

**ЗАЙЦЕВА ОЛЬГА СЕРГЕЕВНА**

**Анализ границ несущей способности и конструирование плоских  
перекрытий со «скрытым» ригелем монолитных многоэтажных зданий  
колонной системы**

Специальность 6М072900 - Строительство  
Специализация «Расчет и проектирование зданий, сооружений и транспорт-  
ных коммуникаций»

**Автореферат**  
диссертации на соискание академической степени  
магистра техники и технологии

Республика Казахстан  
г. Усть-Каменогорск 2011 г.

Работа выполнена в Восточно-Казахстанском государственном техническом университете имени Д. Серикбаева

**Научный руководитель:** профессор, кандидат технических наук  
Шевляков В.Ф.

**Официальный оппонент:** Директор ТОО «ЛБСтрой»  
Смолин В.Л.

Защита состоится « 20 » июня 2011 года в 9 ч. на заседании диссертационного совета по специальности 6М072900 «Строительство» в Восточно-Казахстанском государственном техническом университете имени Д. Серикбаева по адресу:  
070004, г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева, 19

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Восточно-Казахстанского государственного технического университета имени Д. Серикбаева

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Герасимов Е.П.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность работы

В последнее время большое распространение в строительстве получили монолитные здания с безригельным каркасом и плоскими перекрытиями, обладающие преимуществами архитектурного, конструктивного и технологического характера.

Однако плоская сплошная плита перекрытия обладает достаточно большим собственным весом, что уменьшает величину применяемой временной нагрузки и поэтому плоские перекрытия применяют больше для гражданских зданий, имеющих небольшие временные нагрузки или пролеты.

Более свободные объемно-планировочные и функциональные решения зданий требуют увеличения пролетов и применения большей временной нагрузки, а следовательно, и большей несущей способности перекрытия.

Одним из способов увеличения несущей способности плоского перекрытия является устройство «скрытых» ригелей в виде полосового усиленного армирования плиты, расположенного по осям между колоннами. Область их применения не исследована.

Анализ нормативных документов и вопросов, возникающих у проектировщиков, установил проблемы при расчете и проектировании монолитных многоэтажных зданий. Одна из них – оценка и выбор оптимальных параметров основных несущих элементов конструктивной системы таких зданий. Частичным решением этой проблемы может быть определение минимальных и максимальных нагрузок, которые может воспринимать перекрытие при условии соблюдения норм по несущей способности, деформативности, трещиностойкости, а также конструктивных требований.

### Цель работы

Целью данной диссертационной работы является определение границ несущей способности плоского бескапитального перекрытия со «скрытым» ригелем, т. е. определение минимальных и максимальных распределенных нагрузок, которые может выдержать перекрытие при заданных параметрах, а также разработка вариантов армирования, соответствующих границам несущей способности.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выполнить обзор конструктивных решений перекрытий монолитных многоэтажных зданий;
- разработать порядок определения границ несущей способности плоского бескапитального перекрытия со «скрытым» ригелем;
- определить минимальную несущую способность «скрытого» ригеля при  $\mu_{\min}$ , максимальную при  $\xi = \xi_R$  и соответствующую ей распределенную нагрузку;

- выполнить по предполагаемой максимальной нагрузке статические расчеты перекрытия методом заменяющих рам и конечных элементов с ПК SCAD;
- произвести сравнительный анализ значений усилий и характера их распределения, полученных из статического расчета методом заменяющих рам и конечных элементов, установить окончательные значения усилий и соответствующую им распределенную нагрузку;
- исходя из анализа полученных результатов, сделать выводы относительно границ несущей способности перекрытия;
- выполнить конструирование «скрытого» ригеля с учетом требований нормативных документов.

#### Объект исследования

Объектом исследования является плоское бескапитальное перекрытие со «скрытыми» ригелями многоэтажного монолитного здания колонной конструктивной системы.

#### Метод исследования

Метод исследования можно охарактеризовать как расчетно - теоритический и проекто – конструкторский.

#### Научная новизна работы

Научная новизна работы заключается в определении области рационального (с конструктивной точки зрения) применения плоского бескапитального перекрытия монолитного многоэтажного здания и предложении вариантов армирования.

