



УДК 624.012.

Замалиев Фарит Сахапович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: zamaliiev49@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

К оценке прочности сталежелезобетонного перекрытия с преднапряженными балками и плитой

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить напряженно-деформированное состояние сталежелезобетонного ребристого перекрытия при преднапряжении ребер-балок, расположенных с определенным шагом и самой плиты в перпендикулярном направлении. Поставлена задача на основе анализа напряженного состояния записать выражения для оценки прочности как самых ребер – преднапряженных сталежелезобетонных балок, с учетом потерь преднапряжения в арматуре и в стальном профиле, так и прочности преднапряженной плиты на действие эксплуатационных нагрузок.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в выявлении ряда принципиальных положений напряженного состояния преднапряженной бетонной плиты и ребер-балок, которые использованы в сталежелезобетонном перекрытии и оценка прочности составного сталежелезобетонного преднапряженного перекрытия.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в анализе напряженного состояния преднапряженной плиты при совместной работе с ребрами. Кроме того модель расчета и полученные зависимости описывающие напряженное состояние перекрытия могут быть использованы не только при новом строительстве, но и при восстановлении перекрытий архитектурных памятников старой постройки.

Ключевые слова: сталежелезобетонное перекрытие, напряженное состояние, преднапряженная балка, преднапряженная плита, напряжения.

Введение

В последнее время в гражданских зданиях все большее применение находят сталежелезобетонные конструкции (балки, плиты, колонны). Преднапряжение в строительных конструкциях, особенно в железобетонных и металлических конструкциях нашло достойное применение, а в сталежелезобетонных конструкциях пока не нашло такого распространения, как в железобетонных и металлических конструкциях, хотя из технических источников известно единичное его использование. Применение предварительного напряжения в металлических конструкциях позволяет уменьшить расход металла и деформативность (прогибы), а в железобетонных конструкциях наряду с увеличением жесткости, улучшает трещиностойкость, уменьшает расход материалов, главное – повышает эффективность использования высокопрочной арматуры.

Расчет предварительно напряженных конструкций на эксплуатационные нагрузки требует определения напряженно-деформированного состояния от внешних воздействий. При выявлении действительного напряженно-деформированного состояния необходимо учитывать изменения свойств бетона во времени (ползучесть и длительный характер усадки).

Для создания надежных экономичных конструкций для эксплуатационных нужд, необходимо правильно учитывать напряженно-деформированное состояние материалов при проектировании составных конструкций, особенно преднапряженных.

Поэтому оценка напряженно-деформированного состояния преднапряженного сталежелезобетонного перекрытия при действии эксплуатационных нагрузок является актуальной задачей. В статье приведены методика, модели расчета сталежелезобетонного перекрытия, состоящего из сталебетонных преднапряженных балок и преднапряженной плиты в поперечном направлении, даются аналитические выражения для расчета сталежелезобетонного перекрытия описанного сечения.

Часто применяют натяжение арматуры на упоры или на бетон при формировании преднапряженных железобетонных балок. В сталежелезобетонных конструкциях, благодаря наличию жесткой стальной арматуры (двутавра), как основного составляющего сечения профиля, можно производить натяжение арматуры на профиль, т.е. сначала формируется преднапряженная стальная балка, затем боковые полости бетонируются, после приобретения бетоном заданной прочности, происходит обжим бетона при отпуске натянутой арматуры.

Обзор литературы

Труды отечественных исследователей в основном посвящены исследованию сталежелезобетонных перекрытий со стальным профнастилом или со сборными железобетонными плитами [1-4]. В зарубежных изданиях находят отражение исследования выявления напряженного состояния и статических сил составных сталежелезобетонных сечений [5-9]. Исследования КГАСУ посвящены в основном прочности сталежелезобетонных балок и плит на основе аналитических диаграмм работы материалов [10-13] при учете податливости слоев. В последние годы появились исследования отражающие поведение сталежелезобетонных преднапряженных изгибаемых элементов [19-20].

