

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ ПРИОПОРНЫХ УЧАСТКОВ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С УЧЕТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРО-
ДОЛЬНЫХ СЖИМАЮЩИХ СИЛ, ПРИЛОЖЕННЫХ С
ЭКСЦЕНТРИСИТЕТОМ**

**Дорофеев В.С., Карпюк В.М., Шепетюк Н.И., Трофимчук С.В.,
Чернопиская Л.В.** *(Одесская государственная академия
строительства и архитектуры, г. Одесса)*

**Описана методика планированного эксперимента по исследова-
нию напряженно-деформированного состояния железобетонных
балок прямоугольного сечения при наличии продольных сжи-
мающих сил, приложенных с эксцентриситетом.**

Анализ ранее проведенных экспериментальных исследований [1, 2] показал, что совместное действие поперечной силы, изгибающего момента и продольной силы оказывает существенное влияние на характер работы и несущую способность изгибаемого железобетонного элемента. Как оказалось, основными факторами, определяющими влияние продольных сил, является вид силы (сжимающая или растягивающая) ее величина и точка приложения, т.е. наличие эксцентриситета.

Опыты показывают, что с увеличением центрально приложенной сжимающей силы несущая способность элемента по наклонным сечениям вначале повышается, а затем несколько понижается и переходит в область разрушения по нормальному сечению.

С увеличением эксцентриситета приложения силы в сторону растянутой грани она возрастает более интенсивно, сохраняя ту же закономерность к снижению с ростом значений продольных сил. В действующем на Украине СНиП 2.03.01-84* [3] этот факт учитывается коэффициентом φ_n . При этом, этими же Нормами не учитывается положительное влияние сжимающих сил, приложенных с эксцентриситетом в сторону сжатой грани.

Авторы нового российского СНиП 52-01 [4] отмечают, что ранее опубликованные предложения по расчету прочности наклонных сечений железобетонных элементов с учетом воздействия продольных сжимающих сил носят, как правило, бессистемный характер и еще не достигли такого уровня, чтобы могли быть принятыми в качестве нормативных методов расчета.

Следствием недостаточной изученности несущей способности наклонных сечений железобетонных конструкций явилось то, что при подготовке новых российских Норм [4] пошли по пути их упрощения и, возможно, снижения точности прогноза. Так, из выражения для Q_b в [4] исчез коэффициент φ_n , присутствующий в аналогичном выражении для Q_b в ныне действующих в Украине Нормах [3].

Исходя из изложенного, на кафедрах железобетонных и каменных конструкций, сопротивления материалов ОГАСА начаты системные исследования указанной проблемы [5] с использованием математической теории планирования эксперимента [6].

Характеристика исследуемых факторов в основной (III) серии представлена в таблице.

Из анализа литературных данных следует, что исследуемые факторы могут влиять на функцию выхода, которая подчиняется нормальному закону распределения Гаусса, нелинейно и ее целесообразно аппроксимировать полиномом второй степени. Исходя из этого опыты выполняются по полному пятифакторному трехуровневому, близкому по свойствам к Д-оптимальному, плану типа $Na5$ [6], обеспечивающему одинаковую точность прогнозирования выходного параметра в области, описываемой радиусом, равным 1 (считая от «нулевой» точки).

Опытные образцы представляют собой свободно опертые однопролетные балки прямоугольного сечения с размером $1975 \times 200 \times 100$ мм и расчетной длиной пролета $l=9h_0=1575$ мм, где h_0 - рабочая высота сечения, равная 175 мм. Балки армированы двумя плоскими каркасами с продольной нижней $2\emptyset 12, 14, 16A500C$ и верхней $2\emptyset 8, 10, 12A500C$ арматурой.

Поперечная арматура на приопорных участках состоит из $2\emptyset 3, 4, 5, VrI$, а на остальных участках - $2\emptyset 6A240C$. Длина пролета среза также варьируется: $1h_0, 2h_0, 3h_0$. Балки запроектированы так, чтобы обеспечить их разрушение по наклонным сечениям при плоском поперечном изгибе.

Для изготовления опытных образцов используется обычный тяжелый бетон класса В25 на гранитном щебне фракций 5...10 мм, кварцевом песке с модулем крупности 1,5, а в качестве вяжущего - обычный портландцемент марки 400 без добавок. Прочность бетона в каждом опыте контролируется с помощью стандартных 6 кубов и 6 бетонных призм.

