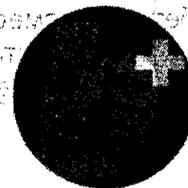




АС'05



АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО – 2005

ARCHITEKTUR UND BAUWESEN – 2005

I Международный научно-практический семинар

I Internationales wissenschaftlich-praktisches Seminar

ОПРЕДЕЛЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ БЕЗ СЦЕПЛЕНИЯ НАПРЯГАЕМОЙ АРМАТУРЫ С БЕТОНОМ

Образцов О.Л.¹, Тур В.В.²

ВВЕДЕНИЕ

Согласно определению, приведенному в СНБ 5.03.01 – 02 [1], под предварительно напряженными конструкциями без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном принято понимать конструкции, в которых натяжение арматуры выполняют непосредственно на затвердевший бетон установленной прочности, а усилие обжатия передают с напрягаемой арматуры на конструкцию при помощи механического ее закрепления без последующего инъецирования каналов. При этом защиту арматуры от воздействия окружающей среды выполняют при помощи антикоррозионных покрытий, либо располагая ее в специальных оболочках. Наибольших успехов в создании напрягаемых элементов без сцепления арматуры с бетоном в последних нескольких десятилетиях добились западноевропейские фирмы «Freyssinet», «Duwi-dag» и др. [2, 3, 4].

По сравнению с традиционными предварительно напряженными конструкциями элементов без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном было посвящено значительно меньше исследований, а в силу этого наблюдается относительный дефицит публикаций, относящихся к изучению данной проблемы. При этом, в своем большинстве экспериментальные и аналитические исследования сконцентрированы на определении предельных усилий, воспринимаемых конструкцией при изгибе [5-9] и лишь немногие [10-11] посвящены эксплуатационной стадии работы. Еще более ограниченное количество опубликованных работ посвящено исследованию конструкций, имеющих т.н. смешанное армирование: арматуру, имеющую сцепление с бетоном (напрягаемую и (или) ненапрягаемую) и арматуру без сцепления.

¹ Образцов Олег Леонидович, кандидат технических наук, Брестский государственный технический университет (БГТУ)

² Тур Виктор Владимирович, доктор технических наук, профессор, Брестский государственный технический университет (БГТУ)

КЛАССИФИКАЦИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ БЕЗ СЦЕПЛЕНИЯ НАПРЯГАЕМОЙ АРМАТУРЫ С БЕТОНОМ

Классификация конструкций без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном представлена на рис. 1. В качестве основных классификационных признаков определены следующие: а) положение напрягаемой арматуры по отношению к бетонному сечению (внутри тела бетонного сечения и вне тела бетонного сечения); б) трассировка напрягаемой арматуры (прямолинейное или криволинейное по заданной траектории); в) характеристика армирования сечения (только напрягаемая арматура, либо смешанное армирование, включающее как арматурные элементы без сцепления, так и арматуру (напрягаемую либо ненапрягаемую, связанную с окружающим бетоном).

В зависимости от размещения напрягаемой арматуры, к первой группе относят конструкции, у которых напрягаемые элементы (канаты, пряди, стержни и т.д.) располагают в специально выполненных внутренних каналах (см. рис. 2, 3). После натяжения арматуры каналы либо не заполняются (инъецируются) вовсе, либо до натяжения инъецируются специальными мягкими материалами (например, на основе битумов, смол, воска, парафина, смазок), не обеспечивающими совместную работу напрягаемой арматуры с окружающим бетоном. Материалы, которые в зависимости от технологии могут быть нанесены и на напрягаемые стержни [3], с одной стороны обеспечивают снижение сил трения, а с другой – защиту напрягаемых элементов от воздействия агрессивных сред. Трассировка напрягаемой арматуры может выполняться аналогично, как и в обычных предварительно напряженных конструкциях, у которых напрягаемая арматура имеет сцепление с бетоном.

