

- напряжение как в бетоне так и арматуре задаются коэффициентами линейного расширения материалов, позволяет создать заданное преднапряжение бетонного блока по объему и получить результаты близкие к экспериментальным.
2. На основании полученных результатов численного анализа можно утверждать, что:
    - при обжатии бетона в балках с полого отогнутой арматурой векторы главных деформаций сжатия в средней части высоты сечения зоны отгиба направленных к точке приложения усилий в отогнутой арматуре;
    - с приложением внешней нагрузки векторы главных деформаций сжатия бетона балок с отогнутой арматурой наклонены к продольной оси в меньшей степени, чем в балках с прямолинейной арматурой;
    - в стадии загрузки в балках с отогнутой арматурой образование магистральной наклонной трещины ожидается с нижней зоны сечения;

- проекция наклонной трещины на продольную ось в балках с отогнутой арматурой имеет большую величину, чем в балках с прямолинейной арматурой.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Техничко-экономические показатели стропильных балок с отогнутой арматурой. /Цыганков И.И., Дмитриев Ю. В., Сасонко Л.В. и др. //Промышленное строительство. –1970. –№10. –с.21–22.
2. Евграфов Г.К., Иосилевский П.И., Чирков В.П. Эффективность применения полигональной и верхней напрягаемой арматуры //Транспортное строительство. –1959. –№4. –с.10–16.
3. СНБ 5.03.01–02 “Бетонные и железобетонные конструкции”. Стройтехнорм, 2002 – с. 274.
4. Малиновский В.Н. Сопротивление предварительно напряжённых железобетонных балок из высокопрочного бетона с отогнутой стержневой арматурой при изгибе с поперечной силой: Автореф. дис. на соиск. учёной степени канд. техн. наук. –Л.,1988–с.24.

Материал поступил в редакцию 03.01.08

#### MALINOVSKI V.N., CHOLODAR B.G., SHALOBYTA N.N. Influence previously intense flat bent of the fixture on is intense - is deformed a condition of ferro-concrete beams

There are the results and analysis of calculations of the intense-deformed condition of beams with the rectilinear and bent armature at the stage of creation preliminary grasping of concrete and at the stage of the action of the external load. It is established that the presence of the preintense bent armature changes the character of the intense-deformed condition at preliminary grasping of concrete and the given circumstance is reflected in work of a beam at the stage of loading (stuffing). On the basis of the analysis of the intense-deformed condition nearby the beam zone it is proved that in beams with rectilinear strained armature there are conditions for formation (along the middle of height of section) of the main inclined crack, but in beams with the bent preintense armature the main crack is formed as a continuation of normal cracks formed on the bottom side of a beam and has more flat character. The conclusion is that in such beams the basic sites can not have orthogonal cross-section armature, and the projection of inclined cracks to a longitudinal axis of a beam has the great size.

УДК 624.94:69.057.122

*Драган В.И., Луговской М.А., Мухин А.В.*

### НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ЖЕСТКИМ ВНЕШНИМ АРМИРОВАНИЕМ С РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ АНКЕРНЫХ УСТРОЙСТВ

**Введение.** Развитие железобетонных конструкций характеризуется поиском новых видов сочетаний стали и бетона для обеспечения их рациональной совместной работы. Традиционные железобетонные конструкции имеют ряд недостатков. Основные из них – трудоемкость изготовления, а также использование дорогостоящей и, как правило, нерационально используемой опалубки. Недостаток стальных конструкций – возможность потери общей или местной устойчивости, крайне низкая огнестойкость, необходимость защиты от коррозии.

В сталежелезобетонных конструкциях внешнее армирование, которое одновременно выполняет силовые, защитные, изоляционные функции, позволяет не только в значительной степени устранить эти недостатки, но и увеличить прочность бетона за счет его работы в обойме и несущую способность всей конструкции в целом.

