МЦЩЯНДИС ГУРЬУЛАРЫ ВЯ ИНШААТ КОСТРУКСИЙАЛАРЫ

М.А.ГАДЖИЕВ, ВАЛИД МОХАМЕД ДРААЗ

Азербайджанский Университет Архитектуры и Строительства

ФУНКЦИЯ ВЛИЯНИЯ ДЛЯ УПРУГОГО ОСНОВАНИЯ КОНЕЧНОЙ МОЩНОСТИ

В свое время известными специалистами В.З.Власовым и Н.Н.Леонтьевым [1] для упругого основания конечной мощности на основании вариационного метода В.З.Власова [3, 4] была предложена модель называемой моделью с двумя коэффициентами. Данная модель в отличии от модели Фусса-Винклера обладает распределительной способностью. Согласно этой модели осадка дневной поверхности такого упругого основания от распределенной нагрузки $q(x)$ определяется из решения следующего дифференциального уравнения [1]:

$$\frac{1-\nu_0}{2}\cdot r_{11}\cdot w''(x)-s_{11}\cdot w(x)+ \\ +\frac{1-\nu_0^2}{E_0}\cdot q_1(x)=0 \qquad (1)$$

Здесь параметры ν_0 и E_0 выражаются через коэффициент Пуассона и модуль упругости грунтового основания следующим образом: $\nu_0=\dfrac{\nu_{гр}}{1-\nu_{гр}}$ и $E_0=\dfrac{E_{гр}}{1-\nu_{гр}^2}$, а коэффициентами r_{11} и s_{11} выражаются через функции изменение вертикальных перемещений по глубине основания в вариационном методе В.З.Власова $\psi_1(y)$ следующим образом:

$$r_{11}=\int_0^H \psi_1^2(y)\delta dy \;\; ; \;\; r_{11}=\int_0^H \psi_1'^2(y)\delta dy \qquad (2)$$

Здесь δ толщина пластинки, которая моделирует упругое основание в плоской деформации, а $q_1(x)=q(x)\cdot\psi_1(0)$. Обычно аппроксимирующая функция $\psi_1(y)$ выбирается так чтобы выполнялось условие $\psi_1(0)=1$, при этом $q_1(x)=q(x)$. Если функцию $\psi_1(y)$ аппроксимировать выражением вида

$$\psi_1(y)=\left(1-\frac{y}{H}\right)\cdot e^{-\frac{\alpha\cdot y}{H}} \;, \qquad (3)$$

то для коэффициентов, входящих в основное дифференциальное уравнение (1) можно написать.

$$r_{11}=\int_0^H \psi_1^2(y)\delta dy=\delta\cdot\int_0^H\left(1-\frac{y}{H}\right)^2\cdot e^{-2\alpha\cdot\frac{y}{H}}dy= \\ =H\cdot\delta\cdot\int_0^1(1-\mu)^2\cdot e^{-2\alpha\cdot\mu}d\mu$$

Вычислим этот интеграл используя метод интегрирования по частям принимая

$$U=H\cdot\delta\cdot(1-\mu)^2\;;\; dU=2H\cdot\delta\cdot(\mu-1)d\mu\;; \\ dV=e^{-2\alpha\cdot\mu}d\mu\;;\; V=-\frac{1}{2\alpha}\cdot e^{-2\alpha\cdot\mu}$$

Тогда получим

$$r_{11}=-H\cdot\delta\cdot(1-\mu)^2\cdot\frac{1}{2\alpha}\cdot e^{-2\alpha\cdot\mu}\Big|_{\mu=0}^{\mu=1}+ \\ +\frac{H\cdot\delta}{\alpha}\cdot\int_0^1(\mu-1)\cdot e^{-2\alpha\cdot\mu}d\mu= \\ =\frac{H\cdot\delta}{2\alpha}+\frac{H\cdot\delta}{\alpha}\cdot\int_0^1(\mu-1)\cdot e^{-2\alpha\cdot\mu}d\mu\,.$$

Снова применим метод интегрирования по частям принимая $U=\mu-1\,;\;\; dU=d\mu\,;$

$$dV=H\cdot\delta\cdot\frac{e^{-2\alpha\cdot\mu}}{\alpha}d\mu\,;\quad V=-\frac{H\cdot\delta}{2\alpha^2}\cdot e^{-2\alpha\cdot\mu}\,,$$

тогда окончательно для r_{11} имеем

$$r_{11} = \frac{H\cdot\delta}{2\alpha} - (\mu-1)\cdot\frac{H\cdot\delta}{2\alpha^2}\cdot e^{-2\alpha\cdot\mu}\Big|_{\mu=0}^{\mu=1} + \int_0^H \frac{H\cdot\delta}{2\alpha^2}\cdot e^{-2\alpha\cdot\mu}d\mu =$$

$$= \frac{H\cdot\delta}{2\alpha} - \frac{H\cdot\delta}{2\alpha^2} - \frac{H\cdot\delta}{4\alpha^3}\cdot e^{-2\alpha\cdot\mu}\Big|_{\mu=0}^{\mu=1} =$$

$$= H\cdot\delta\cdot\left(\frac{1}{2\alpha} - \frac{1}{2\alpha^2} + \frac{1}{4\alpha^3} - \frac{e^{-2\alpha}}{4\alpha^3}\right).$$

Аналогично для другого коэффициента имеем

$$s_{11} = \int_0^H \psi_1'^2(y)\delta dy = \frac{\delta}{H^2}\times$$

$$\times\int_0^H\left(1+\alpha-\frac{\alpha\cdot y}{H}\right)^2\cdot e^{-2\alpha\cdot\frac{y}{H}}dy =$$

$$= \frac{\delta}{H}\cdot\int_0^1(1+\alpha-\alpha\cdot\mu)^2\cdot e^{-2\alpha\cdot\mu}d\mu$$

Вычислим полученный интеграл также интегрированием по частям принимая

$$U = \frac{\delta}{H}\cdot(1+\alpha-\alpha\cdot\mu)^2;$$

$$dU = \frac{2\alpha\cdot\delta}{H}\cdot(\alpha\cdot\mu-\alpha-1)d\mu;$$

$$dV = e^{-2\alpha\cdot\mu}d\mu;\ V = -\frac{1}{2\alpha}\cdot e^{-2\alpha\cdot\mu}$$

Тогда можно записать

$$s_{11} = -\frac{\delta}{2\alpha\cdot H}\cdot(1+\alpha-\alpha\cdot\mu)^2\cdot e^{-2\alpha\cdot\mu}\Big|_{\mu=0}^{\mu=1} + \frac{\delta}{H}\cdot\int_0^1(\alpha\cdot\mu-\alpha-1)\cdot e^{-2\alpha\cdot\mu}d\mu =$$

$$= -\frac{\delta}{2\alpha\cdot H}\cdot e^{-2\alpha} + \frac{\delta}{2\alpha\cdot H}\cdot(1+\alpha)^2 + \frac{\delta}{H}\cdot\int_0^1(\alpha\cdot\mu-\alpha-1)\cdot e^{-2\alpha\cdot\mu}d\mu.$$

Снова применим полученному интегралу интегрирование по частям, тогда будем иметь:

$$s_{11} = -\frac{\delta}{2\alpha\cdot H}\cdot e^{-2\alpha} + \frac{\delta}{2\alpha\cdot H}\cdot(1+\alpha)^2 + \left|\begin{array}{l} U = \frac{\delta}{H}\cdot(\alpha\cdot\mu-\alpha-1);\ dV = e^{-2\alpha\cdot\mu}d\mu; \\ dU = \frac{\alpha\cdot\delta}{H}\cdot d\mu;\quad V = -\frac{1}{2\alpha}\cdot e^{-2\alpha\cdot\mu}\end{array}\right| =$$

$$= -\frac{\delta}{2\alpha\cdot H}\cdot e^{-2\alpha} + \frac{\delta}{2\alpha\cdot H}\cdot(1+\alpha)^2 - \frac{\delta}{2\alpha\cdot H}\cdot(\alpha\cdot\mu-\alpha-1)\cdot e^{-2\alpha\cdot\mu}\Big|_{\mu=0}^{\mu=1} + \frac{\delta}{2H}\cdot\int_0^1 e^{-2\alpha\cdot\mu}d\mu = -\frac{\delta}{2\alpha\cdot H}\cdot e^{-2\alpha} +$$

$$+ \frac{\delta}{2\alpha\cdot H}\cdot(1+\alpha)^2 + \frac{\delta}{2\alpha\cdot H}\cdot e^{-2\alpha} - \frac{\delta}{2\alpha\cdot H}\cdot(1+\alpha) - \frac{\delta}{4\alpha\cdot H}\cdot e^{-2\alpha} +$$

$$+ \frac{\delta}{4\alpha\cdot H} = \frac{\delta}{4\alpha\cdot H}\cdot\left(1+2\alpha+2\alpha^2-e^{-2\alpha}\right).$$

Таким образом при приятии для функции $\psi_1(y)$ выражения (3) для параметров r_{11} и s_{11} окончательно имеем:

$$r_{11} = H\cdot\delta\cdot\left(\frac{1}{2\alpha} - \frac{1}{2\alpha^2} + \frac{1}{4\alpha^3} - \frac{e^{-2\alpha}}{4\alpha^3}\right);$$

$$s_{11} = \frac{\delta}{4\alpha\cdot H}\cdot\left(1+2\alpha+2\alpha^2-e^{-2\alpha}\right). \qquad (4)$$

