

7. Ляхов В.Н., Подлубный В.В., Титаренко В.В. Воздействие ударных волн на элементы конструкций. – М.: Машиностроение, 1989. – 391 с.

8. Иванов С.А. Численное решение задачи об истечении газа из замкнутого объёма (газопровода) в атмосферу// Письма в ЖТФ, 2006, т.31, №1. – С.17-23.

9. Березина М.Х., Ершов Л.В. Численное интегрирование уравнений плоской задачи динамики упругих толстостенных цилиндрических оболочек// Изв. АН СССР, Инженерный журнал, МТТ, 1964, №3. – С. 17-25.

10. Айбер Люкс. Практические примеры расчёта на сопротивление хрупкому разрушению трубопроводов под давлением// В кн. Разрушение, глава 5. – М.: Машиностроение, 1977. – 305 с.

11. Фролов К.В., Махутов Н.А. Основные принципы расчёта строительных конструкций, подверженных аварийным ударным воздействиям// Сб. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНТИ, 1994. – 159 с.



Экспериментальные исследования

БЕЗБАЛОЧНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ПЕРЕКРЫТИЯ: ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ

А.П. СВИНЦОВ, *д-р техн. наук*, А.Н. МАЛОВ, *канд. техн. наук*,
Ю.В. НИКОЛЕНКО, *канд. техн. наук*,
А.А. ГАНИН, *магистр техники и технологии*
Российский университет дружбы народов, Москва

Строительство современных жилых и общественных зданий характеризуется архитектурно-конструктивными решениями с возможностью осуществлять гибкую планировку помещений для эффективного использования строительного объёма. Одним из технических решений, наиболее полно отвечающих указанным условиям, являются безбалочные плоские бескапитальные железобетонные перекрытия, которые обладают рядом преимуществ по сравнению с железобетонными перекрытиями других типов. Прежде всего, это техническая и технологическая возможность эффективного использования всего архитектурного объёма здания благодаря отсутствию выступающих в потолках ригелей, а также доступностью сопряжения со стенами и перегородками. По данным А.Э. Дорфмана и Л.Н. Левонтина [1] «безбалочные перекрытия дают возможность создавать рамный каркас в двух направлениях, который в ряде случаев позволяет отказаться от связей, в результате чего значительно увеличивается полезный объём здания». Безбалочные перекрытия позволяют также устранить скопление дыма, наблюдаемое при пожаре в «карманах» между балками перекрытий других типов. С архитектурной точки зрения безбалочные перекрытия имеют плоский потолок, что позволяет относительно свободно располагать технологическое оборудование и инженерные коммуникации.

Одним из важнейших недостатков безбалочных железобетонных перекрытий является ограниченность расстояния между колоннами, которое обычно не превышает 6,6 м при толщине плиты 250–300 мм. Увеличение пролёта приводит к необходимости увеличения толщины плиты, что связано с увеличением расхода материалов на единицу площади и возрастанием нагрузки от собственного веса. Кроме того, величина пролётов ограничена прогибами, которые относительно велики и со временем возрастают вследствие усталостных деформаций,

развивающихся в перекрытии.

Несмотря на имеющиеся особенности конструирования, безбалочные перекрытия применяются в современном строительстве зданий различного назначения. Актуальность применения и совершенствования безбалочных бескапитальных плоских железобетонных перекрытий обусловлена еще в связи с активизацией монолитного домостроения в России в отличие от второй половины XX в., когда предпочтение отдавалось полносборному домостроению. Приоритетное развитие сборного железобетона в России привело к тому, что безбалочные монолитные перекрытия в тот период применяли в исключительных случаях. Это оказало существенное и непосредственное влияние на практические разработки конструктивных и технологических решений. Простота конструкции плоских перекрытий наиболее полно отвечает принципам заводского серийного производства их типовых элементов.

Возведение безбалочных сборных железобетонных перекрытий обеспечивает возможность круглогодичного производства работ с контролем качества в заводских условиях. В то же время возведение зданий с использованием сборных безбалочных перекрытий требует больших энергетических затрат и характеризуется высокой фондоемкостью производства. Наиболее часто сборные железобетонные безбалочные перекрытия ассоциируются с методом подъема перекрытий. Однако, существует множество объектов различного назначения с перекрытиями, опирающимися на колонны без капителей.