Были проведены экспериментально исследования изгибаемых сталежелезобетонных элементов с жестким внешним армированием и тремя видами анкерных устройств. Испытания проводились в балочном испытателе в лабораторных условиях.

Целью исследований являлось:

- определение характера предельного состояния изгибаемых сталежелезобетонных элементов с жестким внешним армированием с тремя видами анкерных устройств;
- исследование напряженно-деформированного состояния изгибаемых сталежелезобетонных элементов с жестким внешним армированием.

**Методика проведения испытаний.** Исследования напряженно-деформированного состояния изгибаемых сталежелезобетонных

элементов с жестким внешним армированием выполнены на образцах трех типов, отличающихся по виду анкерных устройств, используемых для обеспечения совместной работы железобетонного ядра и внешнего жесткого армирования. Сталежелезобетонное сечение элементов состоит из двух прокатных швеллеров №20 по ГОСТ 8240 из стали класса С245 по ГОСТ 27772, пространство между которыми заполнено бетоном, имеющим среднюю кубиковую прочность 34,44 МПа, армированным двумя стержнями Ø10 мм класса S400 (А-III), расположенными в растянутой зоне.

Совместная работа внешнего жесткого армирования и железобетонного ядра обеспечивается при помощи различных анкерных устройств. Во всех элементах присутствуют гибкие анкерные устройства из арматурных стержней Ø10 мм класса S400 (А-III), приваренных к стенкам швеллеров в сжатой и растянутой зоне бетона. В элементах типа 1 также применены анкерные устройства из прокатных равнополочных уголков L25x4 по ГОСТ 8509 из стали класса С245 по ГОСТ 27772, которые расположены перпендикулярно к продольной оси элементов. В элементах типа 2 применены анкерные устройства из прокатных равнополочных уголков L25x4 по ГОСТ 8509, которые расположены наклонно к продольной оси элементов под углом 45°. В элементах типа 3 анкерные устройства из прокатных уголков отсутствуют (рис. 2, а, б, в).

Конструктивное решение опытных образцов типа 1 приведено на рис. 1.

Опытную конструкцию при помощи траверсы загружали двумя сосредоточенными силами для создания области чистого момента. Нагружение осуществлялось гидравлическим домкратом ДГ-50 гру-

*Драган Вячеслав Игнатьевич, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета (БрГТУ).*

*Луговской Михаил Анатольевич, младший научный сотрудник НИЧ БрГТУ.*

*Мухин Анатолий Викторович, кандидат технических наук, профессор кафедры строительных конструкций БрГТУ.*

*Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.*

зоподъемностью 500 кН. Нагрузка на конструкцию измерялась с помощью динамометра, установленного в раму совместно с гидравлическим домкратом, последовательно включенным в гидравлическую цепь нагружения. Давление в домкратах создавалось передвижной насосной станцией.

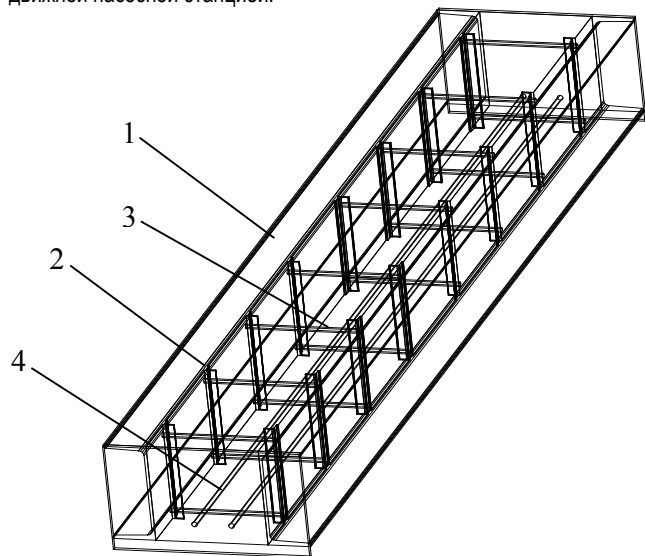


Рис. 1. Конструктивное решение опытных образцов типа 1:

- 1 – внешнее жесткое армирование;
- 2 – анкерные устройства из равнополочных уголков;
- 3 – анкерные устройства из арматурных стержней;
- 4 – армирование железобетонного ядра.

