

The results of the various authors on researches of character of job of at - basic zones of the not cut previously intense beams are considered depending on the form of cross section and size of a preliminary pressure. The existing methods do not reflect to the full feature of their job.

УДК 624.041.62

Гашко В.И.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НАКЛОННЫХ СЕЧЕНИЙ НЕРАЗРЕЗНЫХ ПРЕДНАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК

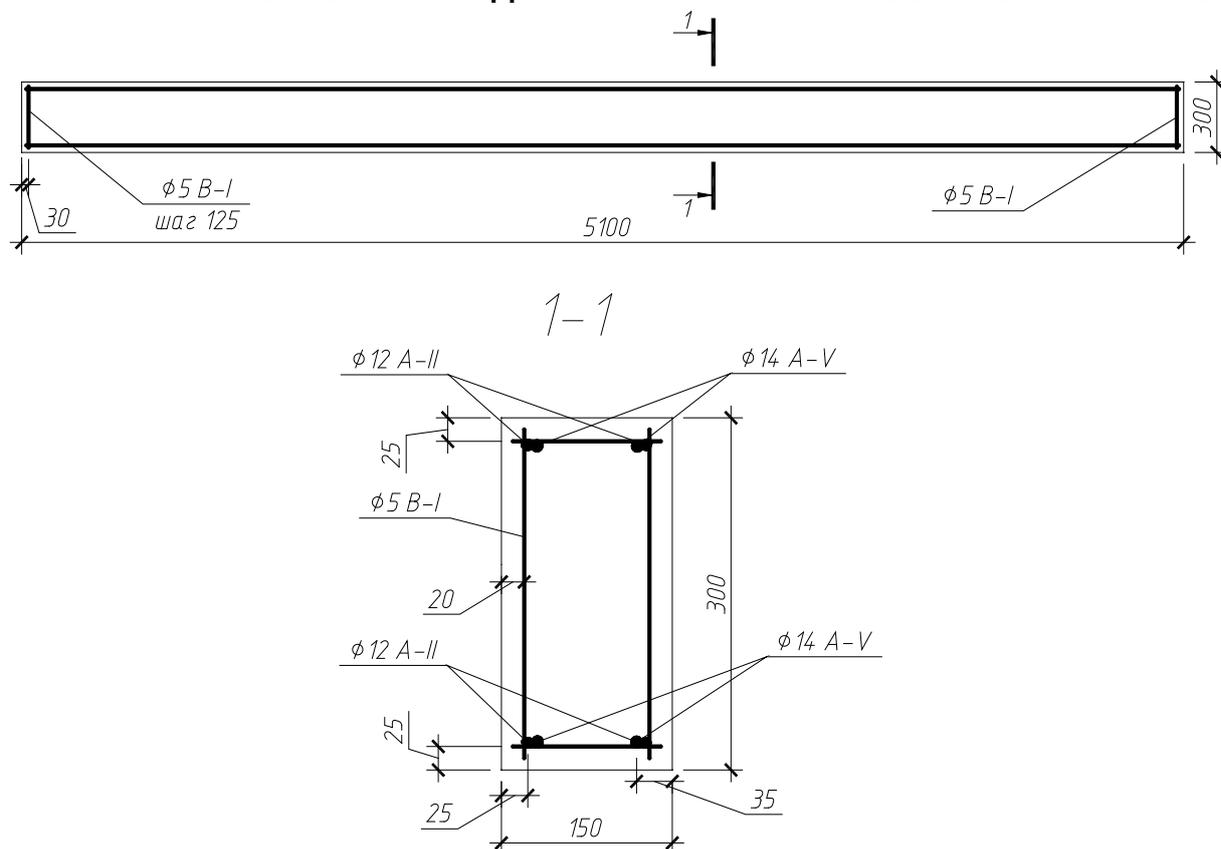


Рис. 1. Конструктивное решение опытных балок

Вопросы сопротивления неразрезных предварительно напряженных железобетонных элементов изгибу с поперечной силой являются малоизученной проблемой теории железобетона. Задачей настоящих экспериментальных исследований явилось изучение механизма и получение количественных характеристик сопротивления таких балок изгибу с поперечной силой.

