

УДК 624.012.45

**НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОПЕРЕЧНОЙ АРМАТУРЫ И БЕТОНА ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, УСИЛЕННЫХ В ЗОНЕ СРЕЗА****Е.Д. ЛАЗОВСКИЙ***(Полоцкий государственный университет)*

*Представлено экспериментально-теоретическое исследование напряженно-деформированного состояния основной и дополнительной предварительно напряженной поперечной арматуры и бетона в изгибаемых железобетонных элементах, усиленных в зоне среза. Выполнено сопоставление результатов эксперимента с данными, полученными в результате расчета по предлагаемой автором методике.*

Целью данной работы явилось проведение экспериментально-теоретических исследований изгибаемых железобетонных элементов, усиленных в зоне среза путем установки дополнительной предварительно напряженной поперечной арматуры. Методика испытаний, а также характеристики опытных образцов приведены в [1].

**Напряженно-деформированное состояние поперечной арматуры и бетона изгибаемых железобетонных элементов, усиленных в зоне среза**

При нагружении образцов Б-I-1, Б-II-1 и Б-III-1 до образования наклонных трещин относительные деформации поперечной арматуры равномерно увеличивались. После образования наклонных трещин в процессе дальнейшего нагружения вплоть до разрушения в поперечной арматуре опытных образцов наблюдалось более интенсивное увеличение относительных деформаций. По длине зоны среза относительные деформации в стержнях поперечной арматуры различались и составляли наибольшие значения в середине пролета среза, наименьшие – по концам зоны среза. При этом относительные деформации во всех стержнях (от двух до четырех – в зависимости от пролета среза) поперечной арматуры, пересекающих критическую наклонную трещину, на этапах, предшествовавших разрушению, достигали значений, соответствующих их пределу текучести. Графики зависимости средних по длине проекции критической наклонной трещины относительных деформаций в стержнях поперечной арматуры, пересекающих критическую наклонную трещину, в зависимости от величины поперечной силы для образцов Б-I-1, Б-II-1 и Б-III-1 показаны на рисунке 1.

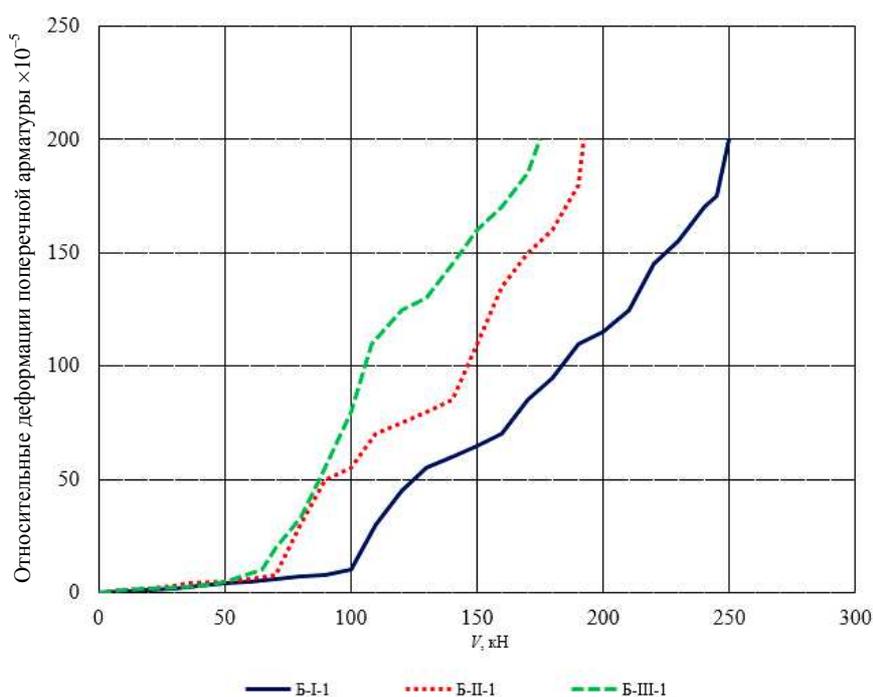


Рис. 1. Зависимость средних по длине проекции критической наклонной трещины относительных деформаций поперечной арматуры от величины поперечной силы в опытных образцах Б-I-1, Б-II-1 и Б-III-1

Распределения относительных сдвиговых деформаций бетона по высоте поперечного сечения образцов Б-I-1, Б-II-1 и Б-III-1 в зоне среза, полученные в результате обработки измеренных относительных деформаций бетона с помощью тензометрических розеток на стадиях до образования наклонных трещин, приведены на рисунке 2.