Наиболее сложной проблемой конструирования безбалочных бескапитальных железобетонных перекрытий является обеспечение требуемой несущей способности в области опирания плиты на колонны, где возникает максимальный изгибающий момент и поперечная сила. Указанная особенность в равной мере касается как сборного, так и монолитного варианта технологии производства работ. Это обуславливает необходимость решения задачи восприятия усилий продавливания, в связи с чем указанные узлы характеризуются, как правило,

повышенной насыщенностью металлом. Для повышения несущей способности на продавливание применяют различные технические решения: обойма с косынками, пластина-воротник, угловой каркас, арматурный каркас и др.

Наибольшее распространение получили узлы соединения воротникового типа (рис. 1) [1]. Узлы воротникового типа представляют собой конструкцию, сваренную из стального проката.

Значительная насыщенность узлов опирания плиты

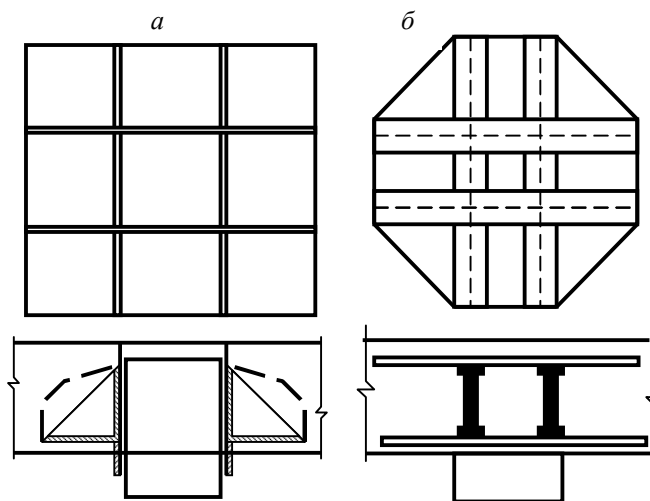


Рис. 1. Схемы стальных воротников
а) из листовой стали; б) из профилированной стали

на колонны, особенно в виде сварного проката, увеличивает, с одной стороны, стоимость материала узла, а с другой – трудоемкость работ. В этой связи возникла необходимость в совершенствовании узлов опирания плиты на колонны с целью снижения их материалоемкости и трудоемкости при обеспечении требуемой несущей способности. Аналогом технического решения узла опирания воротникового

типа является его устройство по предложению Клигмана Е.П. и др. (рис. 2) [2].

Разработка новых технологических решений, оснастки и механизмов способствовали повышению роли монолитного строительства. В настоящее время применение монолитных безбалочных бескапитальных плоских перекрытий в многоэтажных зданиях является одним из наиболее перспективных направлений в строительстве. Преимущество безбалочных монолитных перекрытий по сравнению со сборными заключается в возможности строительства зданий по индивидуальным проектам, не опираясь на серийное производство однотипных элементов.

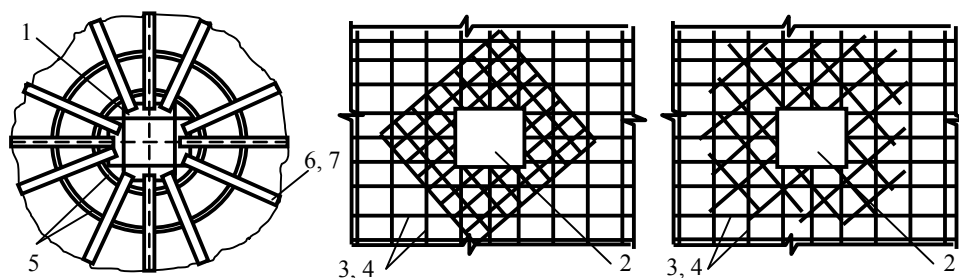


Рис. 2. Схема армирования плиты перекрытия сборного безригельного каркаса здания 1 – коробчатый закладной элемент; 2 – отверстие для колонны; 3, 4 – арматурная сетка плиты; 5 – кольцевые арматурные элементы; 6, 7 – радиальные арматурные элементы

Технологической особенностью возведения монолитных железобетонных безбалочных перекрытий является простота опалубки, укладки, уплотнения бетона и ухода за ним. В отсутствие выступающих балок представляется возможным применять плоскую опалубку, которую значительно проще устанавливать в проектное положение. В плоскую опалубку также существенно проще устанавливать арматурные элементы в соответствии с проектными решениями.