#### Перечень ключевых слов

Монолитное бескапитальное перекрытие, «скрытый» ригель, капитель, зона повышенного армирования, приопорная зона, ребристые монолитные перекрытия с балочными плитами, ребристые монолитные перекрытия с плитами опертыми по контуру, монолитные безбалочные капительные перекрытия, безбалочные монолитные плоские (бескапитальные) перекрытия, плоские бескапитальные перекрытия со «скрытым» ригелем, несущая способность, минимальный процент армирования, метод заменяющих рам, условный ригель, метод конечных элементов, распределение моментов,

#### Публикации

Основные положения диссертации опубликованы в следующей работе: О. С Зайцева, В. Ф. Шевляков. Методика определения границ несущей способности монолитного перекрытия со «скрытым» ригелем в составе монолитного многоэтажного здания колонной конструктивной системы // Материалы XI Республиканской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. – Усть-Каменогорск, ВКГТУ. 2011г.

#### Апробация

Результаты работы докладывались и обсуждались на научных семинарах кафедры «Строительство зданий сооружений и транспортных

коммуникаций» ВКГТУ имени Д. Серикбаева, а так же на XI Республиканской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых в Восточно–Казахстанском Государственном университете им.Д.Серикбаева.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Данная диссертационная работа содержит:

- введение;
- основная часть, состоящая из трех разделов;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Во **введении** обоснована актуальность темы, определены положения, выносимые на защиту, дано обоснование необходимости проведения данной научно-исследовательской работы, сформулированы цели и задачи исследования.

**Основная часть** включает три раздела:

- обзор конструктивных решений монолитных перекрытий многоэтажных зданий;
- определение границ несущей способности монолитного бескапительного перекрытия;
- конструирование плоского бескапительного перекрытия со «скрытым» ригелем

**В первом разделе** приведена классификация конструктивных систем монолитных многоэтажных зданий (колонная, стеновая, колонно-стеновая), также произведен обзор конструктивных решений перекрытий монолитных многоэтажных зданий колонной системы и основные требования к ним. Кратко приведены основные принципы компоновки и конструирования и расчета следующих типов перекрытий:

- ребристое монолитное перекрытие с балочными плитами;
- ребристое монолитное перекрытие с плитами, опертыми по контуру;
- безбалочное капитальное монолитное перекрытие;
- плоские бескапительные перекрытия;
- плоские бескапительные перекрытия со «скрытым» ригелем.

**Во втором разделе** приведены исходные данные (заданные параметры перекрытия) к расчету плоского бескапительного перекрытия со «скрытым» ригелем:

- размер в плане 30х30м, сетка колонн 6х6 м;
- сечения колонн 400х400 мм;
- этажность -12;
- высота типового этажа здания - 3м;
- толщина плиты - 200 мм;
- тип стыков конструкций - жесткий;

- расположение «скрытых» ригелей по всем осям в двух направлениях.
  - Ширину «скрытого» ригеля принимаем по ширине колонны - 400 мм.
  - продольное армирование «скрытых» ригелей - арматура класса АIII;
  - класс бетона - в диапазоне от В20 до В40.
- Схема перекрытия представлена на рисунке 1.