Опыты проведены на железобетонных двухпролетных балках прямоугольного сечения. Варьируемыми факторами являлись относительный "пролет среза" (следовательно, изменялось отношение опорного и пролетного моментов) и величина предварительного напряжения верхней и нижней продольной арматуры.

Для выполнения экспериментальных исследований были изготовлены 14 железобетонных балок основной группы; размеры поперечного сечения по проекту составляли 150x300 мм, общая длина балок - 5100 мм.

После опытного изучения работы балок основной группы некоторые из них были испытаны по однопролетной схеме с загрузкой одной сосредоточенной силой, эти балки отнесены к дополнительной группе опытных образцов.

Объем экспериментальных исследований приведен в таблице 1.

Конструктивное решение опытных балок показано на рис. 1.

Опытные образцы в зависимости от величины предварительного напряжения продольной арматуры имеют в обозначении арабские цифры от 1 до 5: 1 - без предварительного напряжения продольной арматуры, установленной в верхней и нижней зонах балки; 2 - величина предварительного напряжения продольной арматуры верхней и нижней зон составляет

соответственно 0,55 и 0,55  $f_{yk}$ ; 3 - величина предварительного напряжения арматуры верхней и нижней зон соответственно 1,0 и 1,0  $f_{yk}$ ; 4 - величина предварительного напряжения арматуры верхней и нижней зон соответственно 0,55 и 1,0  $f_{yk}$ ; 5 - величина предварительного напряжения арматуры верхней и нижней зон соответственно 0 и 1,0  $f_{yk}$ .

Римские цифры в обозначении опытных балок указывают относительный "пролет среза": I - 1,5; II - 3,0; III - 4,5.

Балки армировались продольной стержневой арматурой 2  $\varnothing$  14 мм класса A-V в верхней и нижней зонах, установленной, как отмечено выше, с предварительным напряжением, а также обычной продольной арматурой по 2  $\varnothing$  12 мм класса A-II у верхней и нижней грани.

В качестве поперечной арматуры в образцах использовалась проволока  $\varnothing$  5 мм класса B-I, шаг поперечных стержней принят равным 125 мм по всей длине балки. Продольная, без предварительного и поперечная арматура объединялись в сварные непрерывные каркасы. Зона передачи напряжений на длине анкеровки предварительно напряженной арматуры усиливалась металлическими спиральями.

Основные конструктивные характеристики опытных железобетонных балок приведены в таблице 2.

Примененные для балок продольные арматурные стержни  $\varnothing$  14 мм класса A-V соответствовали ГОСТ 5781-82, арматура  $\varnothing$  12 мм класса A-II - ГОСТ 5781-82, поперечная арматура  $\varnothing$  5 мм B-I - ГОСТ 6727-80. Физико-механические характеристики арматуры определялись по стандартной методике с использованием разрывных машин МУП-50, УМЗ-10.

Таблица 1. Основные характеристики испытаний

Шифр балки	Уровень относительного преднапряжения арматуры		Относительный пролет среза	Схема испытаний
	верхней	нижней		
БН-II-1	0	0	3.0	
БН-II-2	0.55	0.55		
БН-II-3	1.0	1.0		
БН-II-4	0.55	1.0		
БН-II-5	0	1.0		
БН-I-3	1.0	1.0	1.5	
БН-III-3	1.0	1.0	4.5	
БО-II-1	0	0	3.0	
БО-II-3	1.0	1.0		
БО-II-5	0	1.0		

