



СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО  
СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО  
MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION  
ТОМ 1, НОМЕР 1, 2005, 5-12  
УДК 624.012.35

## ПРАКТИКА ПРОЕКТУВАННЯ І ЗВЕДЕННЯ ВЕЛИКОПРОЛЬОТНИХ МОНОЛІТНИХ БАГАТОПУСТОТНИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ

**В.Г. Артюх<sup>а</sup>, Г.М. Тонкачєв<sup>б</sup>**

*<sup>а</sup>ТОВ "АК Інжиніринг".*

*<sup>б</sup>Кафедра "Технологія будівельного виробництва", Київський національний університет будівництва і архітектури, пр. Повітрянофлотський, 31, 03037, г. Київ, Україна.*

*Отримана 28 жовтня 2005; прийнята 18 листопада 2005*

**Анотація.** У статті розглядається досвід проектування і зведення монолітних плит перекриттів з круглими порожнечами на одному з об'єктів в м. Києві. Викладено проблеми виготовлення дослідних зразків плит і їх випробування на розрахункове навантаження. Наведено економічний ефект від впровадження.

**Ключові слова:** цивільна будівля, залізобетонний монолітний каркас, перекриття, порожниста плита, експериментальні дослідження, рекомендації по проектуванню

## ПРАКТИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УСТРОЙСТВА БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ МОНОЛИТНЫХ МНОГОПУСТОТНЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ

**В.Г. Артюх<sup>а</sup>, Г.Н. Тонкачев<sup>б</sup>**

*<sup>а</sup>ООО "АК Инжиниринг",*

*<sup>б</sup>Кафедра "Технология строительного производства", Киевский национальный университет строительства и архитектуры, пр. Воздухофлотский, 31, 03037, г. Киев, Украина.*

*Получена 28 октября 2005; принята 18 ноября 2005*

**Аннотация.** В статье рассматривается опыт проектирования и возведения монолитных плит перекрытий с круглыми пустотами на одном из объектов в г. Киеве. Излагаются проблемы изготовления опытных образцов плит и их испытания на расчетную нагрузку. Приведен экономический эффект от внедрения.

**Ключевые слова:** гражданское здание, железобетонный монолитный каркас, перекрытие, пустотная плита, экспериментальные исследования, рекомендации по проектированию

## PRACTICE OF DESIGNING AND ERECTING WIDE-SPAN MONOLITHIC MULTIHOLLOW PLATES OF OVERLAPPINGS

V.G. Artyukh<sup>a</sup>, G.N. Tonkacheev<sup>b</sup>

<sup>a</sup>"AK Engineering".

<sup>b</sup>The department "Technology of building manufacture", Kiev State University of Construction and Architecture, Vosduhoflotskyi av. 31, 03037, Kiev, Ukraine.

Received 28 October 2005; accepted 18 November 2005

**Abstract.** Experience of designing and erectings of monolithic plates of ceilings on one of the objects in Kiev is considered in this article. Problems of making the samples of plates for experiments and problems of their test on the action of the calculation loading are stated. The economic effect from introduction is resulted.

**Key words:** civil building, ferro-concrete monolithic framework, ceiling, hollow plate, experimental researches, recommendations of designing

Перекрытия в гражданских зданиях с монолитным железобетонным каркасом устраивают в виде сплошных монолитных, сборно-монолитных или сборных железобетонных дисков [1].

Монолитные перекрытия устраивают как сплошные железобетонные плиты, защемленные по контуру или трем сторонам с четвертой свободной. При значительных пролетах плит, достигающих в гражданских зданиях 20 м, толщина сплошных перекрытий достигает 360-500 мм, а их масса — 2200 кг/м<sup>2</sup>. Масса сборно-монолитных или сборных перекрытий существенно меньше. При толщине 220 мм пустотные сборные плиты пролетом 9-12 м и приведенной толщиной 117 мм имеют массу всего 280-290 кг/м<sup>2</sup>.