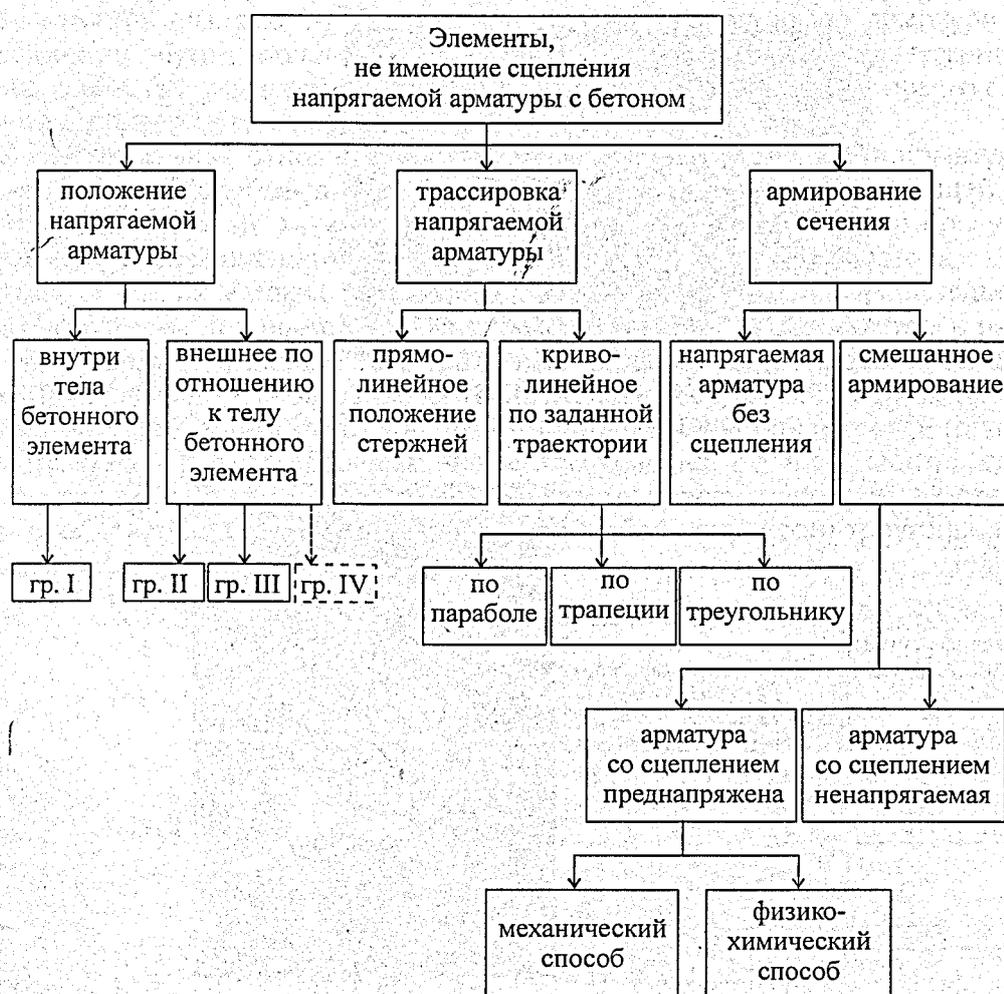


Рисунок 1 – Классификация предварительно напряженных конструкций с напрягаемой арматурой, не имеющей сцепления с бетоном

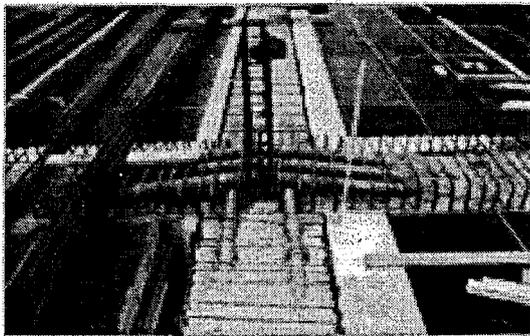
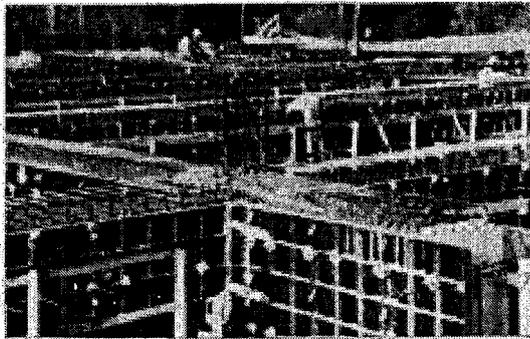
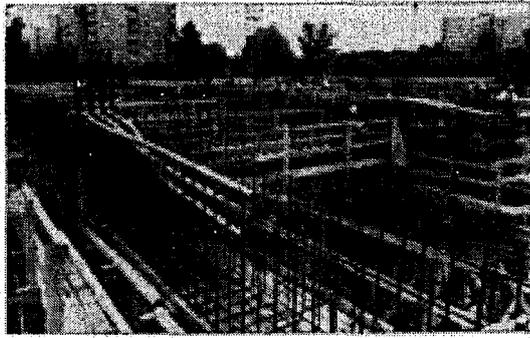


