких северных районов. Впервые учёные исследовали

сообщества микробов-аборигенов, проживающих в незагрязнённой почве. Они добавили к почвенным образцам три вида наночастиц, в том числе серебра, и в течение полугода контролировали рост и жизнедеятельность почвенных бактерий. В «чистой» почве живут многочисленные полезные микроорганизмы, которые обладают уникальной способностью превращать азот в азотсодержащие соединения и поэтому называются азотфиксирующими. Их присутствие обеспечивает жизнедеятельность растений. Анализ образцов почвы в течение месяца после добавки серебряных наночастиц показал, что в образцах почти не осталось азотфиксирующих бактерий. Именно они оказались в миллион раз восприимчивее к серебряным наночастицам, чем другие виды микроорганизмов [7,8].

Микробиологи из Университета Бристоля пришли к выводу, что наночастицы опасны для ДНК человека, поэтому концепция доставки в клетки нанолечарств при помощи «нанотранспорта» на базе металлических структур может быть ошибочной.

Ученые вырастили новый слой живых клеток и подвергли одну из них воздействию наночастиц на базе кобальта и хрома. Несмотря на то, что наночастицы не проникли в структуру клетки, они оказали сильное воздействие на ДНК через каскад магнитных и биологических сигналов. Также было обнаружено, что наночастицы способствуют повреждению связей между нуклеотидами ДНК и влияют на состояние ядра клетки. По словам руководителя исследования Патрика Кейса, это только первые опыты, последствия влияния таких наночастиц могут быть намного серьезнее [12].

Исследователи считают, что перед тем, как испытывать нанопрепараты с металлической составляющей на людях, следует провести еще ряд подобных опытов. По их мнению, воздействие наночастиц может способствовать образованию рака [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом картина, складывающаяся на основании анализа данных проведенных исследований позволяет прийти к выводу, что нанотехнологии не настолько вредны, как можно было бы предположить: наночастицы не отравляют землю и воду, а попадание их в организм не фатально и может быть ограничено системами фильтрации.

Но, несмотря на проведенные исследования, ученые пришли к выводу, что количественных наноэкотоксикологических данных по-прежнему не хватает и об экологических последствиях применения наночастиц остается очень много вопросов.

В истории человечества немало примеров, когда о разрушительном влиянии прогресса на экологию люди задумываются слишком поздно. Можно вспомнить влияние инсектицида DDT (к тому же оказавшегося канцерогенным) на птичьей популяции и седативного препарата талидомида, от которого на свет появлялись дети с врожденными физическими недостатками.

ЛИТЕРАТУРА

1. [studruzona.ru>view_post.php?id=40](http://studruzona.ru/view_post.php?id=40)
2. [Наука и жизнь](#). 2011-04-20.
3. [nanodigest.ru>content/view/163/1/](http://nanodigest.ru/content/view/163/1/)
4. журнала Environmental Science and Technology за ноябрь 2008.
5. [content/view/163/](#)
6. [NanoNews-Net.ru>Новости>2011/nanotekhnologii](#)
7. [NanoNewsNet.ru>](#)
8. [spb-venchur.ru>news/7146.htm](http://spb-venchur.ru/news/7146.htm)
9. [ra-zetka.ucoz.org>publ/neizvestnye...nanotekhnologii](http://ra-zetka.ucoz.org/publ/neizvestnye...nanotekhnologii)
10. [NanoNewsNet.ru>Новости>...-razrushayut-pochvu](#)
11. [galaxy797.net>htech/nano/3/22.htm](http://galaxy797.net/htech/nano/3/22.htm)
12. [scienceblog.ru>tag/nanochastitsyi/](http://scienceblog.ru/tag/nanochastitsyi/)
13. [nanodigest.ru>content/view/163/1/](http://nanodigest.ru/content/view/163/1/)

Abdurəhmanov F.Y., Nəcəfova S.İ., Qasımova A.S., Əliyev İ.A. Udoviçenko T.İ.

Nanotexnologiya-lehinə və əleyhinə

XULASƏ

Nanotexnologiya - ölçüsü 1 nm-dən 100 nm-dək olan cisimlərin atom və molekulyar quruluşunu öyrənən elm sahəsinə aiddir. Nano hissəciklər bir çox bərk səthlərə çəkildikdən sonra öz bakteriosid xüsusiyyətini uzun müddət saxlamaq qabiliyyətinə malikdirlər. Bu da məişətdə istifadə etmək üçün yüksək effektiv, uzun müddət istifadəyə yararlı dezinfeksiyaedici aerozollar hazırlamağa imkan verir. Lakin bünlara baxmayaraq, müxtəlif ölkələrdə nanotexnologiyaların mümkün təhlükələri haqqında tədqiqat işlərinin sayı artır, hələ də nano hissəciklərin istifadəsinin ekoloji nəticələri haqqında məlumatlar azdır.

Abdurakhmanov F.U., Najafova S.I.,
Gasimova A.S., Aliyev İ.A.,

Л.А. АЛИЕВА, Ф.Г. ГАБИБОВ

Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет

РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ
НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ ПЕРВОГО ТИПА

Согласно разработанной авторами расчетной модели взаимодействия фундаментов с просадочными грунтами основания реактивное давление просадочного грунта по подошве фундамента определяется формулой [1]:

$$R_{s\ell}(x) \leq k_0 b [y(x) - S_{s\ell}(x)], \quad (1)$$

где b - ширина подошвы фундамента; k_0 - коэффициент жесткости увлажненного просадочного основания; $y(x)$ и $S_{s\ell}(x)$ соответственно, прогиб фундамента и просадка основания.