Очевидно, что задача уменьшения массы монолитных перекрытий может быть решена так же, как и для сборных, — устройством пустот в средней части толщины монолитного железобетонного диска. Использование перекрытий с пустотами является одним из возможных путей снижения материалоемкости и массы зданий, возводимых из монолитного бетона, практически без снижения надежности зданий. В строительной практике Украины, как и в мировой практике, уже есть удачные примеры устройства большепролетных пустотных перекрытий с собственной массой

не более 250-340 кг/м<sup>2</sup> [2, 3]. В этой связи актуально реализовать этот опыт в массовом строительстве, что обеспечит сокращение затрат материальных и трудовых ресурсов, уменьшение массы зданий и, как следствие, воздействия объектов строительства на окружающую среду.

С 2002 по 2005 годы усилиями строительной фирмы ООО "АК Инжиниринг" в Киеве на объекте "Жилые дома по ул. Жилинская, 57-67" выполнена работа по подготовке и реализации идеи возведения монолитных пустотных плит в каркасном строительстве. В план научно-исследовательских работ ОАО КиевЗНИИЭП была включена работа по комплексному исследованию конструкций монолитных перекрытий (№ Гос. регистрации 0103U008316), в которой принимали участие авторы статьи.

Важность принятого решения подтверждается анализом статистических данных, которые показывают, что объемы монолитного домостроения значительно возросли.

Целью работы являлась разработка методических рекомендаций по расчету и конструированию монолитных железобетонных пустотных плит перекрытия, позволяющих их массовое применение в строительстве гражданских зданий с монолитным железобетонным каркасом.

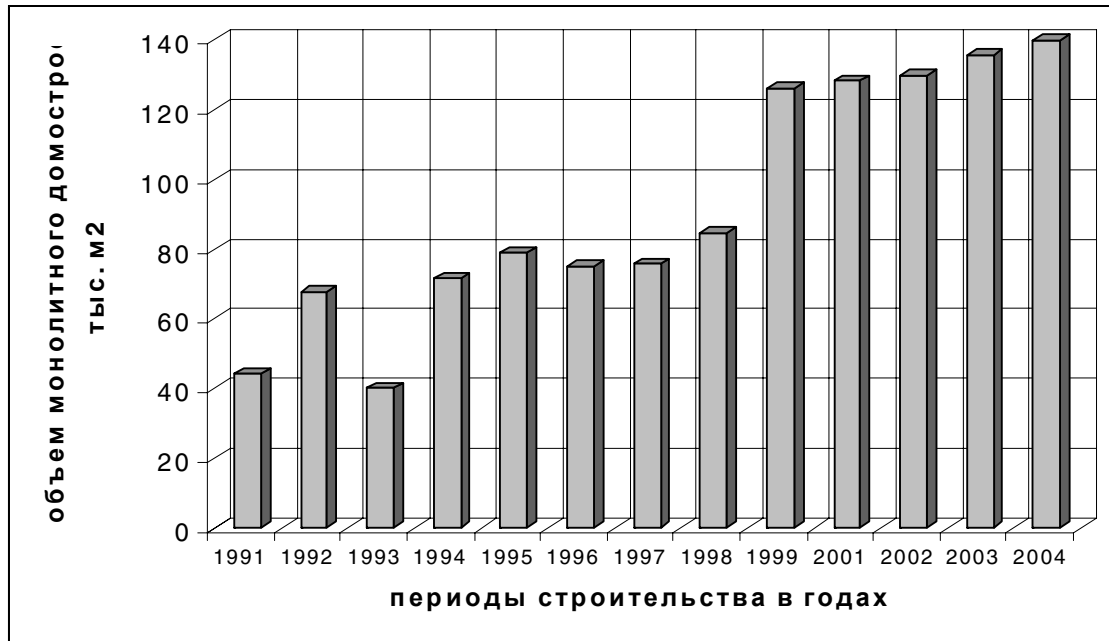


Рисунок 1. Динамика роста объемов монолитного домостроения в Украине

Основными этапами работы стали:

1. Выявление на основе статистических исследований приоритетных факторов, которые оказывают существенное влияние на эффективность монолитного каркасного гражданского строительства;
2. Разработка методики экспериментального исследования монолитных пустотных железобетонных плит перекрытия;
3. Проектирование экспериментальной плиты и изготовление опытного образца плиты в натуральную величину;
4. Проведение экспериментальных исследований прочности и деформативности опытного образца плиты;
5. Проведение экспериментальных исследований опытного образца на огнестойкость;
6. Разработка, согласование и утверждение в Госстрое Украины методических рекомендаций по расчету и конструированию монолитных железобетонных пустотных плит перекрытия;
7. Определение экономического эффекта от внедрения конструкции плиты перекрытия на объектах Украины.

Экспериментальная конструкция монолитного железобетонного перекрытия разработана в

рамках существующего проекта монолитного железобетонного перекрытия жилого здания с подземными гаражами по ул. Жилянская, 57-67 в г. Киеве (проектировщик ООО АСК "Жежерин"). В составе перекрытия в осях "З"- "Е", "12"- "13" на отметке -0.400 в качестве экспериментальных плит выделено два участка с размерами 8х6.4 м, что отвечает принятой сетке колонн здания. Участки расположены смежно, что давало возможность объединить их в составе третьего двухпролетного образца. Толщина плиты — 250 мм.

В составе армирования экспериментальных плит предусмотрены пространственные каркасы, расположенные вдоль разбивочных осей здания так, что ими был образован опорный контур из условных балок, на который опирается плита, расположенная в средней части плит. Ширина каркасов отвечает ширине колонн. Каркас, расположенный вдоль короткой стороны образцов (6,4 м), пропущен внутри более высокого каркаса, расположенного вдоль длинной стороны (8 м). Каркасы состоят из восьми стержней продольного армирования Ø14 A500С, расположенных по вертикали попарно, объединенных хомутами из арматуры Ø6 A240С. В зонах условных капителей хому-

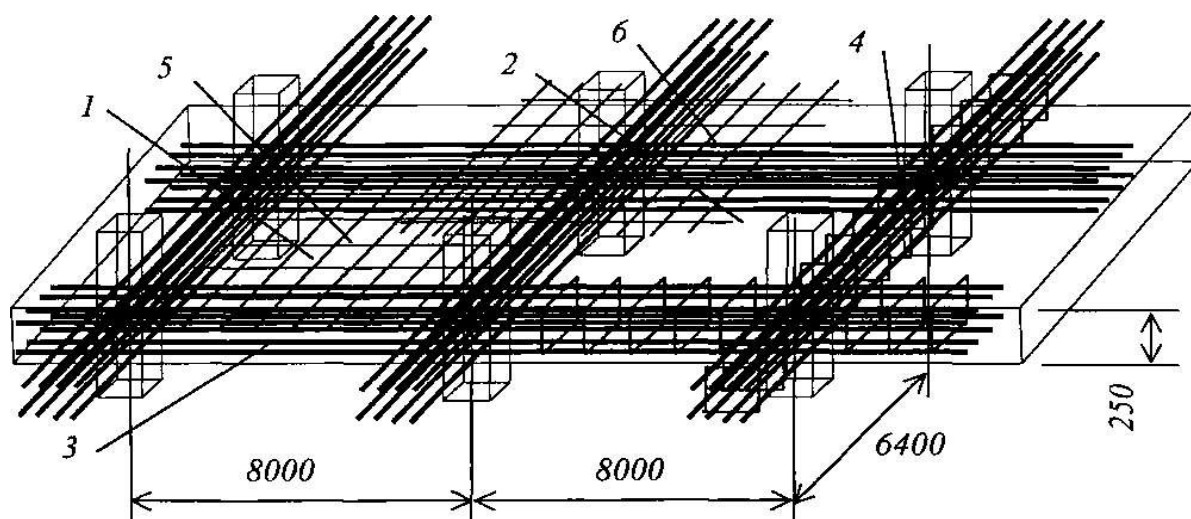
ты длинных каркасов располагаются с шагом 80 мм, далее в пределах четверти пролета с шагом 125 мм и центральной части — с шагом 200 мм. Хомуты коротких каркасов располагаются по два на расстоянии 50 мм с постоянным шагом пар — 200 мм, образуя по боковым поверхностям каркаса равноотстоящие ячейки размером 150x156 мм. Центральная часть плит, то есть собственно плита, опертая по контуру, армирована сетками верхнего и нижнего армирования. Сетки ячеек 200x200 мм образованы из стержней  $\varnothing 6$  A400C, расположенных в обоих направлениях. Схема армирования плит приведена на рис. 2.

