

LOSSES OF PRESTRESS FROM SHRINKAGE AND NON-LINEAR CREEP OF CONCRETE OF REINFORCED CONCRETE ROD SYSTEMS

(Mirzaakhmedova U.A. mirzaahmedova@fer.uz (ORCID 0000-0001-5227-1089))

Аннотация: в статье представлен алгоритм расчета предварительно-напряженных железобетонных стержневых систем с учетом потери преднапряжения от нелинейной работы железобетона с течением времени

Ключевые слова: напряжение, преднапряжение, деформация, ползучесть, усадка.

Abstract: An algorithm for calculating prestressed reinforced concrete rod systems is presented taking into account the loss of prestress from non-linear operation of reinforced concrete over time.

Key words: stress, prestress, deformation, creep, shrinkage.

Введения. Предварительно напряженные железобетонные конструкции имеют сложное напряженное состояние, изменяющееся во времени от воздействия внешних нагрузок, проявления неупругих деформаций бетона, релаксации напряжений в стали и других условиях. В связи с этим, при проектировании предварительно напряженных конструкций необходимо знать основные причины, влияние на характер и величину изменения напряжений в арматуре и бетоне на различных стадиях их работы.

Модели образцов и методика исследований. Точный учет факторов, влияющих на величину потерь, как правило, представляет сложную и нередко трудно решаемую задачу [1,2,3]. В связи с этим, для практических расчетов приходится принимать менее точные, но упрощенные способы учета потерь предварительного напряжения.

Потери предварительного напряжения, учитываемые в расчетах, могут быть подразделены на следующие виды: усадка бетона; ползучесть бетона; релаксация напряжений в арматуре; деформация анкеров, шайб и прокладок; деформация швов между блоками составных конструкций; деформация форм для изготовления конструкций; трения арматуры в стенке канала или поверхности бетона конструкций; смятие бетона под витками кольцевой (спиральной) арматуры; разность температуры натянутой арматуры и температура устройств, воспринимающих усилие напряжения; многократно повторяющаяся нагрузка; разность коэффициентов линейного удлинения арматуры и бетона при работе конструкции в условиях повышенной температуры. Вышеуказанные факторы, влияющие на потери предварительного напряжения от усадки и ползучести бетона, релаксация напряжений стали проявляются в течении длительного времени.

В эксплуатационной стадии на потери предварительного напряжения действуют основные усадки и ползучесть бетона. Определим потери предварительного напряжения от ползучести бетона по формуле [4].

$$\sigma_n = \frac{\sigma_b}{\mu_s} (1 - e^{-\xi} \varphi_t) \quad (1)$$

где: $\sigma_b = \sigma_{sk} \frac{\mu_H}{1 + n_s \mu}$ (2) - начальное напряжение.

С учетом роста модуля упругой деформации бетона во времени опытные параметры определяются:

¹ Fergana Polytechnic Institute, Fergana city, UZBEKISTAN

$$\xi = n_h \mu_s \left(1 - \frac{n_h \mu_s}{\delta \varphi_t} l_n \frac{1 + n_h \mu_s + \delta \varphi_t}{1 + n_h \mu_s} \right) \quad (3)$$

$$\mu_s = \frac{A_s}{A}; \quad \mu_h = \frac{A_{sp}}{A} \quad (4)$$

$$\mu_s = \frac{A_{sp}}{A} + \frac{A_s}{A} \quad (5)$$

$$n_s = \frac{E_s}{E_M^{(t)}}; \quad n_h = \frac{E_h}{E_M^{(t)}} \quad (6)$$

$$\varphi_e = \varphi_\infty (1 - e^{-b_1 t}) \quad (7)$$

$\varphi_\infty = \varphi_\infty^c \eta_1 \eta_2 \eta_3$ - предельная характеристика ползучести; φ_∞^c - значение предельной характеристики ползучести для средних условий; η_1 - поправочный коэффициент, зависящий от влажности среды, в которой находится элемент (конструкция).