Нетрудно заметить, что при $\alpha\to 0$ выражения превращаются в коэффициенты, приведенные в [1] когда функция $\psi_1(y)$ аппроксиммируется линейной функцией вида $\psi_1(y) = 1-\frac{y}{H}$. Действительно, если воспользоваться разложением экспоненциальной функции в известный ряд можно записать:

$$\lim_{\alpha\to 0}\left(\frac{1}{2\alpha} - \frac{1}{2\alpha^2} + \frac{1}{4\alpha^3} - \frac{e^{-2\alpha}}{4\alpha^3}\right) =$$

$$= \lim_{\alpha\to 0}\left(\frac{1}{2\alpha} - \frac{1}{2\alpha^2} + \frac{1}{4\alpha^3} - \frac{1-2\alpha+2\alpha^2-\frac{4\alpha^3}{3}+\frac{2\alpha^4}{3}+\cdots}{4\alpha^3}\right) = \frac{1}{3};$$

$$\lim_{\alpha\to 0}\frac{1}{4\alpha}\cdot\left(1+2\alpha+2\alpha^2-e^{-2\alpha}\right)=$$

$$\lim_{\alpha\to 0}\frac{1}{4\alpha}\cdot\left(1+2\alpha+2\alpha^2-1+2\alpha-\right.$$

$$\left.2\alpha^2+\frac{4\alpha^3}{3}-\frac{2\alpha^4}{3}+\cdots\right)=1.$$

Разделим обе части уравнения на $\frac{1-\nu_0^2}{E_0}$ и с учетом (4) введем следуя [1] обозначения

$$k=\frac{E_0 s_{11}}{1-\nu_0^2}=\frac{E_0\cdot\delta\cdot\left(1+2\alpha+2\alpha^2-e^{-2\alpha}\right)}{4\alpha\cdot H\cdot\left(1-\nu_0^2\right)};$$

$$t=\frac{E_0 r_{11}}{2(1+\nu_0)}=\frac{E_0\cdot H\cdot\delta}{2(1+\nu_0)}\times \qquad (5)$$

$$\times\left(\frac{1}{2\alpha}-\frac{1}{2\alpha^2}+\frac{1}{4\alpha^3}-\frac{e^{-2\alpha}}{4\alpha^3}\right).$$

Тогда основное дифференциальное уравнение для определения осадки дневной поверхности примет вид

$$t\cdot w''(x)-k\cdot w(x)+q(x)=0 \qquad (6)$$

Определим по аналогии с задачей Буссунеска [2] осадку рассматриваемого основания от сосредоточенной силы. При этом основное дифференциальное уравнение становится однородной и принимает вид

$$t\cdot w''(x)-k\cdot w(x)=0$$

и его решением будет функция

$$w(x)=C_1\cdot e^{-\lambda\cdot x}+C_2\cdot e^{\lambda\cdot x}.$$

Здесь

$$\lambda=\sqrt{\frac{k}{t}}=\sqrt{\frac{1}{(1-\nu_0)\cdot H^2}\cdot\frac{2\alpha^2\cdot\left(1+2\alpha+2\alpha^2-e^{-2\alpha}\right)}{1-2\alpha+2\alpha^2-e^{-2\alpha}}}=\frac{1}{H\cdot\sqrt{1-\nu_0}}\cdot\psi(\alpha), \qquad (7)$$

где

$$\psi(\alpha)=\sqrt{\frac{2\alpha^2\cdot\left(1+2\alpha+2\alpha^2-e^{-2\alpha}\right)}{1-2\alpha+2\alpha^2-e^{-2\alpha}}} \qquad (8)$$

Постоянные интегрирования C_1 и C_2 определяются исходя из граничных условий. По физическому содержания задачи следует, что при $x\to\infty$ осадка должна стремится к нулю, из этого следует, что $C=0$ и формула осадки от сосредоточенной силы принимает более простой вид $w(x)=C_1\cdot e^{-\lambda\cdot x}$. Согласно вариационному принципу В.З.Власова [1] обобщенная поперечная сила в основании определяется выражением $Q(x)=t\cdot w'(x)$ и поперечная сила в точке приложения сосредоточенной силы терпит разрыва. Исходя из этого условия для поперечной силы в точке приложения сосредоточенной силы имеем $Q(0)=t\cdot w'(0)=-C_1\cdot\lambda\cdot t$, с другой стороны $Q(0)=-\frac{P}{2}\cdot\psi_1(0)$. Приравнивая эти два выражения получим $C_1=\frac{P}{2\lambda\cdot t}\cdot\psi_1(0)$. Таким образом осадка дневной поверхности основания при действии сосредоточенной силы определяется по выражению:

$$w(x)=P\cdot\frac{\psi_1(0)\cdot e^{-\lambda\cdot x}}{2\lambda\cdot t}, \qquad (9)$$

а осадка в любой внутренней точке основания будет

$$w(x,y)=P\cdot\frac{\psi_1(0)\cdot e^{-\lambda\cdot x}}{2\lambda\cdot t}\cdot\psi_1(y) \qquad (10)$$

В развернутом виде для принятого выражения $\psi_1(y)$ зависимость (8) примет следующий конкретный вид

$$w(x,y)=P\cdot\frac{e^{-\lambda\cdot x}}{2\lambda\cdot t}\cdot\left(1-\frac{y}{H}\right)\cdot e^{-\alpha\cdot\frac{y}{H}} \qquad (11)$$

Вертикальное напряжение, возникающее в основании тогда определится по известной формуле

$$\sigma_y(x,y)=\frac{E_0}{1-\nu_0^2}\cdot w(x)\cdot\psi_1'(y)=$$

$$=-P\cdot\frac{\psi_1(0)\cdot e^{-\lambda\cdot x}}{2\lambda\cdot t\cdot H}\cdot\left(1+\alpha-\frac{\alpha\cdot y}{H}\right)\cdot e^{-\frac{\alpha\cdot y}{H}} \qquad (12)$$

На рис. 1 представлены графики изменения осадки основания от сосредоточенной силы при различных значениях параметра α, а также на рис. 2 представлены

графики функции $\psi_1(y)$ и вертикального напряжения σ_y (рис. 3) в зависимости от α. Чтобы облегчить пользования полученными формулами в нижеследующей таб.1 даны значения функции $\psi(\alpha)$

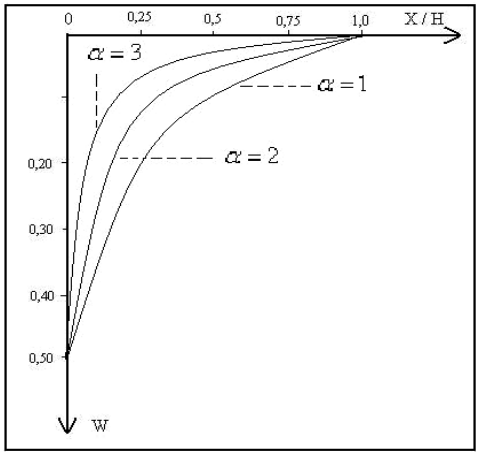

Рис.1

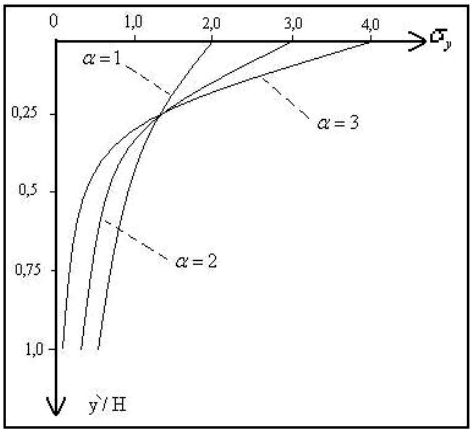

Рис.2

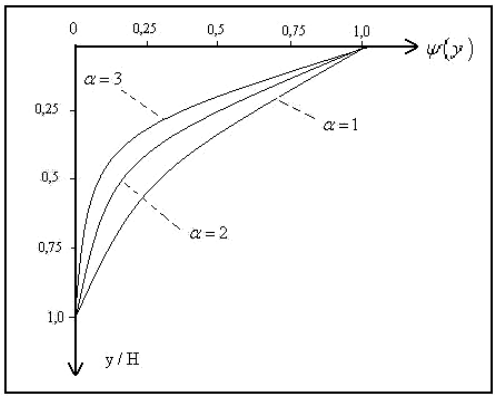

Рис.3

При решении контактных задач в большинстве случаев контактное давление между основанием и конструкцией аппроксиммируется кусочно-линейными функциями. Поэтому рассмотрим определение осадки от треугольной нагрузки (см. рис. 2), т.е. от нагрузки вида $q(x)= = q_0 \cdot \frac{x}{L}$. Для построения решения в данном случае можно воспользоваться решением, полученным для сосредоточенной силы. Согласно рис.4 для осадки под загруженным участком на основании формулы (7) можно представить в виде:

$$w(x)=\begin{cases} \frac{\psi_1(0)}{2\lambda\cdot t}\cdot\int_0^L q(\xi\cdot)\cdot e^{\lambda\cdot(x-\xi)}d\xi;\ при x<0 \\ \frac{\psi_1(0)}{2\lambda\cdot t}\cdot\left[\int_0^x q(\xi)\cdot e^{-\lambda\cdot(x-\xi)}d\xi + \right. \\ \left. +\int_x^L q(\xi)\cdot e^{-\lambda\cdot(\xi-x)}d\xi\right] при\ 0\le x\le L \\ \frac{\psi_1(0)}{2\lambda\cdot t}\cdot\int_0^L q(\xi\cdot)\cdot e^{-\lambda\cdot(x-\xi)}d\xi;\quad при x>L \end{cases} \tag{13}$$

