



УДК 624.012

Замалиев Фарит Сахапович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: zamaliev49@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Фекир Эл Кахина

инженер

E-mail: fekirkahina5@gmail.com

Компания ИНФРАФЕР

Адрес организации: 16017, Алжир, г. Руиба, вилайет Алжира

Численно-экспериментальные исследования преднапряженных сталебетонных ребристых плит и балки с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследовательской работы – проведение исследований преднапряженных сталежелезобетонных (сталебетонных) балок и плит с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном. Задачи – анализ отечественной и зарубежной технической литературы по оценке напряженно-деформированного состояния преднапряженных сталебетонных и сталежелезобетонных как изолированных балок, так и балок в составе ребристого монолитного перекрытия, как с арматурой, работающей совместно с бетоном, так и изолированно, без связи с бетоном. Задачей также является оценка влияния поперечного армирования балок на напряженно-деформированное состояние ребристой преднапряженной плиты от продольной преднапряженной арматуры, расположенной в ребре-балке, на основе анализа существующих подходов.

Результаты. Основные результаты исследований состоят в проведении анализа современного подхода в оценке прочности сталежелезобетонных балок и плит, в выявлении напряженно-деформированного состояния преднапряженного изгибаемого сталежелезобетонного и сталебетонного элемента, состоящего из балки и плиты, в оценке прочности преднапряженных балок в составе ребристого перекрытия с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в выявлении напряженно-деформированного состояния изгибаемого сталежелезобетонного (сталебетонного) элемента. Результаты исследований, а также оценка прочности сталежелезобетонных балок и перекрытий, могут быть использованы при возведении ребристых плит и балок новых зданий в сталежелезобетонном, деревобетонном, сборно-монолитном железобетонном вариантах и при восстановлении перекрытий зданий, отслуживших свой нормативный срок эксплуатации.

Ключевые слова: сталебетонные конструкции, преднапряженные элементы, напряженное состояние, арматура без сцепления с бетоном.

Для цитирования: Замалиев Ф. С., Фекир Эл Кахина Численно-экспериментальные исследования преднапряженных сталебетонных ребристых плит и балки с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном // Известия КГАСУ. 2020. № 4 (54). С. 23–34.

1. Введение

Первые сталежелезобетонные конструктивные элементы появились как прототипы железобетонных элементов под названием «элементы с жесткой арматурой». Вероятно поэтому эти конструктивные элементы в Еврокоде и СП 266.1325800.2016 «Конструкции сталежелезобетонные» представлены как сталежелезобетонные элементы. По аналогии, если рассмотреть исторические корни преднапряженных сталежелезобетонных элементов, то они являются прототипами преднапряженных железобетонных элементов. Многие исследователи [1] считают, что в развитии железобетона перспективным

направлением является применение смешанного армирования, когда в сечении наряду с обычным армированием присутствует преднапряженная арматура, а сама высокопрочная арматура заключена в пластиковой оболочке – «моностренд», как называют в Европейских странах [1]. При этом пластиковая оболочка обеспечивает изолированную работу высокопрочной натянутой арматуры, т.е. без связи с бетоном.

Работа безбалочных преднапряженных железобетонных перекрытий на пульсационные, повторно-статические и динамические нагрузки рассмотрена в [2]. Особенности передачи преднапряжения на напряженный железобетонный конструктивный элемент раскрывает статья [3]. Конструктивным особенностям сталебетонных плит и отличиям от работы железобетонных посвящен источник [4].

Ценность исследований по оценке несущей способности сталежелезобетонных (сталебетонных) преднапряженных конструктивных элементов заключается в рассмотрении внутреннего напряженно-деформированного состояния, как от усилий преднапряжения, так и от внешних воздействий, что позволяет правильно оценить несущую способность этих конструкций и запроектировать экономичные и надежные сталежелезобетонные конструкции.

Анализ напряженно-деформированного состояния сталебетонных плит по нормальному сечению описан в работе [5]. В статьях [6-7] излагается работа сталебетонных перекрытий разного очертания на внешние силовые воздействия. Работа [8] посвящена проектированию сталежелезобетонных перекрытий с упорами НЛТИ с распространенным сегодня во всех странах стальным профнастилом, однако без преднапряжения.

Статья [9] дает обзор работ состояния сталежелезобетонных конструкций, технологические и экономические преимущества, но о преднапряженных сталебетонных конструкциях там информации нет.

В КГАСУ разработаны новые технические решения и Федеральной службой по интеллектуальной собственности РФ выдано значительное количество патентов. Наши технические решения, защищенные патентами, отражают разные стороны способов и конструктивных решений преднапряжения, которые повышают эффективность сталежелезобетонных балок и плит. В этих технических решениях, в отличие от железобетонных преднапряженных конструкций, используются сами конструктивные элементы сталебетонных балок для преднапряжения (торцевые ребра, поперечная арматура и т.п.). Конструкция и элементы изгибаемой сталежелезобетонной балки (патент РФ № 2657881) и сталежелезобетонной плиты (патент РФ № 177838) позволили осуществить преднапряжение съемными натяжителями, чего нет в железобетонных балках и плитах.

Достаточно много статей посвящено экспериментальным исследованиям сталежелезобетонных традиционных изгибаемых элементов. В работе [10] оценена эффективность применения преднапряженной арматуры, которая повторяет эпюру изгибающих моментов. Аналитические формулы жесткости подтверждают эффективность применения криволинейной арматуры, одновременно подтверждая эффективность наших решений, представленных в патентах КГАСУ, и исследований, представленных в статьях. В работе [11] приведены методика и результаты натурных испытаний сталежелезобетонных балок, где отмечена необходимость учета усадки при оценке прочности балки и работы анкеров. Источник [12] излагает результаты экспериментов сталежелезобетонных балок коробчатого сечения.