Таблица 2. Основные конструктивные характеристики опытных балок

Шифр балки	Размеры поперечного сечения, см			Площадь продольной арматуры, см <sup>2</sup>		Площадь в см <sup>2</sup> и шаг в см поперечной арматуры	Прочность бетона на сжатие, МПа
	b	h	h <sub>0</sub>	обычной	преднапр.		
БН-II-1	15.2	30.2	27.1	2.28	3.1	0.4 12.5	27.5
БН-II-1a	15.3	30.5	27.3	2.28	3.1	0.4 12.5	26.6
БН-II-2	15.4	30.6	27.2	2.28	3.1	0.4 12.5	25.6
БН-II-2a	15.2	30.1	27.0	2.28	3.1	0.4 12.5	28.3
БН-II-3	15.1	30.8	27.2	2.28	3.1	0.4 12.5	30.3
БН-II-3a	15.4	30.2	26.9	2.28	3.1	0.4 12.5	24.1
БН-II-4	15.1	30.5	27.2	2.28	3.1	0.4 12.5	22.3
БН-II-4a	15.3	30.6	27.3	2.28	3.1	0.4 12.5	24.8
БН-II-5	15.1	30.4	26.9	2.28	3.1	0.4 12.5	28.1
БН-II-5a	15.0	30.3	27.0	2.28	3.1	0.4 12.5	23.8
БН-I-3	15.3	30.4	27.3	2.28	3.1	0.4 12.5	22.9
БН-I-3a	15.1	30.2	27.1	2.28	3.1	0.4 12.5	21.3
БН-III-3	15.1	30.3	27.1	2.28	3.1	0.4 12.5	27.3
БН-III-3a	15.0	30.2	27.0	2.28	3.1	0.4 12.5	27.5
БО-II-1	15.2	30.2	27.1	2.28	3.1	0.4 12.5	27.9
БО-II-1a	15.3	30.5	27.3	2.28	3.1	0.4 12.5	26.9
БО-II-3	15.1	30.8	27.2	2.28	3.1	0.4 12.5	30.8
БО-II-3a	15.4	30.2	26.9	2.28	3.1	0.4 12.5	24.3
БО-II-5	15.1	30.4	26.9	2.28	3.1	0.4 12.5	28.7
БО-II-5a	15.0	30.3	27.0	2.28	3.1	0.4 12.5	24.1

Для приготовления бетонной смеси использовались цемент марки 400 Волковыского цементного завода, песок с модулем крупности 1,8 и объемной массой 1640 кг/куб.м, щебень Микашевичского карьера с крупностью зерен 5-20 мм, пустотностью 44,8%. Осадка конуса бетонной смеси составила 2-4 см. Смесь приготавливалась в бетономешалке гравитационного действия емкостью 100 л.

Опытные балки бетонировались в сборно-разборной металлической форме, запроектированной и изготовленной автором. Уплотнение бетонной смеси производилось вибраторами, закрепленными на форме.

Одновременно с балкой бетонировались 6-8 бетонных кубов с ребрами 15 см и три призмы размерами 15 x 15 x 60 мм.