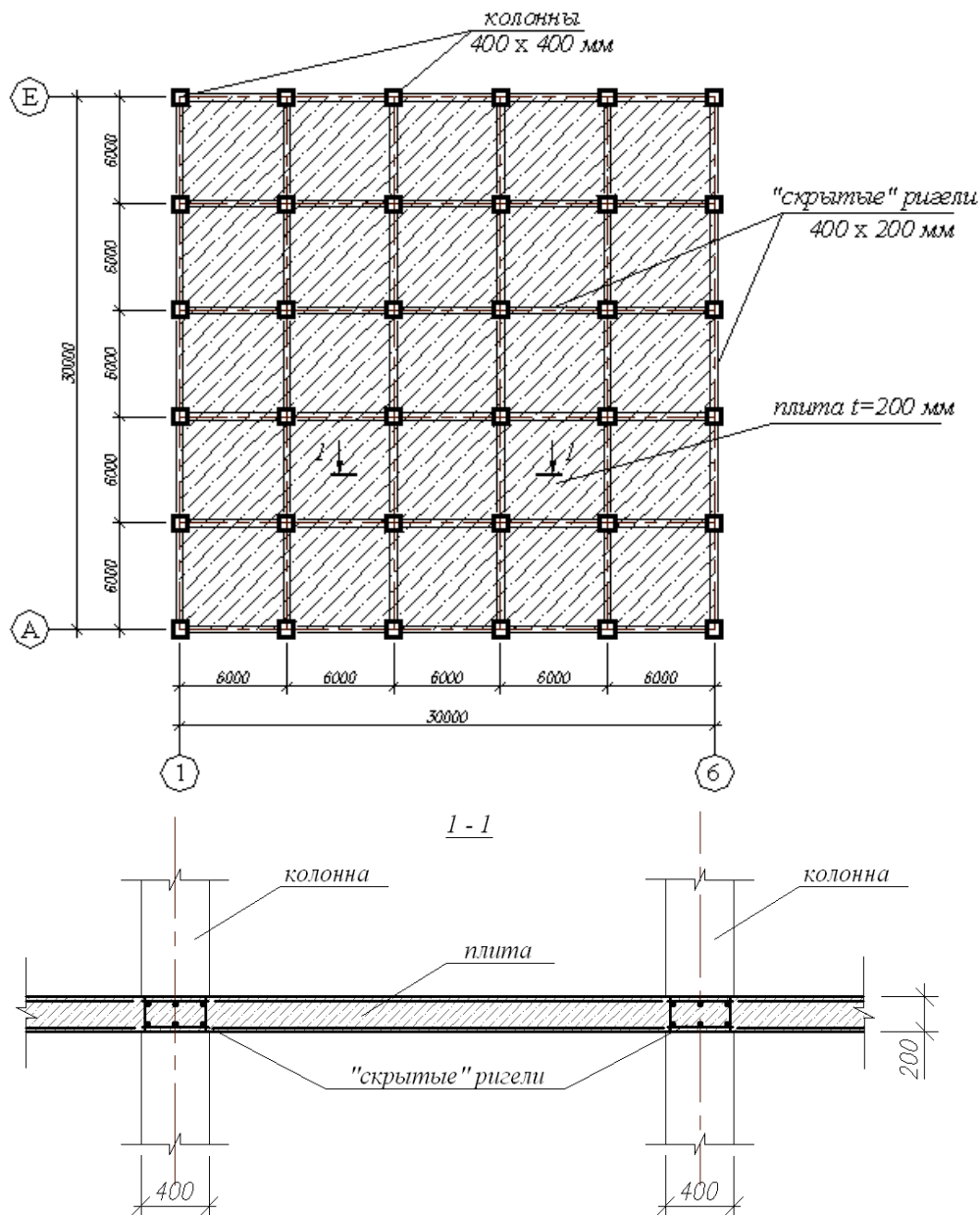


Рисунок 1 - Схема перекрытия

Раздел содержит обоснование выбора САПР для расчета. В качестве расчетного комплекса используемого в данной работе выбран ПК SCAD Office, из-за его доступности, широты распространения, соответствия СНиП и ГОСТ (ГОСТ ИСО/МЭК 9126-93, ГОСТ 28195-89, ГОСТ ИСО 9127-94). В состав комплекса входят универсальная программа конечно-элементного анализа SCAD, а также ряд функционально независимых проектно-расчетных и вспомогательных программ.

Также в разделе приведена методика определения границ несущей способности монолитного перекрытия со «скрытым» ригелем. Несущая способность бескапитального перекрытия определяется несущей способностью плиты, несущей способностью самого «скрытого» ригеля, а также несущей способностью стыков перекрытия с колонной. При этом несущая способность перекрытия определяется по нагрузке, создающей в нем усилия, не превышающие предельных усилий, определенных по несущей способности плиты, «скрытого» ригеля и стыков перекрытия с колоннами.

В настоящей работе несущая способность перекрытия оценивается по несущей способности «скрытого» неразрезного многопролетного ригеля. Несущая способность «скрытого» ригеля и плиты перекрытия характеризуется предельными усилиями  $M_u$  и  $Q_u$ , которые они могут воспринимать, не разрушаясь, а в конечном итоге предельной распределенной нагрузкой  $g_u + v_u$  (постоянной и временной).

Минимальная несущая способность «скрытого» ригеля регламентируется минимальным процентом (%) армирования, а также минимальной постоянной от собственного веса и веса конструкции пола и минимальной временной нагрузками, определяемыми по СНиП 2.01.07-85.