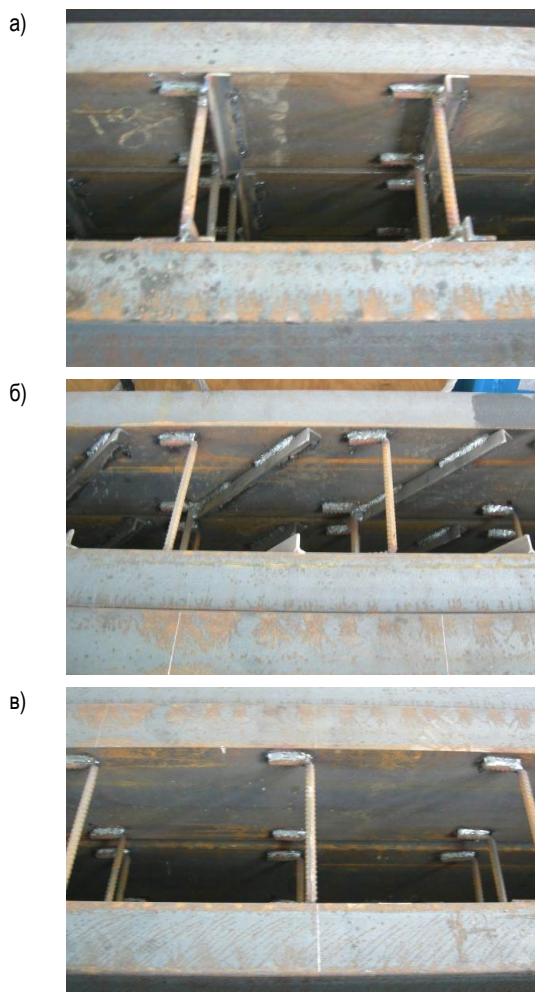


Рис. 2. Общий вид анкерных устройств исследуемых элементов:  
а) элемент типа 1; б) элемент типа 2; в) элемент типа 3

При нагружении измеряли вертикальные перемещения в трех точках балок: посередине балки и на расстоянии 504 мм от обоих опор балок. Для определения напряжений измерялись фибровые деформации в поперечном сечении внешнего армирования, находящемся в зоне чистого момента.

Общие деформации измеряли прогибомерами, фибровые деформации – тензорезисторами с базой 10 мм. Кроме того, при проведении испытаний параллельно фиксировались деформации в наиболее сжатой и наиболее растянутой зоне внешнего армирования при помощи механических тензометров с использованием индикаторов часового типа с ценой деления 0,002 мм. По фибровым деформациям определяли фибровые напряжения. Схемы размещения регистрирующих приборов на элементах приведены на рис. 3, 4. На рис. 5 приведен общий вид испытательного стенда.

