

4. *Biological transformation in sewers.* – New York, USA. 2009. – P. 232-269.
5. Гончаренко Д.Ф. *Эксплуатация, ремонт и восстановление сетей водоотведения.* – Харьков: Консум, 2007. – 520 с.
6. Zhang, L., De Schryver, P., De Gusseme, B., De Muynck, W., Boon, N., Verstraete, W. *Chemical and biological technologies for hydrogen sulfide emission control in sewer systems: a review* // *Water Research*, 2008. 42 (1-2). P. 1-12.
7. Gutierrez, O., Mohanakrishnan, J., Sharma, K. R., Meyer, R. L., Keller, J., Yuan, Z. *Evaluation of oxygen injection as a means of controlling sulfide production in a sewer system* // *Water Research*, 2008, 42 (17). P. 4549-4561.
8. Stein D. *Instandhaltung von Kanalisationen.* – Berlin: Ernst & Sohn, 1998. – 941 p.
9. Офіційний сайт компанії UHRIG GmbH [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.uhrig-bau.eu>.
10. *Unternehmensbeschreibung.* Beratende Ingenieure für Leitungsbau, Instandhaltung und Umwelttechnik. – Bochum: Prof. Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH, 2001. – 31 p.

УДК 624.042+624.044

Лучковский И.Я., д-р. техн. наук, проф., Есакова С.В., аспирантка
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ПРИМЕНЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ Б.Н. ЖЕМОЧКИНА К РАСЧЕТУ ПОПЕРЕЧНО НАГРУЖЕННЫХ СВАЙ ПРИ НЕЛИНЕЙНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЖЕСТКОСТИ ГРУНТА ПО ГЛУБИНЕ ЗАДЕЛКИ

Нет единого мнения по вопросу о том, как изменяется величина коэффициента постели с глубиной [1], [2], [3]. Наибольшее распространение получили методы расчета свай, основанные на линейном возрастании коэффициента постели по глубине. А для расчета свай, погруженных в однородное или многослойное основание с нелинейным распределением коэффициента жесткости используем метод Б.Н. Жемочкина [4].

Порядок расчета заключается в следующем. Сваю длиной l разбиваем на равные участки, в серединах которых ставим жесткие опорные стержни, обеспечивающие контакт свай с грунтом (рис.1). Нагрузка на основание от каждого стержня принимается равномерно распределенной по площади $b \cdot \lambda$, где b – ширина свай и λ – расстояние между стержнями.

При произвольном распределении коэффициента постели по длине балки в упругой стадии используется смешанный метод решения (рис. 1), при котором принимаются условия равенства нулю

суммы перемещений по направлению каждого неизвестного X_k :

$$X_0 \cdot \delta_{k0} + X_1 \cdot \delta_{k1} + X_2 \cdot \delta_{k2} + \dots + X_k \cdot \delta_{kk} + \dots + X_n \cdot \delta_{kn} - \omega_0 - a_K \cdot \varphi_0 + \Delta_{kp} = 0. \quad (1)$$

Кроме того, используются два уравнения равновесия. Одно будет выражать условие, что сумма моментов всех сил относительно точки O равна нулю, а другое – что сумма проекций всех сил на ось, параллельную этим силам равна нулю.

$$\begin{cases} X_0 + X_1 + X_2 + \dots \\ + X_k + \dots + X_n - \sum Q = 0 \\ X_0 a_0 + X_1 a_1 + X_2 a_2 + \dots \\ + X_k a_k + \dots + X_n a_n - \sum M = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Единичные перемещения по направлению K от неизвестных реактивных сил X_i определяются как сумма деформации основания V_k в точке K и горизонтальных перемещений, вызванных изгибом свай ω_{ki} :

$$\delta_{ki} = \begin{cases} V_{kk} + \omega_{ki}, & (\text{при } k=i); \\ \omega_{ki}, & (\text{при } k \neq i), \end{cases} \quad (3)$$

где w_{ki} – функции Б.Н. Жемочкина [5], равные

$$w_{ki} = \frac{\lambda^3}{6 \cdot EI} \cdot \overline{\omega_{ki}}, \quad (4)$$

где $\overline{\omega_{ki}}$ – единичные деформации сваи в точке K от силы X_k , затабулированные в [5] и равные

$$\overline{\omega_{ki}} = \left(\frac{a_k}{\lambda} \right)^2 \cdot \left(3 \cdot \frac{a_i}{\lambda} - \frac{a_k}{\lambda} \right); \quad (5)$$

где λ – шаг опорных стержней, м; a_i – расстояние от условного защемления до стержня i , м.