Рассмотрим изгиб ленточного фундамента на лессовом грунте первого типа, подверженного действию произвольной внешней нагрузки $q(x)$. Исходное дифференциальное уравнение рассматриваемой задачи

Udovichenko T.I.

Nanotechnology-prons and cons

ABSTRACT

Nanotechnology refers to the part science that deals with atomic and molecular structure of materials, sizes range from 1 to 100 nm. Nanoparticles are able to maintain fo a long time after the application of bactericidal properties of many solid surfaces . This allows you to create a highly disinfectant sprays a long period of validity fo domestic use. But despite this, in different countries there are more and more research on the possible dangers of nanotexnolojy are still not enough data the environmental impacts of nanoparticles.

$$EJ = \frac{d^4 y(x)}{dx^4} + kb[y(x) - S_{s\ell}(x)] = q(x) \quad (2)$$

можно представить в виде

$$EJ = \frac{d^4 y(x)}{dx^4} + ky(x) = q(x) + kS_{s\ell}(x), \quad (3)$$

здесь $k = k_0 b$;

$$S_{s\ell}(x) = b_0 + b_1(x - 0,5L) + b_2(x - 0,5L)^2 + b_3(x - 0,5L)^3;$$

$$b_0 = H(A_0 + B_0 a_0); \quad b_1 = \frac{2}{L} a_1 H B_0;$$

$$b_2 = \frac{4a_2}{L^2} H B_0; \quad b_3 = \frac{8a_3}{L^3} H B_0;$$

H - мощность просадочного грунта основания; L - длина фундамента; A_0 - и B_0 - параметры деформируемости просадочного грунта по Н.А.Цытовичу [2]; $a_0, a_1,$

a_2 , и a_3 - параметры контактного давления, определяемые согласно И.А.Сим-вулиди [3].

Граничные условия задачи примем в виде:

$$\begin{aligned} y(0) &= y_0; & y'(0) &= \theta; \\ EJy''(0) &= -M_0; & EJy''' &= -Q_0, \end{aligned}$$

где y_0 , θ , M_0 , Q_0 -начальные параметры задачи, определяющие соответственно прогиб, угол поворота, изгибающий момент и перерезывающую силу в начальном ($x=0$) сечении фундамента.

Для построения общего решения уравнения (3) его удобно представить в виде

$$\frac{d^4 y(x)}{dx^4} + 4a^4 y(x) = \frac{1}{EJ} [q(x) + kS_{sl}(x)] \quad (4)$$

Для упрощения расчета введем безразмерную абсциссу $\eta = ax$, где

$$a = \sqrt[4]{\frac{k}{4EJ}} = \sqrt[4]{\frac{k_0 b}{4EJ}} \quad (5)$$

Тогда последовательные производные функции $y(x)$ по x и по η будут связаны между собой следующими соотношениями:

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dx} &= \frac{dy}{d\eta} \frac{d\eta}{dx} = a \frac{dy}{d\eta}; & \frac{d^2 y}{dx^2} &= \frac{d^2 y}{d\eta^2} \cdot \frac{d\eta^2}{dx^2} = a^2 \frac{d^2 y}{d\eta^2}; \\ \frac{d^3 y}{dx^3} &= a^3 \cdot \frac{d^3 y}{d\eta^3}; & \frac{d^4 y}{dx^4} &= a^4 \frac{d^4 y}{d\eta^4}. \end{aligned}$$

Уравнение (4) в безразмерных координатах примет вид

$$\frac{d^4 y(\eta)}{d\eta^4} + 4y(\eta) = \frac{4}{k} [q(\eta) + kS_{sl}(\eta)]. \quad (6)$$

Как было показано в работе [1] воздействие просадки на подошву ленточного фундамента, согласно рекомендуемой модели, учитывается введением в расчет эквивалентной внешней нагрузки $q_{sl}(\eta) = 4S_{se}(\eta)$. Поэтому дальнейшая задача расчета гибкого фундамента не име-

ет принципиальных затруднений и сводится к расчету рассматриваемого фундамента на сплошном деформируемом основании, подверженного заданной внешней нагрузке $\frac{4}{k}q(\eta)$ и дополнительно воздействию эквивалентной нагрузки $4S_{sl}(\eta)$.

Действительно, разработанная модель позволяет задачу расчета гибкого фундамента на просадочных грунтах первого типа свести к эквивалентной задаче. В этой эквивалентной задаче рассматриваемый фундамент опирается на сплошное деформируемое основание; к нему помимо заданной внешней нагрузки прикладывается дополнительная нагрузка, учитывающая неравномерное воздействие просадки грунтов основания на рассматриваемую конструкцию фундамента.

Линейность постановки задачи изгиба фундаментов и деформации грунтов их оснований позволяет использовать принцип суперпозиции, а значения расчетных условий в конструкции фундамента определять суммированием этих значений, полученных раздельно от действия на фундамент внешних и эквивалентной нагрузок.

