

**ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ  
ОСОБЕННОСТЕЙ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО  
СОСТОЯНИЯ ПРИОПОРНЫХ УЧАСТКОВ ИЗГИБАЕМЫХ  
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ  
УЧЁТЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ ФАКТОРОВ, С ЦЕЛЬЮ  
УТОЧНЕНИЯ И РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ИХ РАСЧЁТА**

**Ярошевич Н.Н., Балабан Е.И., Жарская С.Б., Ипатьев В.В.,  
Султан С.С.** (*Одесская государственная академия строительства и  
архитектуры, г. Одесса*)

**Приведена характеристика исследуемых факторов и уровней их  
варьирования, используемого плана натурального эксперимента, а  
также описана методика его проведения.**

При расчёте прочности наклонных сечений изгибаемых железобетонных элементов у исследователей и инженеров возникает определённые трудности в связи с тем, что количество неизвестных (длина проекции опасной наклонной трещины, высота сжатой зоны бетона у её вершины, продольные и поперечные усилия, воспринимаемые продольной арматурой и бетоном над наклонной трещиной, усилия в поперечной арматуре, силы зацепления бетона по длине опасной наклонной трещины и др.) превышает количество возможных уравнений равновесия статики и совместности деформаций.

С другой стороны, анализ литературных источников показал, что у исследователей ещё не сложилось единое мнение о влиянии относительного пролёта среза, класса бетона, количества поперечной и продольной арматуры на прочность приопорных участков изгибаемых железобетонных элементов. проведённый обзор литературы по данной тематике показал также, что вопросом деформативности и трещиностойкости указанных участков, практически, не уделено внимание.

Имеющиеся многочисленные экспериментальные данные о характере трещинообразования и прочности наклонных сечений, как правило, обычных изгибаемых и элементарно загруженных балок трудно сопоставимы в виду отсутствия четких планов экспериментов, разброса размеров и прочностей используемых материалов, отсутствия оценки совместного влияния исследуемых факторов и т.п. По указанной причине новые разработки в этой области еще не достигли такого уровня, что бы быть принятыми в качестве нормативных методов.

В связи с изложенным на кафедре сопротивления материалов начаты системные исследования напряженно-деформативного состояния приопорных участков изгибаемых железобетонных элементов. Характеристика исследуемых факторов в выполняемой нами I серии опытов и уровней их варьирования приведены в таблице.

Так как исследуемые факторы могут влиять на функцию «выхода» не линейно и ее целесообразно аппроксимировать полиномом второй степени, то опытные образцы изготавливали по пятифакторному трехуровневому, близкому по свойствам к Д - оптимальному, плану типа Na5 [1], обеспечивающему одинаковую точность прогнозирования выходного параметра в области, описываемой радиусом, равным 1 относительно «нулевой» точки.

Опытные образцы представляют собой свободно опертые однопролетные балки прямоугольного сечения с размерами 1975x200x100мм с расчетной длиной пролета  $l=9h_0=1575\text{мм}$ . Балки армированы двумя плоскими каркасами. В соответствии с планом эксперимента в качестве продольной растянутой арматуры согласно [2], [3] использовали термомеханически упрочненную арматуру периодического (серповидного) профиля класса А500С Ø12, 14, 16мм, сжатой - Ø8, 10, 12 А500С, монтажной - А240С Ø6мм. Рабочая высота сечения равна 175мм, длина пролета среза -  $1h_0$ ,  $2h_0$  и  $3h_0$ . Балки запроектированы по рекомендациям [2], [4] так, чтобы обеспечить их разрушение по наклонным сечениям. В связи с этим, на приопорных участках в зоне пролетов среза балки были армированы поперечными стержнями Ø3, 4, 5 ВрI, установленными с шагом 87,5мм.

Во избежание проскальзывания рабочей арматуры на опоре увеличена длина ее анкеровки (11,6-15,5d), а также приварены 5 Ø6А240С с шагом 44мм.

Для исключения развития наклонной трещины за пределами пролета среза (линию действия сосредоточенного груза) по краям зоны чистого изгиба установлены дополнительные поперечные стержни Ø6А240 с шагом 43 и 44мм.