Максимальная несущая способность перекрытия при заданных геометрии и бетоне регламентируется максимальным армированием, полученным при  $\xi = \xi_R$ .

Расчеты по определению несущей способности перекрытия двумя способами, а именно произведен статический расчет плиты методом конечных элементов в SCAD и расчет методом заменяющих рам.

Заменяющие рамы получаются в виде ряда колонн, соединенных условными ригелями, состоящими из полосы шириной, равной расстоянию между серединами поперечных пролетов, примыкающих к соответствующему ряду колонн.

Определение усилий, действующих в элементах заменяющих рам, производят по общим правилам расчета рам как упругих систем. Расчет заменяющих рам производят как систем с жесткими узлами в местах соединения колонн с условными ригелями. Жесткость при изгибе колонн и условных ригелей для расчета заменяющих рам определяют как для упругих элементов без трещин. В этом случае изгибающие моменты в условном ригеле по длине заменяющей рамы распределяются как в обычных стержневых конструкциях. Разделение каркаса на заменяющие рамы и расчетная схема рамы приведены на рисунках 2 и 3.

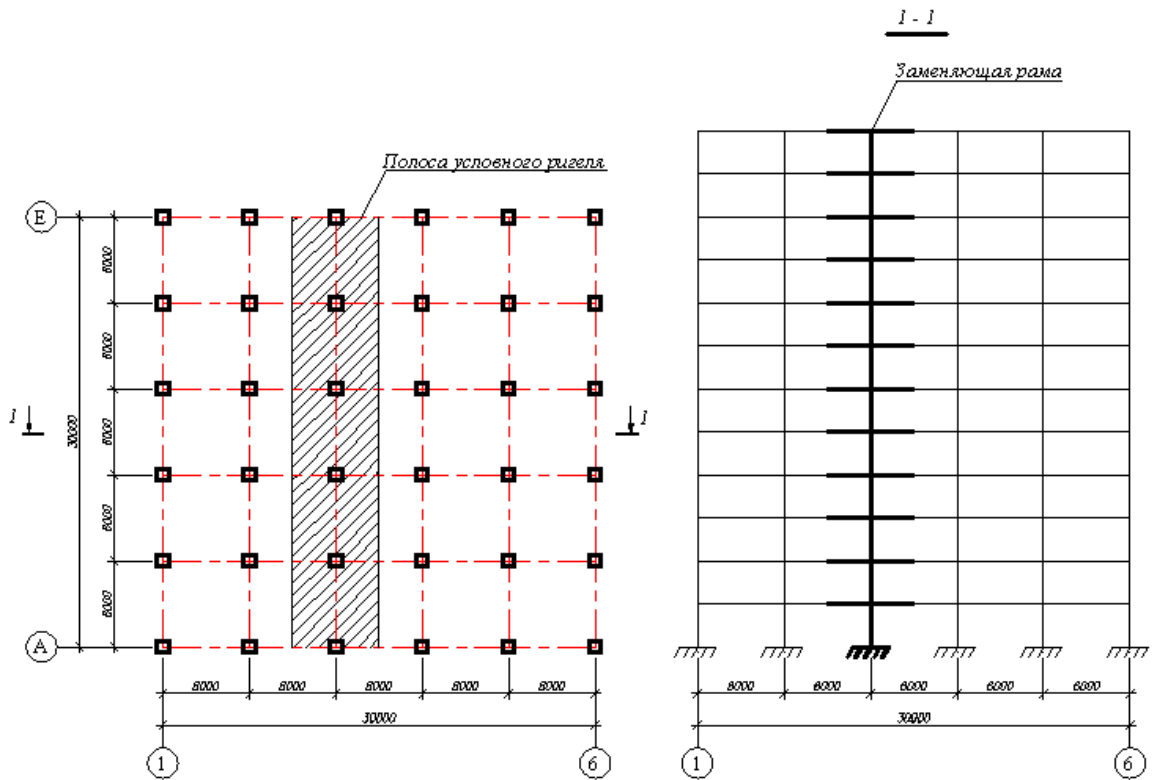


Рисунок 2 - Разделение каркаса на заменяющие рамы

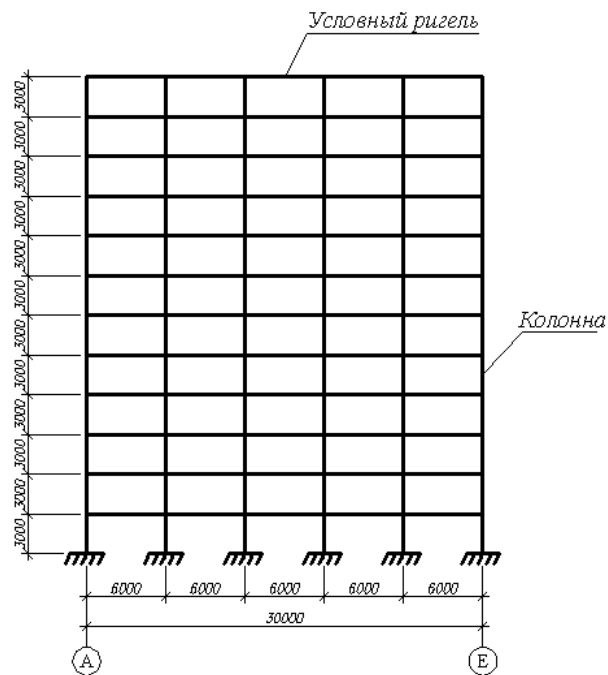


Рисунок 3 - Расчетная схема заменяющей рамы