В самом деле, расчет ленточных фундаментов на просадочных грунтах первого типа, загруженных внешней нагрузкой $q(\eta)$, согласно (6), сводится к решению уравнения

$$\frac{d^4 y(\eta)}{d\eta^4} + 4y(\eta) = \frac{4}{k} [q(\eta) + q_{sl}(\eta)]. \quad (7)$$

В соответствии с принципом независимости действия сил, эту задачу можно разбить на две самостоятельные задачи

$$\frac{d^4 y_1(\eta)}{d\eta^4} + 4y_1(\eta) = \frac{4}{k} q_{sl}(\eta); \quad (8)$$

$$\frac{d^4 y_2(\eta)}{d\eta^4} + 4y_2(\eta) = \frac{4}{k} q_{sl}(\eta). \quad (9)$$

Имея решение уравнения (8) $y_1(\eta)$ и (9) $y_2(\eta)$, общее решение уравнения (7) рассматриваемой задачи определяется суммой

$$y(\eta) = y_1(\eta) + y_2(\eta). \quad (10)$$

Расчетные усилия - изгибающий момент и перерезывающая сила, определяются также соответствующим суммированием

$$M(\eta) = M_q(\eta) + M_{sl}(\eta); \quad (11)$$

$$Q(\eta) = Q_q(\eta) + Q_{sl}(\eta), \quad (12)$$

здесь $M(\eta)$ и $Q(\eta)$ - соответственно значения суммарных изгибающего момента и перерезывающей силы от действия внешней активной нагрузки $q(y)$, $M_{sl}(\eta)$ и $Q_{sl}(\eta)$ от действия дополнительного давления от просадки грунтов основания.

Уравнение (8), как было отмечено выше, описывает изгиб ленточного фундамента от действия заданной внешней нагрузки $q(\eta)$. Решение этой задачи хорошо известно в литературе и поэтому нами не рассматривается. Особый интерес представляет уравнение (9), описывающее изгиб ленточного фундамента от воздействия неравномерных просадочных деформаций грунтов основания.

Итак, остановимся подробно на решении этого уравнения. Математическая формулировка рассматриваемой задачи сводится к решению неоднородного линейного уравнения:

$$\frac{d^4 y(\eta)}{d\eta^4} + 4y(\eta) = 4S_{sl}(\eta). \quad (13)$$

Выражая функцию (8) в безразмерных координатах в безразмерных координатах и подставляя в (13) получим:

$$\frac{d^4 y(\eta)}{d\eta^4} + 4y(\eta) = 4 \left[b_0 + \frac{b_1}{a} (\eta - 0,5\lambda) + \frac{b_2}{a_2} (\eta - 0,5\lambda)^2 \right], \quad (14)$$

где $\lambda = aL$.

Общее решение неоднородного уравнения (14) состоит из общего решения однородного уравнения

$$\frac{d^4 y(\eta)}{d\eta^4} + 4y(\eta) = 0 \quad (15)$$

и частного решения неоднородного уравнения (14). Общее решение однородного уравнения (15), выраженное через фундаментальные функции А.Н.Крылова [4] $\Phi_1(\eta)$, $\Phi_2(\eta)$, $\Phi_3(\eta)$, $\Phi_4(\eta)$, можно представить в виде:

$$y(\eta) = A\Phi_1(\eta) + B\Phi_2(\eta) + C\Phi_3(\eta) + D\Phi_4(\eta) \quad (16)$$

где

$$\begin{aligned} \Phi_1(\eta) &= ch\eta \cdot \cos\eta; & \Phi_2(\eta) &= \frac{1}{2}(ch\eta \cdot \sin\eta + sh\eta \cdot \cos\eta) \\ \Phi_3(\eta) &= ch\eta \cdot \sin\eta; & \Phi_4(\eta) &= \frac{1}{4}(ch\eta \cdot \sin\eta + sh\eta \cdot \cos\eta) \end{aligned}$$

Особенность функций А.Н.Крылова состоит в том, что они образуют так называемую единичную матрицу

$$\begin{aligned} \Phi_1(0) &= 1; & \Phi_2(0) &= 0; & \Phi_3(0) &= 0; & \Phi_4(0) &= 0; \\ \Phi_1'(0) &= 0; & \Phi_2''(0) &= 0; & \Phi_3'''(0) &= 0; & \Phi_4''''(0) &= 1. \end{aligned}$$

Функции $\Phi_i(\eta)$ обладают еще одним замечательным свойством - при последовательных производных они с точностью до постоянного коэффициента повторяются

$$\begin{aligned} \Phi_1' &= -4\Phi_4; & \Phi_1'' &= -4\Phi_3; & \Phi_1''' &= -4\Phi_2; \\ \Phi_2' &= \Phi; & \Phi_2'' &= -4\Phi_4; & \Phi_2''' &= -4\Phi_3; \\ \Phi_3' &= \Phi_2; & \Phi_3'' &= \Phi_1; & \Phi_3''' &= -4\Phi_4; \\ \Phi_4' &= \Phi_3; & \Phi_4'' &= \Phi_2; & \Phi_4''' &= \Phi_1; \\ \Phi_1'''' &= -4\Phi_1; \\ \Phi_2'''' &= -4\Phi_2; \\ \Phi_3'''' &= -4\Phi_3; \\ \Phi_4'''' &= -4\Phi_3. \end{aligned}$$