Статья [13] посвящена экспериментальным исследованиям балок при разном расположении натянутой арматуры внутри двутавра. Предложена методика расчета сталежелезобетонных балок на основе прямоугольных эпюр напряжений. Статья [14] приводит результаты усиления мостовых сталежелезобетонных балок с внешними преднапряженными стержнями.

Статья [15] посвящена численному моделированию сталежелезобетонной предварительно напряженной балки. Приведена конечно-элементная модель для разных видов нагрузок. Сравнение численных исследований с данными испытаний отсутствует. Статья [16] посвящена исследованию методики расчета напряженно-деформированного состояния композиционных и конструкционных материалов.

В приведенных источниках в сталежелезобетонных балках не учитывалось их поперечное напряженное состояние от преднапряжения. Сталежелезобетонные изгибаемые преднапряженные элементы рассматривались при совместной работе напрягаемой арматуры с бетоном по аналогии с железобетонными конструкциями.

Целью данной работы является анализ новых технических решений преднапряжения, особенности работы преднапряженных сталежелезобетонных изгибаемых элементов, численно-экспериментальные исследования сталебетонных плит и балки.

Для этого поставлены следующие задачи:

1. Литературный обзор и анализ новых решений преднапряжения балок и плит составного сечения.
2. Определить виды применяемой преднапряженной арматуры и методы исследований сталебетонных изгибаемых элементов.
3. Провести численные и натурные эксперименты сталебетонных плит и балки.

2. Методы и материалы

Численные исследования фрагментов сталежелезобетонных ребристых плит с преднапряженной плитой поперек балки. Преднапряжение плит выполнено в нижней зоне, т.к. в пролетах поперек ребер-балок в нижней зоне плиты возникают значительные растягивающие усилия из-за изгибающих моментов при большом шаге ребер. В ребрах-балках в нижней зоне и в плите преднапряженная арматура размещалась в пластиковую оболочку для устранения сцепления с бетоном.

Численные эксперименты преднапряженных ребристых плит и экспериментальной балки с плитой выполнены с помощью ПК Ansys. Принята плита из тяжелого бетона В40, ребра с прокатными профилями с забетонированными полостями без преднапряжения (Тип 1). Первый тип плиты принят для сравнения с вариантами плит, у которых рассмотрены преднапряжения ребер и плиты поперек ребер.

Стальная часть сталежелезобетонной плиты моделировалась из прокатных двутавровых балок № 20 с маркой стали С245, длиной 6000 мм, Полости двутавровых балок так же бетонировались. Размеры плитной части перекрытия: длина – 6000 мм, ширина – 6000 мм, высота – 80 мм. Анкера выполнены из стальной арматуры диаметром 8 мм и высотой 60 мм, шаг в середине пролета – 150 мм, по концам – по 100 мм. Шаг ребер-балок – 1500 мм.

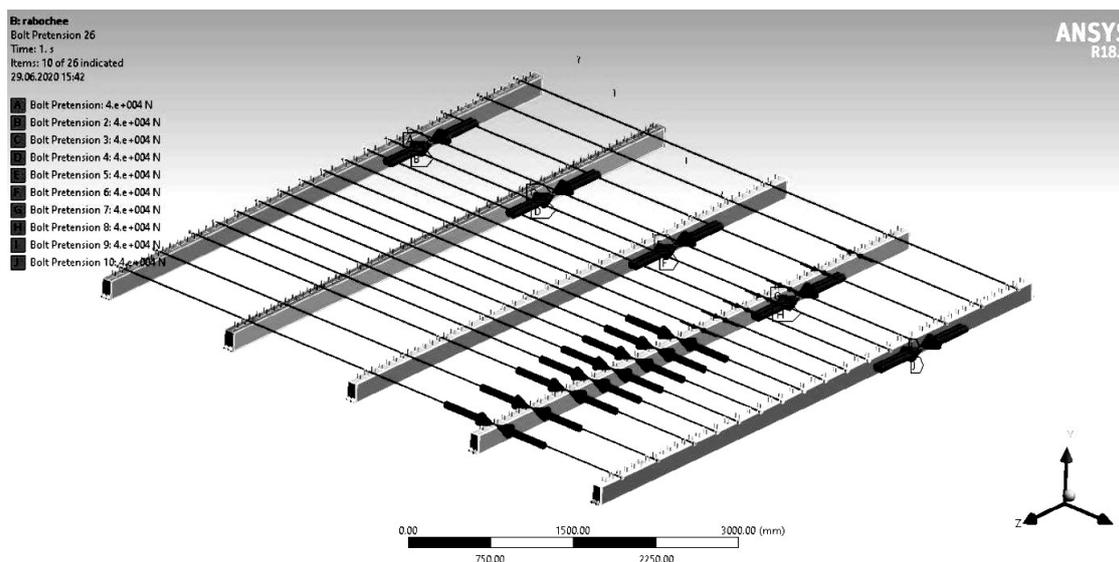


Рис. 1. Задание предварительного напряжения в арматурных стержнях (иллюстрация авторов)

Плита из тяжелого бетона В40, ребра из балок с продольными предварительно напряженными арматурными стержнями (Тип 2). Шаг ребер-балок – 1,5 м.

Предварительное напряжение в сталежелезобетонной плите создавалось с помощью инструмента Bolt Pretention. Величина предварительного напряжения в ребрах плиты задавалась – 40000 Н на каждую арматуру.

