

Белорусская государственная политехническая академия

УДК 624.073.01245.043

АМЖАД СУЛЕЙМАН АКИЛЬ АЛЬ-НАХДИ

**НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ
СОСТОЯНИЕ, ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ
И ПРОЧНОСТЬ ОПОРНЫХ ЗОН
ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ
МНОГОПУСТОТНЫХ ПЛИТ С ПОДРЕЗКАМИ**

05.23.01 - Строительные конструкции, здания и сооружения

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Минск 1995 г.

Работа выполнена в Белорусской государственной политехнической академии.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Республики Беларусь Т. М. Пецольд

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор Залесов А. С.

- кандидат технических наук, доцент Нестеренко В. В.

Оппонирующая организация - Проектный институт Белпромпроект Минск

Защита состоится "28" 1995 г. в 14⁰⁰ часов на заседании совета по защите диссертаций К.056.. 02. 01 в Белорусской государственной политехнической академии по адресу 220027, г. Минск, проспект Скорины, 65, аудитория 202

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусской государственной политехнической академии.

Автореферат разослан "..." 1995 г.

Ученый секретарь совета по защите диссертаций, кандидат технических наук, доцент

Е. М. Сидорович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Сложившаяся к настоящему времени в республике экономическая ситуация требует резкого сокращения удельного расхода в строительном производстве материальных и энергетических ресурсов за счет рационального их использования. С другой стороны, имеется постоянная потребность общества существенно наращивать темпы и объемы ввода жилья и объектов социкультбыта. При этом выдвигаются новые, более жесткие требования к архитектурной выразительности зданий, комфортности жилья, его стоимости. На передний план выдвигаются также требования экономичности эксплуатации, снижения затрат на энергообеспечение, последующий ремонт и модернизацию жилья.

Применяемые в республике системы гражданских зданий, особенно выполняемые в крупнопанельных элементах; отличаются простотой, высоким уровнем заводской готовности и достаточно высоким темпом возведения. Однако, крупнопанельное домостроение в традиционном исполнении характеризуется большой материалоемкостью и энергоемкостью, не обеспечивает разнообразия архитектурно - конструктивных и объемно - планировочных решений.

Применение для строительства гражданских зданий современной типовой каркасной системы, которая хотя и обладает большой гибкостью в планировочных решениях и обеспечивает относительно низкий расход материалов, внесущих конструкции, возможность применения легких трансформируемых межкомнатных перегородок и свободную планировку квартир, но вместе с тем ухудшает интерьер помещений из-за выступающих колонн и ригелей.

Белорусская Государственная Политехническая академия и БелпромПроект предложили новые конструктивные схемы каркаса многоэтажных жилых и общественных зданий с плоскими дисками перекрытий. Такое решение обеспечивает свободную планировку помещений, что в современных условиях является актуальным. Получение плоского диска перекрытия достигается путем устройства подрезки многопустотных плит в зоне их опирания на уменьшение ригели каркаса. Такое конструктивное решение ранее в мировой практике строительства не предлагалось и не исследовалось.

Как показывает практика, напряженно-деформированное состояние конструкции с подрезкой (балок и плит) существенно отличается от напряженно-деформированного состояния конструкций, опирающихся на нижние грани.

Наличие подрезки в сочетании с продольным предварительным напряжением, специфическая форма поперечного сечения многопустотных плит, отсутствие специальных опалубочных форм и сложность конструирования - все это является темой настоящей диссертации в результате выполнения которой разработана методика расчета и даны рекомендации по конструированию.

Диссертация выполнена на кафедре железобетонных и каменных конструкций Белорусской государственной политехнической академии под руководством заслуженного деятеля науки Республики Беларусь, доктора технических наук, профессора Пецольда Т.М.

Связь темы с планом научно-исследовательских работ:

Исследования выполнялись в соответствии с планом научно-исследовательских работ ГОСстроя РБ по теме: "Разработать и внедрить конструкции каркаса жилого дома со свободной планировкой квартир" (хд N 10-92, 18-202/92 от 20.04.92г.).

Цель и задачи диссертационной работы:

исследование напряженно-деформированного состояния, прочности и трещиностойкости, и разработка рекомендаций по проектированию опорных зон предварительно напряженных многопустотных плит с подрезками для их применения в конструкциях покрытий и перекрытий предлагаемых многоэтажных каркасных зданий с плоскими потолками. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи:

1. Разработать конструкцию опытных образцов и методику экспериментальных исследований.
2. Экспериментально исследовать влияние предварительно напряженных и сосредоточенных у подрезки поперечных и продольных арматур на прочность наклонных сечений из входящего угла подрезки и вне под резки.
3. Исследовать напряженно деформированное состояние опорных зон предварительно напряженных многопустотных плит с подрезками методом конечных элементов при различных видах нагрузки.
4. Совершенствовать инженерную методику расчета наклонных сечений из входящего угла подрезки и вне подрезки при действии на плиту поперечной нагрузки.
5. Разработать конструктивные мероприятия, позволяющие повысить несущую способность и трещиностойкость опорных зон предварительно напряженных многопустотных плит с подрезками.