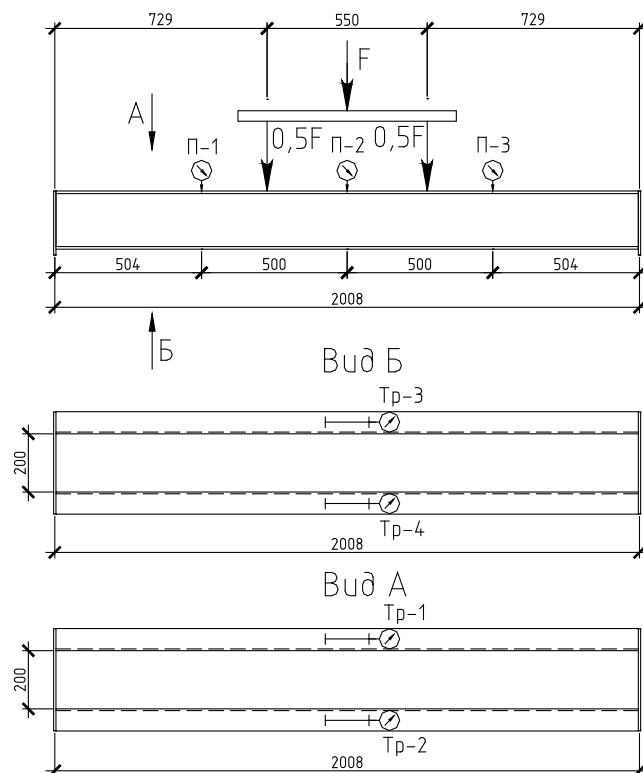


Рис. 3. Схема размещения регистрирующих приборов на испытываемых элементах

Условные обозначения:

П-1 – П-3 — прогибомеры;

Тр-1 – Тр-4 — механические тензометры

**Результаты исследования напряженно-деформированного состояния сталежелезобетонных изгибаемых элементов.** Проведенные испытания направлены на выявление общего характера работы изгибаемых сталежелезобетонных элементов с различными видами анкерных устройств под нагрузкой.

Нагрузка на элементы прикладывалась поэтапно с шагом 40 кН.

В элементах всех типов за предельное состояние принимался момент, когда напряжения в нижней зоне прокатных элементов достигали предела текучести.

В элементах типа 1 и 2 наиболее растянутые волокна внешнего армирования достигали предела текучести при нагрузке  $F = 240$  кН, в элементах типа 3 – при нагрузке  $F = 210$  кН.

Следует отметить, что при выдерживании балок при вышеуказанной предельной нагрузке увеличения прогибов элементов не наблюдалось.

В элементах типа 1 и 2 трещины в бетоне растянутой зоны образовались при нагрузке, равной 60% от предельной, в то время как в элементах типа 3 трещины в бетоне растянутой зоны образовались при нагрузке, равной 55% от предельной. В элементах типа 1, 2 и 3 первые трещины в бетоне растянутой зоны образовались в зоне чистого момента в месте расположения гибких анкерных устройств.