Плита с продольными и поперечными предварительно-напряженными арматурными стержнями (Тип 3). Шаг ребер – 1,5 м.

Арматура класса А600 диаметром 16 мм прокладывается вдоль стенки, по две в каждый двутавр. Поперечная арматура закладывается в бетонной плите с шагом 500 мм по концам и с шагом 300 мм в центральной части плиты (рис. 1).

Плита с продольными предварительно-напряженными арматурными стержнями (Тип 4). Шаг балок-ребер – 2 м.

Плита с продольными и поперечными предварительно-напряженными арматурными стержнями (Тип 5). Шаг ребер – 2 м.

По данным численных исследований изготовлена опытная балка с верхней бетонной плитой. Сначала на заводе металлоконструкций была изготовлена двутавровая балка из прокатной стали маркой С245 № 20Ш1 ГОСТ 26020-83 длиной 2000 мм, после боковые грани двутавра были обетонированы. Высота плитной части составила 80 мм. Класс бетона принимался по расчету – В25. В качестве продольной преднапряженной арматуры использовались 2 стержня Ø16 А600, для поперечного армирования использовались 5 стержней Ø10 А600. К верхнему поясу приварены анкерные стержни для совместной работы с плитой. В эксперименте во фрагменте плиты преднапряжение в продольном направлении задается за счет размещения преднапряженной арматуры в пластиковых трубках. Предварительное напряжение создавалось с помощью динамометрического ключа. Величина предварительного напряжения принималась по расчету и составила 39200 Н для каждой продольной арматуры и 7800 Н – для каждой поперечной. Достижение необходимого напряжения контролировалось относительным удлинением арматуры на величину Δl . Для продольной арматуры $\Delta l=2$ мм, для поперечной $\Delta l=0,6$ мм.

Проверка прочности бетона проводилась с помощью измерителя прочности бетона ИПС-МГ4.03. Оценка прочности проводилась в 2 этапа (в центральной части плиты и в начале пролета). Оценка прочности с помощью ИПС-МГ 4.03 проводится в 15 измерений в окрестности проводимых исследований.

Результаты оценки продемонстрированы в табл. 1.

Таблица 1

Место проверки	Номер результата															Сред. арифм.	Прочность бетона
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Центральная часть	33,4	44,6	25,1	36,6	41,5	37,3	41	32	38,7	27,9	37,1	33,1	27,5	26,4	29,7	34,13	28,44
Начало пролёта	28,7	28,6	35,5	35,2	28	44,5	32,7	43	29,9	33,4	48,5	30,2	29,1	27,6	34,2	33,94	28,28

Балка испытывалась двумя сосредоточенными силами в средней части пролёта, при расчетном пролёте 1960 мм. Нагрузка передавалась посредством гидравлической системы прессы ИПС-200 с помощью металлической траверсы: в одной точке через подвижный стальной каток, а в другой – через неподвижный каток, оба катка одинакового диаметра (рис. 2).



Рис. 2. Испытания опытной балки с помощью прессы ИПС-200 (иллюстрация авторов)

В процессе испытания измерялись продольные и поперечные деформации на поверхности бетонной плиты и участках обетонирования балки, деформации на стальной поверхности, а также прогибы и раскрытие трещин на бетоне.

Деформации бетона замерялись тензорезисторами с базой 50 мм, а деформации на стали – тензорезисторами с базой 20 мм, информация от которых поступала в электронную аппаратуру АИД-4. Измерение прогибов в средней зоне балки и осадки опор осуществлялось при помощи индикаторов часового типа (с ценой деления 0,01 мм) на каждой ступени нагружения балки.

Нагружение сталежелезобетонного перекрытия осуществлялось в несколько этапов:

1. Нагружение в 2 и 4 тонны без поперечного преднапряжения арматуры;
2. Разгрузка конструкции;
3. Задание предварительного натяжения поперечных арматурных стержней;
4. Нагружение в 2 и 4 тонны конструкции;
5. Нагружение до 10 тонн с дальнейшим шагом в 5 тонн.

На каждом этапе, во время выдержки нагрузки, фиксировались деформации бетона и стали, прогибы, характер развития и раскрытия трещин.

Разрушающая нагрузка фиксировалась по показаниям прессы, момент образования трещин определялся визуально. За предельное состояние изгибаемого образца принималось полное разрушение балки.

3. Результаты

Предельная нагрузка, при которой прогиб плит составил 30 мм, составила: Тип 1 – 70 890 кг, Тип 2 – 84 085 кг, Тип 3 – 85 236 кг, Тип 4 – 69 285 кг, Тип 5 – 69 846 кг.

Для проверки методики и результатов численных исследований ребристых плит по этой же методике сосчитана экспериментальная балка-плита с помощью ПК Ansys. Преднапряженная сталежелезобетонная балка с плитой имеет стальную часть из прокатной двутавровой балки № 20Ш1 ГОСТ 26020-83 длиной 2000 мм, две фасонки на концах двутавра толщиной 16 мм каждая. Вдоль двутавровой балки пропущены два арматурных стержня класса А600 диаметром 16 мм, поперек двутавровой балки в плитной части конструкции пропущены пять арматурных стержней класса А600 диаметром 10 мм. Все арматурные стержни располагаются в полипропиленовых трубах.

Высота плитной части составляет 80 мм, ширина плиты принималась равной 800 мм, исходя из свободного пространства испытательного пресса. Класс бетона по прочности В25. Анкеры выполнены из стержней диаметром 8 мм. Поверху двутавровой балки высота анкеров составила 60 мм, а по бокам стенки двутавра 100 мм (рис. 3).