Изгибающие моменты, действующие в направлении оси заменяющей рамы, по ширине условного ригеля распределяются, исходя из точного решения по теории упругих сеток, примерно по закону косинуса. Можно видеть, что изгибающие моменты по ширине условного ригеля распределяются неравномерно: в середине условного ригеля (по оси колонн) они имеют максимальные значения, а у края условного ригеля (между колоннами) они имеют минимальные значения. При этом в опорном сечении распределение изги-

бающих моментов по ширине условного ригеля более неравномерно (рисунк 4, а), а в пролетном сечении - более сглаженно (рисунк 4, б).

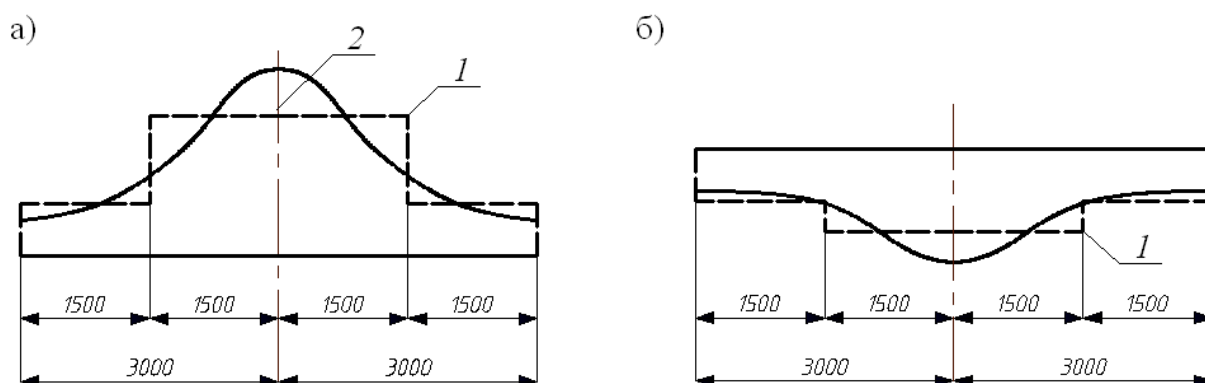


Рисунок 4 - Распределение изгибающих моментов по ширине условного ригеля заменяющей рамы

а - в опорном сечении; б - в пролетном сечении; 1 - распределение общего момента в заменяющей раме на надколонные и межколонные полуполосы; 2 - ось колонны

При статическом расчете каркаса методом конечных элементов расчет плит, в общем случае, производится по выделенным плоским конечным элементам с единичными размерами в плане на действие полной комбинации усилий. В данной работе для расчета перекрытия в программно вычислительном комплексе SCAD была создана пространственная модель плиты толщиной 200 мм с балками 400x200 мм между осями. В местах расположения колонн узлы плиты жестко закреплены для исключения угловых и линейных перемещений. Плита разбита на конечные элементы размерами 0,5x0,5м. Расчетная схема плиты, созданная в ПК SCAD, представлена на рисунке 5.