Вместе с тем, ряд проблем безбалочных монолитных железобетонных пере-

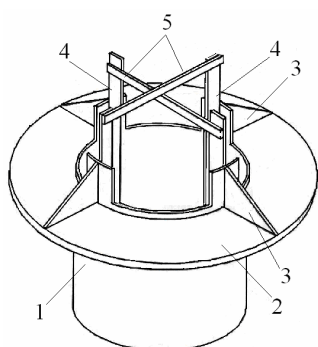


Рис. 3. Схема узла соединения безбалочного перекрытия с колонной 1 – колонна; 2 – плита стыкового элемента; 3 – косынка; 4 – ребро жесткости; 5 – связь ребер жесткости

крытий акцентируют необходимость дальнейшего поиска решений, совершенствования конструкций и технологии возведения. Перекрытия данного типа отличаются повышенным расходом арматуры, особенно в узлах опирания плиты на колонны.

С.М. Анпиловым предложен ряд технических решений безбалочных перекрытий, у которых стык плиты с колонной выполнен в виде скрытой капители [3, 4, 5]. Конструкция безбалочного железобетонного перекрытия [3] оснащена в верхней части колонны ребрами жесткости, установленными вертикально напротив каждой косынки, а противолежащие ребра жесткости соединены между собой связями (рис. 3). Это позволяет обеспечить несущую способность в узлах опирания плиты на колонны. Обеспечение несущей способности стыка колонны и плиты перекрытия по продавливанию достигается тем, что в верхней части колонны вертикально установлены ребра жесткости высотой не меньше двух толщин плиты перекрытия. При этом ребра жесткости установлены внутри колонны напротив косынок, расположенных по двум взаимно перпендикулярным диаметрам колонны. Кроме того, противолежащие ребра жесткости соединены между собой связями. Особенность указанной конструкции заключается в направленности на сборно-монолитный вариант возведения здания. При этом очень важно обеспе-

чить несущую способность в узлах опирания плиты на колонны. Обеспечение несущей способности стыка колонны и плиты перекрытия по продавливанию достигается тем, что в верхней части колонны вертикально установлены ребра жесткости высотой не меньше двух толщин плиты перекрытия. При этом ребра жесткости установлены внутри колонны напротив косынок, расположенных по двум взаимно перпендикулярным диаметрам колонны. Кроме того, противолежащие ребра жесткости соединены между собой связями. Особенность указанной конструкции заключается в направленности на сборно-монолитный вариант возведения здания. При этом очень важно обеспе-

чить качество сварки стыкового узла, что обуславливает необходимость применения соответствующей технологии и приводит к увеличению стоимости перекрытия. Мы полагаем целесообразным акцентировать внимание на отсутствие в конструкции связи между армированием плиты и надколонной части стыка для восприятия изгибающего момента. Кроме того, в пролетной части плиты не предусмотрены технические решения по снижению прогибов.

Безбалочное железобетонное перекрытие [4] оснащено стыковым узлом, снабженным пластинами, установленными на ребро для восприятия поперечных сил на опоре (рис. 4).

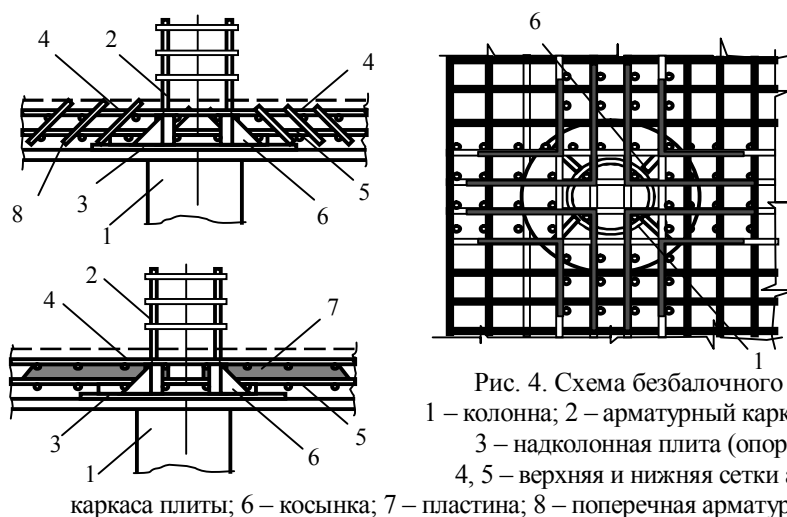


Рис. 4. Схема безбалочного перекрытия
 1 – колонна; 2 – арматурный каркас колонны;
 3 – надколонная плита (опорное кольцо);
 4, 5 – верхняя и нижняя сетки арматурного
 каркаса плиты; 6 – косынка; 7 – пластина; 8 – поперечная арматура

Конструктивное решение представленного безбалочного плоского перекрытия ориентировано на технологию монолитного железобетона. Особенность технологии изготовления данного перекрытия заключается в необходимости обеспечения плотности бетона в узле опирания плиты на колонну. Это связано со значительной его насыщенностью арматурой и с возможностью образования различных пустот.