Применение преднапряжения в сталежелезобетонных изгибаемых элементах по сравнению с преднапряженными железобетонными и металлическими элементами имеет ряд преимуществ: затяжки «висячие» часто снизу сечения металлической балки исчезают, а так же исчезают анкерующие узлы в торцах балки по сравнению с железобетонными балками, т.к. они размещаются в ребрах самой стальной балки. Исследователи на сегодняшний день заняты изучением напряженно-деформированного состояния не преднапряженных сталежелезобетонных конструкций и увеличению эффективности работы материалов (бетона и стали) в упругой и упругопластической стадиях [1-12]. В России получены новые патенты на преднапряженные сталежелезобетонные балки [14-18]. В этих патентах реализованы как новые идеи непосредственного преднапряжения балок сталежелезобетонного сечения, так и идеи создания преднапряженных сталежелезобетонных изгибаемых балок через преднапряжение металлических профилей с последующим их обетонированием.

Исследования

Теоретическим и экспериментальным исследованиям преднапряженных сталежелезобетонных балок посвящены работы [19, 20], которые позволили выявить некоторые закономерности их поведения, а приводимые аналитические зависимости позволяют оценить их несущую способность. Наряду с самостоятельным их применением как несущий элемент, балки очень часто являются основным несущим элементом перекрытий, состоящих из плиты и ребер-балок. В перекрытиях наряду с применением преднапряженных балок, можно преднапрячь саму плиту. Преднапряжение плиты позволяет уменьшить деформативность ее, увеличивает прочность и шаг подкрепляющих ребер-балок, тем самым уменьшает количество балок. В этой статье рассмотрено преднапряжение плит поперек направления балок.

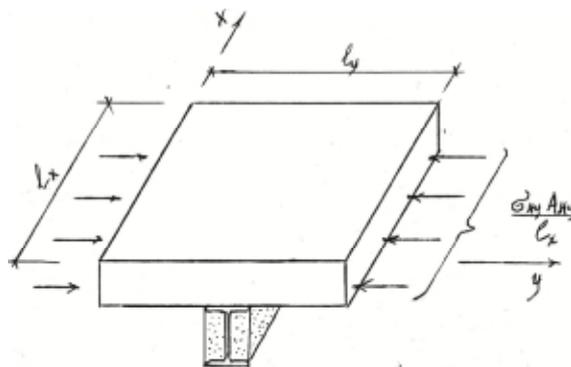


Рис. 1. Схема преднапряжения плиты на уровне нижней арматуры

Рассмотрим напряженно-деформированное состояние преднапряженной плиты перекрытия, у которой преднапряженная арматура расположена в нижней зоне плиты (рис. 1).

Стадия 1 (обжатие бетона) (рис. 2).

Введем следующие обозначения по аналогии с преднапряженными железобетонными элементами¹¹:

ν – коэффициент поперечного расширения упругой деформации (0,13-0,22).

$$m = \frac{A_{ny}}{A_{by}},$$

где μ – отношение площадей поперечного сечения преднапряжений арматуры и бетона по направлению y

Примем что, коэффициент поперечного расширения пластической деформации бетона есть величина постоянная и равен 0,5 ν .

Напряжения и усилия от преднапряжения находим по аналогии с источником 1.

Контролируемые напряжения в арматуре A_{ny} обозначим через σ_{aky} .

Равнодействующая сила напряжения в преднапряженной арматуре:

$$N_{aky} = \sigma_{aky} \cdot A_{ny}. \quad (1)$$

Напряжения в бетоне в сечении, параллельно к ребрам от поперечного обжатия на уровне арматуры A_{ny} :

$$s_{nyb} = - \frac{N_{aky}}{A_n} \frac{\alpha}{\epsilon} \left(1 + \frac{y_{an}^2}{r_y^2} \right) \frac{\ddot{\sigma}}{\sigma} \quad (2)$$

- на уровне нижней грани сечения:

$$s_{nrb} = - \frac{N_{aky}}{A_n} \frac{\alpha}{\epsilon} \left(1 + \frac{y_{an} y_{ary}}{r_y^2} \right) \frac{\ddot{\sigma}}{\sigma} \quad (3)$$

