

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
КИЕВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

МАХМУД ШУКРИ МАХМУД ФАРАДЖ

УДК 624.073.7:681.3

ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЕ ПЕРЕКРЫТИЕ С ДИАГОНАЛЬНЫМИ
БАЛКАМИ И ГЛАДКИМ ПОТОЛКОМ

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.01 – Строительные конструкции,
здания и сооружения

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Киев 1992

Работа выполнена на кафедре железобетонных и каменных конструкций Киевского инженерно-строительного института.

Научный руководитель

- доктор технических наук,
профессор

А.Я. БАРАШИКОВ

Научный консультант

- кандидат технических наук,
доцент

П.П. ШАНДРУК

Официальные оппоненты:

- доктор технических наук,
профессор

С.Н. КЛЕЛИКОВ

- кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

Я.Е. СЛОВОДЯН

Ведущая организация:

КиевЗНИИЭП

Защита состоится

" 16 " ОКТАБРЯ 1992 г.

в 13-00 часов на заседании специализированного совета К 068.05.04 Киевского инженерно-строительного института (252037, г.Киев-37, Воздухофлотский проспект, 31) в зале заседаний совета института.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Киевского инженерно-строительного института.

Автореферат разослан " 16 " СЕНТЯБРЯ 1992 г.

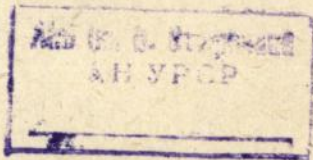
Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат технических наук,
доцент

Г.И. МЕЛЬНИЧЕНКО

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00816228 (R)



Актуальность темы. В настоящее время одним из основных направлений в строительстве и архитектуре является уменьшение объемов и размеров строительных конструкций, лучшее и более полное использование прочностных свойств материалов, снижение металлоемкости, стоимости, трудоемкости строительства, массы сооружения. Известные конструкции перекрытий имеют недостатки. Для существующих полностью монолитных конструкций перекрытий основными недостатками являются трудоемкость установки опалубки и ее металлоемкость, поскольку ее нужно устанавливать по всей плоскости перекрытия. В гражданских зданиях кроме указанных недостатков монолитных перекрытий добавляются недостаточная звукоизоляция и необходимость устройства дорогостоящих подвесных потолков. Сборно-монолитные перекрытия включают сборные элементы с присущими им стыками и объединяющим по верху слоем монолитного железобетона. В таких конструкциях основными конструктивными и, в меньшей мере, несущими элементами являются сборные элементы, поэтому им присущ едва ли не весь перечень недостатков для сборных конструкций.

Цель работы: Разработка нового решения конструкции перекрытия, отвечающего современным требованиям. Исходя из идеи расположения балок по диагональному направлению, возможно внедрение новой конструкции, для которой исследуются и решаются основные проблемы, возникающие вследствие расположения балок по диагональному направлению. В работе поставлены следующие задачи:

1. Обосновать новые конструктивные схемы монолитных и сборно-монолитных перекрытий с диагональными балками для многоэтажных зданий; указать на основные отличия предложенных перекрытий от известных (типовых) и разработать эффективные способы их расчета.

2. Исследовать особенности расчета перекрытий с диагональными балками на ЭВМ и определить отличие их расчета от типовых перекрытий.

3. Разработать методику приближенного расчета плиты перекрытия с диагональными балками с учетом прогиба двух диагональных углов.

4. Определить пути снижения расхода материалов при расположении балок по диагональному направлению, определить основные преимущества и недостатки предлагаемого решения, изучить влияние разных параметров конструкций на снижение расхода материалов по сравнению с типовым перекрытием.

5. Провести технико-экономический анализ предлагаемых конструктивных схем перекрытий в сравнении с известными (типовыми) решениями.

Научная новизна работы:

1. Разработана новая конструкция сборно-монолитного перекрытия, которое отвечает современным требованиям строительства.
2. Созданы рациональные расчетные схемы, которые существенно упрощают расчет перекрытия.
3. Определены преимущества и недостатки перекрытий при диагональном расположении балок.
4. Разработан приближенный способ расчета плиты перекрытия с учетом прогибов диагональных углов.
5. Предложена эффективная технология возведения перекрытий с диагональными балками, которая сокращает трудоемкость работ.