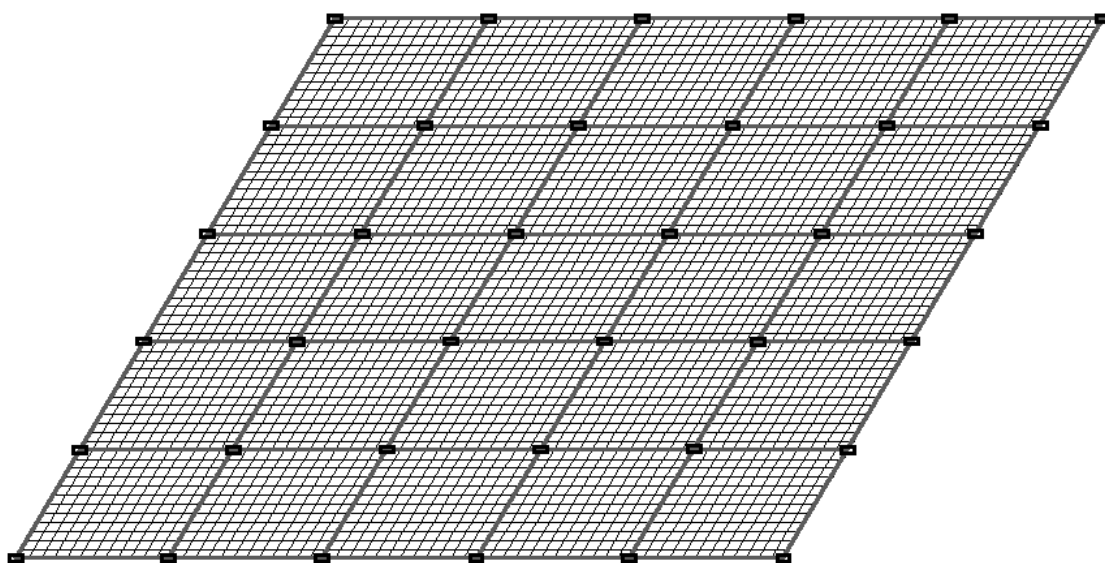


Рисунок 5 - Расчетная схема перекрытия

В результате расчета перекрытия вышеперечисленными методами был произведен сравнительный анализ характера распределения усилий по ширине условного ригеля из расчета заменяющей рамы и расчета перекрытия МКЭ. И в конечном итоге определены предполагаемые границы несущей способности монолитного бескапитального перекрытия со «скрытым» ригелем, а именно минимальная и максимальная распределенные нагрузки.

Для наглядного изображения границ несущей способности перекрытия ниже представлен график.