Научную новизну работы составляют:

- впервые проведенные экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния опорных зон предварительно напряженных многопустотных плит с подрезками при действии поперечных нагрузок;

- полученные качественные и количественные характеристики напряженно-деформированного состояния опорных зон многопустотных плит с подрезками при действии усилия предварительного обжатия и поперечных сил, расположенных на различных расстояниях по длине плиты;

- механизм образования и развития трещин и разрушения опорных зон многопустотных плит с подрезками при действии поперечных нагрузок;

- теоретические и экспериментальные данные по влиянию формы поперечного сечения и характер армирования предварительно напряженных многопустотных плит с подрезками на прочность по наклонным сечениям;

- предлагаемая на основе экспериментальных исследований методика расчета прочности элементов с подрезками по наклонным сечениям на действие изгибающего момента.

Практическое значение работы состоит в том, что разработанные рекомендации позволяют надежно проектировать покрытия и перекрытия многоэтажных каркасных зданий с плоскими дисками с использованием многопустотных плит с подрезками в опорной зоне.

Внедрение результатов работы.

Результаты исследования использованы:

- при составлении отчета о научно-исследовательской работе учебно-научно-инженерного центра "Белстроительство" по теме "Разработать и внедрить конструкцию каркаса жилого дома со свободной планировкой квартир" ХД N 10-92, 18-202/92 от 20.04.92;

- проектным институтом "Белпромпроект" и ВГПА при разработке альбома рабочих чертежей многопустотных плит с подрезкой, шифр 92023 (3-01-92) выпуск 3;

- при проектировании каркаса здания банка "Поиск" в г.Минске.

Автор защищает:

- конструктивные решения многоэтажных каркасных жилых зданий с плоскими дисками перекрытий, со свободной планировкой квартир;

- результаты исследования напряженно-деформированного состояния опорных зон предварительно напряженных многопустотных плит с

подрезками на опоре методом конечных элементов при действии различных комбинаций нагрузки;

- результаты экспериментальных исследований натуральных образцов предварительно напряженных многопустотных плит с подрезками с различными схемами армирования опорных зон и величиной предварительного напряжения и их влияние на несущие способности по наклонным сечениям;

- методику расчета прочности предварительно напряженных многопустотных плит с подрезками на действие поперечных сил с учетом особенностей форм поперечного сечения;

- рекомендации по проектированию опорных зон предварительно напряженных многопустотных плит с подрезками, конструктивные мероприятия, позволяющие повысить их прочность и трещиностойкость.

Личный вклад автора

Лично автором были проведены экспериментальные и теоретические исследования предварительно напряженных многопустотных плит с подрезками.

А б р о б а ц и я р а б о т ы. Основные материалы диссертации складывались и обсуждались на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава Белорусской государственной политехнической академии (1992, 1993 гг.) и научно-технической конференции, проведенной в проектном институте "Белпромпроект" в июле 1992 г.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, и содержит 137 страниц, в том числе 53 рисунка и 11 таблиц, списка использованной литературы, включающего 104 наименования

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, даны общие характеристики и краткое содержание работы.

В первой главе Проведен анализ конструктивных решений многоэтажных безригельных каркасных зданий и их преимущество по сравнению с традиционными каркасными и с крупнопанельными зданиями. Рассмотрена предложенная академиком Варно Жежел каркасно-панельная система с натяжением арматуры в построечных условиях, где объединение сборных элементов этой системы осуществляется за счет преднапряжения арматуры, пропускаемой в ортогональных направлениях. Крайние ребра панели перекрытия совместно с бетоном замо-

ноличивания образуют сборно-монолитные ригели.

В Западной Европе, США, Канаде уже свыше 35 лет при строительстве многоэтажных жилых и общественных зданий находят применение каркасы с напряженными перекрытиями, отличающиеся от рассмотренных выше тем, что натяжение напрягаемой арматуры производят на бетон.

В Финляндии широко применяют сборно-монолитные каркасы системы "PRAMA-TAT". Они характеризуются высоким уровнем механизации и автоматизации технологических процессов благодаря широкому применению безопалубочной технологии формирования. Вместе с тем, каркасы являются "тяжелыми" для жилых зданий, требуют дорогостоящего технологического оборудования. Фирмой "PARTEK-COORP" разработан каркас из сборных железобетонных конструкций "темпо-систем" для одного и многоэтажных зданий различного назначения. Он является надежным и экономичным, однако наличие ригелей существенно снижает его возможности для гибких объемно-планировочных решений. Можно также отметить сборные балочные каркасные конструкции системы "SD-20" (Нидерланды).

Они включают только два несущих конструктивных элемента: колонны высотой до 3,7 м (на этаже) и преднапряженные в двух направлениях многопустотные плиты перекрытия, опирающиеся по углам на колонны. В ЦНИИЭП жилища разработана каркасно-стенная система КСС. Отличительная особенность системы - применение безригельного каркаса, состоящего из предварительно напряженных многопустотных плит и плоских одноэтажных колонн, размещаемых в толщине перегородки. Система имеет хорошую вариантность архитектурно-планировочных решений при минимуме несущих конструкций. АП Белпромпроект и БелНИИС разработан проект сборно-монолитного 5-этажного жилого дома без предварительного напряжения ригеля в построечных условиях, что позволило значительно снизить расход бетона по сравнению со зданием КПД, но расход стали достигает 21 кг/м³.