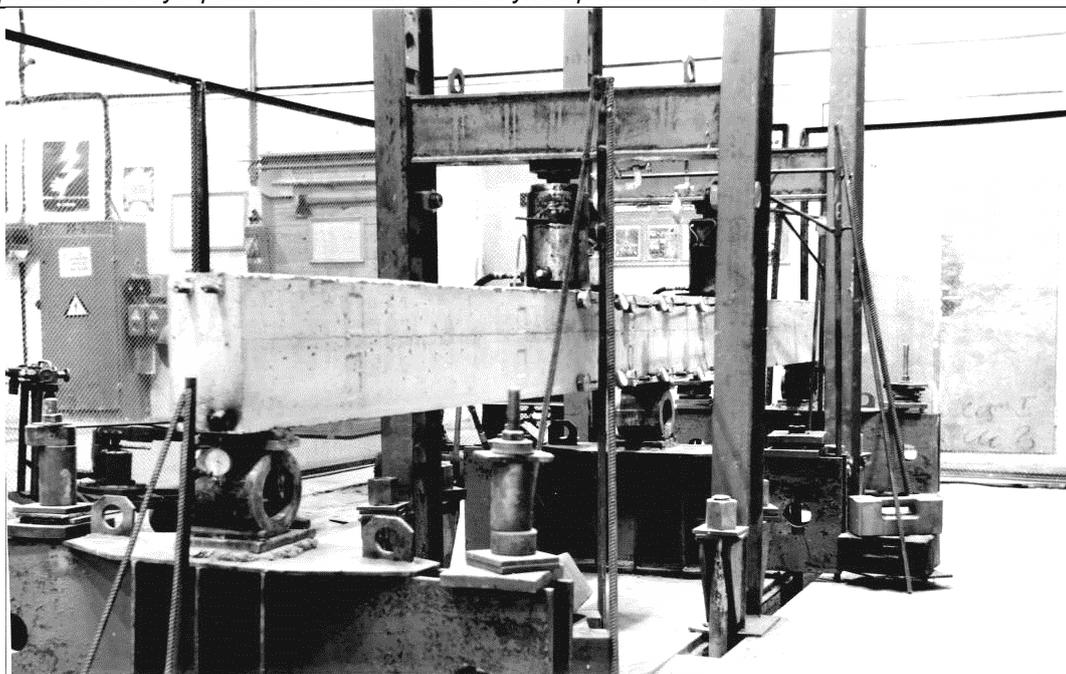


Рис. 2. Общий вид балки на опытной установке

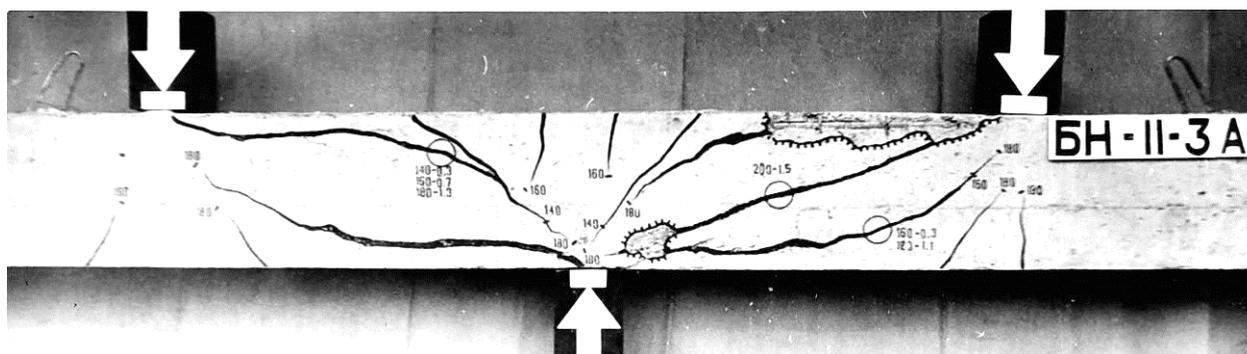


Рис. 3. Характерное разрушение неразрезной преднапряженной балки

Таблица 3. Усилия при образовании трещин и разрушении опытных балок

Шифр балки	Усилие преднапряжения в арматуре, кН		Нагрузка образования нормальных трещин, кН		Нагрузка образования наклонных трещин, кН		Изгиб. момент при разрушении, кН м	Поперечн. сила при разрушении, кН
	нижней	верхней	опора	пролет	опора	пролет		
БН-II-1	0	0	40	60	43	60	36	128
БН-II-1а	0	0	40	60	51	68	31	111
БН-II-2	130	132	60	80	85	102	41	145
БН-II-2а	135	123	80	110	119	136	44	157
БН-II-3	249	265	100	140	128	145	50	176
БН-II-3а	227	212	100	130	102	136	47	166
БН-II-4	251	129	80	110	102	136	46	162
БН-II-4а	238	138	80	120	119	136	45	160
БН-II-5	249	0	40	70	51	77	42	150
БН-II-5а	241	0	60	90	68	111	39	139
БН-I-3	234	226	200	200	152		18	221
БН-I-3а	229	223	180	200	133		17	204
БН-III-3	230	222	100	120	110	123	68	123
БН-III-3а	235	233	100	120	105	126	69	126
БО-II-1	0	0	-	60	-	40	70	88
БО-II-1а	0	0	-	60	-	54	76	94
БО-II-3	246	2646	-	100	-	94	108	135
БО-II-3а	226	211	-	100	-	80	90	112
БО-II-5	247	0	-	80	-	80	94	118
БО-II-5а	238	0	-	80	-	68	87	106