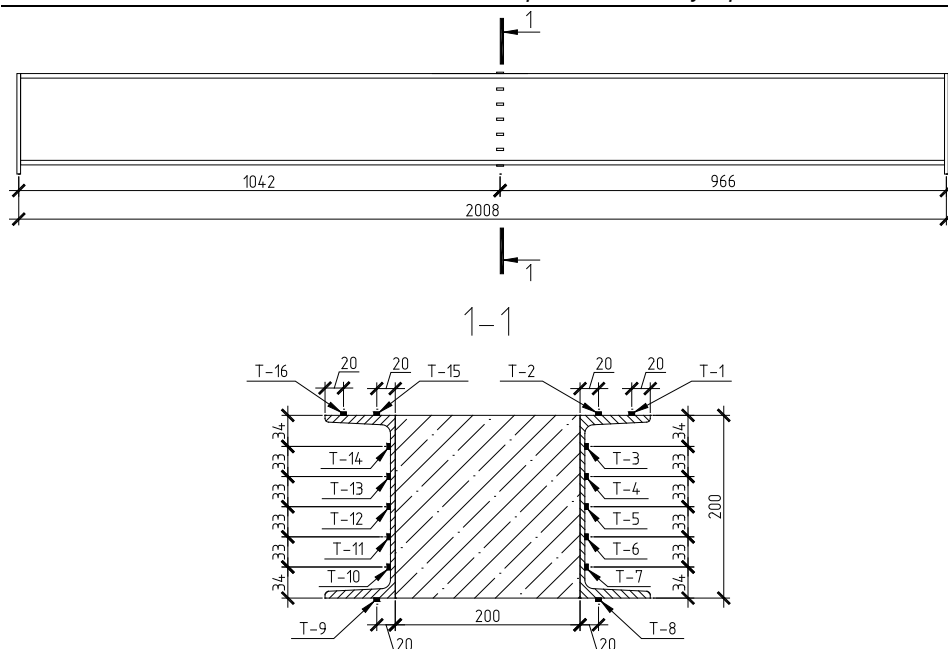


Рис. 4. Расположение тензорезисторов по сечению внешнего армирования

Условные обозначения:  
T-1 – T-16 — тензорезисторы с базой 10 мм



Рис. 5. Общий вид испытательного стенда

На рис. 6 приведены диаграммы распределения напряжений по высоте сечения внешнего армирования для элементов типа 1, 2, 3 при величине нагрузки  $F = 120$  кН.

Проанализировав распределение напряжений по высоте внешнего армирования при нагрузке  $F = 120$  кН (рис. 6), можно сделать вывод, что в элементе типа 3 железобетонное ядро и внешнее армирование работают независимо друг от друга, о чем свидетельствует положение нейтральной оси, которая расположена практически по середине высоты сечения. В то же время для элементов типа 1 и 2 нейтральная ось сдвинута вверх и находится на расстоянии 65 – 75 мм от верхней грани жесткого армирования, что свидетельствует о том, что анкерные устройства в виде прокатных уголков вовле-

кают в совместную работу с внешним армированием бетон сжатой зоны.

**Выводы.** При испытаниях сталежелезобетонных элементов всех типов предельное состояние элементов наступает в результате достижения предела текучести и развития пластических деформаций нижней зоны прокатных элементов.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что анкерные устройства в виде прокатных уголков вовлекают в совместную работу на изгиб железобетонное ядро элемента, в то время как в элементах, не имеющих подобных анкерных устройств, внешнее армирование и железобетонное ядро работают на изгиб практически независимо друг от друга.