Осадка основания в точке K вызвана только реактивной силой X_k , а потому единичное перемещение постели $\overline{V_{kk}}$ равно

$$\overline{V_{kk}} = \frac{1}{\lambda \cdot b \cdot C_k}, \quad (6)$$

где b – ширина сечения сваи (балки), м; C_k – коэффициент жесткости в точке K , тс/м³.

1. Комплексная расчетная модель №1

Выразим закономерность изменения коэффициента постели вдоль оси сваи следующим образом (рис. 1):

$$C_z = C_n + C_0 \cdot \left(\frac{z}{l} \right)^\alpha, \quad (7)$$

где C_n – коэффициент постели (жесткости) на уровне поверхности грунта, тс/м³; C_0 – коэффициент постели на глубине l , тс/м³; C_z – коэффициент постели на произвольной глубине z , тс/м³; α – расчетный параметр, характеризующий упруго-пластические свойства грунта, причем $\alpha > 0$; l – длина заглубленной части сваи, м; z – расстояние от поверхности грунта до данного сечения сваи, м.

Выражение (7) можно записать в виде

$$C_z = C_0 \cdot \left[\frac{C_n}{C_0} + \left(\frac{z}{l} \right)^\alpha \right]. \quad (7-1)$$

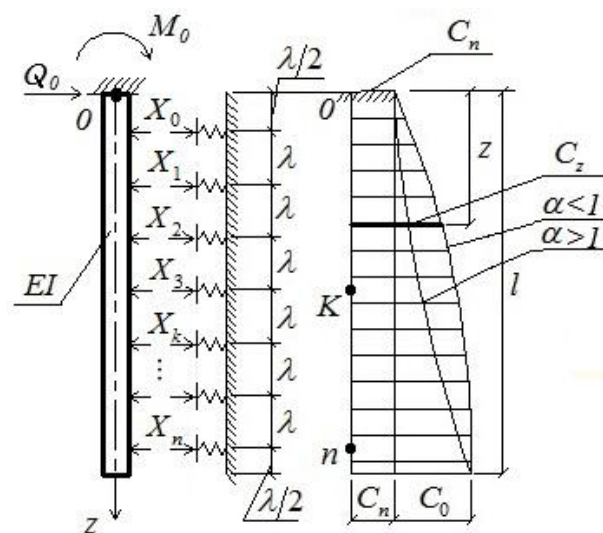


Рис. 1 – Основная система и эпюра комплексной модели № 1

Приняв следующие обозначения

$$\frac{C_n}{C_0} = \overline{C_n}; \quad \frac{z}{l} = \overline{z}; \quad \lambda = \frac{l}{n}, \quad (8)$$

запишем по методу Б.Н. Жемочкина единичные перемещения по направлению K от неизвестных реактивных сил X_i , которые определяются как сумма осадки основания V_k в точке K и перемещений (прогибов), вызванных изгибом сваи ω_{kk} , с учетом расчетной ширины b_p

$$\delta_{kk} = \frac{\lambda^3}{6 \cdot EI} \cdot \overline{\omega_{kk}} + \frac{1}{\lambda \cdot b_p \cdot C_0 \cdot (\overline{C_n} + \overline{z_k}^\alpha)}, \quad (9)$$

что приводится к виду

$$\delta_{kk} = \frac{\lambda^3}{6 \cdot EI} \cdot \left[\overline{\omega_{kk}} + \frac{6 \cdot EI}{\lambda^4 \cdot b_p \cdot C_0 \cdot (\overline{C_n} + \overline{z_k}^\alpha)} \right]. \quad (10)$$