Для испытаний опытных образцов-балок запроектирована и изготовлена специальная силовая установка, (рис. 1) способная создавать и поддерживать на необходимом уровне продольные и поперечные силы.

Каждый опыт в этой серии дублируется 2 образцами-балками, нагружаемыми двумя сосредоточенными продольными и поперечными силами по общепринятой методике. Для исключения местных деформаций и преждевременного разрушения опытные образцы-балки снабжены по торцам толстыми ($\delta=20\text{мм}$) пластинами с лунками, через которые прикладываются продольные сжимающие силы с эксцентриситетом.

Таблица

Характеристика исследуемых факторов в серии III

Исследуемые факторы основной серии со сжимающей нагрузкой		Уровни варьирования			Интервал варьирования	Примечания
Код	Натуральные значения	«-1»	«0»	«+1»		
X_1	Относительный пролет среза, a/h_0	1 (17,5см)	2 (35,0см)	3 (52,5см)	1 (17,5см)	$L=9h_0=157,5\text{см};$ $h_0=17,5\text{см};$ $b=10,0\text{см}$ $s=8,75\text{см};$ В25; $\mu_{sw}=0,0029;$ (2Ø4В _p I)
X_2	Уровень сжимающей нагрузки, $N_{ск}/R_b b h_0$	0,2 (51,8кН)	0,4 (103,6кН)	0,6 (155,4кН)	0,2 (51,8кН)	
X_3	Относительный эксцентриситет $N_{ск} e/h_0$	-0,25 (-4,4см)	0	+0,25 (+4,4см)	0,25 (4,4см)	
X_4	Коэффициент продольного рабочего армирования, μ_s (А500С)	0,0129 (2 Ø12)	0,0176 (2 Ø14)	0,0230 (2 Ø16)	$\approx 0,00505$	
X_5	Коэффициент продольного армирования сжатой зоны, μ_s' (А500С)	0,0058 (2 Ø8)	0,0090 (2 Ø10)	0,0129 (2 Ø12)	$\approx 0,00355$	