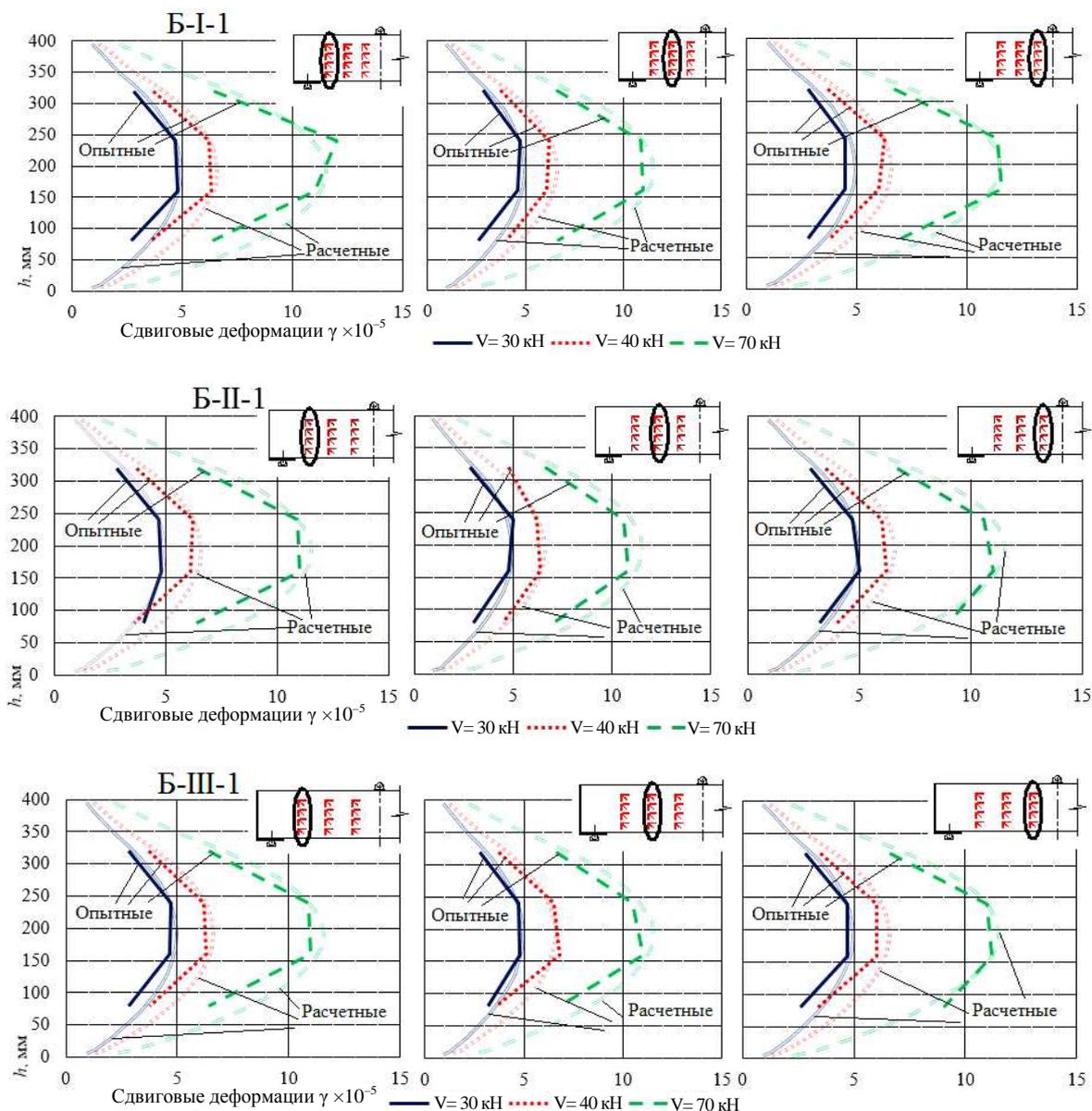


Рис. 2. Распределения по высоте поперечного сечения относительных сдвиговых деформаций в бетоне опытных образцов Б-I-1, Б-II-1, Б-III-1 (опытные и расчетные)

Характер работы стержней поперечной арматуры в образцах Б-I-2, Б-II-2, Б-III-2, усиленных в зоне среза путем установки дополнительной предварительно напряженной арматуры в исходном напряженно-деформированном состоянии, главным образом совпадает с характером работы стержней поперечной арматуры в эталонных образцах. Отличием является менее интенсивное увеличение относительных деформаций в основной поперечной арматуре с увеличением внешней нагрузки, связанное с положительным влиянием дополнительной предварительно напряженной поперечной арматуры, для исследуемых пролетов среза.