$\eta_2 = 1,926 - 0,738 l_{gb}$ - поправочный коэффициент, учитывающий масштабный факторы (размеры элемента). η_3 - поправочный коэффициент, зависящий от возраста бетона t_o и момент загрузки элемента $E_M^{(t)} = E_{M(\infty)}^o (1 - \beta e^{-\alpha t})$ - упруго-мгновенные деформации бетона; $E_{M(\infty)}^o, \beta, \alpha$ - константы, зависящие от условий твердения и состава бетона [5,6].

Потери предварительного напряжения от усадки бетона определяются по формуле:

$$\sigma_{s,y} = \frac{\alpha_y E_M^{(t)}}{\mu_s \varphi_\infty} (1 - e^{-\xi \rho t}) \quad (8)$$

где:

$\alpha_y = \alpha_y^c \eta_1 \eta_2 \eta_4$ - предельная относительная деформация усадки;

α_y^c - значение предельной относительной деформации усадки для средних условий;

η_4 - поправочный коэффициент, зависящий от времени t_o^y , с которого начинается учет усадки и бетона.

Определения потери предварительного напряжения от ползучести и усадки во времени, находим величину «сжимающей силы».

$$N_{sp} = \sigma_{sk} - (\sigma_n + \sigma_{sy}) A_{sp} \quad (9)$$

Вычисленный N_{sp} рассматривается как внешняя нагрузка и прилагается к концу пред напряжённых стержней с обратным знаком.

Результаты экспериментов и их анализ. По разработанным алгоритмам составлена программа и рассмотрены примеры.

Программа предназначена для расчета предварительно напряженных железобетонных ферм с учетом жесткости узлов, ползучести и усадки бетона, а также для изменения пред- напряжения во времени, находящийся под действием внешних нагрузок, с использованием метода последовательных приближений.

Общая структура процесса расчета программы приведена на рис (1).

Результаты рассмотренных примеров (расчет предварительно напряженных железобетонных ферм с учетом жесткости узлов в неупругой стадии) показывают, что напряжения от усадки и ползучести в большинстве элементов существенно не изменяются и лишь в нижних поясах значительно уменьшается [7,8,9].

На основе графиков (рис. 2, 3, 4) приращение $\Delta\sigma$ при различных процентах армирования полученных согласно табл.1 показывает, что от действия постоянных эксплуатационных нагрузок напряжения в стержнях фермы во времени в верхнем поясе уменьшается, а в нижнем поясе, раскосе и стойке увеличивается.