Запишем второй член выражения (10)

$$\frac{6 \cdot EI}{\lambda^4 \cdot b_p \cdot C_0 \cdot (\overline{C_n} + \overline{z_k}^\alpha)} = \frac{6 \cdot EI}{\lambda^4 \cdot \beta_d^4} \cdot \frac{1}{\overline{C_n} + \overline{z_k}^\alpha}, \quad (11)$$

где

$$\beta_d = \sqrt[4]{\frac{C_0 \cdot b_p}{EI}}; \quad (12)$$

$$\overline{z_k}^\alpha = \left(\frac{z}{l} \right)^\alpha = \left(\frac{k \cdot \lambda}{n \cdot \lambda} \right)^\alpha = \left(\frac{k}{n} \right)^\alpha; \quad (13)$$

$$\overline{l} = l \cdot \beta_d. \quad (14)$$

Из (11), с учетом (12), (13), (14), найдем

$$\frac{6 \cdot EI}{\lambda^4 \cdot \beta_d^4 \cdot (\overline{C_n} + z_k^\alpha)} = \frac{6 \cdot n^4}{l^4 \cdot \beta_d^4} \cdot \frac{n^\alpha}{\overline{C_n} \cdot n^\alpha + k^\alpha} = \frac{6 \cdot n^{(4+\alpha)}}{l_\beta^4 \cdot (\overline{C_n} \cdot n^\alpha + k^\alpha)} \quad (15)$$

Следовательно

$$\delta_{kk} = \frac{\lambda^3}{6 \cdot EI} \cdot \left[\overline{\omega_{kk}} + \frac{6 \cdot n^{(4+\alpha)}}{l_\beta^4 \cdot (\overline{C_n} \cdot n^\alpha + k^\alpha)} \right], \quad (16)$$

или

$$\delta_{kk} = \frac{\lambda^3}{6 \cdot EI} \cdot \left[\overline{\omega_{kk}} + \frac{6 \cdot n^4}{l_\beta^4 \cdot \left(\overline{C_n} + \left(\frac{k}{n} \right)^\alpha \right)} \right]. \quad (17)$$

Из полученных зависимостей для комплексной модели №1 получим решения для частных моделей основания.

1.1. При степенной закономерности коэффициента постели решение получим при $\overline{C_n} = 0$ из (17) (рис. 2).

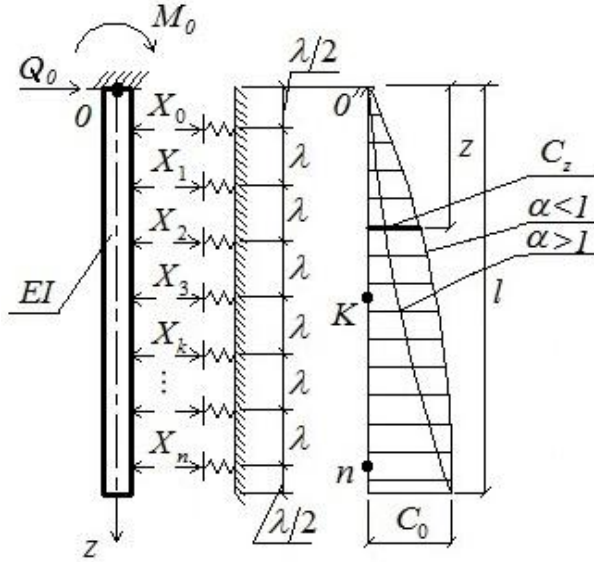


Рис. 2 - Основная система и эпюра степенного закона коэффициента постели

1.2. Линейно возрастающая (треугольная) закономерность коэффициента постели (рис. 3).