Зависимости средних по длине проекции критической наклонной трещины относительных деформаций в стержнях основной и дополнительной поперечной арматуры, пересекающих критическую наклонную трещину, от величины поперечной силы для образцов Б-I-2, Б-II-2 и Б-III-2, усиленных путем установки дополнительной предварительно напряженной арматуры в исходном состоянии, приведены на рисунках 3–5.

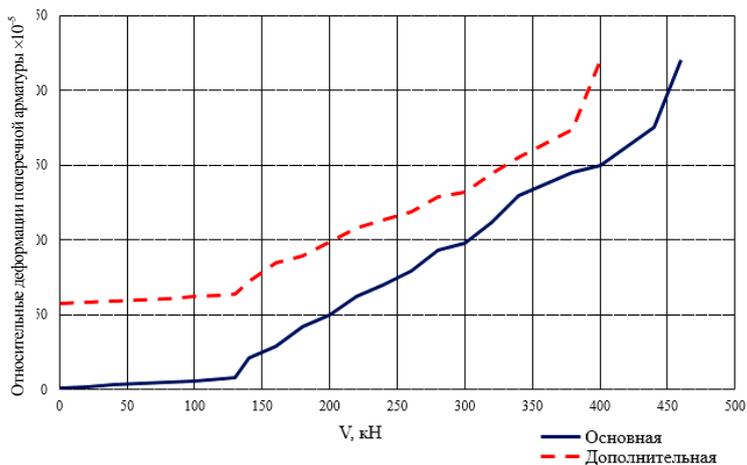


Рис. 3. Зависимость средних по длине проекции критической наклонной трещины относительных деформаций поперечной арматуры от величины поперечного усилия в образце Б-I-2

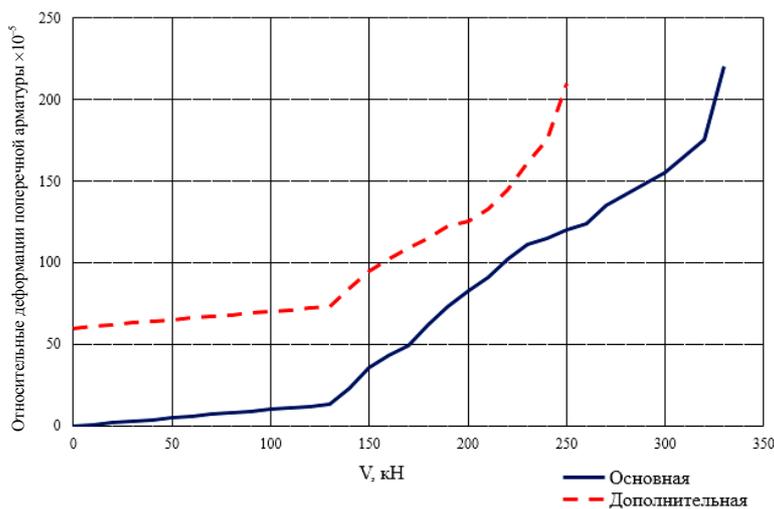


Рис. 4. Зависимость средних по длине проекции критической наклонной трещины относительных деформаций поперечной арматуры от величины поперечного усилия в образце Б-II-2