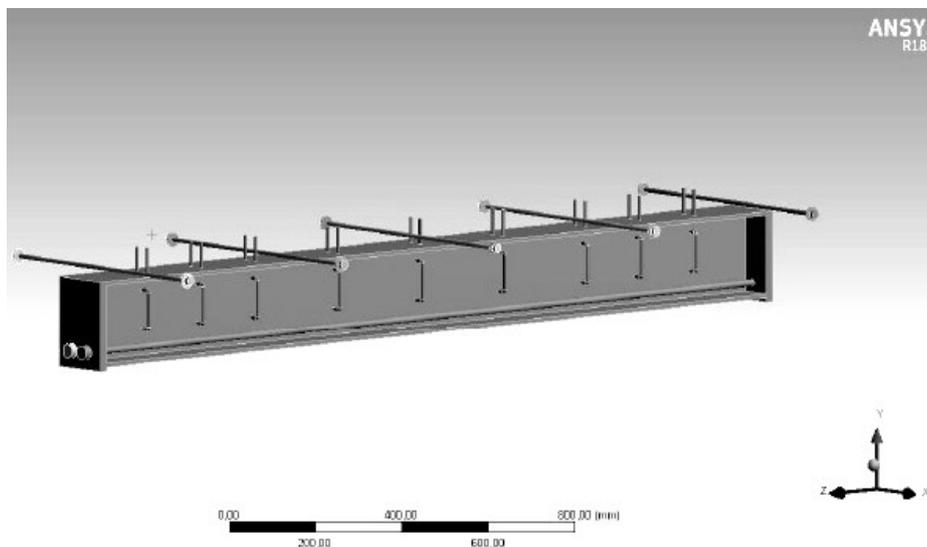


Рис. 3. Модель сталежелезобетонной балки с плитой без бетонной части для численных исследований (иллюстрация авторов)

Модель сталежелезобетонной балки-плиты рассматривалась по схеме свободно-опертой балки двумя сосредоточенными силами в средней части пролета, приложенными на расстоянии 400 мм друг от друга от вертикальной оси плиты. Расчетный пролет – 1940 мм.

Нагрузка прикладывалась в 11 шагов. Изначально по 2 тонны, до 4 тонн без поперечного преднапряжения арматурных стержней, далее нагрузка спускалась до 0, преднапрягались поперечные стержни и снова прикладывалась нагрузка по 2 тонны до 4 тонн, с нагрузки в 10 тонн дальнейшее нагружение проводилось ступенями по 5 тонн. Общая приложенная нагрузка составила 25 тонн.

Сталебетонная балка разрушилась в зоне чистого изгиба по нормальному сечению вследствие развития пластических деформаций в нижней зоне и из-за местного раздробления бетона в средней части балки. Первые трещины в бетонной плите образовались в зонах приложения нагрузки при $0,81 R_{\text{разр}}$. Общий вид и характер разрушения сталежелезобетонных перекрытий приведен на рис. 4-5.

На графиках приведены эпюры распределения напряжений по высоте сечения модели сталебетонной балки-плиты.

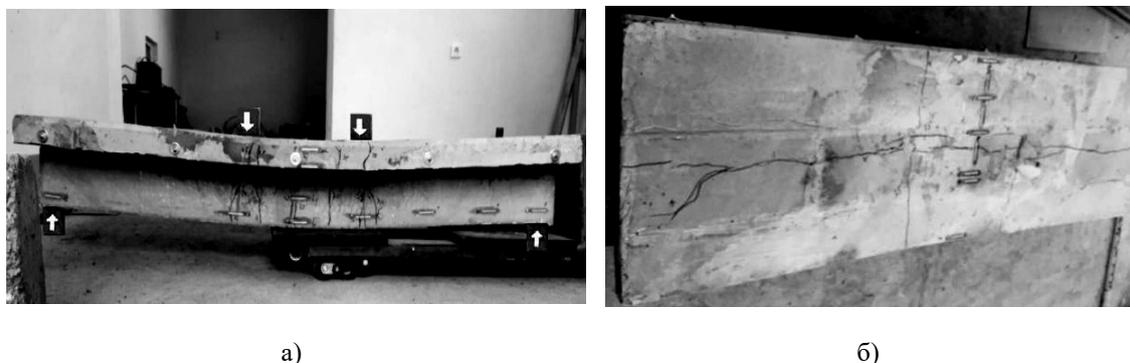


Рис. 4. Общий вид характера разрушения модели сталежелезобетонной балки: а) вид сбоку; б) вид сверху (иллюстрация авторов)