Рисунок 2 – Напрягаемая арматура без сцепления с бетоном в элементах перекрытий (конструкции I группы)

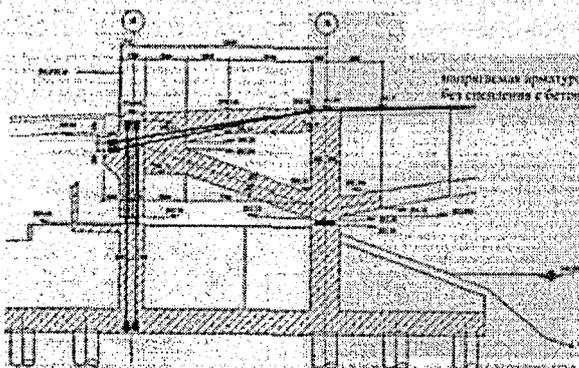


Рисунок 3 – Применение напрягаемой арматуры без сцепления в мостовых конструкциях (конструкции I группы)

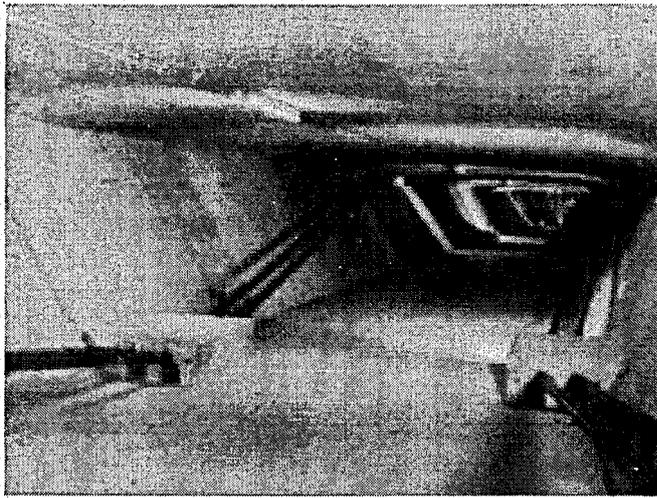


Рисунок 4 – Расположение напрягаемой арматуры внутри коробчатого пролетного строения моста (конструкции группы II)

Ко второй группе можно отнести конструкции, у которых напрягаемая арматура без сцепления располагается внешним образом по отношению к бетонному сечению, но защищена конструкцией от непосредственного воздействия атмосферы и агрессивных сред. Типичным конструктивным решением этой группы являются коробчатые элементы пролетных строений мостов (см. рис. 4). В таких конструкциях напрягаемая арматура без сцепления располагаемая внутри коробчатого сечения в меньшей степени подвержена коррозии. При этом не возникает температурного перепада между напрягаемой арматурой и бетонным элементом, подвергнутым предварительному напряжению.

К третьей группе относят конструкции, у которых напрягаемая арматура, располагаемая вне бетонного элемента контактирует непосредственно с окружающей средой. Типичный случай применения таких конструктивных решений встречается при усилении строительных конструкций внешними затяжками либо при возведении мостовых конструкций. Напрягаемая арматура в таких элементах подвержена коррозии в наибольшей степени, что требует устройства для нее специальной защиты [12] (рис. 5). При этом в расчетах необходимо учитывать возникающие температурные перепады при определении деформаций напрягаемых стержней и собственно бетонных элементов, подвергаемых предварительному напряжению. Необходимо отметить, что в конструкциях второй и третьей групп, напрягаемые элементы контактируют с бетонным элементом точно, т.е. в тех местах, где установлены огибающие приспособления (диверторы). Поэтому трассы напрягаемых стержней пролегают, как правило, по ломаной, представляющей собой чаще всего треугольник или трапецию (см. рис. 6).