Проинтегрировав найдем

$$w(x)=\begin{cases} \frac{\psi_1(0)\cdot q_0}{2\lambda^3\cdot L\cdot t}\cdot\left[-(\lambda L+1)\times\right. \\ \left.\times e^{-\lambda\cdot(L-x)}+e^{\lambda\cdot x}\right]\quad при x<0 \\ \frac{\psi_1(0)\cdot q_0}{2\lambda^3\cdot L\cdot t}\cdot\left[2\lambda\cdot x-(\lambda L+1)\times\right. \\ \left.\times e^{-\lambda\cdot(L-x)}+\ e^{-\lambda\cdot x}\right];\ при 0\le x\le L \\ \frac{\psi_1(0)\cdot q_0}{2\lambda^3\cdot L\cdot t}\cdot\left[(\lambda L-1)\cdot e^{\lambda\cdot(L-x)}+\right. \\ \left.++e^{-\lambda\cdot x}\right]\quad при\ x>L \end{cases} \tag{14}$$

С учетом (7) функцию влияния от треугольной нагрузки (14) можно представить в следующем виде, когда функция вертикальных перемещений аппроксимируется выражением (3)

$$w(x)=C_0\cdot\varphi_*(\alpha)\cdot f(x) \tag{15}$$

Здесь

$$f(x)=\begin{cases} -(\lambda L+1)\cdot e^{-\lambda\cdot(L-x)}+e^{\lambda\cdot x};\ при x<0 \\ 2\lambda\cdot x-(\lambda L+1)\cdot e^{-\lambda\cdot(L-x)}+ \\ e^{-\lambda\cdot x};\quad при\ 0\le x\le L \\ (\lambda L-1)\cdot e^{\lambda\cdot(L-x)}+e^{-\lambda\cdot x};\ при x>L \end{cases} \tag{16}$$

$$C_0 = q_0 \cdot \psi_1(0) \cdot \frac{H^2}{E_0 \cdot \delta \cdot L} \cdot \left(1 - \nu_0^2\right) \cdot \sqrt{1 - \nu_0}\ ;$$

$$\varphi_*(\alpha) = \frac{\sqrt{2 \cdot \left(1 - 2\alpha + 2\alpha^2 - e^{-2\alpha}\right)}}{\left(1 + 2\alpha + 2\alpha^2 - e^{-2\alpha}\right) \cdot \sqrt{1 + 2\alpha + 2\alpha^2 - e^{-2\alpha}}}\ . \qquad (17)$$

Разложением экспоненциальной функции в рядь нетрудно показать, что $\varphi_*(0) = \sqrt{2}/4 \cdot \sqrt{3}$. В нижеприведенной таб. 2 даны значения функции $\varphi_*(\alpha)$.

Таб.1

α	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
$\psi(\alpha)$	2,4495	2,8406	3,3544	3,9395	4,5659	5,2170
α	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
$\psi(\alpha)$	5,8838	6,5606	7,2443	7,9329	7,8650	9,3197

Таб.2

α	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
$\varphi_*(\alpha)$	0,2042	0,1652	0,1225	0,0902	0,0676	0,0518
α	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
$\varphi_*(\alpha)$	0,0407	0,0328	0,0269	0,0224	0,0190	0,0164

На алгоритмическом языке *Turbo paskal* составлена специальная процедура для вычисления ординат функции влияния по формуле (16). Наличие такой процедуры позволяет определить осадку рассматриваемого основания при действии любой распределенной нагрузки, аппроксимируя ее кусочно-линейными функциями. С применением составленной процедуры на рис. 4 и 5 построены функции влияния при различных значениях параметра α и мощности основания H. Как видно из построенных графиков влияние этих параметров на функцию влияния достаточно сильная.

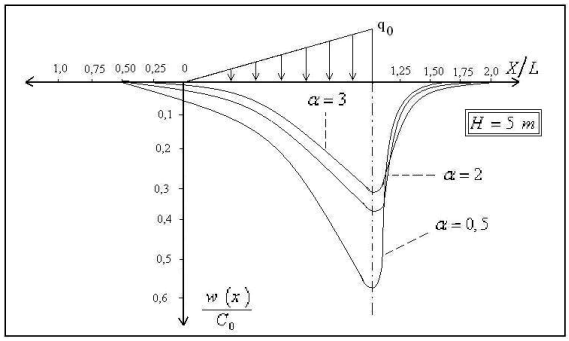

Рис.4

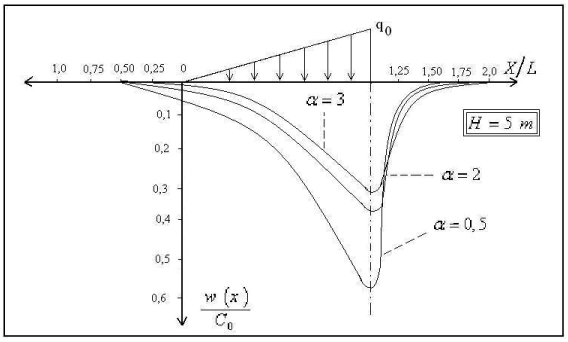

Рис.5

ЛИТЕРАТУРА

1. Власов В.З., Леонтьев Н.Н. Балки, плиты и оболочки на упругом основании. М., Физматгиз, 1960, 492с.
2. Жемочкин Б.Н.,Синицын А.П. Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании. М. Госстройиздат, 1962,237с.
3. Гаджиев М.А., Ахундова М.Т. Осадка дневной поверхности упругого неоднородного по глубине полупространстве от сосредоточенной силы. – В кн. Ученые записки АзИСУ, Баку, 1996, с. 207-212.

4. Ахундова М.Т. Функция влияния осадки неоднородного по глубине полупространства от равномерно распределенной по прямоугольнику нагрузки. – В кн. Ученые записки АзИСУ, Баку, 1997, с. 94-9.

АННОТАЦИЯ

В статье с применением вариационного метода В.З.Власова конкретизирована одна модель основания с конечной мощностью с двумя коэффициентами. С применением данной модели получена формула для функции влияния осадки дневной поверхности от распределенной по линейному закону нагрузки. Рассмотрены численные примеры.

ABSTRACT

In the article with the use of a variation method V.Z. Vlasov established a foundation model with a finite power by two coefficients. With the application of this model obtain a formula for the influence functions of the surface sediments distributing with the linearly law of loads. With considering numerical examples.

РАМИЗ А. ЭМИНОВ, ФАЙСАЛ А. АЛИ

РАСЧЁТ ТОЧНОСТИ РАЗБИВКИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНОЙ ОПОРНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТКИ

В общий комплекс работ по перенесению в натуру проектного расположения горных выработок и пунктов геофизических наблюдений, что обычно называют разбивками разведочных сеток и профилей, входят следующие процессы:

а.) рекогносцировка местности и обследование имеющихся геодезических пунктов;

б) составление рабочего проекта;

в) создание опорной сетки или рабочего обоснования для разбивочных и привязочных работ;

г) определение в натуре заданного положения геологоразведочных объектов и их закрепление;

д) привязка фактически пройденных геологоразведочных объектов, в плановом и высотном отношении.

Особенность геодезических работ по выполнению указанного комплекса состоит в том, что проект геологоразведочных работ составляется по результатам предшествующей стадии геологических исследований на данном участке или месторождении. Проектный план расположения горных выработок составляется на картах масштаба, в два или четыре раза более мелкого по сравнению с отчетным масштабом. Например, проектный план расположения горных выработок для предварительной разведки с представлением отчетных карт в масштабе 1: 5000 может быть составлен на геологической карте масштаба 1:25 000, полученной в результате проведения поисково-разведочных работ.

Для привязки пройденных горных выработок прокладываются новые ходы, сети или определяются пункты методом засечек. Это приводит к неоправданному удорожанию стоимости геодезических работ, большим затратам времени и труда и пр., в то время как все указанные выше работы можно без ущерба для качества выполнять как единый процесс. Для этого необходимо, чтобы геодезические измерения, проведенные для перенесения проекта в натуру, были использованы в качестве опорной сетки, служащей геодезической основой для привязки геологоразведочных выработок.

Установим необходимую точность разбивки опорной сетки относительно исходных геодезических пунктов, а также точность привязки геологических объектов относительно исходных пунктов, если опорная сетка не разбивается.

Относительная точность взаимного положения точек опорной сетки должна быть во всяком случае в два раза выше необходимой относительной точности взаимного положения объектов геологических исследований.

Абсолютные ошибки в определении пунктов опорной сетки относительно исходных должны удовлетворять графическую точность масштаба топографической основы отчетных карт и планов. Это необходимо и потому, что точки опорной сетки будут служить съемочным обоснованием при производстве специальных съемок в масштабах 1:2000 – 1:5000, т. е. съемок топографических основ.

Если принять предельную ошибку определения пунктов опорной сетки относительно исходных $\Delta \leq 0{,}2$ мм (для середины хода), то, полагая $\Delta_{пр}=2m$, где m – средние квадратические ошибки определения положения пунктов опорной сетки, получим $m=\pm 0{,}1$ мм.

Допустимые невязки в ходах при создании опорной сетки не должны превышать 0,4 мм в масштабе принятой карты для отображения результатов геологоразведочных работ.

Допустимые ошибки определения положения геологоразведочных объектов относительно пунктов опорной сетки и исходных пунктов государственной геодезической сети показаны в табл. 1.

Указанные в табл. 1 ошибки разбивки и привязки разведочных линий, профилей и отдельных точек являются исходными при расчетах ожидаемых ошибок [3].