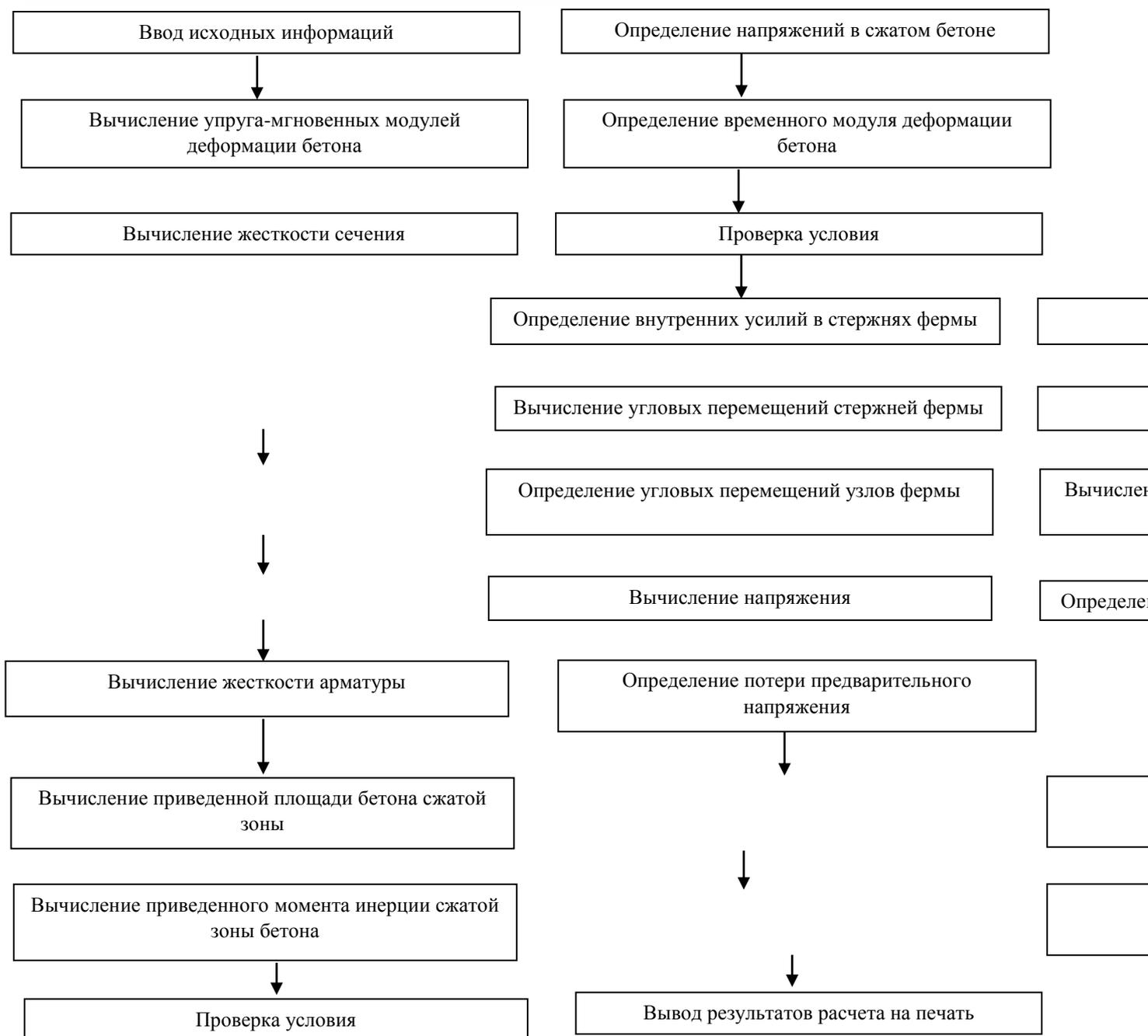
При увеличении процента армирования приращения напряжений - $\Delta\sigma$ изменяется в следующих пределах:

а) в нижнем поясе от 2 до 8%; б) в верхнем поясе от 0,5 до 3,5%; в) в раскосах от 0,2 до 2,4%.

При одном и том же уровне нагрузки с увеличением процента армирования процесс перераспределения усилий растет.

Это обусловлено тем, что в элементах фермы с высоким процентом армирования в сжатом бетоне и следовательно нелинейность деформирования растет.

Нелинейность деформирования способствует перераспределению напряжений между стержнями фермы.



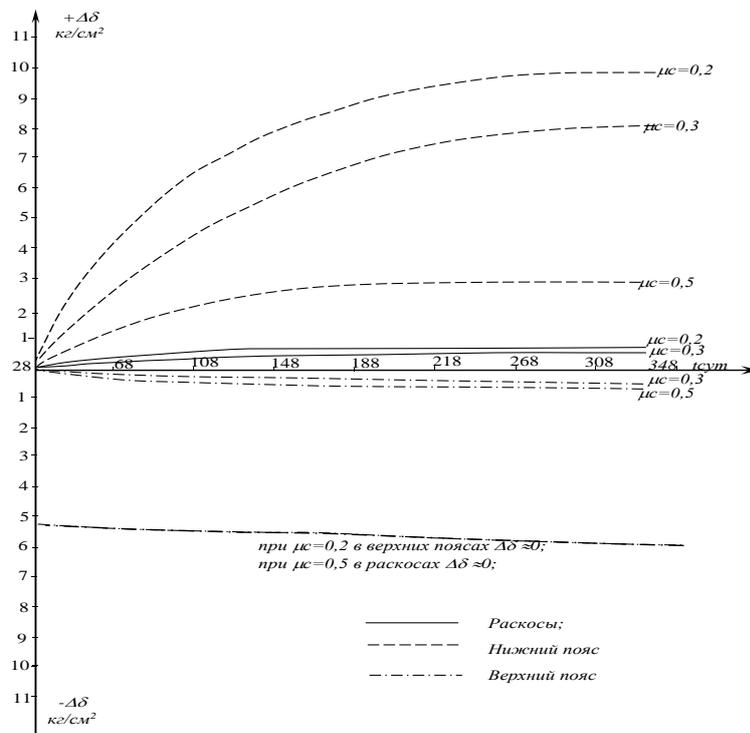


Рис.2. Приращение напряжений $\Delta\delta$ при увеличений μ в сжатых элементах.