Материал плит — тяжелый бетон по средней плотности от 22 до 25 кН/м включительно проектного класса по прочности на сжатие В30. Наибольшая крупность заполнителей — 20 мм. Марка бетонной смеси по удобоукладываемости соответствовала ПЗ с требуемой подвижностью у места укладки 10-13 см. Изготовление плит перекрытия осуществлялось на месте в опалубке PERI GmbH.

Для уменьшения массы плиты в теле центральной части вдоль длинной стороны образцов уложены картонные трубы, пропитанные гидрофобным составом. Наружный диаметр

труб — 150 мм. Трубы заведены внутрь коротких каркасов на длину 50 мм и закреплены в ячейках на боковых поверхностях, как показано на рис. 3. Торцы труб герметизированы заглушками в виде специального устройства из сетки. При мерной длине 3.6 м трубы заполняли больший пролет без обрезки. В середине пролета трубы стыковались с установкой дополнительного стыковочного арматурного каркаса. Как видно на рис. 3, стыковочные арматурные каркасы заводятся в каркасы условных балок, чем обеспечивается достаточная фиксация труб при бетонировании.

При укладке и уплотнении бетонной смеси особое внимание уделялось сохранности труб в проектном положении, поскольку всплытие труб или изгиб в плоскости плиты может в значительной степени отразиться как на ширине стенок между трубами, так и на толщине бетона над трубами. По этой причине пришлось путем экспериментальных проб выбрать оптимальный режим укладки бетонной смеси и создать новую конструкцию фиксаторов для труб. В итоге создано изобретение "Спосіб виготовлення багатопорожнистої залізобетонної монолітної плити", на которое получен патент [3].



**Рисунок 2.** Схема армирования экспериментальных плит: 1 — плита П1.1; 2 — плита П1.2; 3 — пространственный арматурный каркас вдоль большего пролета; 4 — пространственный арматурный каркас, вдоль короткого пролета; 5 — сетка нижнего армирования; 6 — сетка, верхнего армирования



**Рисунок 3.** Процесс подготовки экспериментальной плиты на объекте "Жилые дома по ул. Жилианская, 57-67 в г. Киеве"

Суть его в том, что вначале устанавливают опалубку, затем на нее укладывают арматуру нижнего армирования и фиксируют зазор для защитного слоя бетона подкладками. После этого на арматуру укладывают несъемные трубы для пустот с определенным шагом, например, из картонных труб. В шахматном или ином порядке на трубы сверху надевают фиксаторы и закрепляют их к опалубке и к арматуре нижнего армирования с помощью скруток. Затем на фиксаторы сверху укладывают стержни поддерживающей арматуры верхнего армирования и закрепляют скрутками, после чего монтируют арматуру верхнего армирования.

Укладка бетонной смеси в плиты производилась с применением переносных бункеров с питателями. Высота свободного сбрасывания бетонной смеси при этом не превышала 0,5 м. Бетонирование условных балок и плит производилось без перерывов в один слой в направлении вдоль труб, что способствовало сохранению межтрубных расстояний. Уплотнение бетонной смеси в плитах производилось глубинным вибрированием с помощью вибраторов общего назначения.

Распалубливание бетона было выполнено при достижении бетоном не менее 70% прочнос-

ти для проектного класса бетона по прочности на сжатие В30 после испытания контрольных образцов, отобранных построечной лабораторией.