Таблица 1

Виды и этапы геологоразведочных работ	Относительно опорной сетки			Относительно исходных пунктов		
	средние квадратичес-кие ошибки	предельные ошибки	невязки в ходах	средние квадратичес-кие ошибки	предельные ошибки	невязки в ходах
Геологическое картирование	–	–	–	0,5–1,8	1,0–3,6	2,0–7,2
Сейсморазведка	–	–	1:300	0,4	0,6	1,6
Другие геофизические методы разведки	–	–	1:100	0,4	0,8	1,6
Поиски	0,2	0,4	0,8	0,22	0,45	0,9
Поисково-разведочные работы	0,2	0,4	0,8	0,22	0,45	0,9
Разведочные работы						
а) буровые скважины	0,1	0,2	0,4	0,15	0,3	0,6
б) поверхностные горные выработки	0,18	0,36	0,70	0,2	0,4	0,8
Примечание. Данные указаны в *мм* в масштабе карты.						

Выбранный метод разбивки опорной сетки, профилей и получения координат отдельных точек геологических наблюдений должен отличаться простотой исполнения, удовлетворять требуемую точность при наименьших затратах труда и денежных средств.

С геодезической [2], [3] точки зрения перенесение в натуру горных выработок и пунктов геофизических наблюдений сводится к перенесению в натуру заданной точки, ломаных линий и системы параллельных линий.

При перенесении в натуру горных выработок и пунктов геофизических наблюдений на местности отмечаются:

а) места установки геофизического прибора, устье буровой скважины, центр шурфа, центр шахты – пикетной точкой (забитым в землю колом);

б) ось канавы, траншеи, штольни и др. – пикетными точками, размещенными не реже чем через 10 *м.*

Для привязки уже отнаблюденных объектов геологоразведочных работ (пробуренных скважин, пройденных горных выработок), а также для создания опорной сетки, от ближайших вершин которой простейшими геодезическими действиями переносятся в натуру проектные точки горных выработок чаще всего применяется метод аналитических сетей и засечек.

Вершины треугольников аналитической сети совмещают с привязываемыми горными выработками или рекогносцируют таким образом, чтобы проектные точки горных выработок находились в непосредственной близости от них.

Аналитические сети развиваются в виде сплошных сетей, цепочек треугольников, а также в виде центральных систем, геодезических четырехугольников и т. д.

Ожидаемую ошибку в середине цепочки аналитической сети вычисляют следующим образом. Подсчитывают ошибку в логарифме связующей наиболее удаленной стороны по формуле

$$m_{\lg a_n} = \sqrt{m^2_{\lg b_1} + \frac{2}{3} m_\beta^2 \sum_n^1 \left(\delta_A^2 + \delta_B^2 + \delta_A \delta_B\right)}, \qquad (1)$$

где $m_{lg\,b1}$ – ошибка логарифма исходной стороны,

m_β – средняя квадратическая ошибка измерения углов в сети,

$\delta_A^2 + \delta_B^2 + \delta_A \delta_B = R$ – ошибка геометрической связи, выбираемая из специальной таблицы и выраженная в единицах шестого знака логарифма.

Выражение $\frac{2}{3}\sum_n^1 \left(\delta_A^2 + \delta_B^2 + \delta_A \delta_B\right)$ называется обратным весом логарифма стороны a_n и обозначается $\frac{1}{P_{a_n}}$. Величина $\frac{1}{P_{a_n}}$ характеризует собой качество геометрической формы аналитической сети.

Для ряда, состоящего из геодезических четырехугольников и центральных систем, при уравнивании по углам величина обратного веса логарифма стороны определяется по формуле

$$\frac{1}{P_{a_n}} = 0,5 \sum_n^1 \left(\delta_A^2 + \delta_B^2 + \delta_A \delta_B\right). \qquad (2)$$

Без учета ошибки в логарифме исходной стороны ошибка в логарифме связующей стороны аналитической сети вычисляется по формуле

$$m_{\lg a_n} = m_\beta \sqrt{\frac{1}{P_{a_n}}}. \qquad (3)$$

Если ошибка в логарифме стороны a_n может быть подсчитана от двух или трех исходных сторон, то среднее весовое значение ожидаемой ошибки lga_n подсчитывается по ошибкам m_1, m_2 и m_3 для случая двух и трех исходных сторон соответственно по формулам:

$$M_{\lg a_n} = \frac{m_1 m_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}. \qquad (4)$$

$$M_{\lg a_n} = \frac{m_1 m_2 m_3}{\sqrt{m_2^2 m_3^2 + m_1^2 m_3^2 + m_1^2 m_2^2}}. \qquad (5)$$

Относительная ошибка стороны аналитической сети вычисляется по формуле

$$\frac{m_{a_n}}{a_n} = \frac{m_{\lg a_n}}{M \cdot 10^6} = \frac{m_{\lg a_n}}{434294}. \qquad (6)$$

где M = 0,434294 – модуль перевода неперовых логарифмов в десятичные.

При разбивке опорной сетки и привязке геологоразведочных объектов методом аналитических сетей углы в треугольниках измеряются в соответствии с инструкцией [1] со средней квадратической ошибкой m_β = ±15". Это дает возможность использовать при измерениях углов аналитической сети теодолиты 30- и 10- секундной точности.

При измерении углов способом круговых приемов среднюю квадратическую ошибку собственно измерения угла m_β вычисляют по формуле

$$m'_\beta = \sqrt{\frac{1}{n}\left(m_\upsilon^2 + \frac{m_0^2}{2}\right)}. \qquad (7)$$

где n – число приемов,

m_υ – ошибка визирования, m_0 – ошибка округления. Так, для теодолита 30-секундной точности

$$m_0 = \frac{t}{2} = \frac{30}{2} = 15''; \quad m_\upsilon = \frac{60}{20} = 3'',$$

для теодолита 10-секундной точности

$$m_0 = \frac{t}{2} = \frac{10}{2} = 5''; \quad m_\upsilon = \frac{60}{20} = 2,5''.$$

Подставляя эти значения в формулу, получим средние квадратические ошибки измерения углов (в секундах), указанные в табл. 2.

Таблица 2

Точ-ность	Количество приемов		Количество приемов с учетом ошибок	
	один	два	один	два
	Средние квадратические ошибки измеренных уг-			
	Собственно измерения $m`_\beta$		Полные	m_β
10"	± 4",0	±3",0	±6",5	±6"
30"	±11",0	±8",0	±22",0	±16"

Известно, что m_β – полная средняя квадратическая ошибка измерения угла, учитывающая ошибки за центрировку, редукцию, инструментальные и за внешние условия; $m_\beta = 2m'_\beta$, где m'_β – ошибка собственно измерения, включающая m_0 и m_υ. Для получения m_β = 15" необходимо измерять углы: теодолитом 30-секундной точности двумя приемами, а теодолитом 10-секунд-ной точности – одним приемом.

Подсчитаем допустимую ошибку логарифма наиболее удаленной стороны треугольника аналитической сети, величину обратного веса и ошибку геометрической связи, если $m_\beta = \pm 15''$, а заданная относительная точность наиболее удаленной стороны $\frac{m_{a_n}}{a_n} = 1:2000$;

$$\frac{1}{2000} = \frac{m_{\lg a_n}}{434000}, \quad m_{\lg a_n} = 217 \quad \text{ед. шестого знака логарифма,}$$

$$\frac{1}{P_{a_n}} = \frac{m^2_{\lg a_n}}{m^2_\beta} = \frac{217^2}{225} = 209 \quad \text{ед. шестого знака логарифма,}$$

$R = \frac{3}{2}\frac{1}{P_{a_n}} = 314$ ед. шестого знака логарифма.

Эти допуски дают возможность значительно отклоняться от равносторонних треугольников и допускать углы в треугольниках до 25°.

Для подсчета ожидаемых невязок в аналитических сетях при условии упрощенных способов уравнивания (за условия фигур) можно пользоваться формулами продольного и поперечного сдвигов конечной точки сети:

$$m_L = L\frac{m_\beta}{\rho}\sqrt{\frac{4n+3}{9}} \quad \text{(продольный сдвиг)}, \tag{8}$$

$$m_\theta = L\frac{m_\beta}{\rho}\sqrt{\frac{n+2,5}{7,5}} \quad \text{(поперечный сдвиг)}, \tag{9}$$

где m_β – средняя квадратическая ошибка измерения углов,

n – число сторон, участвующих в передаче координат от начальной точки до конечной по кратчайшему ходу.

Ошибка в координатах конечной точки хода подсчитывается по формуле

$$m_k = \sqrt{m_L^2 + m_\theta^2}. \tag{10}$$

В случае учета ошибок исходных данных при расчете ожидаемых ошибок следует пользоваться формулами:

для продольного сдвига

$$m_L^2 = L^2\left[\left(\frac{m_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{m_\beta}{\beta}\right)^2\right]\frac{4n+3}{9}, \tag{11}$$

для поперечного сдвига

$$m_L^2 = L^2\left[\left(\frac{m_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{m_\beta}{\beta}\right)^2\right]\frac{4n+3}{9}, \tag{12}$$

Найдем допустимую длину цепи при заданной ошибке координат опорной сетки, создаваемой методом аналитической сети.

Допускаемая величина R = 300 единицам шестого знака логарифма позволяет прокладывать цепи из 20 и даже 30 треугольников между твердыми пунктами. Для расчета m_L и m_θ примем m_β= 15" и n = 5, 10 и 15 сторон.

При m_β= 15" и n = 5

$$m_L = L\frac{0,25}{3438}\sqrt{\frac{23}{9}} = \frac{L}{8600},$$

$$m_\theta = L\frac{0,25}{3438}\sqrt{1} = \frac{L}{13700},\ m_k = \frac{L}{7000}.$$

При m_β= 15" и n = 10

$$m_L = (1:6400)L,$$

$$m_\theta = (1:10000)L,\quad m_k = \frac{L}{5400}.$$

При m_β= 15" и n = 15

$$m_L = (1:5000)L,\quad m_k = \frac{L}{4300}.$$

$$m_\theta = (1:9000)L.$$

Такая точность измерений получилась бы при наивыгоднейшей форме треугольников сети. Имея это в виду, следует считать, что фактически ошибки будут примерно в два раза меньше.