Используя указанную матрицу и однородные краевые условия (15), определяются постоянные интегрирования уравнения (16)

$$A = y_0; \quad B = \frac{1}{a}\theta_0; \quad C = -\frac{M_0}{EJa^2}; \quad D = -\frac{Q_0}{EJa^3}$$

С учетом этого общее решение однородного уравнения (16) примет вид:

$$y(\eta) = y_0\Phi_1(\eta) + \frac{\theta_0}{a}\Phi_2(\eta) - \frac{M_0}{EJa^2}\Phi_3(\eta) - \frac{Q_0}{EJa^3}\Phi_4(\eta) \quad (17)$$

Для свободно лежащих фундаментов

$$y(\eta) = y_0\Phi_1(\eta) + \frac{\theta_0}{a}\Phi_2(\eta). \quad (18)$$

Частное решение уравнения (13), зависящее от $S_{s\ell}(\eta)$, напишем на основании правила Коши

$$\Phi(\eta) = 4 \int_0^\eta \Phi_4(\eta - \tau) \cdot S_{s\ell}(\tau) d\tau. \quad (19)$$

Подставляя здесь выражения функции $S_{s\ell}(\tau)$ из (14), получим:

$$\Phi(\eta) = 4 \int_0^\eta \Phi_4(\eta - \tau) \left[b_0 - \frac{b_1}{a}(\tau - 0,5\lambda) - \frac{b_2}{a^2}(\tau - \dots \right. \quad (20)$$

Таким образом, общее решение неоднородного уравнения (14) будет иметь вид

$$y(\eta) = y_0\Phi_1(\eta) + \frac{\theta_0}{a}\Phi_2(\eta) - \frac{M_0}{EJa^2}\Phi_3(\eta) - \frac{Q_0}{EJa^3}\Phi_4(\eta) \quad (21)$$

Для свободно опирающегося фундамента изгибающий момент и перерезывающая сила в начальном сечении фундамента будут равны нулю ($M_0 = Q_0 = 0$). В этом случае решение (21) примет простой вид

$$y(\eta) = y_0\Phi_1(\eta) + \frac{\theta_0}{a}\Phi_2(\eta) + \Phi(\eta). \quad (22)$$

Два других начальных параметра y_0 и θ_0 можно определить, воспользовавшись граничными условиями на правом торце фундамента:

$$\left. \begin{aligned} M(\lambda) &= -EJa^2 \frac{d^2 y}{d\eta^2} \Big|_{\eta=\lambda} = 0 \\ Q(\lambda) &= -EJa^3 \frac{d^3 y}{d\eta^3} \Big|_{\eta=\lambda} = 0 \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

Прогиб, реактивное давление, изгибающий момент и перерезывающая сила определяются соответствующими формулами:

$$y(\eta) = y_0\Phi_1(\eta) + \frac{\theta_0}{a}\Phi_2(\eta) - \Phi(\eta); \quad (24)$$

$$P(\eta) = ky_0\Phi_1(\eta) + \frac{\theta_0}{a}\Phi_2(\eta) - \Phi(\eta); \quad (25)$$

$$M(\eta) = -EJa^2 \left[-4y_0\Phi_3(\eta) - 4\frac{\theta_0}{a}\Phi_4(\eta) - \Phi''(\eta) \right]; \quad (26)$$

$$Q(\eta) = -EJa^3 \left[-4y_0\Phi_2(\eta) - 4\frac{\theta_0}{a}\Phi_3(\eta) - \Phi'''(\eta) \right] \quad (27)$$

Пользуясь краевыми условиями (23), для определения двух оставшихся начальных параметров y_0 и θ_0 , получим следующие два выражения

$$\left. \begin{aligned} 4y_0\Phi_3(\lambda) - 4\frac{\theta_0}{a}\Phi_4(\lambda) &= \Phi''(\lambda) \\ 4y_0\Phi_2(\lambda) - 4\frac{\theta_0}{a}\Phi_3(\lambda) &= \Phi'''(\lambda) \end{aligned} \right\}. \quad (28)$$

Решая последнюю систему относительно неизвестных начальных параметров, получим формулы:

$$\left. \begin{aligned} y_0 &= \frac{1}{4} \frac{\Phi_3(\lambda)\Phi''(\lambda) - \Phi_4(\lambda)\Phi'''(\lambda)}{\Phi_3^2(\lambda) - \Phi_2(\lambda)\Phi_4(\lambda)} \\ \theta_0 &= \frac{a}{4} \frac{\Phi_3(\lambda)\Phi'''(\lambda) - \Phi_4(\lambda)\Phi''(\lambda)}{\Phi_3^2(\lambda) - \Phi_2(\lambda)\Phi_4(\lambda)} \end{aligned} \right\}. \quad (29)$$

Согласно применяемому методу, следует раскрыть частное решение (20).