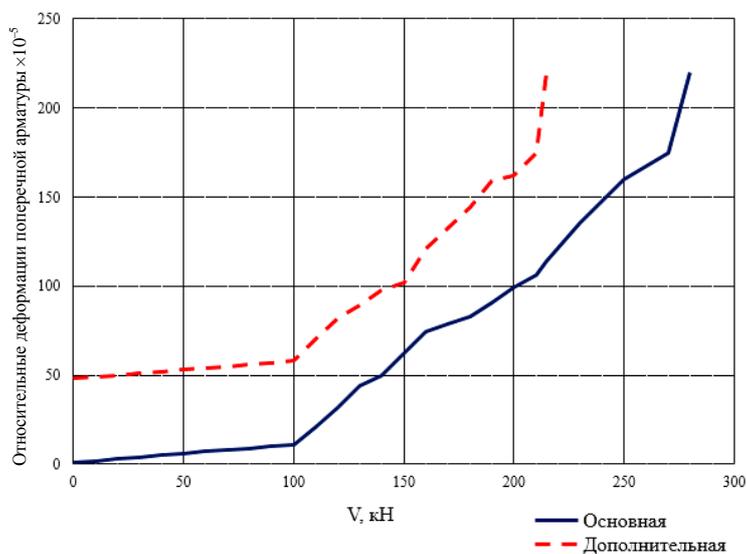


Рис. 5. Зависимость средних по длине проекции критической наклонной трещины относительных деформаций поперечной арматуры от величины поперечного усилия в образце Б-III-2

Распределения относительных сдвиговых деформаций бетона по высоте поперечного сечения образцов Б-I-2, Б-II-2 и Б-III-2, усиленных в зоне среза в начальном напряженном состоянии путем установки дополнительной предварительно напряженной поперечной арматуры, полученные в результате обработки измеренных относительных деформаций бетона с помощью тензометрических розеток на стадиях до образования наклонных трещин, по форме схожи с соответствующими распределениями в эталонных образцах Б-I-1, Б-II-1 и Б-III-1 (рис. 6). Это подтверждается принятым [2] распределением касательных напряжений в зависимости от приращения комбинации внутренних усилий.