Практическое значение работы:

В результате проведенных исследований создается возможность проектирования принципиально нового конструктивного решения перекрытия, которое имеет рациональную схему армирования, сокращает расход материалов по сравнению с перекрытиями, включающими ортогональную схему расположения балок, а также уменьшает трудоемкость возведения.

Реализация работы:

Основные положения диссертации доложены на 49-й научно-практической конференции КИСИ и отражены в одной опубликованной работе.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка литературы, приложения и содержит 160 стр. текста, 70 рисунков и 8 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава посвящена анализу состояния изучаемого вопроса. Отмечается необходимость дальнейшего совершенствования объемно-планировочных и конструктивных схем перекрытий многоэтажных зданий с учетом современных требований массового промышленного и гражданского строительства. В главе определяются пути совершенствования монолитных и сборно-монолитных систем перекрытий многоэтажных зданий, отвечающих требованиям экономичности, технологичности и индустриальности, а также функциональным особенностям возведения объектов. Рассмотрены конструктивные схемы монолитных и сборно-монолитных систем перекрытий многоэтажных зданий, отличающихся от известных (типовых) конструктивных решений.

В основу исследуемого перекрытия положена новая конструктивная система с диагональными балками переменного сечения, предложенная к.т.н. П.П. Шандруком (рис. 1, а, б).

На основании проведенного анализа показано, что существенный вклад в развитие рациональных конструктивных систем железобетонных перекрытий внесли труды В.Н.Байкова, А.А.Гвоздева, А.М.Дубинского, Н.И.Карпенко, В.Г.Крамаря, С.Н.Крылова, Я.Д.Лившица, Е.А.Палатникова, А.Л.Шагина, П.П.Шандрука и др.

Рассмотрены исследования и методы расчета ребристых железобетонных перекрытий, приведенных в работах В.Н.Бастацкого, Г.И.Бердичевского, Д.В.Вайнберга, А.С.Городецкого, П.Ф.Дроздова, В.С.Здоренко, А.И.Казачевского, Я.Г.Сингатулина, Г.К.Хайдукова, П.П.Шандрука и др.

Во второй главе рассмотрены численные исследования на ЭВМ фрагмента перекрытия. Суть исследования состояла в определении способов расчета, а также в обосновании создания эффективной расчетной схемы перекрытия.

В главе проведены теоретические исследования в области перекрытия с диагональными балками с учетом прогибов двух диагональных углов. В этом случае расчет перекрытия на основе комбинированной пространственной расчетной схемы трудоемок и требует большой памяти ЭВМ. Для экономии машинного времени его необходимо разделить на две части. Первая включает расчет конструкции на ЭВМ с меньшим количеством КЭ или на основе пространственно-стержневой схемы. Вторая часть представляет собой расчет плиты перекрытия отдельно от конструкции каркаса, что потребовало самостоятельного исследования в области теории плит. Замкнутые решения дифференциальных уравнений пластин, метод наложения цилиндрических прогибов и другие способы не позволяют выполнить такой расчет. Необходимо было найти более простые способы. Идея предлагаемого приближенного метода заключается в разделении расчета плиты на две части с применением принципа суперпозиции. Первая часть использует расчет плиты под нагрузкой без учета прогиба и угла закручивания, который ведется по таблицам, вторая - расчет плиты с учетом прогиба и угла закручивания без нагрузки. Для второй части необходимо было определить функции прогиба, что потребовало изучения геометрии плиты и введения усилий и перемещений из результатов расчета на ЭВМ.

Функцию прогиба для точек, параллельных краю плиты предлагается выразить суммой двух функций. Первая функция определяет угол закручивания в балке $\phi(s) = \frac{\phi_1 - \phi_2}{L} s + \phi_2$, где ϕ_1 и ϕ_2 -

величины углов закручивания в начале и в конце стержня, полученные на ЭВМ. Вторая функция описывает упругую линию балки:

при $s \leq \frac{L}{2}$

$$\omega_0(s) = \theta_i s + \frac{M_i}{2EJ} s^2 - \frac{Q_i}{6EJ} s^3 + \frac{q}{60EJL} s^5; \quad (1)$$

при $s > \frac{L}{2}$

$$\omega_0(s) = \theta_i s + \alpha_1 + \alpha_2 s + \alpha_3 s^2 + \alpha_4 s^3 + \alpha_5 s^4 + \alpha_6 s^5. \quad (2)$$