На основе мирового опыта проектный институт Белпромпроект и ВГПА разработали серии экспериментальных зданий в каркасном исполнении. При их разработке была поставлена задача использовать только железобетонные конструкции, выпускаемые сегодня промышленностью РБ. Одними из основных конструкций зданий являются предварительно напряженные многопустотные плиты с подрезкой. Ранее такие конструкции в мировой практике строительства не применялись. Поэтому возникла необходимость исследования напряженно-деформированного состояния, прочности и трещиностойкости опорных зон с различными

вариантами армирования подрезок, изучать влияние предварительного напряжения и сложности формы поперечного сечения на особенность работы опорных зон. Выполнен аналогичный обзор исследований различных конструкций с подрезками, применяемых в перекрытиях и покрытиях гражданских и промышленных зданиях, методы конструирования опорных зон и методы расчета прочности и трещиностойкости, применяемыми в различных нормах. Показано, что устройства подрезок в опорных зонах конструкций повышают тектурно-художественные качества помещения, уменьшают высоту перекрытий и соответственно общую высоту многоэтажных зданий, улучшает условия монтажа конструкции, приводит к снижению капиталовложений и эксплуатационных затрат.

Применение железобетонных конструкций с подрезками, в особенности предварительно напряженных, сдерживается недостаточной изученностью их напряженного состояния, эффективности включения горизонтальной арматуры в подрезки при разрушении балки с подрезкой по трещине из нижней грани. Исследованию напряженно-деформированного состояния и прочности опорных зон балок с подрезками посвящены работы Авизова Т.Н., Барановой Т.И., Залесова А.С., Коллинза А., Комарова В.А., Манна В., Марти П., Маттона А., Семченкова А.С., Хомоуди А., Янкевича М.А. и других. Исследованы балки с подрезками при различных соотношениях высоты подрезки подрезки и полной высоты балки, положения поперечной нагрузки в пределах высоты сечения. Разработаны методики расчета прочности наклонных сечений балок с подрезками. Некоторые фирмы применяют балки с подрезками с частично устраненным сцеплением арматуры в опорной зоне. Влияние частично устранения сцепления по прочности и трещиностойкости опорных зон элемента с подрезками исследовано недостаточно.

На основании проведенного анализа сформулированы цели и задачи диссертационной работы.

Во второй главе приведены результаты исследования напряженного состояния опорных зон многпустотных плит с подрезками методом конечных элементов на IBM с использованием программы "Cosmos/M".

Проанализировано напряженно-деформированное состояние при различном положении усилия обжатия и поперечной нагрузки по длине плиты.

В расчетную модель вводился фрагмент натурно многпустотных плит шириной 185 мм. Сетка, разбитая на конечные элементы была принята прямоугольным параллелепипедом с тремя степенями свободы.

В расчетную модель входило 1800 элементов и 2500 узлов. В

результате расчета получены все составляющие напряжений и углы наклона главных площадок.

При действии усилия обжатия показано, что доминирующим являются поперечные напряжения σ_y . Установлено значительное влияние положения силы обжатия по длине плит. Наиболее опасным является усилие обжатия, приложенное в торце плиты, так как в этом случае в горизонтальном сечении на уровне подрезки возникают растягивающие напряжения.

При удалении силы обжатия вглубь по длине элемента, что является моделированием частичного устранения сцепления напрягаемой арматуры, с бетоном, краевые растягивающие напряжения уменьшаются, зона действия растягивающих напряжений увеличивается и они распределяются более равномерно. При удалении силы обжатия от торца на расстояние, равное высоте сечения плиты краевыми растягивающими напряжениями можно пренебречь.

При действии поперечной нагрузки растягивающие напряжения во входящем углу подрезки увеличиваются. При смещении силы от опоры в пролете до расстояния, равного половине высоты поперечного сечения, а в дальнейшем заметного изменение краевых напряжений, в продольном сечении на уровне подрезки не происходит.

На рис. 1 показаны линии растягивающих напряжений при действии усилия обжатия, поперечной нагрузки и их совместном действии, соответствующих основной расчетной схеме, из которых видно, что при совместном действии усилия обжатия и поперечных нагрузок линии растягивающих напряжений сгущаются во входящем углу подрезки, по сравнению с линиями растягивающих напряжений при раздельном действии нагрузок.

В третьей главе проведены экспериментальные исследования на натуральных образцах. Всего было испытано шесть предварительно напряженных многпустотных плит с подрезками (12 подрезных опор).

Отношение высоты подрезки к полной высоте $h_c/h = 11/12$ см, глубина 12,5 см проектная длина плит 6 м, ширина 1,2 м, диаметр пустот 159 мм. Продольная рабочая преднапрягаемая арматура опытных образцов стержня класса At-V, диаметром 12 мм. В образцах варьировались сечения горизонтальной арматуры в подрезках A_{sc} от 0,28 до 2,01 см, сосредоточенной у подрезки поперечной арматуры A_{sw1} от 0,79 до 3,14 см, поперечная арматура в кратной консоли подрезки A_{sw2} , величина предварительного напряжения от 27% до 68% МПа.