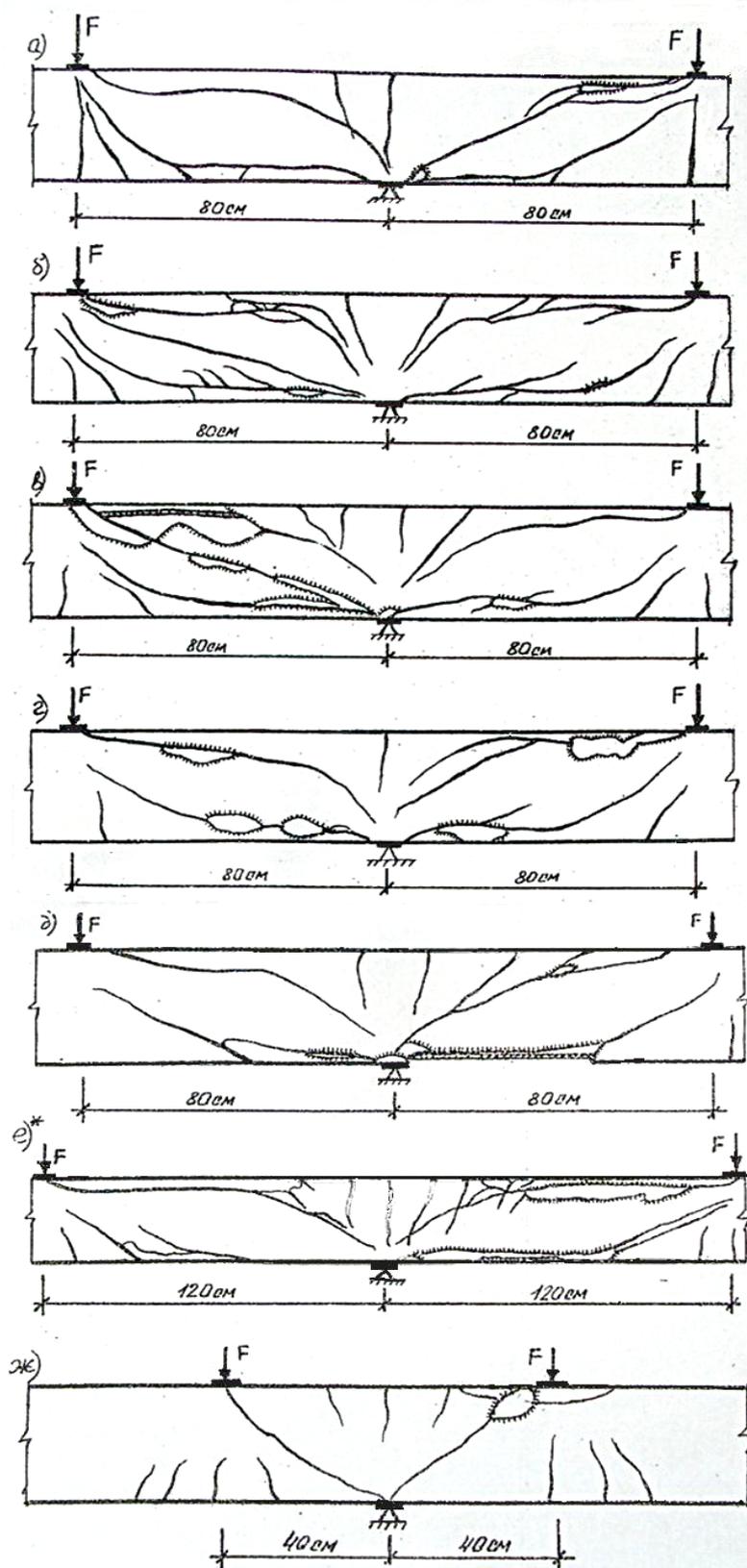


Рис. 4. Морфология трещинообразования и характер разрушения опытных балок: а) БН-II-1а, б) БН-II-2, в) БН-II-3а, г) БН-II-4а, д) БН-II-5а, е) БН-III-31а, ж) БН-I-3