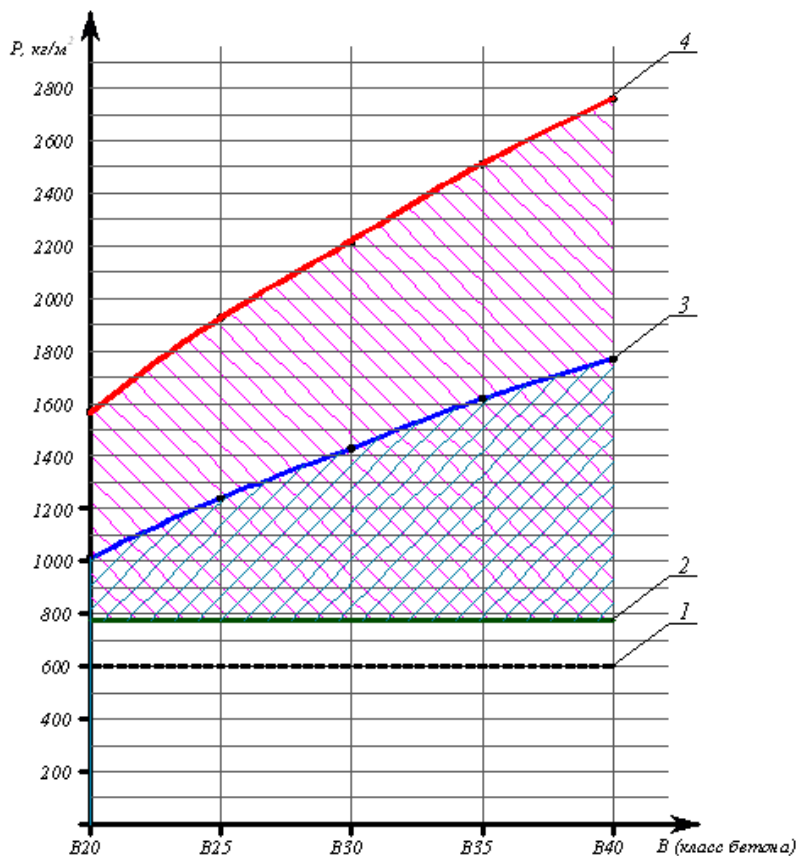


Рисунок 6 - График области применения нагрузок на плоское бескапитальное перекрытие в зависимости от границ несущей способности «скрытого» ригеля

- 1 - расчетная постоянная нагрузка от собственного веса перекрытия;
- 2 - расчетные нагрузки от собственного веса и минимальная временная по СНиП 2.01.07-85;
- 3 - максимальная расчетная нагрузка на перекрытие при ширине полки «скрытого» ригеля  $b'_f = 90$  см;
- 4 - максимальная расчетная нагрузка на перекрытие при ширине полки «скрытого» ригеля  $b'_f = 140$  см.

**В третьем разделе** выполнено конструирование «скрытого» ригеля в соответствии с требованиями норм. Особое внимание при конструировании уделено расположению арматурных каркасов «скрытых» ригелей в местах их сопряжения с колонной.

**Заключение содержит** основные выводы о проделанной работе.

АНДАТПА

Магистрант О.С Зайцеваның орындалуындағы «Жүйедегі бағананың бүтін көп қабатты ғимараттарының ригелімен "бүркеме" көтеру қабілетінің шекараларының талдауы және жазық аражабындарын құрастыру» тақырыбына диссертациясы.

Көтеру қабілетінің шекараларының зерттеулерін мақсаты бар осы магистерлік жұмысында жүйенің бағанасының бүтін көп қабатты ғимараттардың бүтін аражабындарының конструктивтік шешімдерінің шолуы жасалған, көтеру қабілетінің шектеуін әдістеме жасалған, алмастыратын рамалар және шекті элементтер әдісінің күрделі әдісімен аражабынды жазық есептеулері орындаған, ригелмен "бүркеме" төменгі және аражабынды көтеру қабілетінің шекарасының болжамы анықталған, аражабынды жазық құрастыруы ригел "бүркеме" көтеру қабілетінен сүйене және есептеудің нәтижелерінің салыстырмалы талдауымен жасалып орындаған.

### АННОТАЦИЯ

Диссертация на тему «Анализ границ несущей способности и конструирование плоских перекрытий со «скрытым» ригелем монолитных многоэтажных зданий колонной системы» выполнена магистрантом Зайцевой О. С.

В данной магистерской работе с целью исследования границ несущей способности произведен обзор конструктивных решений монолитных перекрытий монолитных многоэтажных зданий колонной системы, разработана методика определения границ несущей способности, выполнены расчеты плоского бескапитального перекрытия методом заменяющих рам и методом конечных элементов, определены нижняя и верхняя границы несущей способности перекрытия исходя из несущей способности «скрытого» ригеля и произведен сравнительный анализ результатов расчета, выполнено конструирование плоского бескапитального перекрытия со «скрытым» ригелем.

### ABSTRACT

Dissertation on the theme "The Load Carry Capability Limits Analysis for Solid Continuous Flat-Slab (Headless) Decks with "Hidden" Beams for Frame Multistoried Solid Buildings" was done by undergraduate Zaitseva O.S.

To find out load carry capability limits in this MPhil one performed design concepts survey of the solid decks for Frame Multistoried Solid Buildings, load carry capability limits analysis procedure development. Using method of member substitution and finite-element method calculations of solid continuous flat-slab deck were performed, upper and lower limits of the load carry capability of the deck were assigned on the assumption of the "hidden" beam load carry capability.

In the conclusion a comparative analysis of calculations results were performed and solid continuous flat-slab (headless) deck with "hidden" beams was designed.