- на уровне верхней грани сечения:

$$s_{nryb} = - \frac{N_{aky}}{A_n} \frac{\alpha}{\epsilon} \left(1 - \frac{y_{an} y_{ary}}{r_y^2} \right) \frac{\ddot{\sigma}}{\sigma} \quad (4)$$

Начальные напряжения в арматуре A_{ny} с учетом потерь от упругого обжатия определяются:

$$\sigma_{ay} = \sigma_{aky} + n_n \sigma_{nyb}. \quad (5)$$

Напряжения в бетоне перпендикулярно к ребрам перекрытия:

- на уровне напряженной арматуры:

$$\sigma_{bu} = -\nu \sigma_{nrb}; \quad (6)$$

- на уровне нижней и верхней грани бетонного сечения:

$$\sigma_{bru} = -\nu \sigma_{nrb}; \quad \sigma'_{bru} = -\nu \sigma'_{nrb}. \quad (7)$$

Растягивающие напряжения в напряженной арматуре A_{av} :

$$\sigma_{av} = -\nu n_n \sigma_{nrb}. \quad (8)$$

Стадия 2 (состояние после потерь преднапряжения и усадки бетона) (рис. 2).

Определим потери напряжений, возникающие в сечениях в результате поперечного обжатия, поперечной и продольной усадки. Вдоль балки арматура A_{av} напряженная.

Для отыскания неизвестных напряжений воспользуемся уравнениями равновесия и уравнениями равенства деформаций бетона и арматуры, приведенных для одноосного обжатия в кн. Голышев А.Б. «Расчет предварительно напряженных железобетонных конструкций с учетом длительных процессов», М-1964.

$$s_{ny}^H = \frac{\alpha}{\epsilon} s_{nyb} + \frac{e_y}{m} E_b \frac{\ddot{\sigma}}{\sigma} B_y^H, \quad (9)$$

$$s_{ny}^H = \frac{n}{2} \frac{e_y}{m} E_b B_y^H; \quad s_{nx}^H = \frac{e_y}{m} E_b B_y^H, \quad (10)$$

¹¹Голышев А.Б. Расчет предварительно напряженных железобетонных конструкций с учетом длительных процессов. М.: 1964.

$$s_{nx}^H = \frac{n \sigma_y}{2 \epsilon m} E_0 - s_{nyb} \frac{\ddot{\sigma}}{\varnothing} B_x^H \tag{11}$$

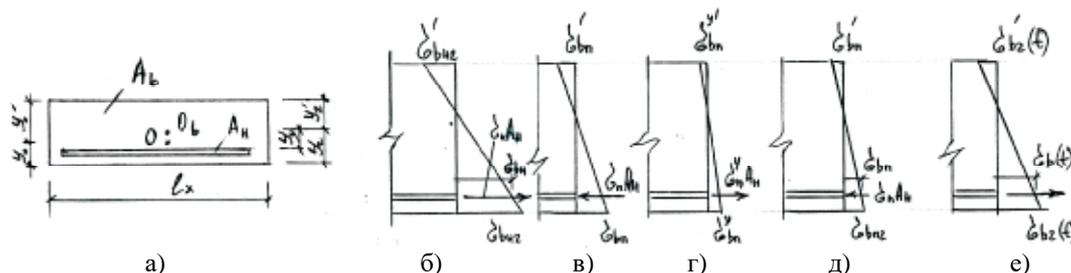


Рис. 2. Напряженное состояние бетонной преднапряженной плиты:
 а) поперечное сечение; б) эпюра напряжения от поперечного обжатия;
 в) эпюра потерь напряжений при обжатии и от усадки бетона;
 г) эпюра потерь напряжений от продольной усадки; д) эпюра суммарных потерь напряжений;
 е) эпюра установившихся напряжений