Опытные образцы изготавливались на заводе сборных железобетонных изделий.

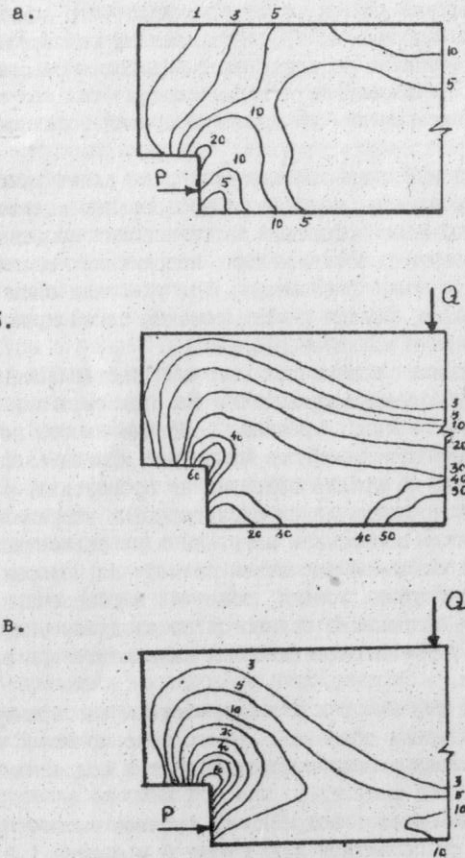


Рис. I. Линии растягивающие напряжение при действии: усилия обжатия /а/ поперечные нагрузки /б/ совместное действие усилия обжатия и поперечной нагрузки /в/.

тонных изделий "ЗСЖБИ" объединения "Минскжелезобетон" на серийном оборудовании. Никаких осложнений в устройстве подрезки с использованием специального вкладыша не возникло. Для определения характеристик бетона опытных образцов изготовляли кубики и призмы. Свойства арматуры контролировались при испытании образцов, оторванных от стержней, которые были применены при изготовлении опытных образцов.

Первоначально испытания проводились на действие равномерно распределенной нагрузки. При этом в зоне подрезки было отмечено упругая работа бетона без видимых трещин, поэтому получить необходимые результаты по характеру разрушения опорных зон не представлялось возможным.

Дальнейшие испытания проводились двумя сосредоточенными симметрично силами. Нагружение проводилось при кратковременном режиме со ступенчатым увеличением нагрузки на 10% от расчетной разрушающей и выдержкой на 10-12 минут. На каждом этапе загрузения фиксировались перемещения характерных точек, появления и ширина раскрытия трещин, характер и развитие деформации бетона и прогибы панелей.

В связи с различными вариантами армирования подрезки, характер образования и развития трещин в каждом случае имел свои особенности. Опыты дали возможность выделить два характерных случая развития трещин. В первом случае - это отсутствие сколь-нибудь значительных трещин в приопорных участках, кроме трещин, начинающихся в вершине шине угла подрезки. Такой случай имел место при отсутствии поперечной арматуры в короткой консоли подрезки (образцы I серии). Второй случай характеризуется возникновением прерывистых наклонных трещин, располагающихся между вершиной верхнего и нижнего угла подрезки. С характером трещинообразования и связаны виды разрушения.

Разрушение образцов происходило по наклонной трещине, расположенной во входящем угле подрезки из нижней части торца и нижней грани плит.

При разрушении по наклонной трещине из входящего угла подрезки наблюдалась текучесть сосредоточенной у подрезки поперечной арматуры и горизонтальной арматуры в подрезке. Установлено, что предварительное напряжение не оказывает значительного влияния на прочность по наклонным сечениям из входящего угла подрезки.

При разрушении по нижней зоне наклонные трещины пересекали горизонтальную арматуру в подрезке, и эта арматура принимала участ-

тие в работе наклонного сечения. Продольные трещины, образующиеся при обжатии, могут отрицательно влиять на работу плит при действии полезных нагрузок. Установлено, что чем больше сечение и прочность арматуры A_{sc}, A_{sw1} , тем выше несущая способность наклонного сечения.

Этот рост будет происходить до тех пор, пока не произойдет переход от одного вида разрушения к другому (разрушение по нижней зоне).

В четвертой главе даны Результаты экспериментально-нотейоретических исследований, которые позволили получить информацию о напряженно-деформированном состоянии опорных зон многпустотных плит с подрезками. Анализировалась каждая форма разрушения и соответствующая ей расчетная схема.