Разобьем интеграл (20) на 4 интеграла:

$$\varphi_1 = 4b_0 \int_0^\eta \Phi_4(\eta - \tau) d\tau; \quad (30)$$

$$\varphi_2 = \frac{4b_1}{a} \int_0^\eta \Phi_4(\eta - \tau)(\tau - 0,5\lambda) d\tau; \quad (31)$$

$$\varphi_3 = \frac{4b_2}{a^2} \int_0^\eta \Phi_4(\eta - \tau)(\tau - 0,5\lambda)^2 d\tau; \quad (32)$$

$$\varphi_4 = \frac{4b_3}{a^3} \int_0^\eta \Phi_4(\eta - \tau)(\tau - 0,5\lambda)^3 d\tau. \quad (33)$$

Тогда:

$$\Phi(\eta) = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4. \quad (34)$$

Исходя из матрицы имеем:

$$\Phi'_1(\eta - \tau) = 4\Phi_4(\eta - \tau). \quad (35)$$

Определим φ_1 , потому будем иметь:

$$\varphi_1 = b_0 \cdot \Phi_1(\eta - \tau) \Big|_0^\eta = b_0 \Phi_1(O) - \Phi_1(\eta) = b_0(1 - \Phi_1(\eta)). \quad (36)$$

Интеграл φ_2 раскрываем по частям.

Примем $u = (\tau - 0,5\lambda)$, тогда $du = d\tau$;

$$dV = \Phi_4(\eta - \tau);$$

$$V = \int \Phi_4(\eta - \tau) d\tau = \frac{1}{4} \Phi_1(\eta - \tau),$$

так как

$$4\Phi_4(\eta - \tau) = \Phi'_1(\eta - \tau).$$

Согласно формуле интегрирования по частям

$$\int u dV = u \cdot V - \int V du \quad (37)$$

будем иметь:

$$\begin{aligned} \frac{4b_1}{a} \int_0^\eta \Phi_4(\eta - \tau)(\tau - 0,5\lambda) d\tau &= \frac{4b_1}{a} (\tau - 0,5\lambda) \frac{1}{4} \Phi_1(\eta - \tau) \Big|_0^\eta \\ &= \frac{b_1}{a} (\eta - 0,5\lambda) \Phi_1(O) + 0,5\lambda \cdot \Phi_1(\eta) - \int_0^\eta \Phi_1(\eta - \tau) d\tau = \end{aligned} \quad (38)$$

или окончательно

$$\varphi_2 = \frac{b_1}{a} [(\eta - 0,5\lambda) + 0,5\lambda \Phi_1(\eta) - \Phi_2(\eta)]. \quad (39)$$

Определим выражение φ_3 из (32) с помощью формулы (37).

Примем

$$U = (\tau - 0,5\lambda)^2;$$

$$dU = 2(\tau - 0,5\lambda) d\tau;$$

$$dV = \Phi_4(\eta - \tau) d\tau = \frac{1}{4} \Phi_1(\eta - \tau),$$

так как

$$4\Phi_4(\eta - \tau) = \Phi'_1(\eta - \tau).$$

Тогда

$$\begin{aligned} \frac{4b_2}{a^2} \int_0^\eta \Phi_4(\eta - \tau)(\tau - 0,5\lambda)^2 d\tau &= \frac{4b_2}{a^2} (\tau - 0,5\lambda)^2 \frac{1}{4} \Phi_1(\eta - \tau) \Big|_0^\eta \\ &= \frac{b_2}{a^2} [(\eta - 0,5\lambda)^2 \cdot \Phi_1(O) - (-0,5\lambda)^2 \Phi_1(\eta)] - \frac{2b_2}{a^2} \int_0^\eta \Phi_1(\eta - \tau) (\tau - 0,5\lambda) d\tau \\ &= \frac{b_2}{a^2} [(\eta - 0,5\lambda)^2 - 0,25\lambda^2 \Phi_1(\eta)] - \frac{2b_2}{a^2} \int_0^\eta \Phi_1(\eta - \tau)(\tau - 0,5\lambda) d\tau \end{aligned} \quad (40)$$

Раскроем последний интеграл

$$\frac{2b_2}{a^2} \int_0^\eta \Phi_1(\eta - \tau)(\tau - 0,5\lambda) d\tau \quad (41)$$

по частям. Примем

$$u = \tau - 0,5\lambda; \quad du = d\tau;$$

$$dV = \Phi_1(\eta - \tau) d\tau;$$

$$V = \int \Phi_1(\eta - \tau) d\tau = -\Phi_2(\eta - \tau).$$

Тогда имеем

$$\begin{aligned} \frac{2b_2}{a^2} \int_0^\eta \Phi_1(\eta - \tau)(\tau - 0,5\lambda) d\tau &= -\frac{2b_2}{a^2} (\tau - 0,5\lambda) \Phi_2(\eta - \tau) \Big|_0^\eta - \frac{2b_2}{a^2} \int_0^\eta \Phi_2(\eta - \tau) d\tau = \\ &= -\frac{2b_2}{a^2} [(\eta - 0,5\lambda) \Phi_2(0) - (-0,5\lambda) \Phi_2(\eta)] - \frac{2b_2}{a^2} \Phi_3(\eta - \tau) \Big|_0^\eta, \end{aligned} \quad (42)$$

т.к.