Для изготовления опытных образцов-балок использовали обычный тяжелый бетон класса В15, В25 и В35 на гранитном щебне фракций 5...10мм, кварцевом песке с модулем крупности 1,5. В качестве вяжущего использовали обычный портландцемент марки 400 без добавок. Для уменьшения водоцементного отношения, улучшения удобоукладываемости бетонной смеси и сокращения сроков набора прочности бетона во всех опытах использовали комплексную добавку Релаксол-Супер М (аттестат аккредитации НААУ № ИА 6.002.Н.592, сертификат

соответствия ISO 9001 № 04.156.026) в количестве 1% от веса цемента в пересчете на сухое вещество.

Таблица

Исследуемые факторы

Исследуемые факторы		Уровни варьирования			Интервал варьирования	Примечания
Код	Натуральные значения	«-1»	«0»	«+1»		
X <sub>1</sub>	Относительный пролет среза, a/h <sub>0</sub>	1 (17,5см)	2 (35,0см)	3 (52,5см)	1 (17,5см)	L=9h <sub>0</sub> = =157,5см; h <sub>0</sub> =17,5см ; b=10,0с м, s=8,25с м.
X <sub>2</sub>	Класс бетона, В, МПа	B15	B25	B35	10	
X <sub>3</sub>	Коэффициент поперечного армирования, μ <sub>sw</sub> (BpI)	0,0016 (2Ø3)	0,0029 (2Ø4)	0,0045 (2Ø5)	≈0,00145	
X <sub>4</sub>	Коэффициент продольного рабочего армирования, μ <sub>s</sub> (A500C)	0,0129 (2Ø12)	0,0176 (2Ø14)	0,0230 (2Ø16)	≈0,00505	
X <sub>5</sub>	Коэффициент продольного армирования сжатой зоны, μ <sub>s</sub> (A500C)	(2 Ø8) 0,0058	(2 Ø10) 0,0090	(2 Ø12) 0,0129	≈0,00355	

До начала системных экспериментальных исследований были апробированы опытные составы бетонов, используемые в дальнейшем для изготовления опытных образцов-балок.

Для испытания опытных образцов-балок была запроектирована и изготовлена специальная универсальная силовая установка.

Плоский поперечный изгиб опытных балок (рис. 1) в силовой установке создается с помощью тяжей, имитирующих опоры по краям балки, гидравлического домкрата ДГ-50 и усиленной металлической двутавровой балки-траверсы, передающей от него на опытную железобетонную балку две одинаковые сосредоточенные силы, контролируемые тарированным манометром насосной станции домкрата.