Здесь

$$\alpha_1 = \frac{qL^4}{960EJ}; \quad \alpha_2 = -\frac{qL^3}{96EJ}; \quad \alpha_3 = \frac{1}{EJ} \left(\frac{M_i}{2} + \frac{qL^2}{24} \right);$$

$$\alpha_4 = -\frac{1}{EJ} \left(\frac{qL}{12} + \frac{Q_i}{6} \right); \quad \alpha_5 = \frac{q}{12EJ}; \quad \alpha_6 = \frac{q}{60EJL};$$

M_i , Q_i - изгибающий момент и поперечная сила в начале стержня, полученные в результате расчета на ЭВМ; ϕ_i , ϕ_j , θ_i , θ_j - углы закручивания и поворота в начале и в конце стержня, полученные из разложения угловых перемещений по результатам расчета на ЭВМ.

Как следствие совместной работы плиты и балки функции прогиба и углов закручивания для плиты и балки одинаковы.

Угол поворота плиты известен

$$\frac{\partial \omega}{\partial n} = \phi(s) = \frac{\phi_j - \phi_i}{L} s + \phi_i. \quad (3)$$

Выполняя интегрирование, получаем функцию прогиба для точек, которые находятся у края плиты

$$\omega(n, s) = \frac{\phi_j - \phi_i}{L} s n + \phi_i n + f(s). \quad (4)$$

Из формулы (4) с учетом (1) и (2) можно записать функцию прогиба для плиты:

при $s \leq \frac{L}{2}$

$$\omega(n, s) = \left(\frac{\phi_j - \phi_i}{L} \right) s n + \phi_i n + \theta_i s + \frac{M_i}{2EJ} s^2 - \frac{Q_i}{6EJ} s^3 + \frac{q}{60EJL} s^5; \quad (5)$$

при $s > \frac{L}{2}$

$$\omega(n, s) = \left(\frac{\phi_i - \phi_j}{L} \right) S n + \phi_i n + \theta_i s + \alpha_1 + \alpha_2 S + \alpha_3 S^2 + \alpha_4 S^3 + \alpha_5 S^4 + \alpha_6 S^5. \quad (6)$$

Таким образом, в общем виде функция прогиба для плиты в пролете имеет вид

$$\omega(s) = B_1 + B_2 S + B_3 S^2 + B_4 S^3 + B_5 S^4. \quad (7)$$

Исследования показали, что для аппроксимации функции прогиба плиты достаточно параболической зависимости

$$\omega^2(s) = \left[\frac{(S_2 - S_1) \omega_1^2 + S_1 \omega_2^2}{S_1 S_2 (S_2 - S_1)} \right] S^2 - \left[\frac{(S_2^2 - S_1^2) \omega_1^2 + S_1^2 \omega_2^2}{S_1 S_2 (S_2 - S_1)} \right] S + \omega_1^2(s)$$

Аналогично записывается функция прогиба для балки.

Распределение усилий и направления трещин показаны на рис.

2. Отсюда видно, что плита находится под влиянием отрицательного изгибающего момента с максимальной величиной в узлах, которые не имеют прогиба.

Положительный изгибающий момент возникает только в точке пересечения диагональных балок, т.е. там, где имеется максимальный прогиб. Вследствие появления угла закручивания по контуру возникает крутящий момент. Таким образом образуются трещины по контуру плиты. Они не параллельны краю плиты, как в плите, защемленной по контуру, а направлены под углом. Направление образования трещин определяется направлением угла закручивания.

В третьей главе приведен анализ особенностей расчета перекрытия с диагональными балками. Отмечено, что перекрытие с диагональными балками отличается от типового нерегулярностью состава исходных данных. Такое перекрытие содержит диагональные и ортогональные балки, где в одном ряду количество стержней (КЗ) отличается от количества стержней в следующем ряду. Это вызывает увеличение состава исходных данных, особенно при расчетах больших пролетов, так как возникает необходимость пространственного расчета перекрытия на ЭВМ вследствие сложности конструкции и наличия крутящего момента. В связи с этим количество элементов (КЗ) увеличивается. В то же время теряется эффективность оператора \mathbb{R} в ЕК ЛИРА, как сервисного оператора.

Предлагается эффективный способ расчета перекрытия с диагональными балками, с помощью которого преодолевается нерегулярность состава исходных данных. Этот способ заключается в нумера-

ции точек пересечения диагональных балок по направлению X и Y . Такая нумерация отражает взаимосвязь узлов и элементов для контурных балок, а состав исходных данных для перекрытия с диагональными балками и для типового перекрытия становится одинаковым.