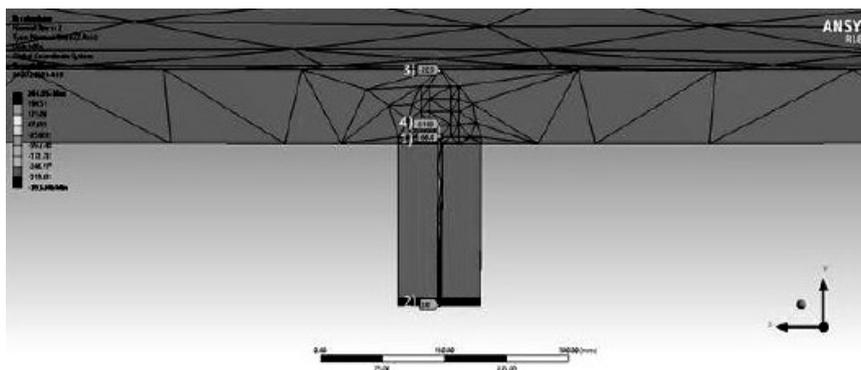
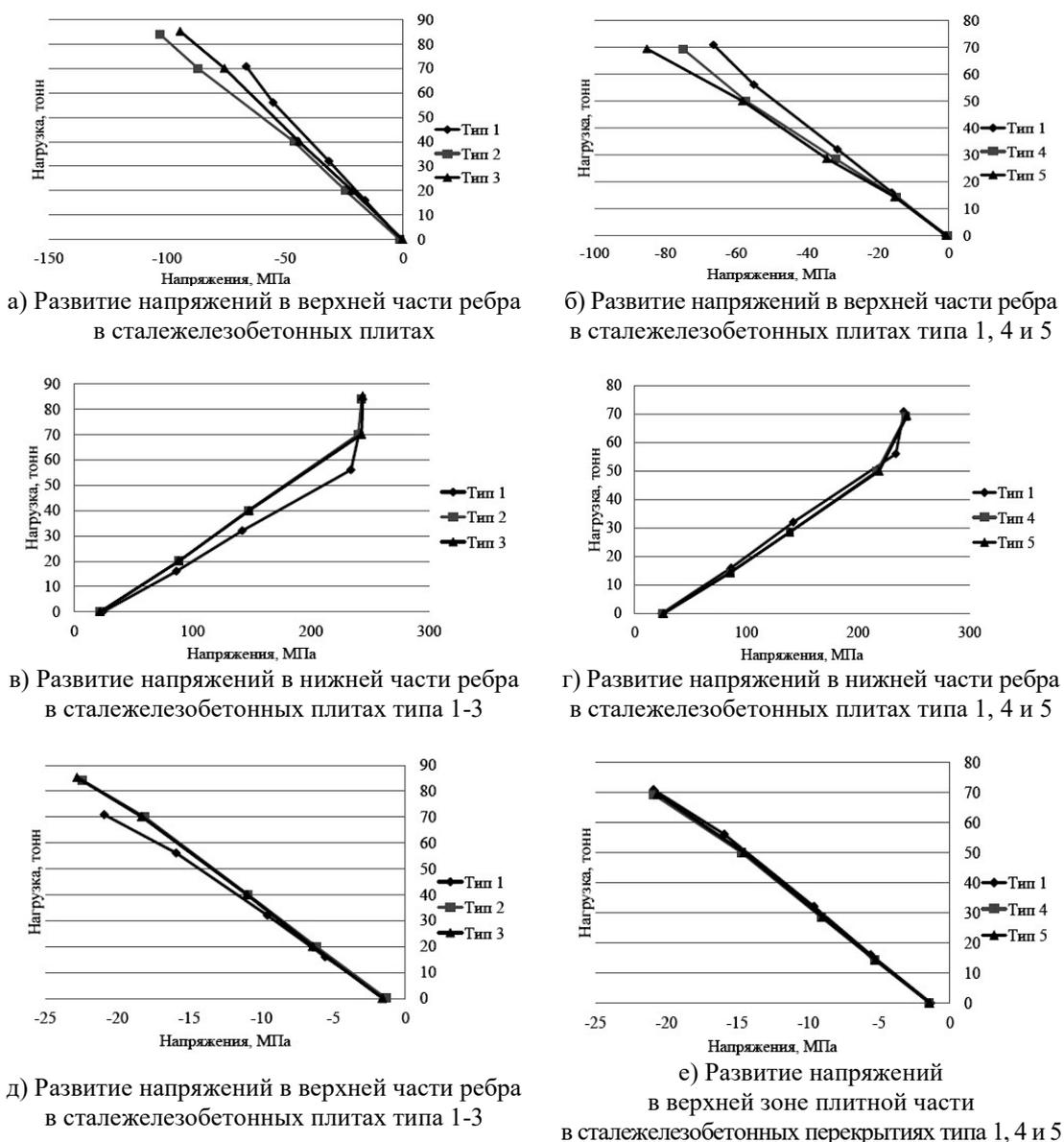
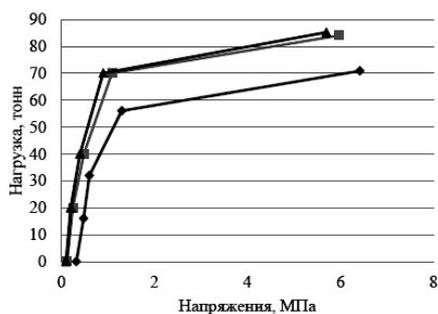


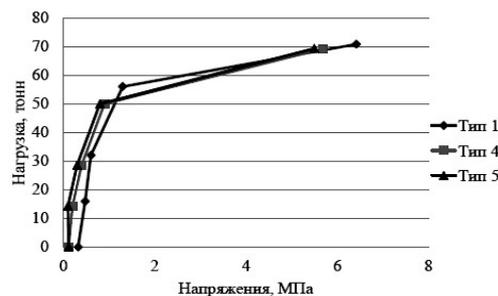
Рис. 5. Принятые точки результатов развития напряжений (иллюстрация авторов)

Результаты развития напряжений в верхней части двутавра в сталежелезобетонных плитах (точка 1) предоставлены на графиках а, б (рис. 6) развития напряжений в нижней части двутавра (точка 2) на графиках в, г (рис. 6), развития напряжений в верхней части бетона (точка 3) на графиках д, е (рис. 6), развития напряжений в нижней части бетона (точка 4) на графиках ж, з (рис. 6).