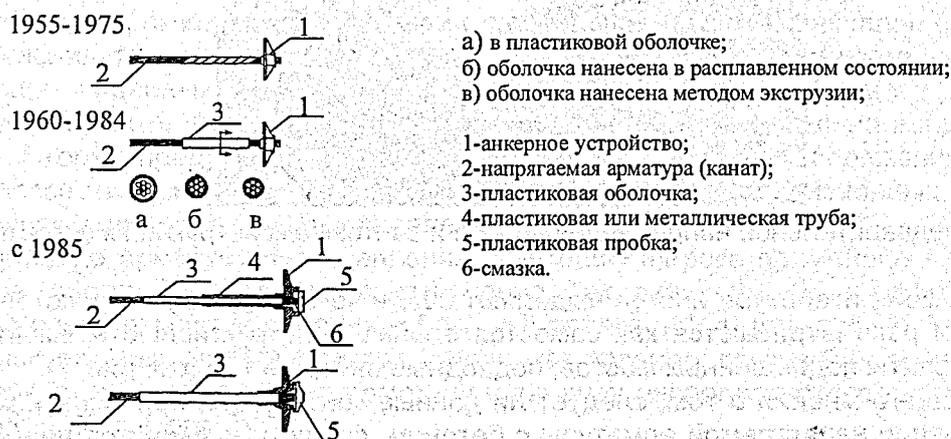


Рисунок 5 – Эволюция напрягаемых элементов, применяемых в предварительно напряженных конструкциях без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном согласно [12].

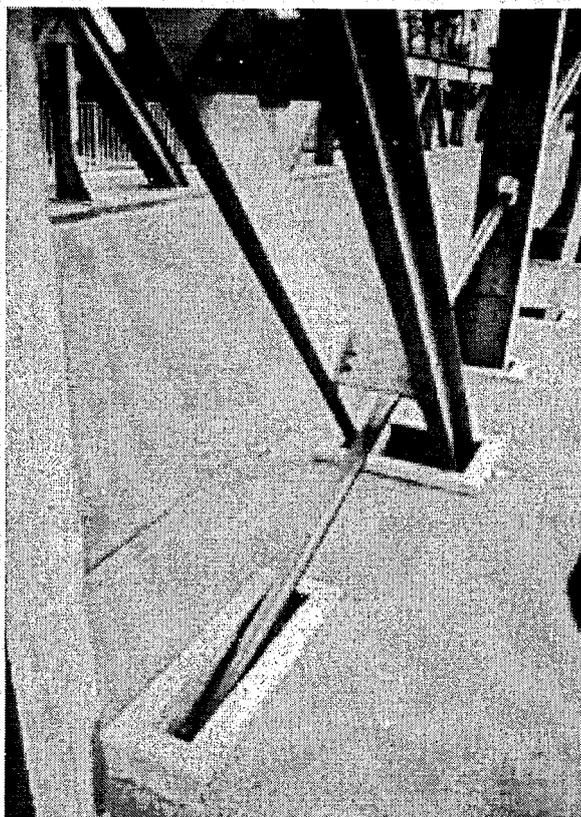


Рисунок 6 – Применение внешнего напрягаемого армирования (группа III) при предварительном напряжении мостовых конструкций

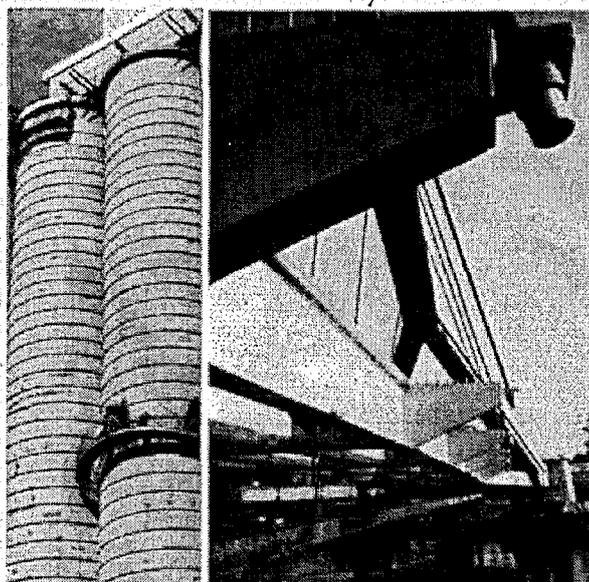


Рисунок 7 – Предварительное напряжение силосов и вантовые конструкции мостов (группа IV)

В технической литературе иногда выделяют еще и четвертую группу, в которой напрягаемые стержни рассматриваются как самостоятельные конструктивные элементы. К ним можно отнести ванты подвешенных мостов, подводные анкера и т.д. (см. рис. 7).