С учетом поставленных требований допустимые длины цепочек указаны в табл. 3.

Точность определения точки прямой угловой засечкой зависит от величины углов а, р и *у,* от точности измерения углов аир, от расстояний до засекаемой точки 9.

Для однократной прямой засечки ошибка в определении точки *P* может быть вычислена по следующим формулам:

Таблица 3

Масштаб топографической основы	Допустимая невязка в положении конечной точки, *м*	*n* = 5		*n* = 10		*n* = 15	
		L, км	длина стороны *км*	*L, км*	длина стороны *км*	*L, км*	длина стороны *км*
1:50 000	±20,0	70,0	14,0	54,0	5,4	42,0	2,8
1:25 000	±10,0	35,0	7,0	27,0	2,7	21,0	1,4
1:10 000	±4,0	14,0	2,8	10,8	1,1	8,4	0,6
1:5000	±2,0	7,0	1,4	5,4	0,5	4,2	0,3
1:2000	±0,8	2,8	0,6	2,2	0,2	1,7	0,1
1:1000	±0,4	1,4	0,3	1,1	0,1	0,8	0,05

а) при измерении углов α и β

$$M_P = \frac{bm_\beta}{\sin\gamma\rho}\sqrt{\sin^2\alpha + \sin^2\beta}; \qquad (13)$$

б) для случая, когда s_1 и s_2 вычислены

$$M_P = \frac{m_\beta}{\rho\sin\gamma}\sqrt{s_1^2 + s_2^2}, \qquad (14)$$

где α и β – измеренные углы засечек,

b –длина исходной стороны (базиса) в метрах,

s_1 и s_2 –длины сторон от концов базиса до определяемой точки,

mβ – средняя квадратическая ошибка измерения угла α иβ,

у – угол при определяемой точке.

Для двухкратной прямой засечки, если известны длины сторон, M_P может быть определена по формуле

$$M_P = \frac{m_\beta}{\rho}\sqrt{\frac{s_1^2 s_2^2 + s_1^2 s_3^2 + s_2^2 s_3^2}{s_1^2\sin^2\gamma_2 + s_2^2\sin^2(\gamma_1+\gamma_2) + s_3^2\sin^2\gamma_1}}. \qquad (15)$$

При расчете ожидаемых ошибок двухкратной [25] прямой засечки в случае равноудаленности пункта *P* от *A*, *B* и *C* можно пользоваться формулой

$$M_{P_2} = \frac{M_{P_1}}{\sqrt{2}}, \qquad (16)$$

где M_{P_2} – ошибка пункта *P,* определенного двухкратной засечкой,

M_{P_1} – ошибка пункта *P,* определенного однократной засечкой.

В табл. 4 даны значения средней квадратической ожидаемой ошибки определения пункта однократной прямой засечкой. Эта таблица может быть использована в практике

геодезических работ при привязках геологоразведочных объектов. Таблица составлена при условии измерения углов засечки со средней квадратической ошибкой ±15". Если углы засечки будут измерены с ошибкой ±30", указанные в таблице ошибки следует увеличить в два раза.

Для двухкратной засечки указанные ошибки уменьшаются в $\sqrt{2}$ раза, если определяемая точка равноудалена от исходных.

Ожидаемую ошибку измерения расстояния между двумя определяемыми точками P_1 и P_2, каждая из которых определена из угловой засечки с двух базисов, можно вычислить по формуле

$$M = \sqrt{M_{P_1}^2 + M_{P_2}^2}. \tag{17}$$

Таблица 4

Длина базиса, γ м	500	1000	2000	3000	4500
25	0,28	0,56	1,12	1,68	2,52
30	0,20	0,40	0,79	1,19	1,78
35	0,15	0,30	0,60	0,89	1,34
40	0,12	0,23	0,47	0,70	1,05
45	0,10	0,19	0,38	0,57	0,86
50	0,08	0,16	0,32	0,48	0,71
60	0,06	0,11	0,22	0,32	0,48
70	0,05	0,10	0,19	0,29	0,43
80	0,04	0,08	0,16	0,24	0,37
90	0,04	0,07	0,15	0,22	0,33

Ожидаемую ошибку в положении точки, определенной обратной засечкой, можно вычислить по формуле, приведенной в работе А. С. Чеботарева,

$$m^2 = \frac{1}{N^2}\left(\delta_2^2 + \delta_3^2\right) m_\gamma^2 \tag{18}$$

при раздельном измерении углов на определяемой точке.

В этой формуле

m_γ – ошибка измерения углов,

δ_1, δ_2, δ_3, – стороны обращенного треугольника, которые получаются у вершин P, если от нее отложить по направлению исходных пунктов отрезки, равные r_1, r_2, r_3; точки на их концах будут являться вершинами обращенного треугольника.

Стороны обращенного треугольника вычисляются из выражений

$$\left.\begin{aligned} \delta_1^2 &= r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2\cos\gamma_1 \\ \delta_2^2 &= r_1^2 + r_3^2 - 2r_1r_3\cos\gamma_3 \\ \delta_3^2 &= r_2^2 + r_3^2 - 2r_2r_3\cos\gamma_1 \end{aligned}\right\}, \tag{19}$$

где $$r_1 = \frac{\rho}{d},\ r_2 = \frac{\rho}{l},\ r_3 = \frac{\rho}{f};$$

N – удвоенная площадь обращенного треугольника, определяемая по формуле

$$N^2 = 4p(p-\delta_1)(p-\delta_2)(p-\delta_3), \quad p = \frac{1}{2}(\delta_1+\delta_2+\delta_3), \tag{20}$$

d, e, f – расстояния точки *P* соответственно от вершин *A, B, C.*

Так, для идеального случая, при $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3 = 120°$,

$d = e = f = 1000$ *м* $m_\gamma = \pm 30''$, $m = +0{,}15$ *м.*

Следует иметь в виду, что предвычисленные значения ошибки *m* не учитывают ошибок определения исходных точек *A, B* и *C.*

Методика выполнения полевых работ по проложению аналитических цепочек и сплошных сетей, определению пунктов прямой и обратной засечками достаточно описана в геодезической литературе и потому здесь не приводится.

При создании опорной сетки методом аналитических сетей и засечек определяемые пункты должны быть отрекогносцированы таким образом, чтобы с этих пунктов была видимость на возможно большее количество горных выработок.

Литература

1. Инструкция по производству топографо-геодезических работ, при геологической съемке и разведке. М., «Недра», 1964.
2. Левчук Г. П. Инженерная геодезия. Ч. II и III. М., Геодезиздат, 1958.
3. Лютц А. Ф. Разбивка крупных сооружений. М, Геодезиздат, 1957.
4. Наставление по топографическим съемкам в масштабах 1:10 000 и 1 : 25 000. Ч. 1. Полевые работы. М., Геодезиздат, 1959.

Xülasə

GEOLOJİKƏŞFYYAT DAYAQ GEODEZİYA TORUNUN BÖLÜNMƏSİ DƏQİQLİYİNİN HESABLANMASI

Məqalədə dağ işləmələrinin naturaya çıxarılmasına dair kompleks işləri haqqında ümumi məlumatlar verilir və geolojikəşfiyyat dayaq geodeziya torunun bölünməsi dəqiqliyinin hesablanması aparılır. Torların bölünməsi metodları şərh olunur, xətt və bucaqölçmənin orta kvadratik səhvlərinin qiymətləri verilir.

Summary

CALCULATION ACCURACY OF DISTRIBUTION GEOLOGICAL AND EXPLORATION GEODETIC NETS

The article provides an overview of the complex of work by the transference of the mining working project in nature and has calculated exactly breaking exploration geodetic network. Describes the methods of distribution of networks and gives the values of the mean-square error of the angular and linear measurements.

Резюме

РАСЧЁТ ТОЧНОСТИ РАЗБИВКИ ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНОЙ ОПОРНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТКИ

В статье даются общие сведения о комплексе работ по перенесению проекта горных выработок в натуру и производится расчёт точности разбивки геологоразведочной опорной геодезической сетки. Описываются методы разбивки сетки и даются значения средних квадратических ошибок угловых и линейных измерений.

Л.А.АЛИЕВА, Ф.Г. ГАБИБОВ

Азербайджанский Архитектурно Строительный Университет

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФУНДАМЕНТОВ С ПРОСАДОЧНЫМИ ГРУНТАМИ ОСНОВАНИЯ

В настоящее время расчет фундаментов на просадочных грунтах производится согласно модели, учитывающей переменность коэффициента жесткости лессовых грунтов основания вследствие их случайного увлажнения.

Действительно, увлажнение просадочных грунтов в основаниях сооружений является случайным фактором. Расположение источников увлажнения и замачивания грунтов основания при этом могут быть самыми различными. Поэтому определение фактической схемы деформации основания для каждого частного случая затруднительно. В связи с этим расчетная схема основания выбирается так, чтобы она соответствовала бы характеру деформации лессовых грунтов в самых неблагоприятных условиях увлажнения.

На основании экспериментальных данных создано большое число различных расчетных схем для описания закономерностей изменения жесткости просадочных грунтов в основаниях зданий и сооружений. Эпюры изменения жесткости просадочных грунтов при различном характере увлажнения основания приводятся в работах [1, 2].

Все существующие эпюры изменения жесткости основания рассматривают три характерных случая увлажнения грунтов основания: увлажнения с одного торца фундамента, с обоих торцов и в середине его подошвы.

Как показывают результаты выполненных расчетов, наибольшие расчетные усилия в конструкции фундамента возникают при увлажнении основания с одного торца фундамента.