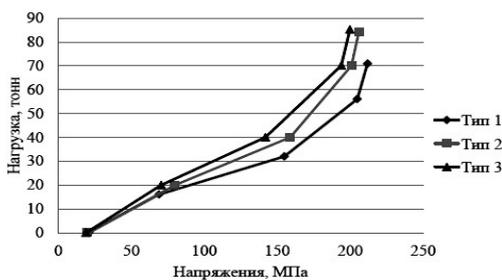




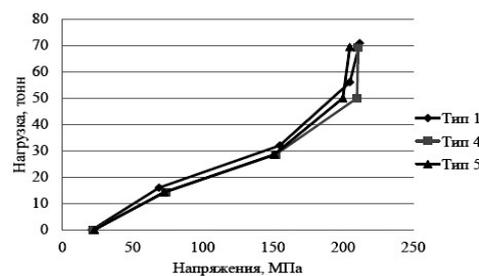
ж) Развитие напряжений в нижней зоне плитной части в сталежелезобетонных перекрытиях типа 1-3



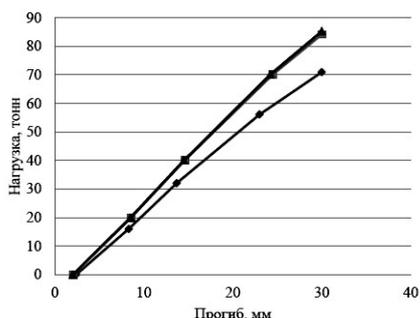
з) Развитие напряжений в нижней зоне плитной части в сталежелезобетонных перекрытиях типа 1, 4 и 5



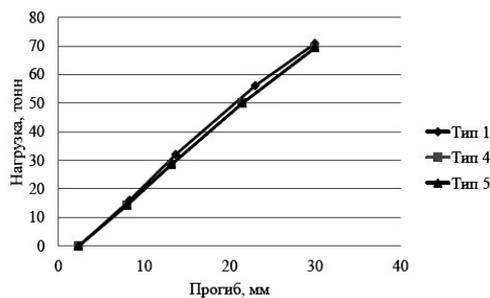
и) Развитие напряжений в анкерах на стыке двутавра с плитой типа 1-3



к) Развитие напряжений в анкерах на стыке двутавра с плитой типа 1, 4 и 5



л) Развитие прогибов в сталежелезобетонных плитах типа 1-3

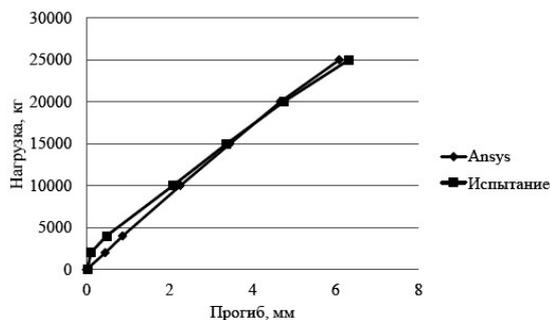


м) Развитие прогибов в сталежелезобетонных плитах типа 1, 4 и 5

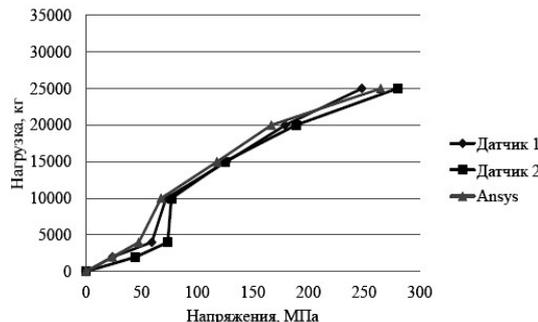
Рис. 6. Графики развития напряжений (а-к) и прогибов (л, м) (иллюстрация авторов)

4. Обсуждения

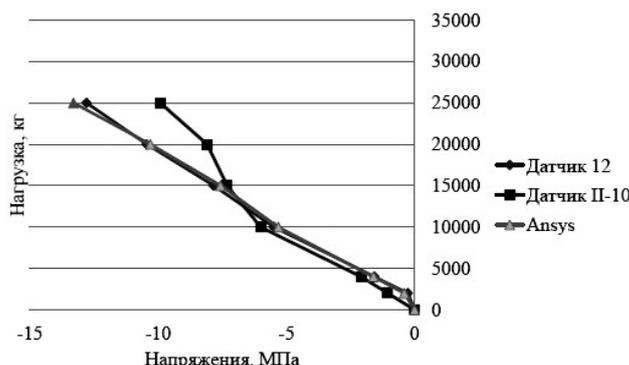
Изучены особенности напряженно-деформированного состояния преднапряженных сталежелезобетонных перекрытий при воздействии кратковременной статической нагрузки с учетом физической нелинейности бетона и стали.



а) Сравнение прогибов



б) Сравнение развития напряжений по низу двутавра



в) Сравнение развития напряжений в бетоне поверху плитной части

Рис. 7. Графики развития прогибов (а) и напряжений (б, в) (иллюстрация авторов)

Выполнено сопоставление результатов численных исследований с данными, полученными при проведении натурного эксперимента. Расхождение результатов численных исследований от натуральных составили:

- по напряжениям от 10 % до 27 %;
- по прогибу от 8 до 22 %.

Такой разброс результатов сравнения численных данных от экспериментальных можно объяснить использованием в ПК Ansys, приводимых в библиотеке ПК, идеализированных диаграмм работы стали и бетона, являющихся основными материалами в сечении сталебетонного изгибаемого элемента.