Однако общего мнения о том, следует ли данные конструкции причислять к конструкциям без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном, среди специалистов не выработано [3]. В качестве отдельной группы также могут быть представлены предварительно напряженные конструкции, в которых напрягаемую арматуру без сцепления навивают на бетон-

ный или железобетонный элемент (например, емкостные сооружения различного назначения, силосы (рис. 7) и т.д.).

Несмотря на то, что бетонные элементы, подверженные предварительному обжатию арматурой без сцепления с бетоном, в большинстве случаев имеют конструктивное армирование, его не учитывают в расчетах. Вместе с тем, смешанное армирование, когда часть арматуры (напрягаемой или ненапрягаемой) имеет сцепление с бетоном, может существенно повлиять на характер трещинообразования и разрушения такого элемента.

Необходимо отметить, что конструкции без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном долгое время находили ограниченное применение в отечественном строительстве в силу следующих обстоятельств. В первую очередь эту ситуацию относят за счет рисков, связанных с коррозионным повреждением напрягаемой арматуры. Исследования [12] показывают, что незаполненные каналы не обеспечивают защиту напрягаемой арматуры. Применение т.н. мягких материалов обеспечивает защиту от агрессивных воздействий, но не создают сильной, характерной для традиционных железобетонных конструкций, щелочной среды, пассивирующей поверхность стали. Разрабатываемые в последние годы системы преднапряжения [12] позволяют в значительной мере избавиться от названного недостатка, размещая напрягаемые стержни в герметичных оболочках. В балочных элементах, не имеющих сцепления напрягаемой арматуры с бетоном, в отличие от традиционных предварительно напрягаемых конструкций, приращение напряжений в арматуре распределяются одинаково на полной длине стержня. Это обстоятельство изменяет характер трещинообразования элементов, ведет к увеличению прогибов и ширины раскрытия трещин. При этом разрушение таких элементов происходит, как правило, при меньших нагрузках в результате раздавливания бетона сжатой зоны. Прочностные свойства напрягаемой арматуры зачастую оказываются недоиспользованными. В конструкциях третьей группы, кроме того, необходимо учитывать в расчетах разницу температур напрягаемых стержней и бетонного элемента, эксплуатирующихся на открытом воздухе. В зимний период эксплуатации эта разница дает благоприятный эффект, но в летний период приводит к потерям предварительного напряжения. Кроме оговоренных недостатков, конструкции без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном имеют преимущества, присущие только им. Мягкий инъекционный материал, которым обычно заполнены каналы, позволяет достаточно просто осуществлять инспектирование напрягаемой арматуры, а при необходимости и ее замену. Внешние напрягаемые стержни особенно удобно применять при усилениях и ремонтах существующих конструкций, тем более, что предварительное напряжение позволяет выполнить т.н. активное усиление [3]. Незначительные потери, связанные с трением в каналах (при использовании мягких материалов, заполняющих каналы), позволяют производить односторонние натяжения напрягаемой арматуры даже при достаточно длинных элементах, подверженных предварительному напряжению. При этом возможна дополнительная дотяжка напрягаемых стержней в процессе эксплуатации конструкций, а процесс преднапряжения можно осуществлять с успехом и в зимний период, так как он не связан с выполнением т.н. «мокрых» процессов.

В настоящее время в международной строительной практике накоплен опыт практического применения таких конструкций в широких областях – современное мостостроение, оболочки защиты ядерных реакторов, емкостные, высотные сооружения и т.д. [13].

Следует отметить, что нормы [1] рекомендуют для предварительно напряженных конструкций, в которых предусматривается регулирование величины напряжения обжатия бетона в процессе их эксплуатации (в реакторах, резервуарах, телевизионных башнях), применение напрягаемой арматуры без сцепления с бетоном.