Следует отметить, что указанная модель взаимодействия фундамента с увлажняемым лессовым основанием, хотя и приводит к хорошо разработанной расчетной схеме фундамента, но не полностью отражает реальную картину взаимодействия его с деформированным при просадке основанием. Не учитывается характер изменения просадочных деформаций по контактной плоскости основания. Принятые в расчетах эпюры изменения жесткости основания не учитывают в явном виде величину ожидаемой просадки основания.

Отмеченные недостатки существующей методики расчета фундаментов зданий и сооружений на неравномерное воздействие лессовых грунтов осно-

вания при их просадке вызывают необходимость разработки более совершенной модели взаимодействия фундаментов с просадочными грунтами. Ранее в разработке Ф.Г.Габибова [3] рассматривалась модель взаимодействия гибкого ленточного фундамента с набухающим грунтовым основанием, в котором дополнительный изгиб фундамента от деформаций набухания основания представлялся как изгиб от дополнительной эквивалентной нагрузки. Пользуясь положительными результатами этих исследований ниже, исходя из физического закона деформирования увлажняемых лессовых грунтов, дается новая расчетная модель взаимодействия гибких ленточных фундаментов с просадочными грунтами основания.

Как показывают результаты испытания характерных лессовых грунтов на просадочность в условиях компрессионного уплотнения в широком диапазоне изменения уплотняющего давления, связь между относительной просадкой $\varepsilon_{s\ell}$ давлением P хорошо описывается степенной функцией [2]

$$\varepsilon_{s\ell} = mP^{\beta}, \tag{1}$$

где m, β - параметры нелинейной деформируемости просадочного грунта, определяемые по результатам соответствующих опытов. Параметр m соответствует обратной величине модуля общей деформации грунта; β - отвлеченное число.

Из зависимости (1), как частный случай, при $m = \dfrac{1}{E_0}$ и $\beta = 1$вытекает широко применяемая в механике грунтов линейная зависимость между общими деформациями и напряжениями для обычных непросадочных грунтов

$$\varepsilon_{s\ell} = \frac{1}{E_0} P. \tag{2}$$

Сравнение (1) и (2) приводит к уравнению

$$E_0 = \frac{1}{m_0} P^{1-\beta}. \tag{3}$$

Последнее выражение также применяется в механике грунтов, когда приходится учитывать зависимость общей деформации от напряженного состояния грунта. Для определения численных значений параметров m, β кривая зависимость (1) выпрямляется на логарифмической сетке координат. Для этой цели опытные точки наносятся на указанную сетку и через них проводится наклонная прямая. Параметры этой прямой (отрезок отсекаемый от вертикальной оси и угловой коэффициент) определяют численные значения параметров m, β для рассматриваемого вида просадочного грунта.

Физический закон деформирования (1) с учетом начального давления просадочности $P_{s\ell}$ удобно представить в виде

$$\varepsilon_{s\ell} = m_0 (P - P_{s\ell})^{\beta_0}. \tag{4}$$

Согласно работе Н.А.Цытовича [4], при не очень больших давлениях (порядка $0{,}2 \div 0{,}25$ МПа) с достаточной для практических целей точностью зависимость относительной просадочности от величины внешнего давления может быть принята линейной

$$\varepsilon_{s\ell} = A_0 + B_0 \cdot P_{\text{i}}, \tag{5}$$

где A_0 - начальный параметр прямолинейного участка кривой $\varepsilon_{s\ell} = f(P_i)$, так называемый коэффициент просадки; B_0 - угловой коэффициент прямолинейного участка кривой $\varepsilon_{s\ell} = f(P_i)$, характеризующий уплотнение грунта, так называемый коэффициент относительной сжимаемости. Абсолютная просадка лессового грунта основания, согласно (5), определится выражением:

$$S_{s\ell} = H(A_0 + B_0 \cdot P_i), \tag{6}$$

где H - мощность просадочного слоя грунта основания.

Рассмотрим работу гибкого ленточного фундамента постоянной жесткости *ЕЪ* на просадочном грунте, подверженного произвольной внешней нагрузке *г(х)* (рис.1,а). Контактное давление по подошве рассматриваемого фундамента может быть определено, исходя из различных существующих методов расчета балки на сплошном упругом основании [5, 6, 7] и др. Так, например, согласно методу И.А.Симвулиди [5], контактное давление по подошве гибкого ленточного фундамента определяется формулой

$$P(x) = a_0 + \frac{2}{L} a_1 \left(x - \frac{L}{2} \right) + \frac{4}{L_2} a_2 \left(x - \frac{L}{2} \right)^2 + \frac{8}{L_3} a_3 \left(x - \frac{L}{2} \right)^3, \tag{7}$$

где *Л* - длина фундамента; $a_0, \grave{a}_1, \grave{a}_2, \grave{a}_3$ - известные параметры, величины которых зависят от жесткости фундамента, ее длины, модуля деформации основания, характера нагрузки и от ее расположения.

Для случая действия на фундамент равномерно распределенной нагрузки (рис.1,б) формула (7) принимает вид

$$P(x) = a_0 + 4a_2 \left(\frac{x}{L_2} - 0{,}5 \right)^2. \tag{8}$$

В этом выражении

$$\grave{a}_0 = \frac{8252 + 29\alpha}{13440 + 29\alpha} \cdot q; \quad \grave{a}_2 = 3 \cdot \frac{5188}{13440 + 29\alpha} \cdot q,$$

где α - показатель гибкости фундамента, определяемый по формуле

$$\alpha = \frac{1}{1 - \mu_0} \frac{\pi E_0 b L^3}{\text{Å} J}. \tag{9}$$

Под торцовыми сечениями фундамента значения контактного давления равны

$$P(0) = P(L) = \frac{23816 + 29\alpha}{13440 + 29\alpha} \cdot q \,. \qquad (10)$$

По середине фундамента имеем

$$P\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{8252 + 29\alpha}{13440 + 29\alpha} \cdot q \,. \qquad (11)$$

Для установления характера распределения просадочных деформаций грунта основания по контактной плоскости фундамента примем следующую упрощающую задачу предпосылку. Примем, что грунты основания, непосредственно по подошве фундамента, при просадке уплотняются без бокового расширения, т.е. в условиях компрессии.

Последнее допущение, как известно, широко применяется при расчетах осадки фундаментов методом послойного суммирования, которое рекомендуется действующем СНиП 2.02.01-83 [8].

Подставляя (7) в (6), получим изменения абсолютной про садки грунта по контактной поверхности основания

$$S_{s\ell}^{(\delta)} = b_0 + b_1\left(x - \frac{L}{2}\right) + b_2\left(x - \frac{L}{2}\right)^2 + b_3\left(x - \frac{L}{2}\right)^3, \qquad (12)$$

где

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

$$b_2 = \frac{4}{L_2} a_2 H B_0; \qquad b_3 = \frac{8}{L_3} a_3 H B_0.$$

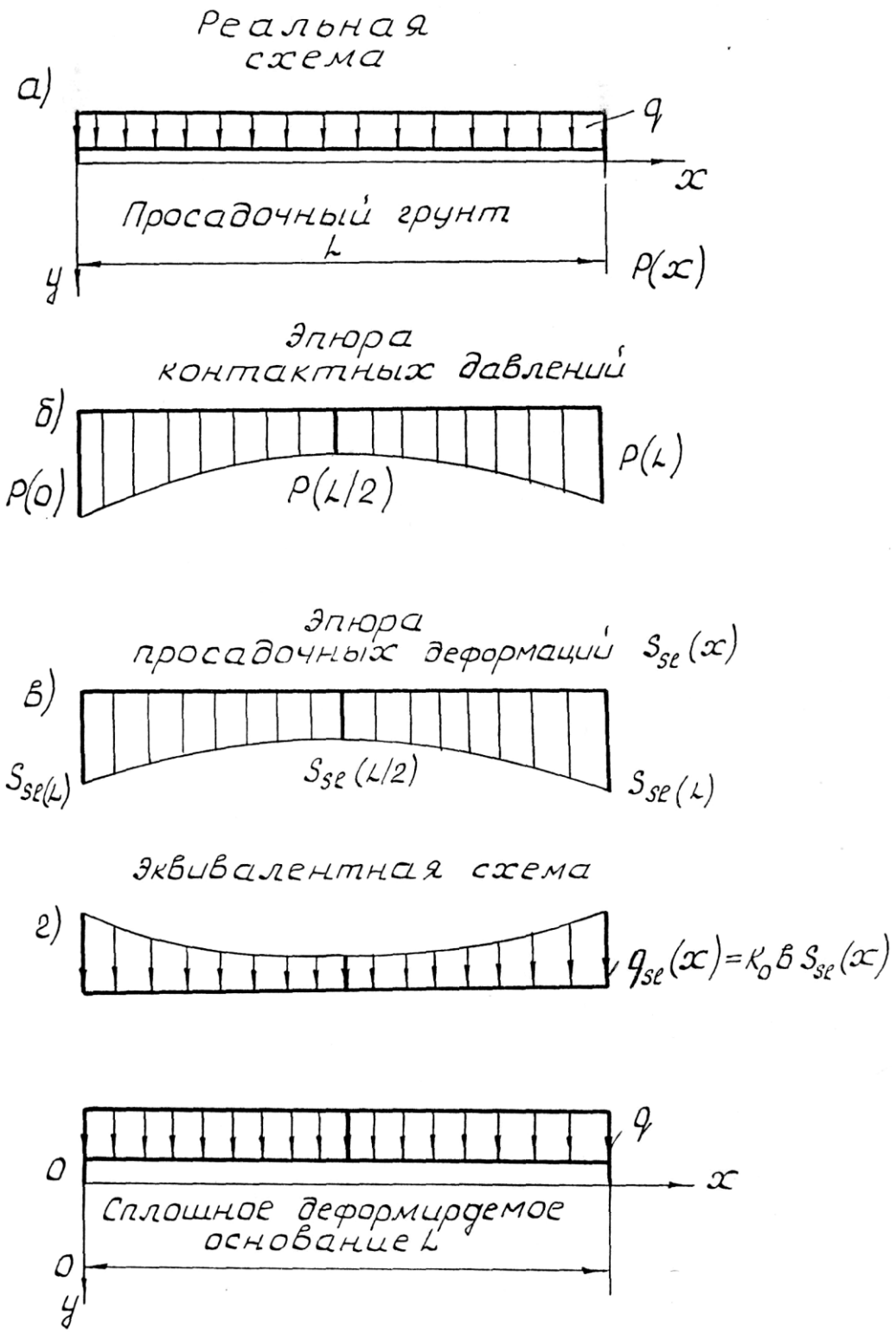

Рис. 1. Схемы нагружения, эпюры давлений и деформаций, отражающие предлагаемую модель взаимодействия фундамента с грунтовым основанием