5. Заключение

1. Численные исследования сталебетонных перекрытий разного состава и конструктивного решения (I тип – без преднапряжения балок, II-V тип с предварительным напряжением балок и плит поперек балок, а также с разным шагом ребер-балок – 1,5-2 м, выполненные с помощью ПК Ansys Workbench, позволили выявить закономерности напряженно-деформированного состояния каждого типа ребристых перекрытий при изменении шага балок и преднапряженных вдоль и поперек балок. Предварительное напряжение в балках-ребрах позволяет увеличить общую несущую способность перекрытий до 10%. Поперечное преднапряженное армирование плит увеличивает несущую способность плит поперек балок на 8-12 %, позволяет уменьшить общее количество ребер-балок, увеличивая их шаг.

2. Проведенные натурные испытания образца сталебетонной балки с плитой в своем составе с поперечной преднапряженной арматурой показали работоспособность образца. Результаты натурного эксперимента от данных численных исследований отличаются со значительным разбросом по напряжениям – от 10 % по 27 %, по прогибам – от 8 % до 22 %, что связано с использованием в численных экспериментах идеализированных диаграмм материалов. Для улучшения сходимости численных и экспериментальных данных необходимо пользоваться не идеализированными, а аналитическими диаграммами, получаемыми на основе экспериментальных данных.

3. Результаты численных исследований преднапряженных сталебетонных плит с поперечным армированием по отношению к ребрам-балкам, а также результаты численно-экспериментальных исследований балки с плитой могут быть использованы при реальном проектировании перекрытий.

Список библиографических ссылок

1. Кузнецов В. С., Полехина Г. Е., Шапошникова Ю. А. Эффективность применения высокопрочной арматуры без сцепления с бетоном в монолитных безбалочных перекрытиях // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2017. Т. 18. № 1. С. 40–47. DOI: 10.22363/2312-8143-2017-18-1-40-47.

2. Марченко М. С. Плоские безбалочные преднапряженные перекрытия в сейсмостойком строительстве общественных зданий // Вестник Международной ассоциации экспертов по сейсмостойкому строительству. 2019. № 8 (8). С. 40–46. DOI: 10.30451/iaeee.807.
3. Фетисова Г. Ю. Сравнительные характеристики длины зоны передачи напряжений в преднапряженных железобетонных конструкциях // AlfaBuild. 2019. № 2 (9). С. 81–88.
4. Чернышева Е. В., Серых И. Р., Стаинов В. В., Стаинов В. Ф. Сравнение сталебетонных и железобетонных плит // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 80–84.
5. Чернышева Е. В., Серых И. Р., Стаинов В. В., Стаинов В. Ф., Глаголев Е. С. Несущая способность сталебетонных плит по нормальному сечению // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 5. С. 42–44.
6. Ватуля Г. Л., Шевченко А. А. Работа сталебетонных перекрытий разного очертания при силовом воздействии // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2013. Т. 3. С. 79–86.
7. Ватуля Г. Л., Шевченко А. А., Смолянюк Н. В. Исследование работы сталебетонной круглой плиты при силовом воздействии // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2012. Т. 4. С. 59–66.
8. Рихтер Д. А., Иовенко А. А., Ершов М. Н. Проектирование сталежелезобетонных перекрытий по стальному профилированному настилу с применением анкерных упоров HILTI X-HVB // Технология и организация строительного производства. 2013. № 4. С. 17–22.
9. Бабалич В. С., Андросов Е. Н. Сталежелезобетонные конструкции и перспектива их применения в строительной практике России // Успехи современной науки. 2017. № 4. С. 205–208.
10. Sun, Q., Yang, Y., Fan, J., Zhang, Y., Bai, Y. Effect of longitudinal reinforcement and prestressing on stiffness of composite beams under hogging moments // Journal of Constructional Steel Research. 2014. 100. P. 1–11. DOI: 10.1016/J.JCSR.2014.04.017.
11. Al-deen, S., Ranzi, G., Vrcelj, Z. Shrinkage effects on the flexural stiffness of composite beams with solid concrete slabs: An experimental study. Engineering Structures. 2011. 33 (4). P. 1302–1315. DOI: 10.1016/J.ENGSTRUCT.2011.01.007.
12. Zhang N., Fu C. C. Experimental and theoretical studies on composite steel-concrete box beams with external tendons // Engineering Structures. 2009. 31 (2). P. 275–283. DOI: 10.1016/J.ENGSTRUCT.2008.08.004.
13. Lou T., Karavasilis T. L. Numerical assessment of the nonlinear behavior of continuous prestressed steel-concrete composite beams // Engineering Structures. 2019. 190. P. 116–127. DOI: 10.1016/j.engstruct.2019.04.031.
14. Chen S., Gu, P. Load carrying capacity of composite beams prestressed with external tendons under positive moment // Journal of Constructional Steel Research. 2005. 61 (4). P. 515–530. DOI: 10.1016/J.JCSR.2004.09.004.
15. M. A. B., G. S. Y., Hamid S. Prestressed Composite Girders under Positive Moment // Journal of Structural Engineering. 1990. 116 (11). P. 2931–2951. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9445(1990)116:11(2931).
16. 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. P. 010250. DOI: 10.1088/1757-899X/158/1/010250.