В конструкции стыкового соединения безбалочного монолитного желе-

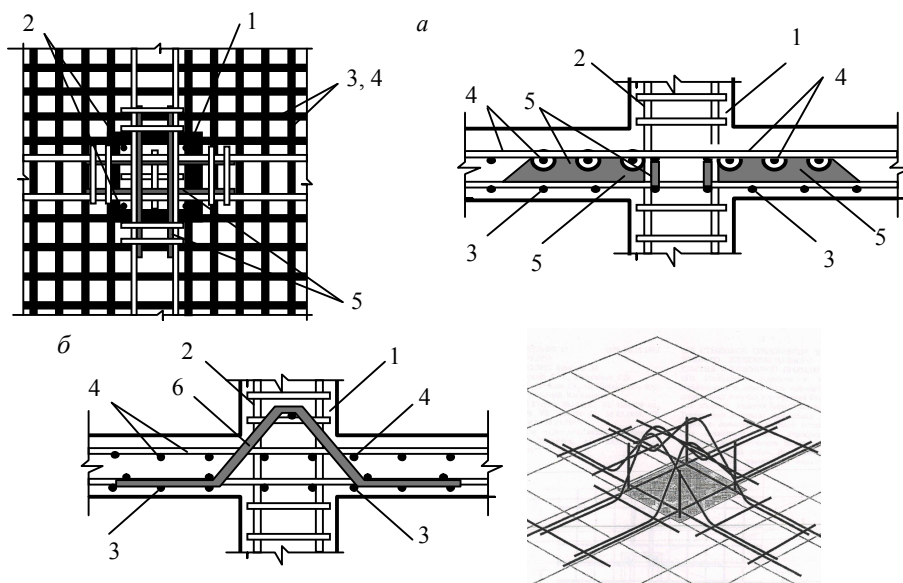


Рис. 5. Схема стыкового соединения безбалочного железобетонного перекрытия
 1 – колонна; 2 – арматурный каркас колонны; 3, 4 – нижняя и верхняя сетки плиты;
 5 – пластина; 6 – V-образный анкер

зобетонного перекрытия с узлом опирания на колонну [5] предусмотрена возможность применения не только профилированного стального проката, но и гнутых арматурных стержней (рис. 5).

Конструкция узла опирания плиты на колонну и технология ее реализации предусматривает соединение арматурных стержней верхней и нижней сеток с пластинами посредством сварки. Это обстоятельство является сдерживающим фактором практической реализации указанного технического решения. Кроме того, технология возведения перекрытия с устройством узла опирания плиты на колонну характеризуется повышенной трудоемкостью, что в условиях современного строительства не соответствует принципу минимизации трудозатрат. Наибольшая трудоемкость армирования приходится на пропуск арматуры поперечного направления через отверстия в пластине. В реальных условиях производства работ реализация указанной операции сопряжена со значительными осложнениями, связанными с тем, что для пропуска арматурного стержня отверстие должно иметь существенно больший диаметр, чем у пропускаемого элемента, что сводит на нет технический смысл данного соединения.

В Самарской государственной архитектурно-строительной академии (рис. 6) разработано безбалочное монолитное железобетонное перекрытие, снабженное стыковым соединением с колонной [6].