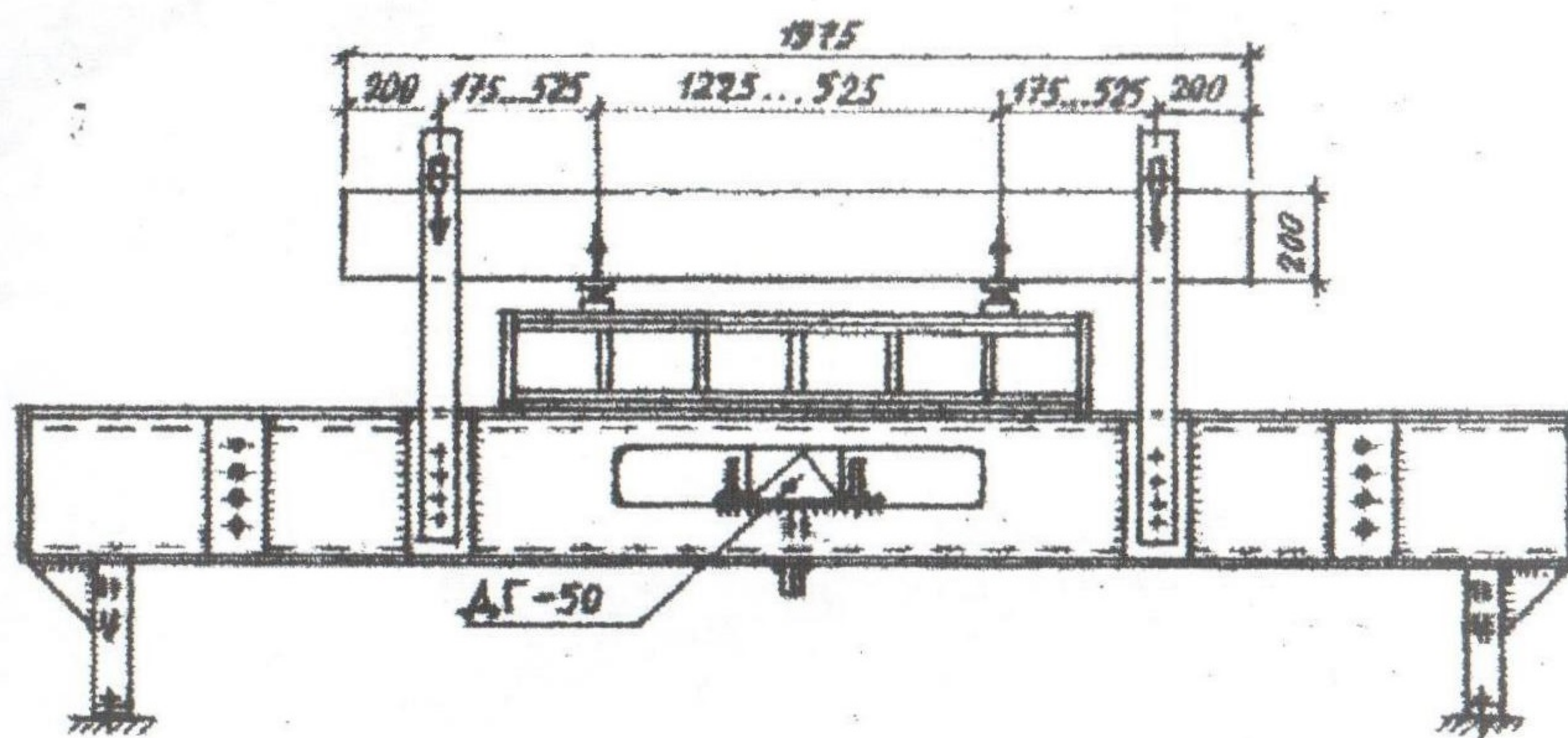


Рис. 1 Силовая установка для испытания на поперечный изгиб опытной балки

Перед изготовлением опытных балок на продольную сжатую и растянутую арматуру одного из плоских каркасов были наклеены цепочки тензорезисторов (рис. 2) КФ5П1-5-200 (базой 5 мм), с соблюдением рекомендуемой заводом-изготовителем (ООО «Веда», г. Киев) технологии. Цепочки тензорезисторов клеятся таким образом, чтобы была возможность определять продольные и поперечные силы, а также изгибающие моменты, воспринимаемые непосредственно арматурными стержнями.

Деформации бетона опытных образцов измеряются с помощью проволочных тензорезисторов с базой 20 и 50 мм, наклеенных по общепринятой методике на одну боковую и верхнюю (рис. 2) отшлифованные поверхности балки, открытые поры которой до испытания за-

делываются цементно-гипсо-песчаным раствором, обладающим близким к основному составу бетона модулем упругости.