Искривленная при просадке контактная поверхность (рис.1, б) в случае действия на фундамент равномерно-распределенной нагрузки, согласно (8) определится функцией

$$S_{s\ell}(x) = b_0 + L^2 \cdot b_2\left(\frac{x}{L} - 0{,}5\right)^2. \qquad (13)$$

Согласно (13) , просадка под торцовыми сечениями фундамента определится значением

$$S_{s\ell}(0) = S_{s\ell}(L) = HA_0 + \frac{23816 + 29\alpha}{13440 + 29\alpha} \cdot HB_0 q. \qquad (14)$$

Под серединой фундамента

$$S_{s\ell}\left(\frac{L}{2}\right) = HA_0 + \frac{8252 + 29\alpha}{13440 + 29\alpha} \cdot HB_0 q. \qquad (15)$$

Реактивное давление просадочного грунта по подошве фундамента определяем формулой:

$$R_{s\ell}(x) \le K_0 b\left[y(x) - S_{s\ell}(x)\right], \qquad (16)$$

где *б* - ширина подошвы фундамента ; K_0 - коэффициент жесткости увлажненного лессового основания (кН/м^3); *y(x)* и $S_{s\ell}(x)$ - соответственно, прогиб фундамента и просадка основания на произвольном расстоянии от левого торцового сечения.

Согласно расчетной модели (16) , реактивное давление по подошве ленточного фундамента принимается пропорциональным разности его прогиба и просадки грунтов основания.

Используя модель (16) , можно составить дифференциальное уравнение изгиба ленточных фундаментов на просадочных грунтах первого типа

$$EJ\frac{d^4 y(x)}{dx^4} + K_0\left[y(x) - S_{s\ell}(x)\right] = q(x)\,. \qquad (17)$$

Уравнение (17) можно представить в виде:

$$EJ\frac{d^4 y(x)}{dx^4} + K_0 b y(x) = q(x) + K_0 b S_{s\ell}(x). \qquad (18)$$

Как видно из уравнения (18) , влияние просадки грунтовоснования на изгиб ленточных фундаментов, согласно рекомендуемой модели (16) эквивалентно приложению им дополнительной внешней распределенной нагрузки $q_{s\ell}(x) = K_0 b S_{s\ell}(x)$ (рис.2). Эта дополнительная внешняя нагрузка так же, как и заданная нагрузка $q(x)$, направлена сверху вниз и определяется характером контактных давлений и параметрами деформируемости просадочных грунтов основания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мустафаев А.А. Расчет оснований и фундаментов на просадочных грунтах. М., Высшая школа, 1979, 368 с.

2. Мустафаев А.А. Фундаменты на просадочных и набухающих грунтах. М., Высшая школа,1989, 590 с.
3. Габибов Ф.Г. Проблемы регулирования свойств структурно – неустойчивых глинистых грунтов в основаниях сооружений Баку, «Элм»,1999, 287 с.
4. Цытович Н.А. Механика грунтов. М., Высшая школа, 1978, 480 с.
5. Симвулиди И.А. Расчет инженерных конструкций на упругом основании. М., Высшая школа, 1978, 480 с.
6. Горбунов-Посадов М.И., Маликова Т.А. Расчет конструкций на упругом основании. М., Стройиздат, 1973, 628 с.
7. Жемочкин Н.Б., Синицын А.П. Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании. М., Госстрйиздат, 1962, 240 с.
8. СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений».

Л.А.Алиева, Ф.Г. Габибов

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФУНДАМЕНТОВ С ПРОСАДОЧНЫМИ ГРУНТАМИ ОСНОВАНИЯ

РЕЗЮМЕ

Предположена расчетная модель взаимодействия ленточного гибкого фундамента с просадочным грунтовым основанием. В этой модели дополнительный изгиб фундамента от деформаций просадки грунтов основания представляется как изгиб от дополнительной эквивалентной нагрузки.

Ялийева Л.Я., Щябибов Ф.Щ.

ЮЗЦЛЛЯРИН БАТАН ГРУНТДАН ОЛАН ЯСАСЛА АРАЛАРЫНДА ОЛАН ТЯ СИРИН МОДЕЛИНИН ИШЛЯНМЯСИ

ХЦЛАСЯ

Лентвари яйилян юзцлцн батан грунт ясасла араларында олан тясирин щесаблама модели тяклиф олунуб. Бу моделдя ясасын батан грунтларын деформасийасындан ялавя еквивалент йцкдян йаранан яйилмя кими тясвир олунур.

Aliyeva L.A., Gabibov F.G.

WORKING PUT A MODEL OF INTERACTION OF FOUNDATION AND SUBSIDING GROUND

ABSTRACT

They offer a calculation model of the interaction of ribbon flexible fundation and subsidinf ground base. By beans of the model the extra bending of the fundation coused by the deformation of subsidance of the ground base is shown of one coursed by extra equal force.

УДК 697.94

АНАЛИЗ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

Мамедов Н.Я.
E-mail: nurmamedzeyzid@rambler.ru

Абдуллаев Н.М.
E-mail: nusrat.abdullayev@herz.az

Азербайджанский архитектурно-строительный университет

Ключевые слова: энергосбережение, экологически чистые здания, режим потребления тепловой энергии, тепловыделения, наружные ограждающие конструкции, термическое сопротивление, отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха, солнечная радиация, теплоизоляция.

Экономия теплоэнергетических ресурсов в настоящее время и в обозримом будущем представляется приоритетом мирового уровня в различных областях человеческой деятельности, особенно в сфере создания среды жизнеобеспечения человека, поскольку ее нормальное функционирование требует существенных энергетических затрат, связанных с эксплуатацией жилых и общественных зданий и их инфраструктуры, ибо около 60% тепловой энергии, потребляемой при эксплуатации зданий различного назначения, приходится на отопление, вентиляцию, кондиционирование воздуха и горячее водоснабжение.

Азербайджан сегодня полностью обеспечивает свои внутренние энергетические потребности за счет собственных ресурсов. Однако эффективность использования первичных источников и преобразованных видов энергии в стране крайне низка.

Актуальность проблемы в настоящее время обусловлена неэффективным расходованием природных и материальных ресурсов, значительным сокращением производства тепловой энергии.

Строительство, куда входит и промышленность строительных материалов вместе с коммунально-бытовым сектором, где по энергозатратам доминирует эксплуатация зданий, обладает громадным и далеко не использованным потенциалом энергосбережения.

Несмотря на недостаточную в настоящий момент конкурентоспособность нетрадиционных возобновляемых источников тепловой энергии, как в Западной Европе, так и во всем мире, в перспективе они могут и должны внести значительный вклад в баланс производства тепловой энергии. В Австрии уже построен целый микрорайон 4-этажных муниципиальных домов в г. Вена, для отопления и горячего водоснабжения которых частично (до 55 %) используются крышные гелиосистемы и аккумуляторы тепловой энергии серийного производства. В США примером новейших энергосберегающих технологий, например, может служить использование для отопления здания гостиницы в г. Луисвилле, штат Кентукки, энергии геотермальных вод. Скважина глубиной 45 метров дает 2,5 МВт тепловой энергии, которая отбирается с помощью тепловых насосов и через комнатные доводчики используется для воздушногоотопления номеров. Экономия тепловой энергии – 273 тыс. долл. США в год [1].

Следовательно, желание сократить расход тепловой энергии в жилом секторе привело к появлению во многих странах различных энергосберегающих программ. Ведущая роль в реализации двух таких программ «Энергосбережение в зданиях и социальных системах» и «Солнечное тепло и хладоснабжение» принадлежит Международному энергетическому агенству (IEA). В 1995 г. IEA обобщил опыт 13 стран по проектированию, строительству и мониторингу жилых домов с низким энергопотреблением, созданных в рамках подпрограммы «Задача XIII». Средний проектный уровень потребления тепловой энергии в этих зданиях ниже 50 кВт·ч/м^2, что составляет менее 1/3 среднего потребления традиционных зданий.

Таким образом, обобщение зарубежного опыта показывает, что экономия тепловой энергии правительствами развитых стран рассматривается как важнейшая национальная хозяйственная проблема, на решение которой направлены законодательные и нормативные документы, долгосрочные программы, внедрение различных мероприятий, проведение научно-исследовательских работ, строительство экспериментальных объектов, координация деятельности различных государственных организаций.

Для народного хозяйства Азербайджана первостепенное значение имеет повышение эксплуатационных характеристик современных зданий, поскольку именно здесь заложены перспективы реальной экономии энергоресурсов и возможности выполнения проблемы энергосбережения.