Коэффициенты $B_y^u, B_y^n, B_x^n, B_x^u$ вычисляются по следующим выражениям:

$$B_y^u = \frac{n_j j_t}{1 + n_y m_y r_y g}; B_y^n = \frac{n_j j_t}{1 + 0,5 n_y m_y r_y g} \tag{12}$$

$$B_x^n = \frac{n_j j_t}{1 + n_x m_x r_x g}; B_x^u = \frac{n_j j_t}{1 + 0,5 n_x m_x r_x g} \tag{13}$$

Потери напряжений в бетоне на уровне преднапряженной арматуры:

$$s_{bny}^u = -s_{ny}^u m_y r_y \tag{14}$$

$$s_{bny}^n = -s_{ny}^n m_y r_y \tag{15}$$

где

$$r_y = 1 + \frac{y_u^2}{r_{by}^2}$$

Потери напряжений в направлении ребер перекрытия, т.е. на уровне напряженной арматуры:

$$s_{bnx}^n = -s_{nx}^n m_x r_x; s_{bnx}^u = -s_{nx}^u m_x r_x \tag{16}$$

где

$$r_x = 1 + \frac{y_x^2}{r_{bx}^2}$$

Установившиеся напряжения в направлении ребер перекрытия:

$$\sigma_{by}(t) = \sigma_{by} + \sigma_{bn}(u) \tag{17}$$

$$\sigma_{bry}(t) = \sigma_{bry} + \sigma_{brn}(u) \tag{18}$$

$$\sigma'_{bry}(t) = \sigma'_{bry} + \sigma'_{brn}(u) \tag{19}$$

$$\sigma_{ay}(t) = \sigma_{ay} + \sigma_n(u) \tag{20}$$

Напряжение в ненапряженной арматуре A_{av} :

$$\sigma_{ax}(t) = -\nu n_a \sigma_{bnx} + \sigma_n(v) \tag{21}$$

Для аналитического расчета преднапряженных сталежелезобетонных балок использован метод расчета железобетонных преднапряженных балок приспособленный к геометрическим и физическим параметрам сталежелезобетонного сечения [20].

Если арматура натягивается на упоры, то равнодействующая сила натяжения, после проявления первых потерь, указанной арматуры равна:

$$N = N_0 + N'_0 = \sigma_0 A_a + \sigma'_0 A'_a \tag{22}$$

Сила N приложена на расстоянии e_n от центра тяжести приведенного сечения:

$$e_n = \frac{N_0 y_n - N'_0 y'_n}{N} \tag{23}$$

Отпуск арматуры сопровождается внецентренным обжатием сечения, после бетонирования и приобретения бетоном требуемой прочности. Напряжения в бетоне можно определить по формуле:

$$s_b^* = - \frac{N}{A_n} \frac{e}{e} \pm \frac{e_n y_n^*}{r_n^2} \frac{\ddot{\sigma}}{\ddot{\sigma}} \quad (24)$$

где $r_n^2 = I_n / A_n$; A_n и I_n – площадь приведенного сечения стержня и момент инерции, сечения относительно его центра тяжести; y_n – расстояние от центра тяжести сечения до рассматриваемого уровня.

Если волокна бетона, где определяются напряжения, расположены выше центра тяжести сечения, в скобках формулы ставится знак минус, если ниже – плюс.

Начальные напряжения в верхней и нижней арматуре после упругого обжатия сечения равны:

$$\sigma_H = \sigma_0 + n\sigma_b; \quad \sigma'_H = \sigma'_0 + n\sigma_b. \quad (25)$$

При натяжении арматуры на бетон контролируемые величины напряжений в арматуре A и A' принимаются равными соответственно σ_H и σ'_H . В этом случае:

$$N = N_H + N'_H = \sigma_H A_a + \sigma'_H A'_a. \quad (26)$$

Сила N приложена на расстоянии e_b от центра тяжести бетонного сечения:

$$e_b = \frac{N_H y_b - N'_H y'_b}{N}. \quad (27)$$

Напряжения в бетоне на любом уровне определяются по формуле:

$$s_b^* = - \frac{N}{A_b} \frac{e}{e} \pm \frac{e_b y_b^*}{r_b^2} \frac{\ddot{\sigma}}{\ddot{\sigma}} \quad (28)$$

После предварительного обжатия армированной плиты происходит уменьшение напряжений в бетоне и арматуре вследствие ползучести бетона.