Основной результат исследования – удобный и эффективный способ расчета перекрытия с диагональными балками на основе комбинированной пространственной расчетной схемы. Существо схемы заключается в том, что теоретически, если конструкция распространяется бесконечно по всем направлениям, состав исходных данных не увеличивается, так как схема органично отражает работу перекрытия. Количество исходных данных приобретает минимальный объем, что имеет большое значение для уменьшения трудоемкости и сложности расчета перекрытия (рис. 3).

В четвертой главе рассмотрены вопросы снижения расхода материалов. В результате исследований предлагается сборно-монолитное перекрытие (см. рис. 1, б), так как в этом варианте при использовании толстых плит значительно уменьшается кручение, что позволяет снизить расход арматуры. Новое решение сборно-монолитного перекрытия с диагональными балками и гладким потолком устраняет основные недостатки существующих перекрытий: отсутствуют закладные детали и дорогостоящие подвесные потолки. При этом применяются сборные элементы (панели) из легкого бетона и монолитные балки из тяжелого бетона, сцепление обеспечивается несложными технологическими приемами и выпусками арматуры. В этом случае целесообразно использование сборных колонн с незабетонированными участками, оставленными для добетонирования монолитных балок. Благодаря диагональному расположению балок пролеты сборных плит уменьшаются в $\sqrt{2}$ раза по сравнению с типовым решением с ортогональным расположением балок.

Расположение балок по диагональному направлению позволяет добиться снижения расхода арматурной стали на 6–10%. Однако вследствие появления крутящих моментов увеличивается расход поперечной арматуры. В работе проведено сравнение на ЭВМ двух схем перекрытия при одинаковой равномерно распределенной нагрузке, равной 20 кн/м^2 . Для первой схемы принято типовое перекрытие с ортогональными балками постоянного сечения, для второй – перекрытие с диагональными балками постоянного сечения (рис. 4). Показано, что, несмотря на увеличение объема поперечной арматуры, можно уменьшить общий расход стали на перекрытие за счет конструктивных мероприя-

тий, снижающих величину крутящих моментов. Для перекрытий с диагональными балками постоянного сечения таким мероприятием может быть, например, увеличение жесткости крайних колонн, которое уменьшает угловые перемещения.

Для возведения сборно-монолитного перекрытия рекомендуется принципиально новая конструкция эффективной полосовой опалубки - "ЗОНТ". Эта опалубка хранится и транспортируется в виде ящика и открывается по принципу зонта. Идея применения такой опалубки основана на отсутствии колонн в точках пересечения диагональных балок (рис. 5).

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Расчет перекрытия с диагональным расположением балок на основе пространственной расчетной схемы весьма трудоемок и требует большой памяти ЭВМ. Предложен эффективный способ расчета перекрытия в два этапа. Сначала на ЭВМ рассчитывается система, состоящая из балок и колонн. Затем аналитическим методом производится расчет плиты с учетом результатов, полученных на ЭВМ.

2. Предлагаемый аналитический метод расчета плиты состоит в определении усилий и формы трещинообразования в плите, возникающих вследствие прогибов диагональных углов. Перемещения диагональных углов плиты должны быть получены в результате первого этапа расчета на ЭВМ системы балок и колонн. Для аппроксимации функции прогиба плиты предлагается параболическая зависимость.

3. Проведен анализ особенностей расчета перекрытия с диагональными балками. Предлагается эффективный способ расчета на ЭВМ с использованием ВК ЛИРА перекрытия с диагональными балками постоянного и переменного сечения. Этот способ заключается в формировании комбинированной пространственной расчетной схемы с минимальным объемом исходных данных.

4. В результате разработки нового решения сборно-монолитного перекрытия с диагональными балками и гладким потолком появляется возможность устранить недостатки существующих ребристых перекрытий - наличие закладных деталей и конструкций дорогостоящих подвесных потолков. Рассмотрены конструкции комбинированных систем перекрытий: со сборными панелями из легкого бетона и монолитными балками - из тяжелого бетона.