$$\Phi_3^1(\eta - \tau) = -\Phi_2(\eta - \tau);$$

или

$$\begin{aligned} \frac{2b_2}{a^2} \int_0^\eta \Phi_1(\eta - \tau)(\tau - 0,5\lambda) d\tau &= -\frac{2b_2}{a^2} [(\eta - 0,5\lambda) \Phi_2(0) - (-0,5\lambda) \Phi_2(\eta)] - \\ &- \frac{2b_2}{a^2} [\Phi_3(0) - \Phi_3(\eta)] = -\frac{2b_2}{a^2} [0,5\lambda \Phi_2(\eta) - \frac{2b_2}{a^2} \Phi_3(0) - \\ &= \frac{2b_2}{a^2} [\Phi_3(\eta) - 0,5\lambda \Phi_2(\eta)]. \end{aligned} \quad (43)$$

С учетом этого, запишем выражение φ_3 в следующем виде:

$$\varphi_3 = \frac{b_2}{a^2} [(\eta - 0,5\lambda)^2 - 0,25\lambda^2 \Phi_1(\eta)] - \frac{2b_2}{a^2} [\Phi_3(\eta) - 0,5\lambda \Phi_2(\eta)]. \quad (44)$$

После группировки членов этого выражения φ_3 примет окончательный вид

$$\varphi_3 = \frac{b_2}{a^2} [(\eta - 0,5\lambda)^2 - (0,5\lambda)^2 \Phi_1(\eta) + \lambda \Phi_2(\eta) - 2\Phi_3(\eta)] \quad (45)$$

Определим выражение φ_4 из (33), также используя формулу интегрирования по частям.

Примем

$$u = (\tau - 0,5\lambda)^2; \quad du = 3(\tau - 0,5\lambda)^2 d\tau;$$

$$dV = \Phi_4(\eta - \tau) d\tau;$$

$$V = \int \Phi_4(\eta - \tau) d\tau = \frac{1}{4} \Phi_1(\eta - \tau)$$

так как

$$4\Phi_4(\eta - \tau) = \Phi_1'(\eta - \tau).$$

Тогда

$$\frac{2b_3}{a^3} \int_0^\eta \Phi_4(\eta - \tau)(\tau - 0,5\lambda)^3 d\tau = \frac{4b_3}{a^3} (\tau - 0,5\lambda)^3 \cdot \frac{1}{4} \Phi_1(\eta - \tau) \Big|_0^\eta - \frac{3b_3}{a^3} \int_0^\eta \Phi_1(\eta - \tau)(\tau - 0,5\lambda)^2 d\tau$$

$$\begin{aligned} &= \frac{b_3}{a^3} [(\eta - 0,5\lambda)^3 \Phi_1(0) - (0,5\lambda)^3 \Phi_1(\eta)] - \frac{3b_3}{a^3} \int_0^\eta \Phi_1(\eta - \tau)(\tau - 0,5\lambda)^2 d\tau = \\ &= \frac{b_3}{a^3} [(\eta - 0,5\lambda)^3 + (0,5\lambda)^3 \Phi_1(\eta)] - \frac{3b_3}{a^3} \int_0^\eta \Phi_1(\eta - \tau)(\tau - 0,5\lambda)^2 d\tau \end{aligned} \quad (46)$$

Раскроем интеграл в выражении (46)

по частям.

Примем

$$u = (\tau - 0,5\lambda)^2;$$

$$du = 4(\tau - 0,5\lambda) d\tau;$$

$$dV = \Phi_1(\eta - \tau) d\tau;$$

$$V = \int \Phi_1(\eta - \tau) d\tau = -\Phi_2(\eta - \tau).$$

Тогда

$$\begin{aligned} \frac{3b_3}{a^3} \int_0^\eta \Phi_1(\eta - \tau)(\tau - 0,5\lambda)^2 d\tau &= -\frac{3b_3}{a^3} (\tau - 0,5\lambda)^2 \Phi_2(\eta - \tau) \Big|_0^\eta - \frac{3b_3}{a^3} \int_0^\eta \Phi_2(\eta - \tau)(\tau - 0,5\lambda) d\tau = \\ &= -\frac{3b_3}{a^3} [(\eta - 0,5\lambda)^2 \Phi_2(0) - (-0,5\lambda)^2 \Phi_2(\eta)] + \frac{6b_3}{a^3} \int_0^\eta \Phi_2(\eta - \tau)(\tau - 0,5\lambda) d\tau = \\ &= \frac{3b_3}{a^3} (0,5\lambda)^2 \Phi_2(\eta) + \frac{6b_3}{a^3} \int_0^\eta \Phi_2(\eta - \tau)(\tau - 0,5\lambda) d\tau. \end{aligned} \quad (47)$$

С учетом этого

$$\begin{aligned} \varphi_4 &= \frac{4b_3}{a^3} \int_0^\eta \Phi_4(\eta - \tau)(\tau - 0,5\lambda)^3 d\tau = \frac{b_3}{a^3} [(\eta - 0,5\lambda)^3 - \\ &- \frac{3b_3}{a^3} (0,5\lambda)^2 \Phi_2(\eta) - \frac{6b_3}{a^3} \int_0^\eta \Phi_2(\eta - \tau)(\tau - 0,5\lambda) d\tau]. \end{aligned} \quad (48)$$

Раскроем по частям последний интеграл.