Решение получим при $\overline{C_n} = 0$; $\alpha = 1$ из (16) или (17)

$$\delta_{kk} = \frac{\lambda^3}{6 \cdot EI} \cdot \left[\overline{\omega_{kk}} + \frac{6 \cdot n^5}{l_\beta^4 \cdot k} \right]. \quad (18)$$

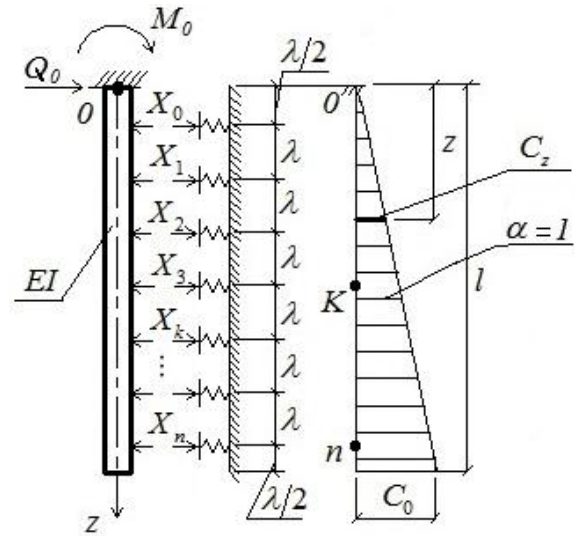


Рис. 3 - Основная система и треугольная эпюра коэффициента постели

1.3. Решение при трапецидальной закономерности распределения коэффициента постели (рис. 4) получим из (16) при $\alpha = 1$.

$$\delta_{kk} = \frac{\lambda^3}{6 \cdot EI} \cdot \left[\overline{\omega_{kk}} + \frac{6 \cdot n^5}{l_\beta^4 \cdot (\overline{C_n} \cdot n + k)} \right]. \quad (19)$$

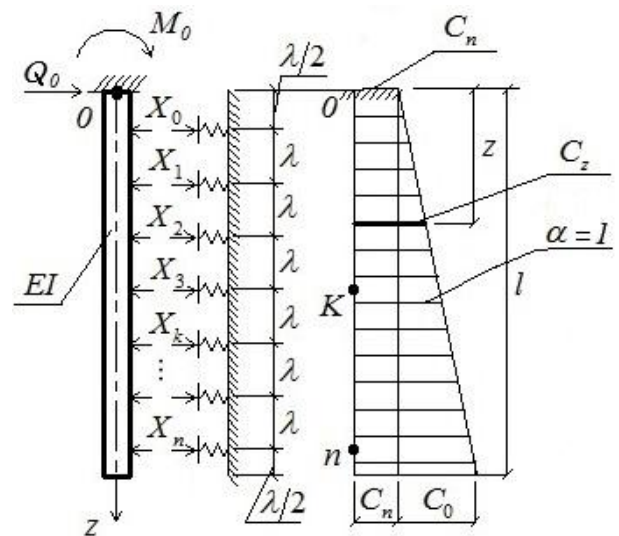


Рис. 4 - Основная система и трапецидальная эпюра коэффициента постели

2. Комплексная расчетная модель № 2.

Закономерность изменения коэффициента постели вдоль оси сваи запишем следующим образом (рис. 5):

$$C_z = C_n + C_0 \cdot (1 - e^{-a \cdot \bar{z}}) = C_n + C_0 \cdot (1 - e^{-a \cdot \bar{z}}), \quad (20)$$

где C_z – коэффициент постели на произвольной глубине z , тс/м³; C_n – коэффициент постели на уровне поверхности грунта, тс/м³; C_0 – некоторая постоянная величина коэффициента постели на глубине H , тс/м³; a – параметр, зависящий от перемещений сваи и характеризующий степень развития пластических деформаций в грунте, причем $a > 0$; l – длина заглубленной части сваи, м; z – расстояние от поверхности грунта до данного сечения сваи, м; $\bar{z}$ – приведенная (безразмерная) глубина поперечного сечения сваи,

$$\bar{a} \cdot z = \frac{a}{l} \cdot z = a \cdot \frac{z}{l} = a \cdot \bar{z};$$