Борта опалубки снимались через 24-48 часов после формирования балок, последние покрывались ветошью, смоченной водой, и полиэтиленовым колпаком. В течение одного месяца осуществлялся необходимый уход за бетоном.

Физико-механические характеристики бетона устанавливались стандартными испытаниями на протарированном гидравлическом

прессе П-250. Бетон соответствовал классу по прочности на сжатие В25-В30.

Натяжение арматуры на упоры осуществлялось на специальном стенде гидравлическими домкратами. Стержни анкерились с помощью полуавтоматических зажимов на концах. Напряжение регулировалось комплектом шайб, укладываемых между упором и полуавтоматиче-

скими зажимами. После достижения необходимой величины преднатяжения подвижные траверсы закреплялись стопорными гайками.

Первоначально производилось натяжение нижней арматуры, затем, после ее закрепления - верхней.

Контроль равномерности усилий в арматурных стержнях осуществлялся с помощью мессур на базе 30 см и индикаторов перемещений часового типа с ценой деления 0,001 мм. Кроме того, усилие натяжения контролировалось по образцовому манометру гидросистемы и по образцовому эталонному динамометру ДОС-50.

Для снятия релаксации стержни, до создания расчетного значения величины предварительного напряжения, подвергались вытяжке при уровне преднатяжения на ступень превышающем проектный. В таком состоянии стержни выдерживались не менее суток до бетонирования балок.

Величина рабочего натяжения арматуры (для достижения расчетного уровня) в каждом случае устанавливалась с учетом возможных потерь. В процессе выдержки образцов потери преднатяжения определялись с помощью мессур, закрепляемых на реперах, последние крепились на арматуре.

Снятие преднатяженной арматуры с упоров производилось через 28 суток после бетонирования образцов при достижении бетоном проектной прочности.

Выгиб балок в своей плоскости фиксировали индикаторами перемещений с ценой деления 0,01 мм, закрепленными на трубчатой штанге. Ножевые опоры штанги устанавливались на длине расчетного пролета балки. Величина выгиба представляет собой разность между показаниями индикатора до и после отпуска натяжения арматуры.

Испытание опытных образцов основной группы проводили по трехопорной статически неопределимой схеме при шарнирно-подвижных крайних опорах и шарнирно-неподвижной - средней. Опорами служили кольцевые динамометры. Размеры опорных и грузораспределительных пластин были 80x150x20 мм.

Перед началом испытаний балки в течение 10 минут подвергались пригрузу нагрузкой 10 кН в каждом пролете. После снятия прируза осуществлялось рабочее нагружение, которое проводилось этапами, составляющими примерно 1/10 от ожидаемой разрушающей нагрузки, с выдержкой на каждом из них 10-15 мин. За это время снимались показания индикаторов, прогибомеров, фиксировалось образование и развитие трещин, замерялась ширина их раскрытия. Показания приборов на каждом этапе снимались дважды - сразу же после приложения нагрузки и после выдержки.

Нагрузку создавали в силовых рамах гидравлическими домкратами ДГС-5. Величину прикладываемого усилия определяли по по-

казаниям манометра МТИ-400 и контролировали по значениям опорных реакций, измеренных с помощью предварительно проградуированных колец-динамометров. Общий вид балки на опытной установке показан на рис. 2.

Прогибы балок замерялись прогибомерами ПАО-7 в серединах пролетов, под грузами и над всеми опорами (для учета осадки опор).

Для определения возможного отклонения вертикальной оси (главной оси поперечного сечения) балки из силовой плоскости измерение вертикальных перемещений производили с двух сторон сечения над средней опорой.