Примем

$$u = (\tau - 0,5\lambda);$$

$$dV = \Phi_2(\eta - \tau)d\tau;$$

$$du = d\tau;$$

$$V = \int \Phi_2(\eta - \tau)d\tau = -\Phi_3(\eta - \tau)$$

так как $\Phi_2(\eta - \tau) = -\Phi_3'(\eta - \tau)$.

Тогда

$$\begin{aligned} \frac{6b_3}{a^3} \int_0^\eta \Phi_2(\eta - \tau)(\tau - 0,5\lambda)d\tau &= -\frac{6b_3}{a^3} (\tau - 0,5\lambda) \Phi_3'(\eta - \tau) \Big|_0^\eta = \frac{6b_3}{a^3} \left[\Phi_3(\eta) - \Phi_3(0) \right] \\ &= -\frac{6b_3}{a^3} [(\eta - 0,5\lambda)\Phi_3(0) - (-0,5\lambda)\Phi_3(\eta)] + \frac{6b_3}{a^3} \left[\Phi_3(\eta) - \Phi_3(0) \right] \\ &= -\frac{6b_3}{a^3} \Phi_3(\eta) \cdot 0,5\lambda - \frac{6b_3}{a^3} \Phi_4(\eta - \tau) \Big|_0^\eta = -\frac{6b_3}{a^3} \Phi_3(\eta) \cdot 0,5 - \frac{6b_3}{a^3} [\Phi_4(0) - \Phi_4(\eta)] \\ &= -\frac{6b_3}{a^3} 0,5\lambda\Phi_3(\eta) + \frac{6b_3}{a^3} \Phi_4(\eta). \end{aligned} \quad (49)$$

С учетом этого

$$\varphi_4 = \frac{b_3}{a^3} [(\eta - 0,5\lambda)^3 + (0,5\lambda)^3 \Phi_1(\eta)] - \frac{3b_3}{a^3} (0,5\lambda)^2 \Phi_2(\eta) + \frac{6b_3}{a^3} \lambda \Phi_3(\eta) + \frac{Q_0}{a^3} \Phi_4(\eta) + b_1 [1 - \Phi_1(\eta)] + \frac{b_1}{a} [(\eta - 0,5\lambda) + 0,5\lambda\Phi_1(\eta) - \Phi_2(\eta)] + \quad (50)$$

или окончательно

$$\varphi_4 = \frac{b_3}{a^3} [(\eta - 0,5\lambda)^3 + (0,5\lambda)^3 \Phi_1(\eta) - 3(0,5\lambda)^2 \Phi_2(\eta) + 6(0,5\lambda)\Phi_3(\eta) - 6\Phi_4(\eta)] + \frac{b_1}{a^2} \left[(\eta - 0,5\lambda)^2 - \frac{1}{4} \lambda^2 \Phi_1(\eta) + \lambda \Phi_2(\eta) - 2\Phi_3(\eta) \right] + \quad (51)$$

Принимая во внимание (34), а также (36), (39), (45), (51) запишем частное решение рассматриваемой задачи в окончательном виде

$$\begin{aligned} \Phi(\eta) &= 4 \int_0^\eta \Phi_4(\eta - \tau) \left[b_0 + \frac{b_1}{a} (\tau - 0,5\lambda) + \frac{b_2}{a^2} (\tau - 0,5\lambda)^2 + \frac{b_3}{a^3} (\tau - 0,5\lambda)^3 \right] d\tau = \\ &= b_0 [1 - \Phi_1(\eta)] + \frac{b_1}{a} [(\eta - 0,5\lambda) + 0,5\lambda\Phi_1(\eta) - \Phi_2(\eta)] + \\ &+ \frac{b_2}{a^2} \left[(\eta - 0,5\lambda)^2 - \frac{1}{4} \lambda^2 \Phi_1(\eta) + \lambda \Phi_2(\eta) - 2\Phi_3(\eta) \right] + \\ &+ \frac{b_3}{a^3} \left[(\eta - 0,5\lambda)^3 + \frac{1}{8} \lambda^3 \Phi_1(\eta) - \frac{3}{4} \lambda^2 \Phi_2(\eta) + 3\lambda\Phi_3(\eta) - 6\Phi_4(\eta) \right]. \end{aligned} \quad (52)$$

Для определения изгибающих моментов и перерезывающих сил, согласно (25), необходимо получить вторую и третью производные по формуле $\Phi(\eta)$, определяющей частное решение задачи.

Производя последовательное дифференцирование (52) получим

$$\begin{aligned} \Phi''(\eta) &= 4b_0\Phi_3(\eta) - \frac{2b_1}{a} \lambda\Phi_3(\eta) - \frac{4b_1}{a} \Phi_4(\eta) + \frac{b_2}{a^2} [2 + \lambda^2] \\ &+ \frac{b_3}{a^3} \left[6(\eta - 0,5\lambda) - \frac{1}{2} \lambda^3 \Phi_3(\eta) + 3\lambda^2 \Phi_4(\eta) + 3\lambda \Phi_1(\eta) - 6\Phi_2(\eta) \right] \end{aligned}$$

$$\Phi''(\eta) = 4b_0\Phi_3(\eta) - \frac{2b_1}{a} \lambda\Phi_3(\eta) - \frac{4b_1}{a} \Phi_4(\eta) + \frac{b_2}{a^2} [2 + \lambda^2] + \frac{b_3}{a^3} \left[6(\eta - 0,5\lambda) - \frac{1}{2} \lambda^3 \Phi_3(\eta) + 3\lambda^2 \Phi_4(\eta) + 3\lambda \Phi_1(\eta) - 6\Phi_2(\eta) \right]. \quad (53)$$