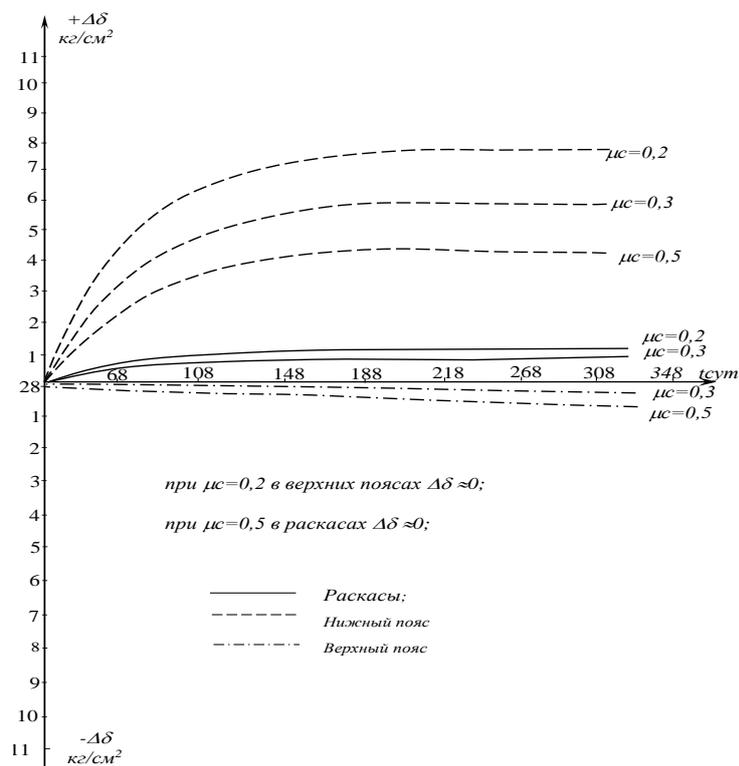


Рис.3. Приращение напряжений $\Delta\delta$ при увеличений μ в растянутых элементах.

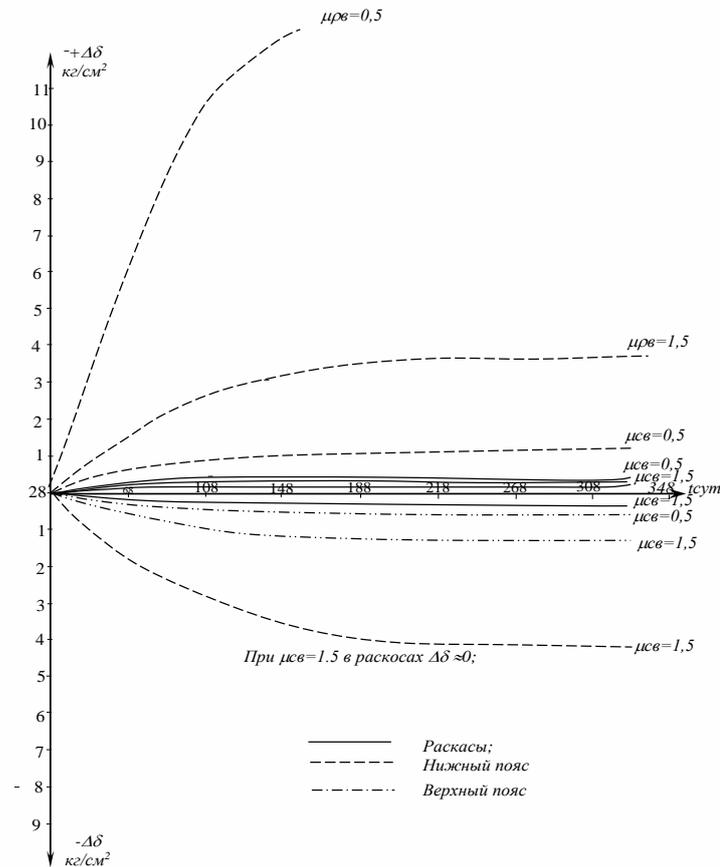


Рис.4. Приращение напряжений $\Delta\delta$ при увеличении μ_{rv} соответственно во всех элементах

Таблица 1.