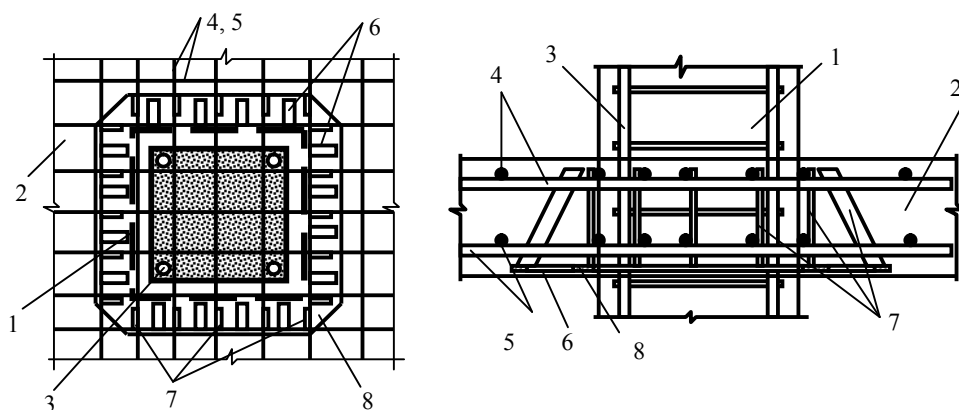


Рис. 6. Схема узла опирания плиты безбалочного перекрытия на колонну
1 – колонна; 2 – плита; 3 – арматурный каркас колонны; 4, 5 – нижняя и верхняя сетки арматурного каркаса плиты; 6 – прямоугольное отверстие; 7 – планка; 8 – пластина

Конструктивному решению данного перекрытия характерна повышенная сложность стыка плиты с колонной. В частности, относительно сложная конструкция сварной опоры воротниковой части. В пластине воротника предусмотрены прямоугольные отверстия для улучшения сцепления с бетоном плиты. Кроме того, по контуру воротниковой пластины следует приварить под углом 60° планки. Указанные особенности необходимо иметь в виду при выборе узла опирания плиты на колонну.

При многочисленных положительных качествах безбалочных плоских перекрытий у них по сравнению с другими видами перекрытий имеются и недостатки, из которых наиболее существенным являются увеличенные прогибы. Прогибы возникают в средней части пролетов между колоннами, а также в центральной части плиты (в области пересечения ее диагоналей). При этом в центральной области плиты прогибы иногда видны «на глаз». По мере эксплуатации здания в плите перекрытия нарастают усталостные деформации и возникают дополнительные прогибы от ползучести бетона. Это в значительной степени сдерживает применение указанных конструктивных решений с увеличенными пролетами.

Для снижения деформативности перекрытия в пролетной части существуют технические решения с устройством условных ригелей, размещенных в теле плиты. Это позволяет существенно снизить величину прогибов плиты.

Монолитное покрытие на колоннах (рис. 7) [7] состоит из фибробетонной плиты 1 по осям которой установлены арматурные каркасы условных ригелей в продольном 2 и поперечном 3 направлениях. Арматурные каркасы 2 и 3 пересекаются над точкой опирания на колонну 4. При этом плита армирована в двух направлениях по осям сетки колонн стержневыми каркасами. Реализация перекрытия по указанному техническому решению позволяет сократить расход стали и продолжительность строительства. Кроме того, армирование условных ригелей продольными стержнями позволяет снизить величину прогибов.

Плита снабжена армирующими волокнами (фибрами), которые могут быть синтетическими, но предпочтительно – стальными, толщиной (диаметром) 0,5 – 1,2 мм и длиной от 40 до 130 мм, предпочтительно – от 60 до 100 мм. Для улучшения сцепления с бетоном фибры имеют на концах загибы или утолщения.

Одним из вариантов монолитного безбалочного бескапитального железобетонного перекрытия является конструкция с армированием по балочной схеме (рис. 8) [8]. Наличие объемных арматурных каркасов условных ригелей позволяет в некоторой степени снизить деформативности плиты.

Узел стыка колонны с плитой снабжен стержневым армированием. При этом для восприятия изгибающих моментов на опорах дополнительно предусмотрены отдельные арматурные стержни, что позволяет при проектировании максимально учесть напряженно-деформированное состояние стыка плиты с колонной.

Ригельная схема армирования позволяет обеспечить плоскую конструкцию перекрытия, что позволяет существенно снизить трудозатраты на возведение, а также упростить эксплуатацию помещений. Простота технологии возведения безбалочного бескапитального железобетонного перекрытия по указанному техническому решению позволяет обеспечить простоту технологии его возведения, что особенно важно для условий строительной площадки.

В РУДН разработана конструкция безбалочного большепролетного железобетонного перекрытия с высокой несущей способностью при пролетах от 6 до 12 м и

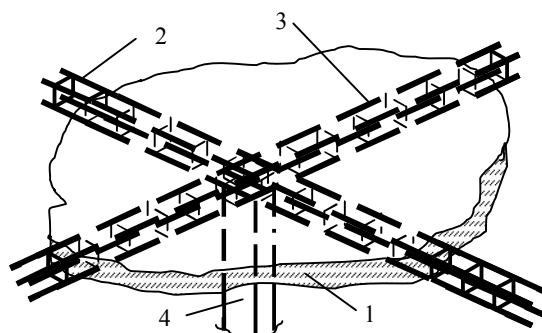


Рис. 7. Схема армирования фибробетонной плиты

1 – плита из фибробетона; 2, 3 – каркасы продольного и поперечного условных ригелей; 4 – колонна