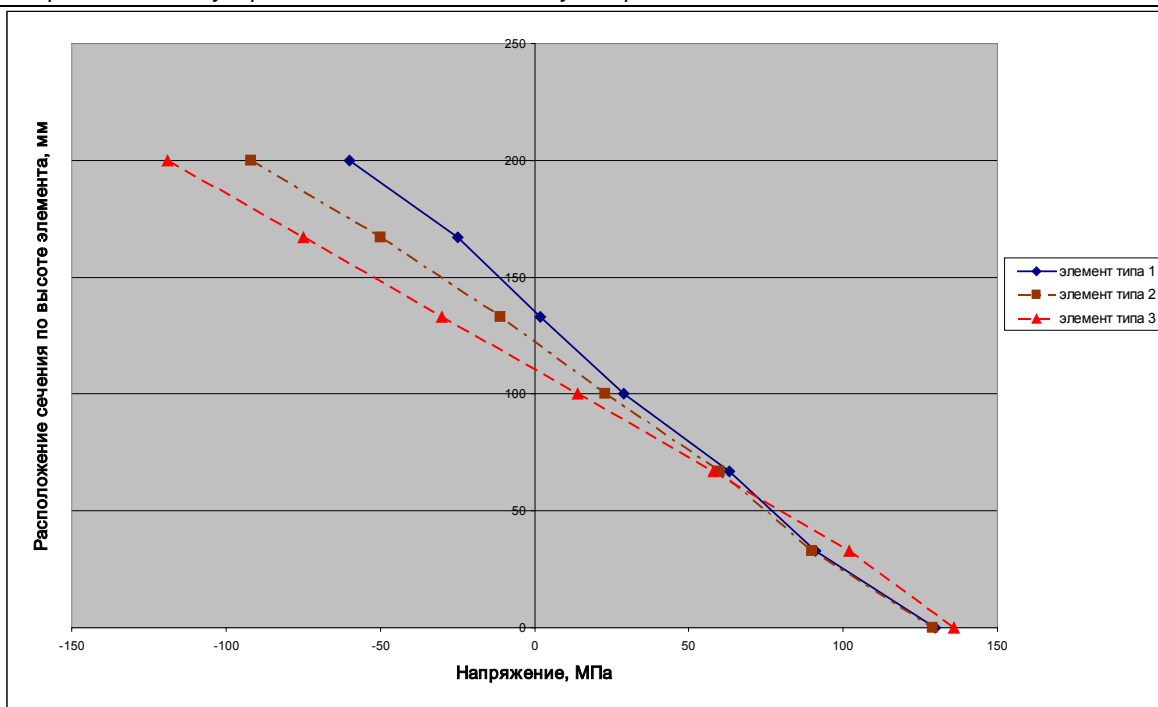


Рис. 6. Напряжения по высоте сечения внешнего армирования в элементах типа 1, 2, 3 при нагрузке  $F=120$  кН

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СНиП 2.05.03-84\*. Мосты и трубы / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988.– 200 с.

2. ТКП 45-5.03-16-2005. Конструкции сталежелезобетонные покрытий и перекрытий. Правила проектирования. – Мн.: Минстройархитектуры, 2006.– 76 с.

Материал поступил в редакцию 10.01.08

#### DRAGAN V.I., LUGOVSKOJ M.A., MUCHIN A.V. Is intense - is deformed a condition steel of ferro-concrete bent elements with the rigid external fixture with various kinds of anchor of devices

The technique of carrying out of laboratory researches of bending steel-concrete elements with rigid external reinforcement is described in this paper. The basic results of experimental researches are also presented, comparison and the analysis of experimental results for elements with different types of anchor devices is executed.

At tests of all types of steel-concrete elements the marginal state of elements occurs as a result of reaching a yield point and evolution of plastic deformations of the lower area of rolling elements.

The received experimental data testify that anchor devices in the form of L-bars involve in combined action in bending a reinforced-concrete kernel of an element while in the elements which do not have similar anchor devices, external reinforcement and a reinforced-concrete kernel work in bending practically independently from each other.

УДК 624.014.001.24 (476.7)

**Драган В.И., Люстибер В.В.**

### ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ СТРУКТУРНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ СИСТЕМЫ «БрГТУ»

**Введение.** В связи с внедрением в практику строительства абсолютно нового узлового соединения структурных конструкций – узла системы «БрГТУ», после возведения ряда объектов с применением в качестве покрытий таких пространственных конструкций проводились их натурные испытания. Кроме того, в лаборатории Брестского государственного технического университета постоянно проводились экспериментальные испытания отдельных узловых элементов при их различном напряженно-деформированном состоянии. Полученные данные подтвердили высокую надежность узлового соединения системы «БрГТУ» и выявили ряд преимуществ данного узла по сравнению с известными узловыми соединениями структур. Однако, несмотря на полученные данные, для возведения уникальных сооружений, например, таких как покрытие Летнего амфитеатра в г. Витебске, требуются уточнения и проведение дальнейших исследований действительной работы пространственных конструкций системы «БрГТУ».

Были проведены экспериментально-теоретические исследования опытного фрагмента структуры системы «БрГТУ». Испытания фрагмента проводились на участке силового пола в лабораторных условиях.

Цель исследований – разработка рекомендаций по расчету структурных конструкций системы «БрГТУ» для практического применения при проектировании.

Задачи исследований:

- проверка правильности метода расчета, применяемого при определении напряженно-деформированного состояния структур системы «БрГТУ»;
- определение характера предельного состояния структурных конструкций системы «БрГТУ»;
- исследование напряженно-деформированного состояния фрагмента металлической структурной плиты с узлами системы «БрГТУ»;
- изучение влияния податливости узловых соединений системы

**Люстибер Вадим Викторович**, аспирант кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.