Элементы фермы	Постановка задачи: t сутки		% армирования							
			0,2 ^c	0,5 ^c	0,5 ^p	2,5 ^p	0,5 ^{св}	1,5 ^{св}	0,5 ^{рв}	1,5 ^{рв}
Верхний пояс	Упругая, нелинейная неравновесная, я,	t ₀ =28	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
		t ₀ =28	0,950	0,892	0,954	0,970	0,917	0,706	1,007	0,927
		t=112	0,947	0,887	0,951	0,964	0,911	0,696	1,006	0,926
Нижний пояс	Упругая, нелинейная неравновесная, я,	t ₀ =28	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
		t ₀ =28	1,205	1,058	1,135	1,139	1,016	0,666	1,217	1,089
		t=112	1,214	1,058	1,137	1,151	1,024	0,669	1,223	1,093
Рас-косы	Упругая, нелинейная неравновесная, я,	t ₀ =28	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
		t ₀ =28	0,658	0,418	0,667	0,649	0,409	0,152	1,328	0,493
		t=112	0,660	0,420	0,670	0,650	0,410	0,152	1,386	0,494

Примечание: с, р, св, рв означают, что проценты армирования изменяются только в сжатых, растянутых и соответственно во всех элементах фермы.

Список литературы

- [1]. Бондаренко В.М. «Некоторые вопросы нелинейной теории ползучести бетона». Харьков, изд-во Харьковского университета: 1991. Стр. 56.
- [2]. Abdukhalimjohnovna M. U. Failure Mechanism Of Bending Reinforced Concrete Elements Under The Action Of Transverse Forces //The American Journal of Applied sciences. – 2020. – Т. 2. – №. 12. – С. 36-43.
- [3]. Abdukhalimjohnovna M. U. Technology Of Elimination Damage And Deformation In Construction Structures //The American Journal of Applied sciences. – 2021. – Т. 3. – №. 05. – С. 224-228.

- [4]. Мирзаахмедов А. Т., Мирзаахмедова У. А., Максумова С. Р. Алгоритм расчета предварительно напряженной железобетонной фермы с учетом нелинейной работы железобетона //Актуальная наука. – 2019. – №. 9. – С. 15-19.
- [5]. Mirzaakhmedova U. A. Inspection of concrete in reinforced concrete elements //Asian Journal of Multidimensional Research. – 2021. – Т. 10. – №. 9. – С. 621-628.
- [6]. Mirzaakhmedov A. T., Mirzaakhmedova U. A. Prestressed losses from shrinkage and nonlinear creep of concrete of reinforced concrete rod systems //EPRA International journal of research and development (IJRD). – 2020. – Т. 5. – №. 5. – С. 588-593.
- [7]. Mirzaakhmedov A. T., Mirzaakhmedova U. A. Algorithm of calculation of ferro-concrete beams of rectangular cross-section with one-sided compressed shelf //Problems of modern science and education. Scientific and methodical journal.– 2019. – 2019. – Т. 12. – С. 145.
- [8]. Мирзаахмедов А. Т., Мирзаахмедова У. А. Алгоритм расчета железобетонных балок прямоугольного сечения с односторонней сжатой полкой //Проблемы современной науки и образования. – 2019. – №. 12-2 (145). – С. 50-56.
- [9]. Мирзаахмедов, А. Т. (2022). Оптимального Проектирования Стержневых Систем С Учётом Нелинейной Работы Железобетона. CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THEORETICAL & APPLIED SCIENCES, 3(4), 64-69.