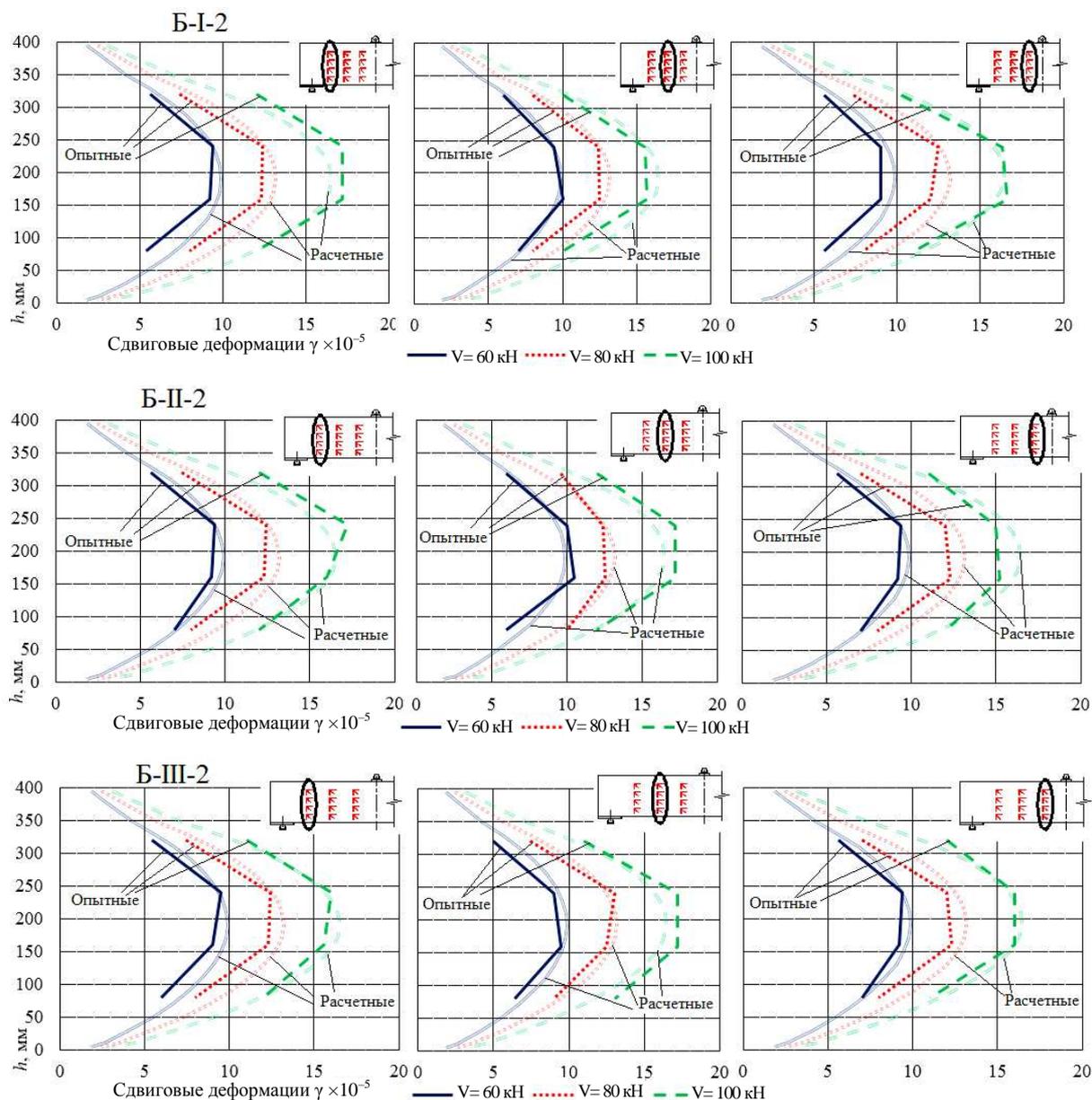


Рис. 6. Распределения по высоте поперечного сечения относительных сдвиговых деформаций в бетоне опытных образцов Б-I-2, Б-II-2, Б-III-2 (опытные и расчетные)

В образцах Б-I-3, Б-II-3, Б-III-3, усиленных под нагрузкой после образования критических наклонных трещин в зоне среза, зависимости средних по длине проекции критической наклонной трещины относительных деформаций поперечной арматуры (рис. 7–9) показывают более высокую эффективность предварительного напряжения дополнительной поперечной арматуры для уменьшения относительных деформаций (нормальных напряжений) в основной поперечной арматуре на величину до  $20 \dots 26 \cdot 10^{-5}$  ( $42 \dots 54,6$  МПа). При этом уменьшение относительных деформаций (нормальных напряжений) в основной поперечной арматуре в образцах Б-I-2, Б-II-2, Б-III-2, усиленных установкой дополнительной предварительно напряженной поперечной арматуры в исходном состоянии, на порядок меньше:  $1,5 \dots 2 \cdot 10^{-5}$  ( $3,2 \dots 4,2$  МПа).

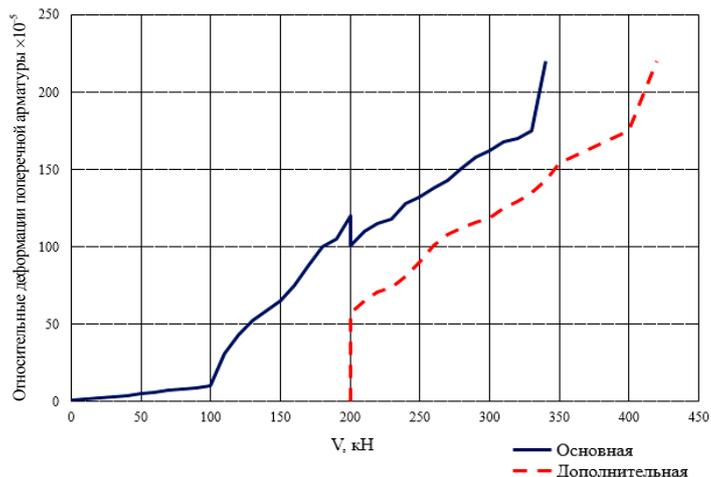


Рис. 7. Зависимость средних по длине проекции критической наклонной трещины относительных деформаций поперечной арматуры от величины поперечного усилия в образце Б-I-3

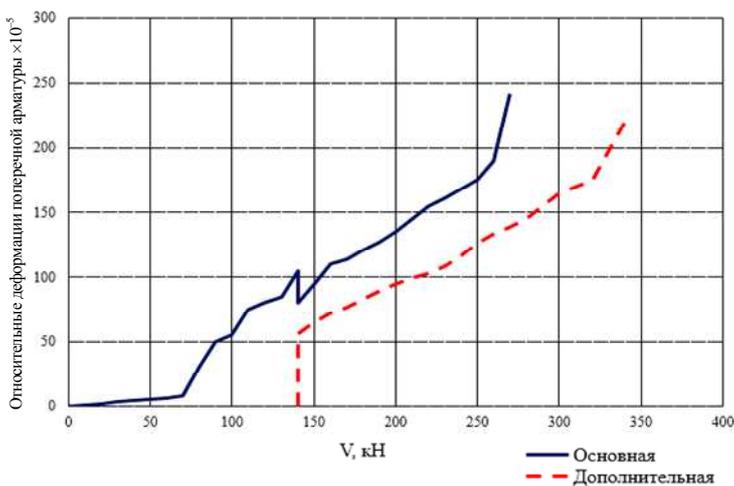


Рис. 8. Зависимость средних по длине проекции критической наклонной трещины относительных деформаций поперечной арматуры от величины поперечного усилия в образце Б-II-3