Необходимо отметить, что сегодня арсенал известных научно-технических средств экологического мониторинга не дает уверенности в экологической безопасности принимаемых управленческих решений в области строительства. Любая строительная деятельность коренным образом нарушает взаимосвязи внутри экосистем и вызывает серьезные катастрофические последствия в городе. Исследования показали, что до 25 % всех выбросов на земном шаре приходится на строительный сектор экономики, из них на долю производства цемента, кирпича, извести и стали для строительных конструкций – 80 % выбросов CO_2 [2]. Каждая строительная площадка безвозвратно вычитает площадь под строительство сооружения из площади поверхности расположения тончайшего в масштабах земли слоя биосферы, существующей только от солнечной энергии. Каждое новое сооружение дополнительно затеняет часть земной поверхности.

В последние десятилетия стало ясно, что добиться значительного повышения экологической эффективности при строительстве современных зданий только за счет применения экологически безопасных строительных материалов невозможно. Современный опыт показывает, что мощным потенциалом повышения экологической эффективности современного строительства обладает логистика и создаваемые на ее основе логистические системы [3].

Исследование эксплуатационных характеристик массовых серий жилых домов, построенных по типовым проектам за 40 лет, показало, что средние приведенные значе-

ния удельного расхода тепловой энергии на отопление этих зданий выросли в среднем 1,5-2 раза. Это свидетельствует о чрезвычайно низкой тепловой эффективности наружных ограждающих конструкций современных зданий. Поэтому, нам представляется, что необходимо иметь не только программу перехода строительства в г. Баку на сооружение зданий с более теплоэффективными наружными ограждающими конструкциями, но и ориентировать коммунальное хозяйство города на выполнение работ по утеплению уже существующих зданий индустриальными методами.

Как известно, Баку является одним из крупных городов бывших республик СНГ, где осуществляется невиданный по своему размаху строительный бум. Однако строительство ведется совершенно хаотично, не соблюдаются закономерности градостроительства, экологии, принципы энергосбережения, интеллектуальности, характер климата и т.д. Так как повышенная солнечная радиация (до 135 ккал/см^2), атмосферные осадки (до 434 мм/год), относительная влажность (до 81 %) и ветер (до 20 м/сек), которые непосредственно влияют на процессы рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере, а также существующая система расселения и размещения всего народного хозяйства предопределяет рассмотрению данной проблемы с учетом всех указанных факторов.

Анализ показывает, что только из-за несовершенства генпланов (хаотическое строительство многоэтажных зданий) и выбора плотности застройки, архитектурно-планировочных решений жилищно-гражданского строительства нерациональный расход тепловой энергии составляет около 20 – 22 %. Затраты тепловой энергии на эксплуатацию современных жилых и гражданских зданий почти в 3 раза превышают аналогичные показатели развитых европейских стран. Потребление тепловой энергии только на горячее водоснабжение, на душу населения вдвое выше, чем в этих странах.

В последнее время в мировой строительной науке все больше внимание уделяется на проектирование и строительство энергоэффективных и экологически чистых зданий с учетом всех внешних и внутренних факторов, влияющих на работоспособность и здоровье человека.

Следует отметить, что реализация резервов энергосбережения связана с созданием нового поколения энергоэффективных наружных ограждающих конструкций, обладающих повышенным уровнем теплозащиты, энергосберегающего инженерного оборудования и системы управления режимом потребления тепловой энергии для современных зданий.

Перед выбором стратегии энергосбережения уточним составляющие теплопотерь условного жилого здания, полученного усреднением построенных в последнее время в г. Баку 14 – 16-этажных жилых домов.

Численные расчеты показывают, что теплопотери через наружные стены этих зданий составляют примерно 35 % от расчетного расхода тепловой энергии на отопление, через окна – 26 %, пол первого этажа – 2 %, потолок последнего этажа – 2 %, с инфильтрирующимся через пористости наружных стен и оконные проемы воздухом – 35 % (при объеме инфильтрирующегося воздуха на одну квартиру – 155 м^3/ч, это немного больше однократного воздухообмена). Внутренние тепловыделения составляют 20 % от расчетного расхода тепловой энергии на отопление при выборе поверхности нагрева отопительных приборов и принимаются равными 15 % при расчете графиков регулирования подачи тепловой энергии для поддержания температуры воздуха в помещениях на уровне 20 – 21 ºС.

Для более низких – 5 – 9 – этажных зданий (так называемые “сталинки”, “хрущевки”, Ленинградский, Киевский и т.д. проекты) без теплового чердака (совмещенные крыши) соотношение теплопотерь следующее: теплопотери через наружные стены – 34 %, окна – 22 %, потолок последнего этажа – 7 %, пол первого этажа – 5 %, с инфильтрирующимися воздухом – 35 % [4].

Проведенные многочисленные расчеты и многолетние наблюдения показывают, что снижение удельного расчетного расхода тепловой энергии для нужд отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и горячего водоснабжения зданий возможно следующими способами:

• Повышение термического сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций (стен, окна, пол и потолка).

• Оптимизация режима потребления тепловой энергии и условия эксплуатации зданий путем реализации совершенных схем автоматизированного регулирования подачи тепловой энергии потребителям.

• Рациональное взаимное размещение источников тепловой энергии и потребителей (зданий).

• Использование оборудований для утилизации теплоты вытяжного воздуха (с целью нагрева приточного).

• Пофасадное регулирование режима подачи тепловой энергии (в зависимости от поступления теплоты солнечной энергии на наружные поверхности ограждающих конструкций).

• Оптимизация внутренних объемно – планировочных и конструктивных решений зданий.

• Минимизация удельной поверхности наружных ограждающих конструкций.

• Уменьшение изрезанности фасадов.

Анализируя строительный комплекс города Баку, пришли к выводу, что, несмотря на некоторые успехи, на сегодняшний день огромный потенциал энергосбережения, имеющийся в строительстве г. Баку, используется пока лишь в очень незначительной мере, точнее, практически не используется. В числе причин, сдерживающих использование этого потенциала, следует назвать отсутствие или несовершенство нормативно – правового обеспечения энергосбережения, недостаточную исследованность предлагаемых новых энергосберегающих технологий и конструкций, отсутствие в наружных ограждающих конструкциях энергоэффективных теплоизоляционных материалов требуемого качества и долговечности, недостаточность информации о конкретных энергосберегающих мероприятиях.

Отметим, что ни в одном исследуемом нами современном жилом здании в г. Баку в наружных ограждающих конструкциях нет изоляционного материала. Общее термическое сопротивление данных конструкций составляет $R_o \leq 0{,}8$ м^2·ºС/Вт, когда в Москве, Киеве и др. городах бывшего Советского Союза оно составляет в пределах 3,0 – 3,5 за счет соответствущей теплоизоляции.

И так, перед строительным комплексом республики необходимо поставить задачу по разработке и осуществлению перехода на новую систему теплозащиты современных зданий. Решая задачу экономии тепловой энергии посредством улучшения теплозащиты зданий, в передовых странах учитывают затраты тепловой энергии на получение самой теплоизоляционной конструкции.

ВЫВОДЫ

1. Анализированы тепловая эффективность и причины увеличения удельного расхода тепловой энергии на нужды отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и горячего водоснабжения.
2. Предложены способы снижения удельного расхода тепловой энергии для указанных нужд.

Məmmədov N.Y.

E-mail: nurmamedzeyzid@rambler.ru

Abdullayev N.M.
E-mail: nusrat.abdullayev@herz.az
Azərbaycan memarliq-inşaat universiteti

BİNALARIN İSTİLİK EFFEKTİVLİYİNİN ANALİZİ

X Ü L A S Ə

Məqalədə müasir çoxmərtəbəli və artıq istismarda olan yaşayış və ictimai binaların istilik effektivliyi analiz olunmuş və həmin binaların isitmə, ventilyasiya, kondisioner və isti su təchizatı sistemləri üçün istilik enerjisi tələbatının xüsusi sərfinin mövcud normalardan artıq olmasının səbəbləri müəyyənləşdirilmişdir. Qeyd olunan məqsədlər üçün istilik enerjisinin tələbatının aşağı salınmasının konkret yolları təklif olunur.

Mamedov N.Y.
E-mail: nurmamedzeyzid@rambler.ru

Abdullayev N.M.
E-mail: nusrat.abdullayev@herz.az

Azerbaijan Architecture and Construction University

ANALYSIS OF THE THERMAL EFFICIENCY OF BUILDINGS

S U M M A R Y

The paper analyzes the thermal efficiency and reasons for the increase of specific consumption of thermal energy for heating, ventilation, air conditioning and hot water supply of modern and old buildings for various purposes. Suggests specific ways to reduce specific consumption of thermal energy for these purposes.

Мамедов Н.Я.
E-mail: nurmamedzeyzid@rambler.ru

Абдуллаев Н.М.
E-mail: nusrat.abdullayev@herz.az

Азербайджанский архитектурно-строительный университет

АНАЛИЗ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

Р Е З Ю М Е

В статье анализируются тепловая эффективность и причины увеличения удельного расхода тепловой энергии для нужд отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и горячего водоснабжения современных и старых зданий различного назначения.

Предлагаются конкретные способы снижения удельного расхода тепловой энергии для указанных нужд.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриев А.Н. Управление энергосберегающими инновациями. Изд. АСВ, - М.: 2000, 320 с.
2. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации», - М.: 1995, 54 с.
3. Теличенко В.И., Слесарев М.Ю., Стойков В.Ф. Управление экологической безопасностью строительства. Изд. АСВ, - М.: 2005, 328 с.
4. Мамедов Н.Я. Методы снижения топливно-энергетических затрат в современном строительстве // Теоретическая и прикладная механика, Баку: 2009, № 4, с. 82 – 87.