Влияние ползучести на среднем участке, в рассматриваемой плите, будет одинаковым, как для случая натяжения на бетон, так и для случая натяжения на упоры (независимо от того, сцепление между арматурой и бетоном восстанавливается при инъекции раствора в промежутки между арматурой и стенкой канала или нет). Следовательно, можно считать что напряжения, вызванные ползучестью бетона, для случаев натяжения на бетон и на упоры можно определять по одним и тем же формулам.

Обозначая напряжения в верхней и нижней арматуре, вызываемые ползучестью бетона, через σ_{an} и σ'_{an} , в бетоне на уровне арматуры – через σ_{bn} и σ'_{bn} , находим усилия, изменяющиеся по величине во времени:

$$N_{bn} = (s_{bn} y'_b + s'_{bn} y_b) \frac{A_b}{h}, \quad (29)$$

$$N_{an} = s_{an} A_a; \quad M_{bn} = (s_{bn} - s'_{bn}) \frac{I_b}{h}; \quad N'_{an} = s'_{an} A'_a. \quad (30)$$

Рассматривая эти силы как некоторые дополнительные, нетрудно доказать, что они должны взаимно уравновешиваться и удовлетворять следующим условиям:

$$N_{an} + N_{an} + N'_{an} = 0; \quad \frac{s_{an}}{E_a} = \frac{s_b}{E_b} j_t + \frac{s_{bn}}{E_b} g; \quad (31)$$

$$M_{bn} - N_{an} y_b + N'_{an} y'_b = 0; \quad \frac{s_{an}}{E_a} = \frac{s_b}{E_b} j_t + \frac{s_{bn}}{E_b} g. \quad (32)$$

Совместное решение уравнений приводит к следующим выражениям:

- в нижней и верхней арматуре:

$$s_{an} = n(s_b a_1 - s'_b a_2) \frac{j_t}{a_5}; \quad s'_{an} = n(s'_b a_1 - s_b a_2) \frac{j_t}{a_5}; \quad (33)$$

- в бетоне на любом уровне:

$$s_{bn}^* = - \frac{e}{e} \pm \frac{y_b y_b^*}{r_b^2} \frac{\ddot{\sigma}}{\ddot{\sigma}} - s_{an} m \frac{e}{e} \pm \frac{y_b y_b^*}{r_b^2} \frac{\ddot{\sigma}}{\ddot{\sigma}} \quad (34)$$

В целях автоматизации расчетов исследуемые балки рассчитывались при помощи созданной программы в среде Microsoft Excel [20]. Стадия 1 исследуемые балки рассчитывались без бетонной части, как стальная двутавровая балка с затяжкой. На этой стадии подбирается исходя из нагрузок необходимые двутавр, арматура. Затем ведется расчет по определению усилия самонапряжения, усилий в затяжке, напряжений в верхней и нижней поясах двутавра, деформаций от обратного выгиба. В стадии 2 ведется учет бетона в балке. Расчет по 2-й стадии ведется по формулам приведенным выше.

Для сталежелезобетонного перекрытия с преднапряженной балкой выражения для определения «х» и изгибающего момента примут вид:

$$N_x = N_b + N'_a + N_a + N_s + N_H + N_{pr1} - N_{pr2} = 0, \quad (35)$$

$$M_z = N_b z_1 + N'_a z_6 + N_a z_7 + N'_s z_2 + N_H z_3 + N_{pr1} z_4 + N_{pr2} z_5. \quad (36)$$

Случай натяжения на бетон. В этом случае арматура натягивается на упоры по концам плиты либо пропускается в пластиковых трубках (каналах), после укладки и твердения бетона осуществляется натяжение арматуры и после заполнения каналов мелкозернистым бетоном и отпуска натяжения происходит обжатие бетона.