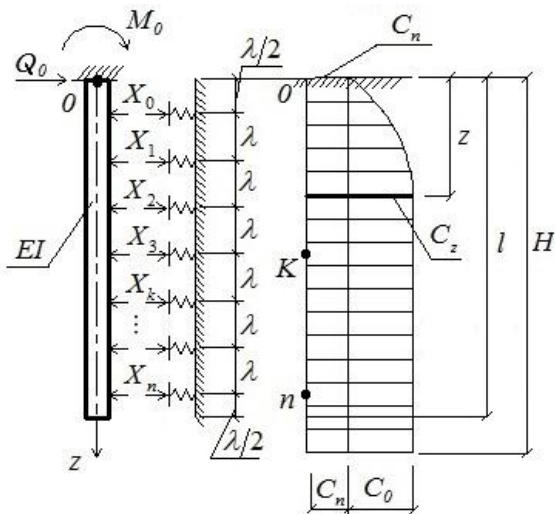


Рис. 5 - Основная система комплексной модели № 2

Выражение (20) можно записать в виде

$$C_z = C_0 \cdot \left[\frac{C_n}{C_0} + (1 - e^{-a \cdot \bar{z}}) \right]. \quad (20-1)$$

Примем следующие обозначения

$$\frac{C_n}{C_0} = \bar{C}_n; \quad \frac{z}{l} = \bar{z}; \quad \lambda = \frac{l}{n}. \quad (21)$$

Запишем по методу Б.Н. Жемочкина единичные перемещения

$$\delta_{kk} = \frac{\lambda^3}{6 \cdot EI} \cdot \bar{\omega}_{kk} + \frac{1}{\lambda \cdot b_p \cdot C_0 \cdot [\bar{C}_n + (1 - e^{-a \cdot \bar{z}})]}, \quad (22)$$

что приводится к виду

$$\delta_{kk} = \frac{\lambda^3}{6 \cdot EI} \cdot \left[\bar{\omega}_{kk} + \frac{6 \cdot EI}{\lambda^4 \cdot b_p \cdot C_0 \cdot [\bar{C}_n + (1 - e^{-a \cdot \bar{z}})]} \right]. \quad (23)$$

Обозначив

$$\mu_n = \frac{1}{\lambda} \cdot \sqrt[4]{\frac{6 \cdot EI}{b_p \cdot C_0}},$$

запишем второй член выражения (23) с учетом условий (21)

$$\frac{6 \cdot EI}{\lambda^4 \cdot b_p \cdot C_0 \cdot [\bar{C}_n + (1 - e^{-a \cdot \bar{z}})]} = \mu_n^4 \cdot \frac{1}{\left[\bar{C}_n + 1 - e^{-\frac{a \cdot k}{n}} \right]}. \quad (24)$$

Подставив (24) в (23) и при $n=10$, получим

$$\delta_{kk} = \frac{\lambda^3}{6 \cdot EI} \cdot \left[\bar{\omega}_{kk} + \frac{\mu_n^4}{\left[\bar{C}_n - e^{-\frac{a \cdot k}{10}} + 1 \right]} \right]. \quad (25)$$

2.1. Треугольное распределение коэффициента постели (рис. 6)

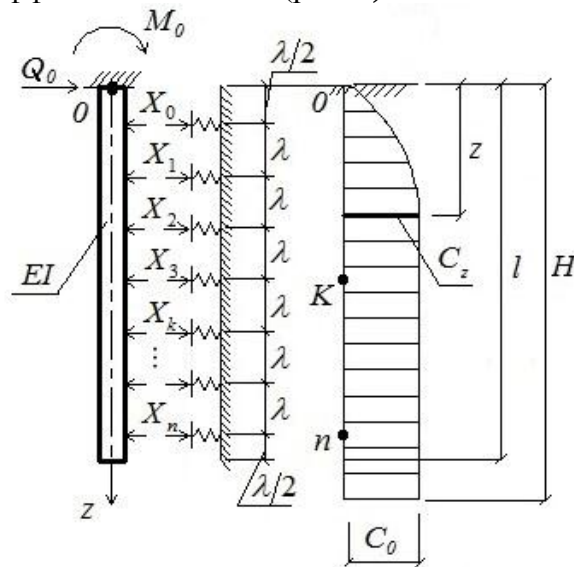


Рис. 6 - Основная система и экспоненциальная эпюра коэффициента постели

Решение получим из (25) при $C_n = 0$ в общем виде

$$\delta_{kk} = \frac{\lambda^3}{6 \cdot EI} \cdot \left[\bar{\omega}_{kk} + \frac{\mu_n^4}{\left[1 - e^{-\frac{a \cdot k}{10}} \right]} \right]. \quad (26)$$

На основании комплексных расчетных моделей составлены таблицы значений горизонтальных перемещений и изгибающих моментов свай в зависимости от приведенной глубины.