Измерение деформаций верхней и нижней арматуры осуществлялось с помощью индикаторов перемещений часового типа с ценой деления 0,001 мм на базе 200 мм. Установка индикаторов производилась следующим образом. К ненапрягаемой арматуре приваривались металлические стерженьки диаметром 6 мм, длиной 20 мм с резьбой на конце. Перед бетонированием на стерженьки навинчивалась металлическая насадка, имеющая форму усеченного конуса, меньшим основанием плотно упирающаяся в арматурный стержень. После распалубки насадка вывинчивалась; в образовавшийся колодец устанавливались с помощью резьбового соединения держатели для индикатора и удлиняющей штанги.

Снятие показаний с приборов, как отмечалось, производилось на всех этапах нагружения. Непосредственно перед разрушением балок удавалось записать показания двух динамометров, что позволяло во всех случаях достоверно определить величину разрушающей нагрузки.

На каждом этапе нагружения, вплоть до разрушения, на боковой поверхности опытных балок отмечали появление и зарисовывали развитие нормальных и наклонных трещин.

Ширину раскрытия наиболее характерных трещин замеряли с помощью микроскопа МПБ-2 с ценой деления 0,05 мм.

После исчерпания несущей способности опытные балки разгружались, производили снятие показаний со всех приборов, фиксировали остаточную ширину раскрытия трещин.

Характерное разрушение неразрезной преднатяженной балки по наклонному сечению показано на рис. 3. Морфология трещинообразования и характер разрушения образцов показаны на рис. 4. Величины усилий при образовании трещин и исчерпании несущей способности опытных балок приведены в таблице 3.

Результаты экспериментов свидетельствуют о необходимости введения корректив в расчетные зависимости норм при оценке работы наклонных сечений неразрезных преднатяженных железобетонных изгибаемых элементов.

*Материал поступил в редакцию 09.01.08*

#### **GASHKO V.I. Results of experimental researches of inclined sections of the not cut previously intense ferro-concrete beams**

The results of experimental researches of inclined sections of the not cut previously intense ferro-concrete beams are given. The existing methods do not reflect to the full feature of their job.

УДК 666.972:693.542.4:620.17

**Блещик Н.П., Котов Д.С.**

### **ПРОЧНОСТЬ НА СЖАТИЕ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ, МОДИФИЦИРОВАННОГО РАЗЛИЧНЫМИ ХИМИЧЕСКИМИ МОДИФИКАТОРАМИ И ТОНКОДИСПЕРСНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ**

**Введение.** Интенсивное развитие строительной отрасли в Республике Беларусь и необходимость повышения производительности труда, сокращения материалоемкости и энергоемкости железобетонных конструкций требуют дальнейшего совершенствования основ бетоноведения с целью создания новых энерго- и ресурсосберегающих композиций бетона. Одним из наиболее перспективных направлений является разработка и применение так называемых самоуплотняющихся бетонов, т.е. бетонных смесей, не требующих применения вибрации при их укладке в конструкцию. Данный вид бетона характеризуется повышенным расходом цементного теста, модифицированного как химическими модификаторами, так и введением тонкодисперсных наполнителей.

Как известно, прочность на сжатие бетона при прочих равных условиях зависит от прочности и объемной концентрации цементного камня. В этой связи целью предлагаемой работы является исследование физико-механических свойств цементного камня, модифицированного различными пластификаторами и дисперсным наполнителем, и получение экспериментально-теоретических и аналитических зависимостей прочности цементного камня, позволяющих осуществлять достоверное прогнозирование прочности цементного камня и самоуплотняющегося бетона.

Исследования выполнялись по заданию Минстройархитектуры по теме: "Исследовать реологические, структурные, физико-механические и технологические свойства самоуплотняющихся бе-

**Блещик Николай Павлович**, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РБ.

**Котов Дмитрий Святославович**, аспирант, младший научный сотрудник.

Беларусь, РУП «Институт БелНИИС», 220131, г. Минск, пр. Ф.Скорины, 15Б.