Расчет прочности наклонного сечения многпустотных плит в действующих нормах сводится в расчету таврового сечения с полкой в сжатой зоне, поэтому в расчетную зависимость вводится специальный коэффициент, связанный с геометрическими размерами полки φ_r . В проведенных нами исследованиях многпустотные плиты с подрезками имеют специфические формы поперечного сечения в виде двух полуокругов. Анализ результатов испытания и поиск зависимостей, учитывающих фактическую геометрию элемента был реализован по следующей схеме. В СНиП имеется ограничение на включение в работу площади рабочего сечения полки, которое равно $0,75(b_r' - b)$ при этом $b_r' = b + 3h_r'$. Это ограничение подтверждено многочисленными исследованиями, поэтому эти условия были использованы и в нашем случае. При этом соответственно изменяется и расчетная площадь поперечного сечения (рис. 2).

$$A_{b,act} = b \cdot h_0 + (b_r' - b) \cdot h_{rN} + A_n \quad (1)$$

$$h_{rN} = h - R \cdot \sin \theta = 1,25h_r' \quad (2)$$

$$A_n = 0,54 \cdot (b_r' - b) \cdot h_{rN}' \quad (3)$$

$$A_{b,act} = b \cdot h_0 + 1,9 \cdot (b_r' - b) \cdot h_r' \quad (4)$$

$$1,9 \cdot (b_r' - b) \cdot h_r'$$

тогда $\varphi_r = \alpha \frac{\quad}{b \cdot h_0}$, но не более 0,5 (5)

α - определяется по СНиП.

Проведено сопоставление экспериментальных и расчетных значений по предлагаемому уточнению, расчетное значение увеличивалось на 10-15% по сравнению со СНиПом и приблизилось к опытным значениям разрушающей нагрузки.

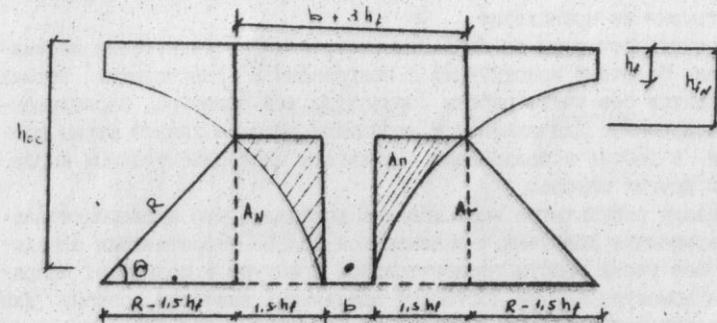


Рис. 2. Схема для определения коэффициента учитывающего особенности формы поперечного сечения.

Методика расчета прочности по наклонным сечениям на действие изгибающего момента усовершенствована на основе экспериментальных исследований. Прочность по наклонным сечениям из входящего угла подрезки, в отличие от требований нормативных документов, рекомендуется определять с учетом полного расчетного сопротивления сосредоточенной у подрезки поперечной арматуры. Влияние предварительного напряжения на прочность по наклонной трещине из входящего угла подрезки не учитывается, так как в предельной стадии равновесия происходит перераспределение усилий, и суммирование растягивающих усилий в сосредоточенной поперечной арматуре от обжатия и поперечной нагрузки не происходит.

Расчет прочности по наклонным сечениям при разрушении из нижней грани балочных конструкций с подрезками в действующих нормах производится без учета работы горизонтальной арматуры, расположенной в подрезке. Для анализа и уточнения расчета данной формы разрушения в работе использовали результаты экспериментальных исследований других авторов.

Анализ результатов исследований показал, что экспериментальные разрушающие нагрузки, оказывается, больше теоретически определяемой без учета работы горизонтальной арматуры в подрезке. Напряжение в арматуре A_{sc} не достигает предельных значений, поэтому для определения коэффициента, снижающего расчетное сопротивление арматуры, нами рассмотрена схема деформирования в виде плоского поворота блока вокруг оси, проходящей через вершину наклонной трещины - рис.3.

Зависимость деформации ϵ_{sc} в арматуре A_{sc} от ϵ_s в арматуре A_s :

$$\epsilon_{sc} = \epsilon_s \frac{h_{os} - x}{h_0 - x} \quad (6)$$

Усилия в арматуре A_{sc} :

$$N_{sc} = \epsilon_s \cdot E_{sc} \cdot A_{sc} \cdot h_{os} - x / h_0 - x \quad (7)$$

Предельные усилия воспринимаемые арматурой A_s (A_{sp}):

$$N_{su} = \alpha_{s5} \cdot R_s \cdot A_s \quad (8)$$

$$\epsilon_{su} = N_{su} / E_s \cdot A_s \quad (9)$$

Принимая равными друг другу модули упругости арматуры A_s (A_{sp})

и A_{sc}

$$N_{sc} = \alpha_{s5} \cdot R_s \cdot A_{sc} \cdot h_{sc} / h_s < \alpha_{s5} R_{sc} A_{sc} \quad (10)$$

Условие прочности по наклонному сечению при действии изгибающего момента:

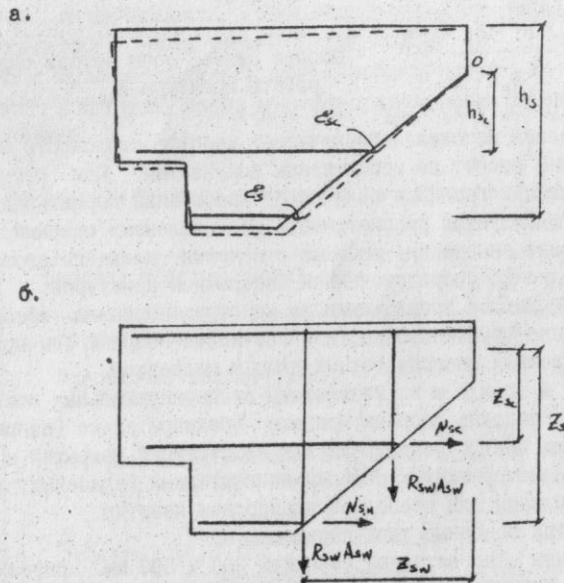


Рис.3. Схема деформации /а/ и усилия /б/ при расчете балочных конструкций с подрезками по наклонному сечению из нижней грани на действие изгибающего момента.

$$M < N_{sc} \cdot Z_s + N_{sc} \cdot Z_{sc} + \sum R_{sw} \cdot A_{sw} \cdot Z_{sw} \quad (11)$$

где N_{su} - продольные усилия, воспринимаемые арматурой A_s .

Плечи усилия N_{sc} и N_s определяются из выражений:

$$Z_c = h_0 - 0,5x \quad Z_{sc} = h_{0c} - 0,15x$$

$$x = A - \sqrt{A^2 - x_0 \cdot (h_{0c} \cdot A_{sc} / A_s)} \quad (12)$$

$$x_0 = \frac{Y_{s5} \cdot R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b} - \text{высота сжатой зоны бетона без учета работы арматуры } A_{sc}.$$

$$A_0 = 0,5 (h_0 + x_0 + x_0 \cdot A_{sc} / A_s)$$

Предлагаемая методика обеспечивает хорошую сходимость с экспериментом, чем расчет по нормативным документам. При расчете по трещине из нижней грани, в отличие от требований нормативных документов, рекомендуется рассматривать ряд наклонных сечений, расположенных в зоне анкеровки, начиная с сечения, имеющего свое начало непосредственно за сосредоточенной поперечной арматурой.

В работе даются предложения по конструированию, обеспечивающие повышение трещиностойкости и прочности опорных зон предварительно напряженных многпустотных плит с подрезками.

Пятая глава. Результаты экспериментальных исследований позволили надежно запроектировать предварительно напряженных многпустотных плит с подрезками для конструкций покрытий и перекрытий новых конструктивных решений многоэтажных каркасных зданий с плоскими потолками для свободной планировки квартир.

Разработаны три основные типа каркасов:

1. Колонны многоэтажные сечением 300 x 300 мм, ригели сборные, высотой 260 мм с продольным и поперечным расположением и многпустотные плиты перекрытия с подрезкой на опоре. Сетка колонн 6 x 6 м.

2. Колонны многоэтажные сечением 300 x 300 мм, ригели сборные Г-образные, высота 260 мм с установкой в продольном и поперечном направлении. Плиты перекрытия пустотные с подрезкой на опоре. Сетка колонн 6 x 6 м. При таком решении пустотные панели располагаются в каждой ячейке перпендикулярно друг другу.

3. Колонны по этажной разрезке сечения 200 x 400, 200 x 600 мм. Ригели сборные, сечение 200 x 400 мм. Плиты перекрытия с подрезкой на опоре. Сетка колонн 6 x 6 м, колонны и ригели изготовлены в опалубках прогонов.

Каркасы зданий всех предложенных конструктивных схем рамно-связевые. Пространственная устойчивость зданий обеспечивается системой вертикальных устоев, объединенных дисками перекрытий. Вертикальными устоями служат связевые панели, образуемые сборными железобетонными диафрагмами и лифтовыми шахтами.

Эффективность предлагаемых конструктивных решений по расходу материалов, энергоемкости, была определена сопоставлением технико-экономических показателей крупнопанельных зданий серии 90-058-85 и каркасного жилого дома, разработанного АП "БелНИИС" и "Белпроект", которые имеют абсолютно идентичные объемно-планировочные решения.

Таблица 1.

Показатели расхода материалов на каркас жилого дома

№ варианта	Вариант конструктивных схем	Бетон, м ³ /м ²	Сталь, кг/м ²
БТУ 1	Крупнопанельное здание	0,349	9,52
БТУ 2	Жилой дом, разработанный АП "Белпроект" и "БелНИИС"	0,177	20,74
НТУ 1	I	0,159	10,41
		Экономия к БТУ 1 54,3%	-9,3%
НТУ 2	II	10,1%	49,8%
		Экономия к БТУ 2 0,1514	16,33%
НТУ 3	III	56,6%	-71,5%
		Экономия к БТУ 1 14,7%	21,3%
		0,1542	7,17
		Экономия к БТУ 1 55,8%	24,7%
		Экономия к БТУ 2 13,1%	64,5%

БТУ - базовый, технически данный.
НТУ - новый, технически данный.