Установившиеся натяжения к любому моменту времени при действии эксплуатационных нагрузок с учетом потерь запишутся в виде (рис. 3).

$$\sigma'_b(t) = \sigma'_b + \sigma'_{bg}; \quad (37)$$

$$\sigma_b(t) = \sigma_b + \sigma_{bg}; \quad (38)$$

$$\sigma_a(t) = \sigma_a + \sigma_{ag}; \quad (39)$$

$$N_a(t) = s_a(t) A_a \frac{E_a}{E_H} + s_{pr} A_{pr} \frac{E_{pr}}{E_H} \frac{x}{2h}; \quad (40)$$

$$\sigma'_{pr}(t) = \sigma'_{pr} + \sigma'_{prg}; \quad (41)$$

$$\sigma_{pr}(t) = \sigma_{pr} + \sigma_{prg}; \quad (42)$$

$$\sigma_H(t) = \sigma_H + \sigma_{Hg}; \quad (43)$$

$$N_H(t) = s_H(t) \left(\frac{\sigma}{\sigma} A_H + A_a \frac{E_a}{E_H} + A_{pr} \frac{E_{pr}}{E_H} \frac{h-x}{2h} \right); \quad (44)$$

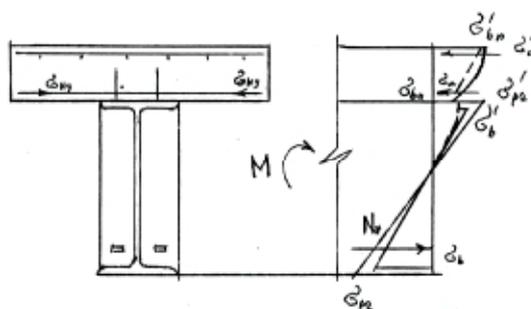


Рис. 3. Схема усилий и напряжений в расчетном сечении перекрытия

При записи выражений для определения высоты сжатой зоны «х» в формулах (37) и (38) используются вышеприведенные напряжения и усилия (39-44).

При использовании преднапряженной балки в качестве ребер-балок сталежелезобетонного перекрытия выражения примет вид (рис. 3).

$$N_x = N_b + N_{bp} + N'_a + N_a + N_s - N_H + N_{pr1} - N_{pr2} = 0, \quad (45)$$

$$M_z = N_b z_1 + N'_a z_2 + N_a z_3 + N_{bp} z_6 + N_s z_7 + N_{pr1} z_4 + N_H z_8 - N_{pr2} z_5. \quad (46)$$

Заключение

Исследовано напряженное состояние сталежелезобетонного ребристого перекрытия с преднапряженными балками и плитой, у которой преднапряжение выполнено поперек ребер. Предложены аналитические выражения для оценки прочности перекрытия с учетом усилий преднапряжений, которые могут быть использованы при проектировании сталежелезобетонных перекрытий при новом строительстве и при восстановлении перекрытий старой постройки.