В качестве примера рассмотрим горизонтально нагруженную сваю, погруженную в основание, характеризующееся трапецидальным коэффициентом жесткости, по предлагаемой методике и используя решение А.С. Малиева [6].

Исходные данные: свая с характеристиками $EI = 2.1 \cdot 10^5$ тс·м²; $b = 0.96$ м;

$l = 6$ м. Грунт характеризуется коэффициентом жесткости на уровне поверхности $C_n = 700$ тс/м³ и $C_n + C_0 = 1400$ тс/м³ на глубине l . Горизонтальная сила $Q = 2$ тс приложена у поверхности грунта.

Графики полученных значений y_z , M_z и σ_z в зависимости от z для сваи представлены на рис. 7. Как видим, результаты расчета хорошо согласуются с соответствующими значениями, полученными по методу А.С. Малиева [6].

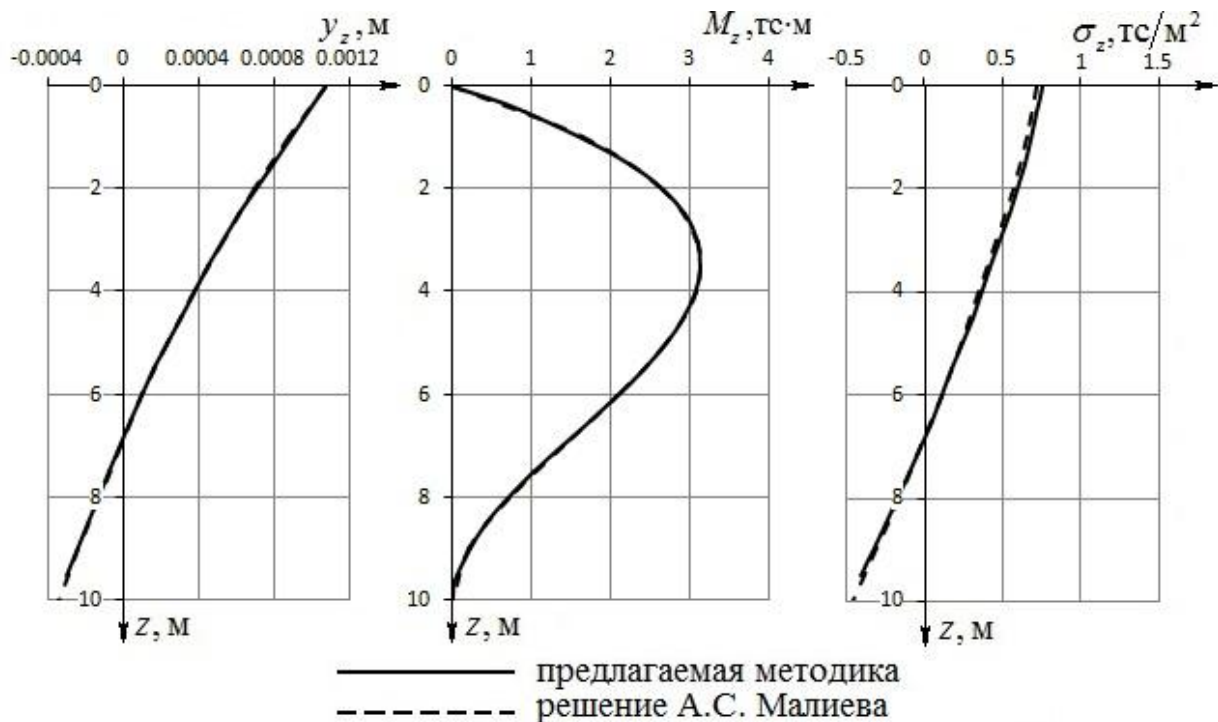


Рис. 7 - Эпюры y_z , M_z и σ_z к примеру расчета

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что предложенный метод позволяет верно и достаточно просто вычислить величины горизонтальных деформаций, изгибающих моментов и горизонтальных напряжений по боковой поверхности сваи на различной глубине ее заделки. Данный метод может быть применен при различной форме распределения коэффициента жесткости по глубине, что позволит учитывать работу горизонтально нагруженных свай при различных грунтовых условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Миронов В.В. О расчете свай конечной длины на горизонтальные нагрузки. / Миронов В.В. // Основания, фундаменты и механика грунтов, 1973. - №1 - С. 3-6.
2. Рабинович Е.А. / Е.А. Рабинович, Л.Ш. Лундин // Расчет конструкций подземных сооружений. Харьковский ПромстройНИИ-проект. - Харьков, 1976. - С. 77-82.
3. Шеменков Ю.М. Экспериментальные исследования односвайных фундаментов. / Ю.М. Шеменков, Г.В. Миткина // Основания, фундаменты и механика грунтов, 1993. - №2 - С. 12-16.

4. Жемочкин Б.Н. Расчет упругой заделки стержня / Жемочкин Б.Н. - М.: Стройиздат, 1948. – 69 с.

5. Жемочкин Б.Н. Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании / Жемочкин Б.Н., Синицын А.П. - М.: Госстройиздат, 1962. – 239 с.

6. Малиев А.С. Балки на упругом основании с переменным по их длине коэффициентом постели / Малиев А.С. // Труды Ленинградского института инженеров промышленного строительства. – ГОНТИ. - 1938. - №6 – С. 9-34.

УДК 691.22

Броневицький С.П., керівник

КО «Інститут генерального плану м. Києва»

ПРОБЛЕМИ ПЛАНУВАННЯ БУДІВНИЦТВА ДОСТУПНОГО ЖИТЛА