Но самое главное заключается в том, что этот тип зданий сегодня не требует разработки и создания технологии и оборудования по выпуску сборных железобетонных конструкций, сокращая в десятки раз номенклатуру сборных железобетонных элементов и создавая минимум монолитных работ при монтаже зданий. Автор рассматривает настоящую работу как промежуточную и понимает, что такая конструктивная схема зданий имеет определенный недостаток как эстетического характера, так и архитектурного, но это уже большой шаг вперед по сравнению с крупнопанельным домостроением на пути к рынку жилья.

В диссертации приведены новые конструктивные решения многоэтажных каркасных зданий с плоскими дисками перекрытия для свободной планировки квартир, разработанные автором и проектным институтом "Белпромпроект". Основными конструкциями здания являются предварительно напряженные многопустотные плиты с подрезками на опоре. Работа таких конструкций до сегодняшнего дня в мировой практике строительства не исследована.

Проектирование, изготовление опытных образцов и испытание предварительно напряженных многопустотных плит с подрезками в опорных зонах позволило сделать следующие выводы и рекомендации.

1. Шесть натуральных опытных образцов предварительно напряженных многопустотных плит с подрезками (12 подрезных опор) запроектированы АП "Белпромпроект" и БГПА и были изготовлены на действующем оборудовании завода железобетонных изделий ПО "Минскжелезобетон". Причем, каких-либо осложнений с устройством подрезок в опорных зонах плит с использованием специального вкладыша не возникло.

2. Испытанные образцы многопустотных плит с подрезками имели три вида конструктивного решения опорной зоны. Сами панели запроектированы для восприятия нормативной полезной нагрузки равной 1,48 кН/м (для перекрытий жилых домов).

3. При испытании оказалось невозможным добиться разрушения плиты по наклонным сечениям в зоне подрезки при приложении равномерно распределенной нагрузки. При этом в зоне подрезки было отмечена упругая работа бетона без видимых трещин, поэтому получить необходимые результаты по характеру разрушения опорных зон не представлялось возможным. Для того, чтобы добиться образования наклонных трещин и разрушения по наклонному сечению, было принято решение дальнейшие испытания образцов проводить двумя сосредоточенными симметрично приложенными в пролете силами.

4. В результате предварительного напряжения арматуры в продольных сечениях многопустотных плит с подрезками возникают отрывающие усилия, которые при определенном уровне обжатия могут привести к образованию продольных трещин. Величина отрывающих усилий зависит от степени предварительного напряжения.

5. При действии поперечных нагрузок в продольных сечениях многопустотных плит с подрезками возникают растягивающие напряжения, достигающие максимальных величин на уровне подрезок. Величина растягивающих напряжений зависит от положения поперечной нагрузки в пролете. Ширина раскрытия трещин при действии поперечной нагруз-

ки в плитах которых не образовалось трещины при обжатии, меньше ширины раскрытия аналогичных трещин в плитах, в которых при обжатии образовались трещины.

6. Расчет прочности по наклонным сечениям из нижней грани плиты (конструкции с подгзками) в отличие от расчета по нормативным документам рекомендуется производить с учетом работы горизонтальной арматуры в подрезке по предлагаемой методике. При этом должен рассматриваться ряд наклонных сечений в зоне анкеровки рабочей арматуры, начиная от оси сосредоточенной у подрезки поперечной арматуры.

7. Расчет прочности по наклонным сечениям из входящего угла подрезки не действие поперечной силы рекомендуется производить с учетом особенностей формы поперечного сечения, на действие изгибающего момента производится с учетом полного расчетного сопротивления сосредоточенной у подрезки поперечной арматуры.

8. Установлено, что предварительное напряжение не оказывает влияния на прочность по наклонным сечениям из входящего угла подрезки на действие изгибающего момента. В связи с этим в расчете прочности не учитывается влияние предварительного напряжения.

9. Анализ напряженно - деформированного состояния приопорных участков многопустотных плит с подрезками, полученные численным методом (метод конечных элементов) подтвердили картину напряженно-деформированного состояния, полученную опытным путем.

Основные положения диссертации опубликованы в отчете о научно-исследовательской работе учебно-научно-инженерного центра "Белстроительство" по теме "Разработать и внедрить конструкцию каркаса жилого дома со свободной планировкой квартир" ХД N 10/92, 18-202/92 от 20.04.92.

РЕЗЮМЕ

Ахмад Сулейман Акиль

Напряженно-деформированное состояние, прочности и трещиностойкости опорных зон предварительно напряженных многопустотных плит с подрезками.

Подрезка, конструктивное решение, форма поперечного сечения, напряженное состояние, прочность, трещиностойкость, разрушения.

Подрезка опорных зон многопустотных плит вызывает сложное напряженно-деформированное состояние от действий как усилия предварительного напряжения, так и внешней поперечной нагрузки. Такой класс конструкции до настоящего времени в мировой практике строительства не исследовался.

Проводилось исследование напряженно-деформированного состояния опорных зон фрагмента плит на ГММ методом конечных элементов при действии различного усилия предварительного напряжения и поперечной нагрузки по длине плиты.