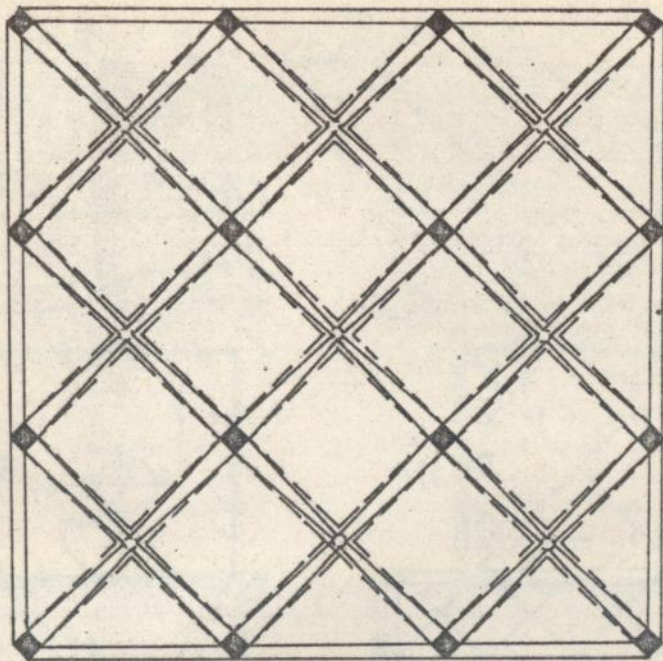
5. Расположение балок по диагональному направлению позволяет снизить расход арматурной стали на 6-10% по сравнению с типовыми

перекрытиями с ортогональным расположением балок. Для снижения величины возникающих в таком перекрытии крутящих моментов рекомендуется увеличить жесткости крайних колонн, что уменьшает угловые перемещения.

6. Даны рекомендации по возведению сборно-монолитного перекрытия с помощью разработанной эффективной полосовой опалубки типа "ЗОНТ". Идея применения такой опалубки основана на отсутствии колонн в точках пересечения диагональных балок.

Основное содержание диссертации отражено в работе:

Махмуд Шукри М. Особенности расчета перекрестно-стержневых регулярных структур /Киевский инж.-строит.институт.-Киев,1992,-9 с., Деп. во УкрИНТЭИ, № 402-Ук.92.



а



б

Рис. 1. Исследуемое перекрытие

а) монолитное перекрытие с диагональными балками;

б) сборно-монолитное перекрытие с диагональными балками и гладким потолком.

--- схема установки опалубки "ЗОНТ".

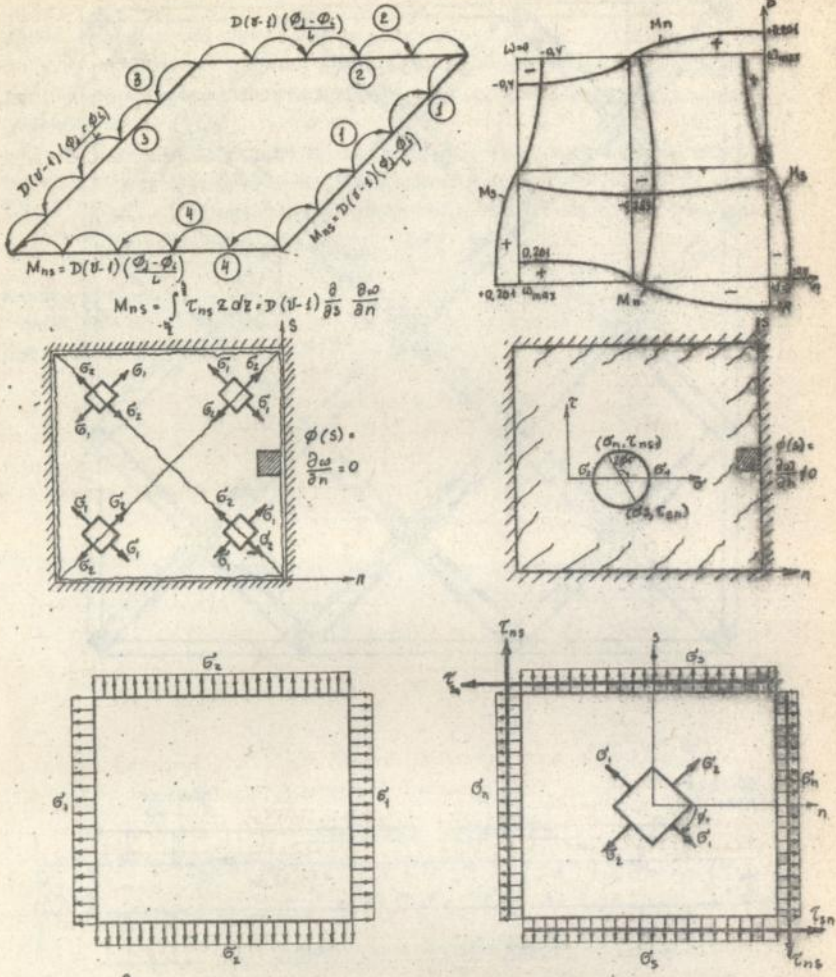
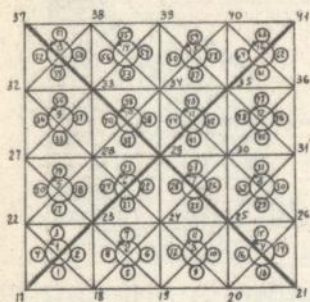
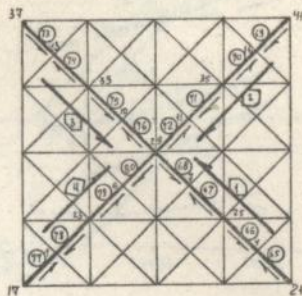