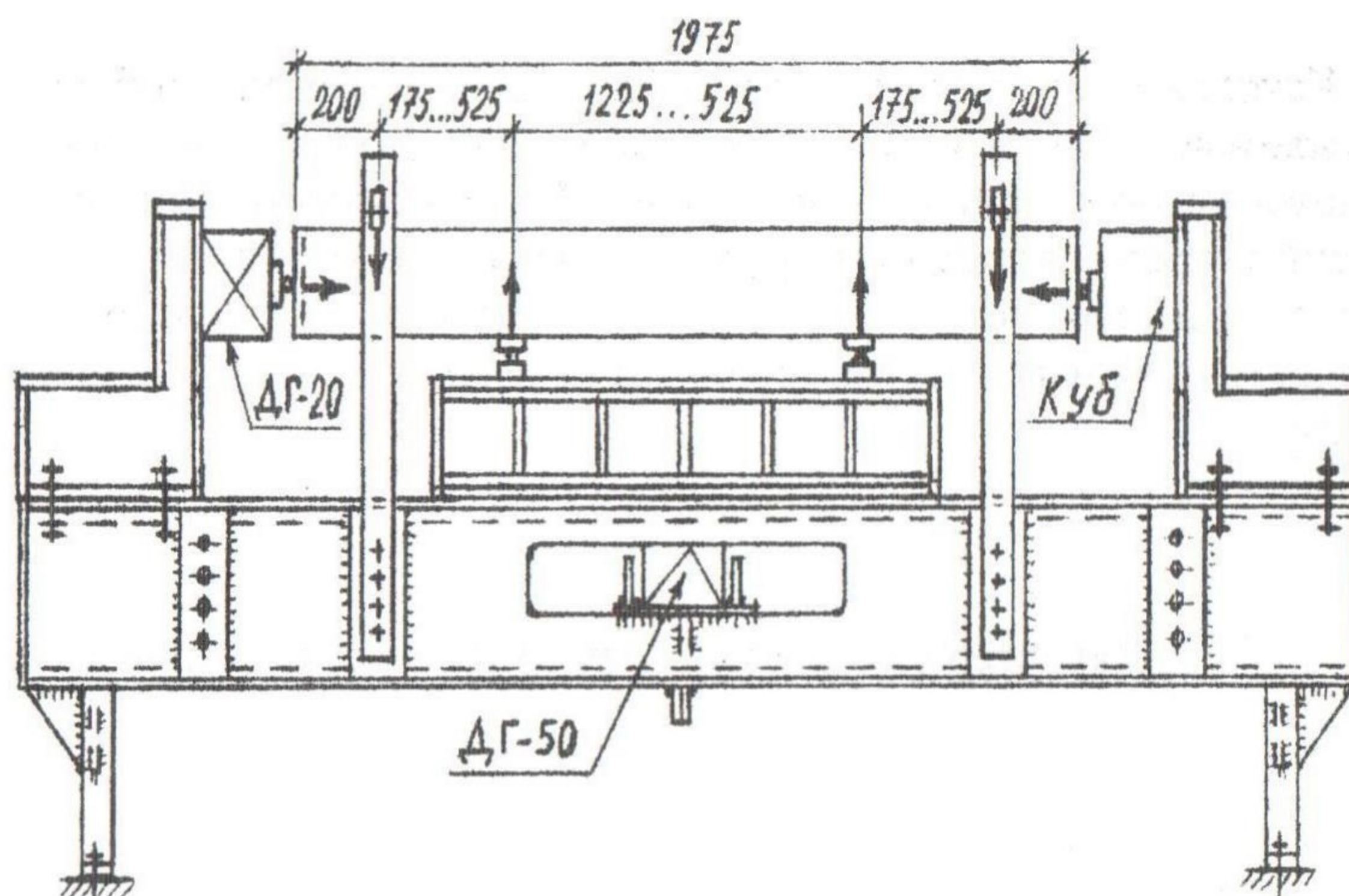


Рис. 1. Принципиальная схема испытания балки на изгиб с продольными сжимающими (а) силами, приложенными с эксцентриситетом

Перед изготовлением опытных балок на продольную растянутую и сжатую арматуру одного из двух плоских каркасов балки клеятся цепочки тензорезисторов КФ5П1-5-200 (с базой 5мм), с помощью которых определяются продольные и поперечные силы, а также изгибающие моменты, воспринимаемые непосредственно арматурными стержнями.

Деформации бетона опытных образцов определяются с помощью проволочных тензорезисторов с базой 20 и 50мм с их контролем индикаторами И1...8 часового типа (рис. 2) с ценой деления $1 \cdot 10^{-3}$ мм.

Вертикальные перемещения нижней грани балки измеряются посередине пролета, под сосредоточенными силами и на свободных краях образца с помощью индикаторов часового типа П1...5 с ценой деления $1 \cdot 10^{-2}$ мм.

Углы поворота опорной, приопорной и пролетных частей балки в ее плоскости определяются с помощью аналогичных индикаторов У-1...12, устанавливаемых на выносных консолях.