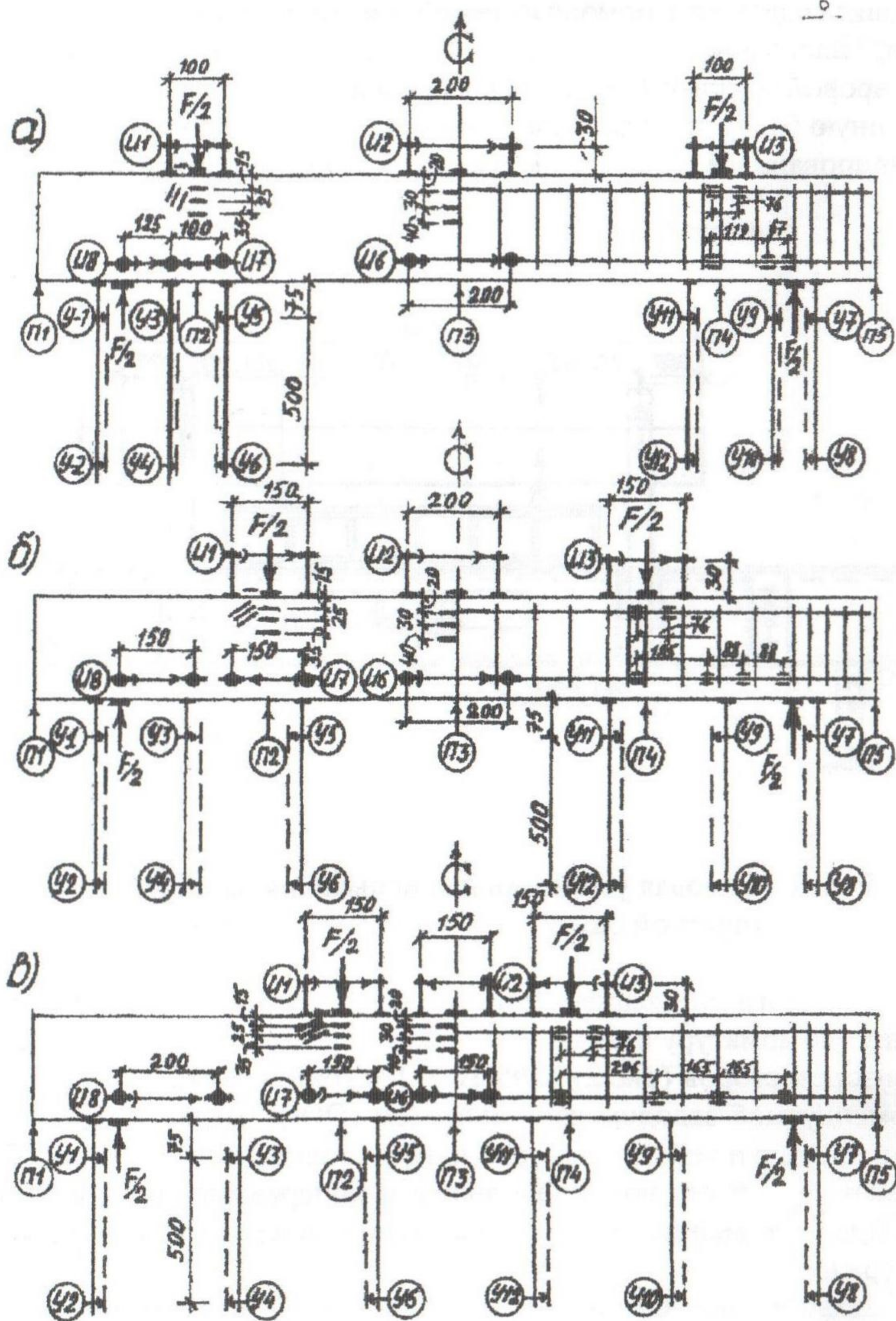


Рис. 2 Схема загрузки, расстановки приборов и наклейки тензорезисторов в опытных балках с малым (а), средним (б), большим (в) пролетами среза

В большинстве опубликованных работ по исследованию напряженно-деформированного состояния приопорных участков изгибаемых железобетонных элементов отсутствуют данные о деформативности, ширине раскрытия наклонных трещин и перемещениях формирующихся блоков на всех стадиях их работы, в том числе и перед разрушением, вследствие чего затруднительно сделать достоверный прогноз, например, прогибов, трещиностойкости, углов поворота сечений, на участках, где одновременно возникают поперечная сила, изгибающий момент и другие внутренние силовые факторы.

В процессе экспериментов кроме обычных измерений будет производиться определение высоты сжатой зоны над наклонной трещиной и посередине пролета элементов, длины проекции опасной наклонной трещины, величины осевых и нагельных усилий в продольной растянутой и сжатой арматуре, их трещиностойкости, деформативности и прочности на всех стадиях работы вплоть до разрушения. При этом, силы зацепления будут определяться расчетным путем из условий равновесия.

### *Выводы*

Обработка полученных данных даст возможность установить четкие и однозначные зависимости указанных параметров от исследуемых факторов, что, в конечном итоге, позволит упорядочить и уточнить существующие представления о напряженно-деформированном состоянии приопорных участков изгибаемых элементов, более полно раскрыть физическую картину работы и предложить более совершенные расчетные модели их сопротивления.

### *Литература*

1. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях 2-е изд., испр. и доп.- М: Финансы и статистика, 1981, С.215.
2. Рекомендации по применению арматурного проката по ДСТУ3760-98 при проектировании и изготовлении железобетонных конструкции без предварительного напряжения арматуры/ Госстрой Украины. технический комитет по стандартизации «Арматура для железобетонных конструкции».- Киев. НИИСК, 2002.- 39с.
3. ДСТУ3760-98. Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Общие технические условия/ Госстрой Украины. - Киев. 1998.
4. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции/ Госстрой СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985.- 79с.