Список библиографических ссылок

1. Айрумян Э. Л., Каменщиков Н. И., Румянцева И. А. Особенности расчета монолитных плит сталежелезобетонных покрытий по профилированному стальному настилу // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 9. С. 21–26.
2. Туснин А. Р. Перекрытия многоэтажных зданий со стальным каркасом // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 8. С. 10–14.
3. Туснин А. Р., Коляго А. А. Конструкция и работа сталежелезобетонного перекрытия с использованием сборных пустотных железобетонных плит // Современная наука и инновации. 2016. № 3. С. 141–147.
4. Астахов И. В., Кузнецов А. Ю., Морозова Д. В. Исследование работы сталежелезобетонных конструкций // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 3 (62).
5. Hadzalic E., Barucija K. Concrete shrinkage effects in composite beam // Construction of unique buildings and structures, 2014. № 11 (26). P. 85–93.
6. Champenoy D., Corfdir A., Corfdir P. Calculating the critical buckling force in compressed bottom flanges of steel-concrete composite bridges // European Journal of Environmental and Civil Engineering. 2014. № 18 (3). P. 271–292.
7. Gholamhoseini A., Khanlou A., MacRae G., Scott A., Hicks S., Leon R. An experimental study on strength and serviceability of reinforced and steel fibre reinforced concrete (SFRC) continuous composite slabs // Engineering Structures. 2016. № 114 (1). P. 171–180.
8. Vasdravellis G., Uy B., Tan E. L., Kirkland B. Behaviour and design of composite beams subjected to sagging bending and axial compression Original Research // Journal of Constructional Steel Research. 2015. № 110. P. 29–39.
9. BSI (2010) BS 5950-3.1.A1. Structural use of steelwork in buildings. Design in composite construction. Code of practice for design of simple and continuous composite beams. BSI, London.
10. Замалиев Ф. С., Мирсаяпов И. Т. Расчет прочности сталежелезобетонных изгибаемых конструкций на основе аналитических диаграмм // Разработка и исследование металлических и деревянных конструкций: сборник научных трудов. 1999. С. 142–149.
11. Замалиев Ф. С. Учет нелинейных свойств материалов и податливости слоев при расчете прочности сталежелезобетонных перекрытий // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 5. С. 38–41.
12. Замалиев Ф. С., Каюмов Р. А. К расчету сталежелезобетонного перекрытия как ортотропной плиты // Известия КГАСУ. 2014. № 1 (27). С. 94–99.
13. Kayumov R. A., Muhamedova I. Z., Suleymanov A. M., Tazyukov B. F. Development of film- and fabric- composite materials durability assessing methodology under time-dependent influences of temperature and solar radiation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016 V. 158 010250.
14. Преднапряженная сталебетонная балка : пат. 155488 Рос. Федерация. № 2015102306 ; заявл. 26.01.15 ; опубл. 10.10.15, Бюл. № 28. 2 с.
15. Сталебетонная преднапряженная балка : пат. 155802 Рос. Федерация. № 2014152337 ; заявл. 23.12.14 ; опубл. 20.10.15, Бюл. № 29. 2 с.
16. Сталежелезобетонная преднапряженная балка : пат. 165473 Рос. Федерация. № 2016114023 ; заявл. 11.04.16 ; опубл. 20.10.16, Бюл. № 29. 2 с.
17. Преднапряженная стальная обетонированная балка: пат. 172515 Рос. Федерация № 2017112142/03 ; заявл. 10.04.2017 ; опубл. 11.07.17, Бюл. № 20. – 2 с.
18. Преднапряженная сталебетонная балка: пат. 174326 Рос. Федерация № 2017101736/03 ; заявл. 19.01.2017 ; опубл. 11.10.17, Бюл. № 29. – 2 с.
19. Замалиев Ф. С. К оценке напряженного состояния преднапряженных сталежелезобетонных балок // Известия КГАСУ. 2017. № 3 (41). С. 87–98
20. Замалиев Ф. С. Численные и натурные эксперименты преднапряженных сталежелезобетонных балок // Вестник МГСУ. 2018. № 3.

Zamaliy Farit Sakhapovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: zamaliy49@mail.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

**To the evaluation of the strength of the composite steel-concrete slab
with pre-stressed beams and slab****Abstract**

Problem statement. The stress state of the overlap consisting of pre-stressed beams arranged with a certain pitch and combined by a plate prestressed in the transverse direction under the action of operational loads is investigated.

Expressions for estimating the strength of overlap with ribs are presented, when in stressed beams the stressed reinforcement is located along the I-beam shelves and along the envelope of the moment diagram.

The aim of the article is to investigate the stress state of overlapping under different prestresses of ribs-beams and prestressing of the slab itself.

Results. The analysis of theoretical studies of prestressed ribbed ferroconcrete overlappings made it possible to trace a number of principal positions of the stressed state of overlapping with ribs and will help to use them both in studies of composite slabs and they can be used in projects of composite floors of new buildings and reconstructed floors of architectural monuments of old construction.

Conclusions. The data of the stressed state of the overlap consisting of beams and slabs in a complex section are obtained, as with prestressed beams and their influence on a conventional plate, and when prestressing the slabs and its joint work with prestressed beams

Keywords: steel reinforced concrete floor, stressed state, prestressed beam, prestressed plate, stress.