Экспериментальное исследование проводилось на 12 опорных зонах с подрезкой шести натуральных образцов предварительно напряженных многопустотных плит. В образцах варьировалась горизонтальная арматура у подрезки, поперечная арматура сосредоточенная у подрезки, а величины предварительного напряжения и характер образования трещин и разрушения зависели от конструктивных решений опорных зон. Разрушение происходило по наклонному сечению из входящего угла подрезки, из нижней части торца и нижних граней плит. При разрушении по нижней зоне наклонной трещина пересекала горизонтальную арматуру в подрезке, а эта арматура принимала участие в работе наклонного сечения. Разработаны рекомендации по проектированию, включая методику расчета прочности по наклонному сечению в зоне нагрузки и по полной высоте сечения, и предложения по конструированию, обеспечивающие повышение прочности и трещиностойкости опорных зон предварительно напряженных многопустотных плит с подрезками для их применения в конструкции покрытий и перекрытия новых многостажных каркасных зданий со свободной планировкой помещений.

Р Э З Ю М Э

Ахмад Сулейман Акиль

НАПРУЖАНА-ДЕФОРМАВАНИ СТАН, ТРИВАЛАСЦЬ І ТРЭШЧЫНАУСТОЙЛІВАСЦЬ АПОРНЫХ ЗОНАЎ У ПАПЯРЭДНЕ НАПРУЖАННЫХ ШМАТПУСТОТНЫХ ПЛІТ З ПАПРЭЗАМІ

Ключавыя словы: подрэзка, канструктыўныя вырашэнні, форма папярэчнага сячэння, напружаны стан, трываласць, трэшчынаустойлівасць, разбурэнне.

Падрэзкі апорных зонаў шматпустотных пліт выклікаюць складанае напружана-дэфармаванае стан як ад дзеяння высілкаў напружання аб'ц'оку, так і знешняй папярэчнай нагрузкі. Такі клас канструкцыі да цяперашняга часу ў сусветнай практыцы будаўніцтва не даследаваўся.

Праводзілася даследаванне напружана-дэфармаванага стану апорных зонаў фрагментаў пліт на ГММ метадам канечных элементаў пры дзеянні розных становаўшчаў высілкаў папярэчнага напружання і папярэчнай нагрузкі па усёй даўжыні пліты.

Экспериментальныя даследаванні праводзіліся на 12 апорных зонах з падрэзкамі шасці натуральных пробах папярэдне напружаных шматпустотных пліт. У пробах вар'іраваліся гарызонтальныя арматуры ў падрэзкі, папярэчныя арматуры, засяроджаныя ў падрэзкі і папярэдне напружаныя. Характар утварэння трэшчыны і разбурэння залежаў ад канструктыўнага вырашэння апорных зонаў. Разбурэнне ішло па нахіленаму сячэнню ад уваходзячага вугла падрэзкі, ад ніжэйшай часткі торца і ніжэйшай грані пліт. При разбурэнні па ніжняй зоне нахіленая трэшчына пераўзнімала гарызонтальную арматуру ў падрэзкі, і гэтая арматура прымае ўдзел у рабоце нахіленага сячэння.

Распрацаваны рэкамендацыі па праектаванні, якія ўключаюць у сабе методику разліку трываласці па нахіленаму сячэнню ў зоне падрэзкі і па поўнай вышыні сячэння і дапушчэнне па конструаванні, забяспечваючы ўзмацненне трываласці і трэшчынаустойлівасці апорных зонаў папярэдне напружаных шматпустотных пліт з падрэзкамі для іх выкарыстання ў канструкцыях пакрыццяў і перакрываў новых шматпавярховых каркасных будынкаў звольнай планіроўкай памяшканняў.

SUMMARY

Amjad Suleiman Akil

Strained and deformed state, durability and crack resistance of support zones of pre-trained multivacuumed plates with cuts

Key words: cut, structural point, form of cross-section, state of tension, structural strength, crack resistance, fracture

Cuts of support zones of prestrained multivacuumed plates/slabs give way to a complex strained and deformed state caused by the influence of pretension and external transverse load. I must mention that such sort of structure hasn't been investigated in the world until present time.

The research done on IBM dealt with strained and deformed state of support zones of parts of plates used the method of end elements under the action of different position, effort of pretension and transverse load, concentrating on the length of the plate.

The experimental research considered twelve support zones with cuts of six full-scale samples of prestrained multivacuumed plates. The samples had different longitudinal reinforcement in the cut, transverse reinforcement focused at the cut and the quantity of pretension.

The character of forming cracks and fractures depended on the structural point of the support zones. The fracture was on the inclined section from the re-entering angle of the cut, from the drag side of the face, lower face of the plates. In the fracture of the lower zone of the inclined cracks crossed the longitudinal reinforcement in the cut, and the reinforcement affected the work of the inclined section.

There has been worked out a recommendation on the structure including methods of strength analysis on the inclined section in the cut zone and full cross-sectional height, and a proposal on the structure to provide increase of durability and crack resistance of support zones of prestrained multivacuumed plates with cuts.

The research findings and results can be applied in the following areas: cover/coating structure, new many-storeyed buildings flooring and buildings outline.