Подставляя (53) в (25), получим формулы для определения расчетных значений реактивных давлений грунта, изгибающих моментов и перерезывающих сил:

$$\begin{aligned} M(\eta) &= EJ a^2 \left\{ 4y_0\Phi_3(\eta) + \frac{4Q_0}{a} \Phi_4(\eta) - 4b_0\Phi_3(\eta) + \frac{2b_1}{a} \lambda \Phi_3(\eta) - \frac{b_2}{a^2} [2 + \lambda^2 \Phi_3(\eta) - 4\lambda\Phi_4(\eta) - 2\Phi_1(\eta)] - \right. \\ &\left. - \frac{b_3}{a^3} \left[6(\eta - 0,5\lambda) - \frac{1}{2} \lambda^2 \Phi_3(\eta) + 3\lambda^2 \Phi_4(\eta) + 3\lambda\Phi_1(\eta) - 6\Phi_2(\eta) \right] \right\} \\ Q(\eta) &= EJ a^3 \left\{ 4y_0\Phi_2(\eta) + \frac{4\theta_0}{a} \Phi_3(\eta) - 4b_0\Phi_2(\eta) + \frac{2b_1}{a} \lambda \Phi_2(\eta) - \right. \\ &\left. - \frac{b_2}{a^2} [\lambda^2 \Phi_2(\eta) - 4\lambda\Phi_3(\eta) - 8\Phi_4(\eta)] - \right. \end{aligned} \quad (54)$$

$$-\frac{b_3}{a^3} \left[6 - \frac{1}{2} \lambda^3 \Phi_2(\lambda) + 3\Phi_3(\eta) \lambda^2 - 12\lambda \Phi_4(\lambda) - 6\Phi_1(\eta) \right] \quad (56)$$

Особенность разработанного метода расчета заключается в том, что он дает возможность определить расчетные значения изгибающих моментов и перерезывающих сил в теле ленточного фундамента отдельно от воздействия искривления контактной поверхности основания при просадке, вызванной давлением по подошве фундамента. Имея результаты такого расчета в каждом конкретном случае в зависимости от размеров фундамента, характеристик грунтов, показателя гибкости конструкции, величины и характера просадочных деформаций, можно оценить влияние указанных факторов на значения расчетных усилий в произвольном сечении фундамента.

Решение задачи в линейной постановке позволяет применить принцип суперпозиции, и значения изгибающих моментов и перерезывающих сил определить по формулам (11) и (12) раздельно от действия внешней и эквивалентной нагрузок.

Значения $M_{sl}(\eta)$ и $Q_{sl}(\eta)$ определяются согласно разработанными нами моделью и методу. Величины $M_q(\eta)$ и $Q_q(\eta)$ можно определить любым из применяемых в настоящее время методов (методы М.М.Горбунова-Посадова, И.А.Симвулиди, Б.Н.Жемочкина и др.)

ЛИТЕРАТУРА

1.Алиева Л.А., Габибова Ф.Г. Разработка модели взаимодействия фундаментов с просадочными грунтами основания. «Экология и водное хозяйство», №4, Баку, 2011, с.70-74.

2.Цытович Н.А. Механика грунтов. М., Госстройиздат, 1963, 636 с.

3.Симвулиди И.А. Расчет инженерных конструкций на упругом основании. М., Высшая школа, 1978, 480 с.

4. Крылов А.Н. О расчете балок на упругом основании. М., Издательство АН СССР, 1931, 180 с.

Алиева Л.А., Габибов Ф.Г.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ ПЕРВО- ГО ТИПА РЕЗЮМЕ

На основе разработанной авторами расчетной модели, в которой изгиб от просадки заменяется идентичным изгибом от эквивалентной нагрузки, дана математическая постановка задачи расчета гибких ленточных фундаментов на просадочных грунтах первого типа и разработана методика ее расчета.

Ялийева Л.Я., Щябибов Ф.Щ. БИРИНЖИ ТИП БАТАН ГРУНТ- ЛАРДА ЛЕНТВАРИ ЮЗЦЛЛЯРИН ЩЕСАБЛАНМАСЫ ЦСУЛУНУН ИШЛЯНМЯСИ ХЦЛАСЯ

Мцяллифляр тяряфиндяи ишлянмиш модел ясасында, щансында батмадан яйилмя эквивалент йцкдяи олан идентик яйилмяйя дяйишилир, бирнижи типли батан грунтларда яйилян лентвари юзцллярин щесаблама мясялясинин рийази гойулушу верилиб вя онун щесаблама цсулу ишляниб.

Aliyeva L.A., Gabibov F.G. WORKING OUT A METHOD OF CALCULATION OF RIBBON FOUNDATIONS ON SUBSIDING SOILS OF TYPE I ABSTRACT

Basing on the calculation model worked out by the authors for witch bending caused by subsiding is substituted by idenical bending caused by equivalent load, they give matematical foundation on subsising soils of type one work out its solution,