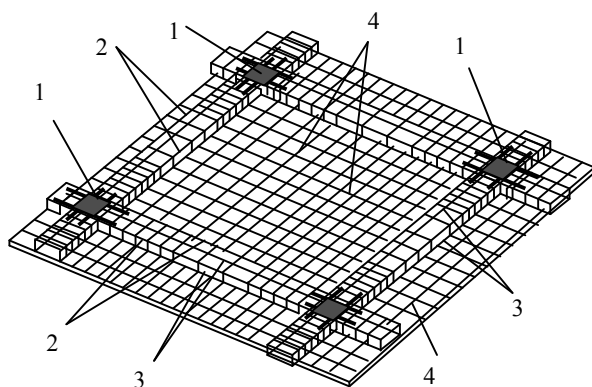


Рис. 8. Схема безбалочного бескапитального перекрытия с ригельным армированием плиты

1 – место примыкания плиты к колонне; 2 – верхняя арматура условных ригелей; 3 – нижняя арматура условных ригелей; 4 – арматура плиты

более и толщине плиты 180-250 мм и простой технологии производства работ по его возведению.

Разработанное перекрытие снабжено неразрезными условными ригелями, позволяющими воспринимать усилия, возникающие в пролетах между колоннами и в центральной части плиты как одном из наиболее деформируемых мест перекрытия. Кроме того, в указанных областях предусмотрено дополнительное армирование плиты радиальными стержнями. Узел опирания плиты на колонну армирован каркасами из продольных и поперечных стержней, а также стержнями, установленными радиально.

Анализ технических решений безбалочных бескапитальных перекрытий показывает, что армирование стыка плиты с колонной наклонными и поперечными элементами позволяет повысить его несущую способность на продавливание.

Экспериментальными исследованиями [1] установлено, что требуемая несущая способность узла опирания плиты на колонну может быть обеспечена традиционными методами армирования стержнями без введения в опорную зону специальных вкладышей и пластин для их использования в качестве скрытых капителей.

Л и т е р а т у р а

1. Дорфман А.Э., Левонтин Л.Н. Проектирование безбалочных бескапитальных перекрытий. – М.: Стройиздат, 1975.
2. Клизман Е.П., Годовалов В.А., Васильев А.П., Шардаков И.Н., Коноплев А.В., Шадрин О.А., Омельчак И.М. Плита перекрытия сборного безригельного каркаса здания / Патент RU 2291260. Е 04 В 5/43. – 10.01.2007. Бюл. №1.
3. Анпилов С.М. Безбалочное перекрытие / Патент RU 2179612. – 20.02.2002. Бюл. № 5.
4. Анпилов С.М. Безбалочное перекрытие/ Патент RU 2187607. – 20.08.2002. Бюл. № 23.
5. Анпилов С.М., Г.В. Мурашкин. Стыковое соединение безбалочного железобетонного перекрытия с колонной (варианты)/ Патент RU 2194825. – 20.12.2002. – Бюл. № 35.
6. Власов В.В., Мурашкин В.Г., Травин А.В. Стыковое соединение безбалочного монолитного железобетонного перекрытия с колонной / Патент RU 2244076. Е04 В 5/43. – 10.01.2005. – Бюл. №1.
7. Thooft H., Henke V., Teutsch M., Gossila U. Combination reinforcement for floor on piles / Patent WO 98/36138. PCT. 20.08.1998.
8. Ватин Н.И., Иванов А.Д. Сопряжение колонны и ребристой бескапитальной плиты перекрытия монолитного железобетонного каркасного здания. – СПб: Изд-во СПб ОДЗПП, 2007.

FLAT SLAB REINFORCED-CONCRETE: FEATURES OF A DESIGN AND TECHNOLOGY OF CONSTRUCTION

A.P. Svintsov, A.N. Malov, Y.V. Nikolenko, A.A. Ganin
Peoples' Friendship University of Russia

The paper presents results of research on reinforced-concrete flat slabs and basic aspects of their construction technology. In practice of civil construction precast, precast and cast-in-situ, and total cast-in-situ slabs apply.

The authors have been developed a new method of design of flat slabs and the reinforcing scheme which allows low cost of construction and raise a load-carrying capacity of conjunction knot of a slab with a column. This new method can be applied for designing of large-span slabs of 6-12 m and more with a thickness of 180-250 mm.