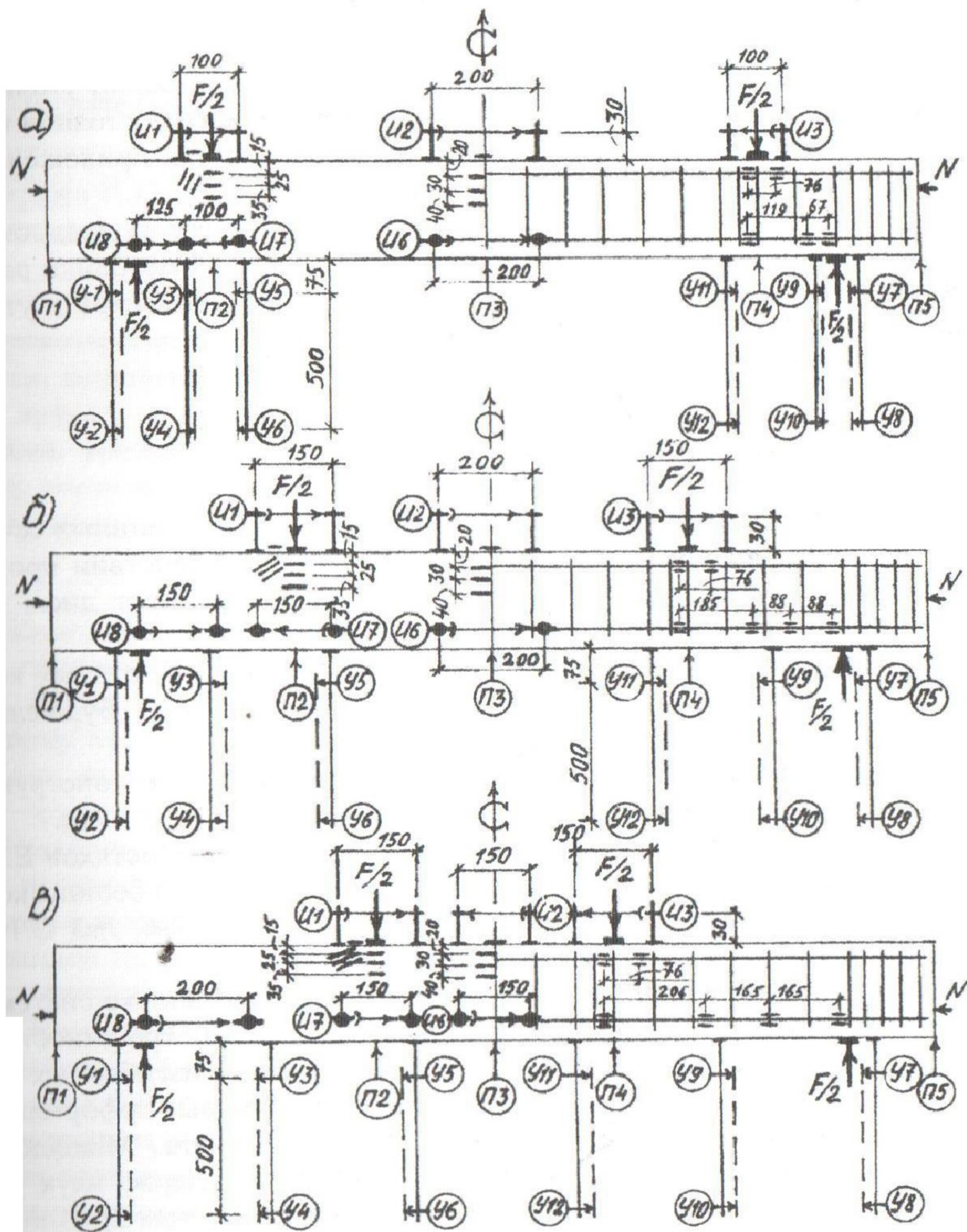


Рис. 2. Схема загрузки, расстановки приборов и наклейки тензорезисторов в опытных балках III серии с малым (а), средним (б), большим (в) пролетами среза.

Выводы

1. Выполняемые исследования актуальны. Они позволят уточнить и изучить особенности напряженно-деформированного состояния исследуемых балок с учетом продольных сжимающих сил, приложенных с эксцентриситетом.

2. На основании полученных данных будут внесены предложения по совершенствованию существующей нормативной методики расчета наклонных сечений изгибаемых железобетонных элементов и уточнению коэффициента φ_n .

Литература

1. Шеина С.Г. Прочность и трещиностойкость наклонных сечений железобетонных элементов при совместном действии продольных сжимающих и поперечных сил: Автореферат дис... канд. техн. наук. Киев, 1984.- 21с.
2. Залесов А.С., Климов Ю.А. Прочность железобетонных конструкций при действии поперечных сил.- Киев.: Будівельник, 1989.- 105с.
3. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции/ Госстрой СССР.- М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985.- 79с.
4. Звездов А.И., Залесов А.С., Мухамедиев Т.А., Чистяков Е.А. О новых нормах проектирования железобетонных и бетонных конструкций// Бетон и железобетон.- 2002.- №2. С.2-6; №3 С.10-13; №4. С.16-18.
5. Дорофеев В.С. и др. О необходимости и постановке системных экспериментальных исследований прочности, трещиностойкости и деформативности приопорных участков изгибаемых железобетонных элементов, испытывающих сложные деформации, с целью уточнения и развития методов их расчета./ Міжвідомчий науково-техн. зб. наук. праць (будівництво)/Держ. наук. досл. інст-т буд. к-цій Держбуду України (у 2 томах, том 2). Вип. 62. - Київ.: НДБК, 2005.- С.160-167.
6. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. - 2-е изд., испр. и доп.- М.- Финансы и статистика, 1981, С.215.