Напрягаемую арматуру без сцепления с бетоном широко применяют в строительной практике для конструкций различного назначения. Так, внешнее армирование применяют в пролетных строениях мостов средних и больших пролетов [14] (см. рис.6). При возведении каркасов многоэтажных зданий с сеткой колонн, как правило, свыше 9 м, во многих случаях в дисках перекрытий напрягаемую арматуру в каналах располагают свободно, без сцепления с бетоном [15] (см. рис.2).

В работе [16] определено, что для применения конструкций без сцепления требуется решить три важнейшие задачи.

Во-первых, должны быть разработаны надежные практические методы расчета и конструирования изгибаемых конструкций с напрягаемой арматурой, не имеющей сцепления с бетоном.

Во-вторых, свободная арматура должна иметь на концевых участках надежное закрепление в бетоне, не допускающее при этом местного смятия бетона.

В-третьих, напрягаемая арматура, при размещении ее вне сечения изгибаемого элемента или в каналах, должна иметь надежную антикоррозионную защиту.

В отечественной практике названные конструкции не получили достаточно широкого распространения. Причиной тому, в первую очередь, следует считать недостаточное освещение методов их расчета нормативными документами, а также, по мнению авторов работы [16], сложившиеся инженерные традиции.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНБ 5.03.01-02 Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования.-Мн.: Стройтехнорм, 2003.-139 с.
2. Леонгардт Ф. Предварительно напряженный железобетон.- М.: Стройиздат, 1982.- 331 с.
3. Ajdukiewicz A., Mames J., Konstrukcji sprężone.- Arkady, 1982. - 431 p.
4. Leeb R. Modern Prestressed Concrete.- London, 1997.- 521 p.
5. Байков В.Н., Доронов Е.А. и др. Общий случай расчета железобетонных конструкций // Бетон и железобетон.- 1987.- №5.-С.37-39.
6. Белов В.И. Исследование напряженно-деформированного состояния железобетонных балок как систем, составленных из упругих блоков: Дис. ... канд. техн. наук.- Киров, 1973.
7. Васильев П.И., Залесов А.С., Рочняк О.А., Образцов Л.В., Деркач В.Н. Рекомендации по расчету железобетонных предварительно напряженных изгибаемых элементов без сцепления арматуры с бетоном.- Москва-Санкт-Петербург-Брест, 1993.
8. Васильев П.И., Е.Н. Пересыпкин. Метод расчета раскрытия швов и трещин в массивных бетонных конструкциях // В кн.: Труды координационных совещаний по гидротехнике. -Выпуск 58.- Энергия, 1970, С.47-93.
9. Васильев П.И., Е.Н. Пересыпкин. Напряженно-деформированное состояние железобетонной балки с трещинами // В кн.: Метод конечных элементов и строительная механика. Труды ЛПИ.- №363.- С. 74-78.
10. Васильев П.И., Деркач В.Н., Образцов Л.В., Рочняк О.А. Трещиностойкость, жесткость, прочность, предварительно напряженных балок, не имеющих сцепления арматуры с бетоном.- Ленинград-Брест, 1986.
11. Гийон И. Предварительно напряженный железобетон (русс. пер.).- М.: Стройиздат, 1953.- 570 с.
12. Schupack M. Unbonded performance // Civil Engineering ASCE.-1989.-P.75-77.
13. Образцов Л.В. Исследование железобетонных предварительно напряженных балок без сцепления арматуры с бетоном на действие изгибающего момента и поперечной силы. Дис. ... канд.техн.наук. -Брест, 1980.
14. Nardon F. Bridge and Structural Estimating.- New York, 1996.- 428 p.
15. Cooke N., Park R., Yong Ph. Flexural Strength of Externally Prestressed Concrete Members with Unbonded Tendons // Journal of the PCI.- Nov/Dec. 1981.- vol. 26, №6.-P. 52-80.
16. Мордич А.И., Поляков А.Л., Левашова Н.Б. Сопротивление поперечному изгибу балок с напрягаемой арматурой, не имеющей сцепления с бетоном. Сб. науч. тр. /Совершенствование строительных конструкций и технологии производства.- Мн.: БелНИИС, 1992.- С. 34-38.