Размещение на готовой плите монтажных или иных нагрузок до экспериментального исследования не допускалось. Под плитой было смонтировано страховочное устройство и леса для наблюдения за нижней поверхностью плиты во время испытания и измерения трещин сверхнормативных горизонтальных перемещений верха здания из-за возможных эксцентриситетов равнодействующей вертикального воздействия от веса здания на свайное основание.

Основным методом экспериментального исследования принят метод натурных испытаний нагружением по плитной схеме с доведением нагрузки до контрольной по деформативности в соответствии с ДСТУ Б В.2.6-7 (ГОСТ 8829).

Определение физико-механических свойств материалов экспериментальных образцов производилось в лабораторных условиях. Исследование экспериментальных образцов производилось непосредственно в строящемся здании. Результатом испытаний являлись фактические значения момента образования трещин, прогибов и ширина раскрытия трещин под контрольной нагрузкой.

Испытания проводилось по однопролетной и двухпролетной схемам. В качестве испытательной нагрузки применены чугунные гири весом около 20 кгс размерами 120x120x240 мм. Испытательная нагрузка подавалась в поддонах и вручную укладывалась на поверхность плит по разбивочной сетке, нанесенной на поверхность, в соответствии со схемами и таблицами нагружения. На эти операции практически ушло 1,5 смены, при этом было задействовано две бригады рабочих по 12 человек. Разбивочная сетка обеспечивала равномерное размещение нагрузки по площади плиты и исключала создание сводов из гирь. Нагружение производилось от опор к середине симметрично относительно середины пролета. Грузы укладывались с зазором у длинной стороны — 50 мм.

Нагрузка прикладывалась к плитам как равномерно распределенная. Нагружение плит осуществлялось ступенями. Ступени нагружения составляют 20% расчетной эксплуатационной нагрузки, то есть 200 кгс/м<sup>2</sup> (10 гирь/м<sup>2</sup> за ступень) без собственного веса плиты (рис. 4).





**Рисунок 4.** Одна из ступеней нагружения экспериментальной плиты

Выдержка между ступенями нагружения составляла 10 мин. Во время выдержки плит под нагрузкой производилось снятие показаний приборов и тщательное обследование поверхностей плит.

Для измерения прогибов на экспериментальной плите (для одного пролета) было установлено пять прогибомеров — четыре в серединах пролетов балок опорного контура и один в центре плиты. Прогибы измерялись прогибомерами Максимова с ценой деления шкалы 0.1 мм. Влияние на прогибы продольного перемещения колонн измерялось индикаторами часового типа с ценой деления 0.01 мм, установленными в местах сопряжения плит с колоннами (4 шт.). Прогибы в центре плиты нарастали в 3 раза быстрее, чем под условными балками. Фактический прогиб в центре плиты при полной нагрузке составил всего 3.64 мм, что значительно меньше расчетного (25 мм).

Основным источником информации о напряженно-деформированном состоянии плиты являлись цепочки тензорезисторов на верхней поверхности бетона (база  $l=50$ ) и на стержнях рабочей арматуры в растянутой зоне арматурных каркасов условных балок (база  $l=20$ ).

Анализ результатов экспериментального исследования показал, что в целом работа плиты при равномерно распределенной нагрузке соответствует положениям теории предельно-

го равновесия. На этапах нагружения в элементах плиты отмечено перераспределение деформаций такое, что упругая форма деформирования плиты перешла в форму упругопластического деформирования. Отмечено последовательное снижение деформаций материала в условных балках с одновременным приращением деформаций материала в плитах. При этом характер трещинообразования и деформаций свидетельствует о преимущественном развитии трещин и деформаций по короткому пролету плиты.

На следующем этапе экспериментальных исследований были выполнены исследования огнестойкости монолитных пустотных плит перекрытий. Для этого в условиях строительства с теми же материалами и режимами были забетонированы образцы плит, которые после 28 дней доставлены в лабораторию и испытаны в печах. Допустимое значение прогиба для образцов составляло 128 мм. Испытания проводились в испытательном центре "ТЕСТ" (г. Бровары). Испытание длилось 62 мин под нагрузкой 450 кг/м<sup>2</sup>. Огнестойкость плит составила не менее 61 мин (REI 60), что соответствует нормам.