Планування розміщення доступного житла в населених пунктах країни є нагальною проблемою сучасного стану соціально-економічного розвитку. Вказані проблеми полягають у пріоритетному використанні виявлених територіальних ресурсів для житлового будівництва, завчасній та оперативній передачі земельних ділянок комунальним підприємствам для проектування та будівництва земельних ділянок в обсягах, достатніх для виконання адресної програми та досягнення рентабельності будівництва, створення умов для участі у державній закупівлі доступного житла будь-яких забудовників, а також виконання необхідних організаційних, юридичних, фінансово-економічних та планувальних заходів. Проблеми забезпечення населення житлом та оновлення житлового фонду загострюються з певною циклічністю, що в цілому відповідає характеристиці будівельних циклів С. С. Кузнеця, якою визначено тривалість (періодичність) циклічних коливань будівельної активності, пов'язаних з періодичним оновленням житла та деяких типів виробничих споруд: 15-20 років [3]. Крім того, у ХХІ ст. в будівництві розпочався новий великий цикл, пов'язаний зі зміною базових технологій, джерел енергії та об'єктів інфраструктури відповідно до теорії великих циклів М. Д. Кондратьєва [4].

Розглядаючи історичну періодизацію житлового будівництва в нашій країні за

нормативними вимогами, можна виділити наступні етапи:

50-ті рр. ХХ ст. – будівництво так званих сталінських житлових будинків у центральній частині, будівництво соцмістечок. Нормативною основою забудови є перші радянські правила і норми забудови (ПиН). Основними показниками, що регулювали використання території були прийняті щільність житлового фонду брутто (мікрорайон з повним комплексом установ обслуговування) і щільність житлового фонду нетто в рамках власно житлових територій, встановлення соціального нормативу забезпечення житловою площею до 5 м² на особу.

Для цього періоду характерні планувальні прийоми – периметральна або квартальна забудова з невеликими замкненими дворами, принципи організації будівництва – виділення будівельних майданчиків під окремі житлові будинки у центральних кварталах та комплексна забудова кварталів в периферійних зонах біля промислових підприємств, (наприклад, окремі квартали та мікрорайони Стара Дарниця, Соцмістечко, ДВРЗ тощо).

Наступний етап: 60-70-ті рр. ХХ ст. – масове індустріальне будівництво переважно 5-поверховою панельною або цегляною забудовою (так звані «хрущовки»). Це будівництво, яке в свій час вирішило найважливіше соціальне завдання переселення мешканців з комунальних квартир та бараків, а в даний час викликає