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

Fekir El Kahina

engineer

E-mail: fekirkahina5@gmail.com

INFRAFER Company

The organization address: 16017, Algeria, Rouiba, Algeria municipality

Numerical and experimental studies of prestressed steel-reinforced concrete ribbed slabs and beam with prestressing reinforcement without adhesion to concrete**Abstract**

Problem statement. The purpose of the research work is to analyze the research methods of prestressed steel-reinforced concrete beams and slabs with prestressing reinforcement without adhesion to concrete. The tasks are – the analysis of domestic and foreign technical literature on assessing the stress-strain state of prestressed steel-concrete and steel-reinforced concrete, both insulated beams and beams as part of a ribbed monolithic floor, both with reinforcement working together with concrete, and isolated, without connection with concrete. The task is also to assess the effect of transverse reinforcement of beams on the stress-strain state of a ribbed prestressed plate from longitudinal prestressed reinforcement located in the rib-beam, based on the analysis of existing approaches.

Results. The main research results consist in analyzing the current approach in assessing the strength of steel-reinforced concrete beams and slabs, in identifying the stress-strain state of a prestressed bending steel-reinforced concrete and steel-concrete element consisting of a beam and a slab, in assessing the strength of prestressed beams as part of a ribbed floor with prestressed reinforcement without adhesion with concrete.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry consists in identifying the stress-strain state of a bent steel-reinforced concrete element. The results of research, assessment of the strength of steel-reinforced concrete beams and floors can be used in the construction of ribbed slabs and beams of new buildings in steel-reinforced concrete, wood-concrete, precast-monolithic reinforced concrete versions and in the restoration of floors of buildings that have served their standard service life.

Keywords: steel-reinforced concrete structures, prestressed elements, stressed state, reinforcement without adhesion to concrete.

For citation: Zamaliev F. S., Fekir El Kahina. Numerical and experimental studies of prestressed steel-reinforced concrete ribbed slabs and beam with prestressing reinforcement without adhesion to concrete // Izvestija KGASU. 2020. № 4 (54). P. 23–34.

References

1. Kuznetsov V. S., Polekhina G. E., Shaposhnikova Yu. A. The effectiveness of the use of high-strength reinforcement without adhesion to concrete in monolithic beam-free floors // Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Inzhenernyye issledovaniya. 2017. Vol. 18. 1. P. 40–47. DOI: 10.22363/2312-8143-2017-18-1-40-47.
2. Marchenko M. S. Flat beamless post-tensioned slabs in earthquake resistant construction of public buildings // Vestnik Mezhdunarodnoy assotsiatsii ekspertov po seymostoykomu stroitel'stvu. 2019. 8 (8). P. 40–46. DOI: 10.30451/iaeee.807.
3. Fetisova G. Comparative characteristics of the transmission length in prestressed concrete structure // AlfaBuild. 2019. 2 (9). P. 81–88.
4. Chernysheva E. V., Serykh I. R., Statinov V. V., Statinov V. F. Comparison of steel-concrete and reinforced concrete plates // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova. 2016. 6. P. 80–84.
5. Chernysheva E. V., Serykh I. R., Statinov V. V., Statinov V. F., Glagolev E. S. Bearing capacity of steel-concrete slabs along a normal section // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova. 2015. 5. P. 42–44.

6. Vatulya G. L., Shevchenko A. A. The work of steel-concrete floors of different outlines under force action // *Modernizatsiya i nauchnyye issledovaniya v transportnom komplekse*. 2013. Vol. 3. P. 79–86.
7. Vatulya G. L., Shevchenko A. A., Smolyanyuk N. V. Investigation of the work of a steel-concrete round slab under force // *Modernizatsiya i nauchnyye issledovaniya v transportnom komplekse*. 2012. Vol. 4. P. 59–66.
8. Richter D. A., Iovenko A. A., Ershov M. N. Design of steel-reinforced concrete floors on steel profiled flooring using anchor stops HILTI X-HVB // *Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva* 2013. 4. P. 17–22.
9. Babalich V. S., Androsov E. N. Steel-reinforced concrete structures and the prospect of their application in the construction practice of Russia // *Uspekhi sovremennoy nauki*. 2017. 4. P. 205–208.
10. Sun Q., Yang Y., Fan J., Zhang Y., Bai Y. Effect of longitudinal reinforcement and prestressing on stiffness of composite beams under hogging moments // *Journal of Constructional Steel Research*. 2014. 100. P. 1–11. DOI: 10.1016/J.JCSR.2014.04.017.
11. Al-deen S., Ranzi G., Vrcelj Z. Shrinkage effects on the flexural stiffness of composite beams with solid concrete slabs: An experimental study // *Engineering Structures*. 2011. 33 (4). P. 1302–1315. DOI: 10.1016/J.ENGSTRUCT.2011.01.007.
12. Zhang N., Fu C. C. Experimental and theoretical studies on composite steel-concrete box beams with external tendons // *Engineering Structures*. 2009. 31 (2). P. 275–283. DOI: 10.1016/J.ENGSTRUCT.2008.08.004.
13. Lou T., Karavasilis T. L. Numerical assessment of the nonlinear behavior of continuous prestressed steel-concrete composite beams // *Engineering Structures*. 2019. 190. P. 116–127. DOI: 10.1016/j.engstruct.2019.04.031.
14. Chen S., Gu P. Load carrying capacity of composite beams prestressed with external tendons under positive moment // *Journal of Constructional Steel Research*. 2005. 61 (4). P. 515–530. DOI: 10.1016/J.JCSR.2004.09.004.
15. M. A. B., G. S. Y., Hamid S. Prestressed Composite Girders under Positive Moment // *Journal of Structural Engineering*. 1990. 116 (11). P. 2931–2951. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9445(1990)116:11(2931).
16. 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. P. 010250. DOI: 10.1088/1757-899X/158/1/010250.