References

1. Ayrumyan E. L., Kamenshchikov N. I., Rumiantseva I. A. Features of the calculation of monolithic slabs of steel-reinforced concrete coatings on profiled steel flooring // Industrial and civil construction. 2015. № 9. P. 21–26.
2. Tusnin A. R. Overlapping multi-storey buildings with a steel frame // Industrial and civil construction. 2015. № 8. P. 10–14.
3. Tusnin A. R., Kolyago A. A. Construction and work of composite slabs using precast hollow reinforced concrete slabs // Modern science and innovations. 2016. № 3. P. 141–147.
4. Astakhov I. V., Kuznetsov A. Y., Morozova D. V. Investigation of the work of steel-reinforced concrete constructions // Herald of civil engineers. 2017. № 3 (62).
5. Hadzalic E., Barucija K. Concrete shrinkage effects in a composite beam // Construction of unique buildings and structures, 2014. № 11 (26). P. 85–93.
6. Champenoy D., Corfdir A., Corfdir P. Calculating the critical buckling force in the bottom flanges of steel-concrete composite bridges // European Journal of Environmental and Civil Engineering. 2014. № 18 (3). P. 271–292.
7. Gholamhoseini A., Khanlou A., MacRae G., Scott A., Hicks S., Leon R. An experimental study on the strength and serviceability of reinforced and steel fiber reinforced concrete (SFRC) for continuous composite slabs // Engineering Structures. 2016. № 114 (1). P. 171–180.
8. Vasdravellis G., Uy B., Tan E. L., Kirkland B. Behavior and design of the composite beams subjected to sagging bending and axial compression Original Research // Journal of Constructional Steel Research. 2015. № 110. P. 29–39.

9. BSI (2010) BS 5950-3.1.A1. Structural use of steelwork in buildings. Design in composite construction. Code of practice for design of simple and continuous composite beams. BSI, London.
10. Zamaliev F. S., Mirsayapov I. T. Calculation of durability of steel-reinforced concrete bending structures on the basis of analytical diagrams // Development and research of metal and wooden structures: a collection of scientific works. 1999. P. 142–149.
11. Zamaliev F. S. Accounting for non-linear properties of the materials and pliability of the layers in the calculation of the strength of composite steel-concrete slabs // Industrial and civil construction. 2013. № 5. P. 38–41.
12. Zamaliev F. S., Kayumov R. A. To the calculation of steel-reinforced concrete overlapping as an orthotropic plate // Izvestiya KGASU. 2014. № 1 (27). P. 94–99.
13. Kayumov R. A., Muhamedova I. Z., Suleymanov A. M., Tazyukov B. F. Development of film- and fabric- composite materials durability assessing methodology under time-dependent influences of temperature and solar radiation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. V. 158 010250.
14. Pre-stressed reinforced concrete beam: pat. 155488 Rus. Federation. № 2015102306 ; claimed. 26.01.15; publ. 10.10.15, Bul. № 28. 2 p.
15. Pre-stressed pre-stressed beam: pat. 155802 Rus. Federation. № 2014152337 ; claimed. 23.12.14; publ. 20.10.15, Bul. № 29. 2 p.
16. Precast concrete pre-stressed beam: pat. 165473 Rus. Federation. № 2016114023 ; claimed. 11.04.16; publ. 20.10.16, Bul. № 29. 2 p.
17. Pre-stressed steel obtonated beam: Pat. 172515 Rus. Federation № 2017112142/03 ; claimed. 10.04.2017; publ. 11.07.17, Bul. № 20. 2 p.
18. Pre-stressed reinforced concrete beam: pat. 174326 Rus. Federation № 2017101736/03 ; claimed. 01.19.2017; publ. 11.10.17, Bul. № 29. 2 p.
19. Zamaliev F. S., Estimation of the stressed state of prestressed steel-reinforced concrete beams // Izvestiya KGASU. 2017. № 3 (41). P. 87–98.
20. Zamaliev F. S., Numerical and nuclear experiments of intensified steel – concrete beams // Vestnik MGSU. 2018. № 3.