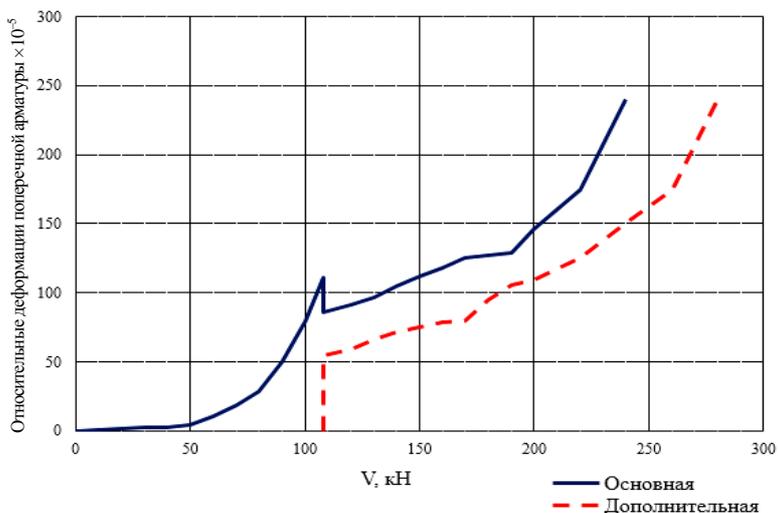


Рис. 9. Зависимость средних по длине проекции критической наклонной трещины относительных деформаций поперечной арматуры от величины поперечного усилия в образце Б-III-3

Во всех образцах, усиленных путем установки дополнительной предварительно напряженной арматуры, основная и дополнительная поперечная арматура класса S240 достигала значений относительных деформаций, соответствующих пределу текучести на разных этапах нагружения, не достигая относительных деформаций, соответствующих временному сопротивлению.

**Заключение.** Экспериментально подтверждено достижение в основной и дополнительной поперечной арматуре предела текучести при разрушении опытных образцов. Полученные по предлагаемой методике [2–4] расчетные данные распределения относительных сдвиговых деформаций по высоте поперечного сечения в зоне среза имеют удовлетворительную сходимость с результатами эксперимента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лазовский, Е.Д. Экспериментально-теоретические исследования прочности изгибаемых железобетонных элементов, усиленных в зоне среза установкой дополнительной предварительно напряженной поперечной арматуры / Е.Д. Лазовский // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф. Прикладные науки. Строительство. – 2013. – № 16. – С. 51–60.
2. Лазовский, Е.Д. Методика расчета изгибаемых железобетонных элементов, усиленных в зоне среза / Т.М. Пецольт, Е.Д. Лазовский, Д.О. Глухов // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф. Прикладные науки. Строительство. – 2012. – № 16. – С. 54–59.
3. Лазовский Е.Д. Предпосылки, методика и программа для расчета напряженно-деформированного состояния усиленных в зоне среза изгибаемых железобетонных элементов / Е.Д. Лазовский, Д.О. Глухов // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф. Прикладные науки. Строительство. – 2013. – № 16. – С. 33–39.
4. Применение мягких вычислений для сглаживающей аппроксимации сложных сингулярных зависимостей / Д.О. Глухов [и др.] // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия С. Фундаментальные науки. – 2012. – № 12. – С. 2–5.

*Поступила 02.06.2014*

#### **THE STRESS-STRAIN STATES OF THE TRANSVERSE REINFORCEMENT AND THE CONCRETE OF THE BENDING REINFORCED CONCRETE ELEMENT, STRENGTHENED IN SHEAR ZONE**

**Y. LAZOUSKI**

*In this article, the results of the experimental and theoretical studies of the main and additional pre-stressed transverse reinforcement and concrete stress-strain state of the bending reinforced concrete elements, strengthened in shear zone, are presented. In addition, there is the comparison between experimental results with obtained by calculation, using on the proposed method.*