Результаты комплексных испытаний свидетельствуют о том, что указанные участки плит перекрытия отвечают всем требованиям норм по первому и второму предельным состояниям.

Результаты исследований были реализованы в "Методических рекомендациях по проектированию монолитных перекрытий с пустотами для гражданских зданий", которые были рассмотрены и одобрены Госстроем Украины для практического использования.

Суммарный экономический эффект от использования нового решения составил 238,142 грн/м<sup>2</sup> общей площади рассматриваемого в статье объекта. Следует отметить, что при переходе в проекте этого здания на пустотные плиты экономия арматурной стали составила бы 30%.

## Литература

1. Соколов М. Е. и др. Типовые решения элементов и узлов монолитных и сборно-монолитных зданий// Жилищное строительство.-1987.-№9.- С.12-15.
2. Санников И. В., Шевченко В. А. Посилення будівельних конструкцій цивільних будинків, що реконструюються// Будівництво України.- 2003.-№6.- С.29-32.
3. Артюх В. Г., Санников И. В. Монолитные железобетонные каркасы с включением нерегулярностей для гражданских зданий: Сборник научных трудов КиевЗНИИЭП. -Киев. 2003.- С.18-24.

**Тонкачєсв Генадій Миколойович** — кандидат технічних наук, доцент кафедри "Технологія будівельного виробництва" Київського національного університету будівництва і архітектури. Наукові інтереси: реконструкція житлових і промислових об'єктів; проведення і оцінка технічного стану будівель та споруд.

**Артюх Володимир Георгійович** є директором ТОВ "АК Інжиніринг" — молодій і динамічно розвивається компанії, що спеціалізується на наданні інжинірингових послуг у сфері будівництва. Наукові інтереси: розробка техніко економічних обґрунтувань перспективних проектів; технічний супровід проектної стадії; проектування і будівництво нових житлових і суспільних будинків; організація і виробництво підрядних робіт при будівництві; реконструкція, технічне переозброєння об'єктів; реконструкція, посилення і збільшення поверховості старих будинків; реконструкція і будівництво промислових об'єктів; будівництво спеціалізованих об'єктів; будівництво унікальних медичних комплексів

**Тонкачєсв Геннадій Николаевич** — кандидат технических наук, доцент кафедры "Технология строительного производства" Киевского национального университета строительства и архитектуры. Научные интересы: реконструкция жилых и промышленных объектов; проведение и оценка технического состояния зданий и сооружений.

**Артюх Владимир Георгиевич** является директором ООО "АК Инжиниринг" — молодой и динамично развивающейся компании, специализирующейся на предоставлении инжиниринговых услуг в сфере строительства. Научные интересы: разработка технико экономических обоснований перспективных проектов; техническое сопровождение проектной стадии; проектирование и строительство новых жилых и общественных зданий; организация и производство подрядных работ при строительстве; реконструкция, техническое перевооружение объектов; реконструкция, усиление и увеличение этажности старых зданий; реконструкция и строительство промышленных объектов; строительство специализированных объектов; строительство уникальных медицинских комплексов.

**Tonkachev Gennadiy Mykolayovych** — candidate of engineering science, senior lecturer of department "Technique of building production" Kyiv National University of Construction and Architecture. Scientific interests: reconstruction of residential and industrial buildings; holding and rating of availability index of product of buildings and Constructions

**Artukh Volodymyr Georgiyovych** is the director of "AK Engineering" LTD — young and dynamically explicating company specializing on allocation engineering services in the sphere of construction. Scientific interests: development technic of economic evaluations of the perspective projects; engineering support of a design stage; projection and construction of new residential and public buildings; architecture and production of contract operations at construction; reconstruction, modernisation of plants; reconstruction, amplification and increase of floor of aged buildings; reconstruction and construction of industrial plants; construction of specialized plants; construction of unique medical complexes.