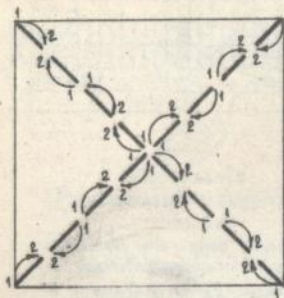
Рис. 2. Влияние прогиба и угла закручивания на распределения усилий и образование трещин.



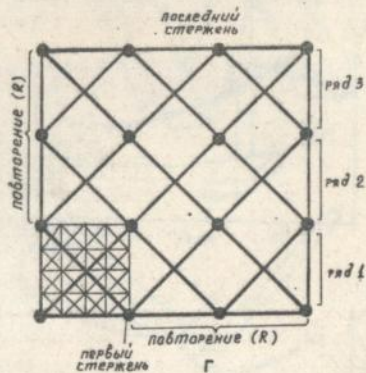
а



б



в



г

Рис. 3. К созданию эффективной расчетной схемы:
 а) нумерация КЭ плиты;
 б) нумерация стержней;
 в) задание номера узлов стержней в ДОК (I);
 г) схема повторений исходных данных.

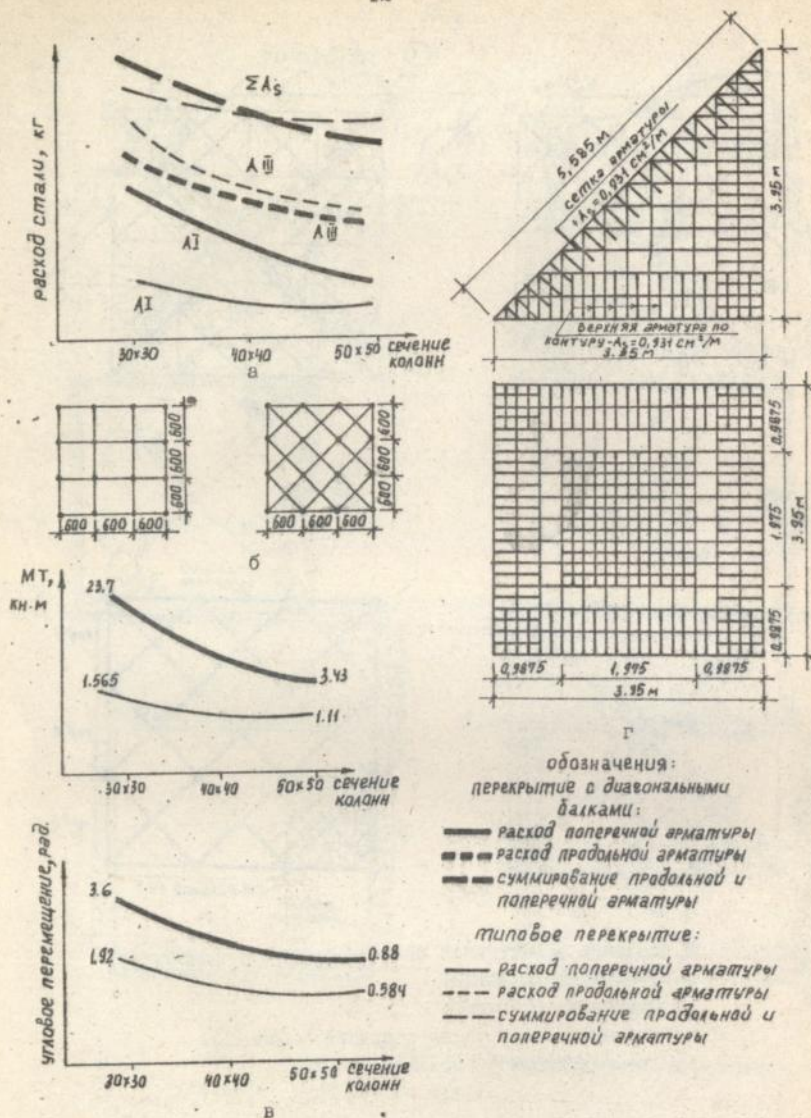


Рис. 4. Расход арматуры (а), схемы типового и исследуемого перекрытий (б), соотношения моментов и угловых перемещений (в), армирование плит (г).

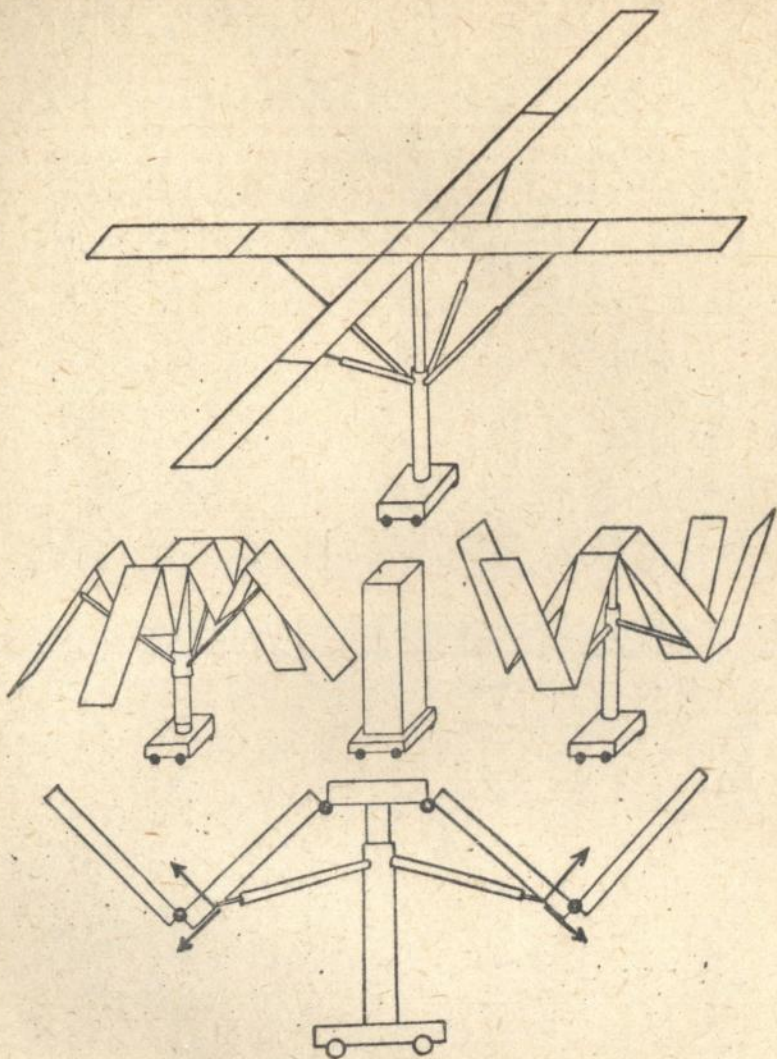
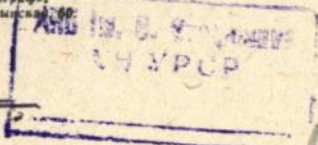


Рис. 5. Принципиально новая эффективная опалубка "ЗОНТ" для возведения сборно-монолитного перекрытия с диагональными балками и гладким потолком.

Подл. к печ. 04.02.84 Формат 80x84¹/₁₆ Бумага
 тип. № 3 Печать офсетная. Усл. печ. л. 0,5 Усл. кр.-отт. 0,5
 Уч.-изд. л. 1,0 Тираж 100
 Зак. № 7-244 . Бесплатно.

РАВО «Укрвузполиграф»,
 282151, г. Киев, ул. Волынская, 100



467580

Ab 25.825

AB 25.825