

УДК 69.057.5:692.5

Тонкачев Г.Н., Таран В.В.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ МОНОЛИТНЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛЕГКИХ ВКЛАДЫШЕЙ

*Актуальность* выбранного направления исследования.

В практике строительства гражданских и промышленных зданий все чаще используются технологии возведения монолитных конструкций с установкой легких вкладышей [1]. Введение легких вкладышей внутрь тела плит перекрытий приводит к снижению собственного веса плит, уменьшению расхода бетона и арматуры, к снижению веса всего здания на 30% и соответственно к уменьшению размеров фундаментов. Для облегчения монолитных конструкций используют пустотелые и полнотелые вкладыши разнообразных форм: в виде труб, шаров, колпаков, кувшинов, сотовых вкладышей, призм из легких материалов и др.

С уменьшением собственного веса монолитных перекрытий открывается возможность увеличения пролетов вертикальных конструкций, что приводит к улучшению качественных параметров зданий. С уменьшением собственного веса путем включения в них вкладышей изменяется технология устройства конструкций. Проблема выбора технологий связана с ответом на вопрос, насколько технологична та или иная конструкция, и технологична в каких условиях использования. До сих пор конструктивные решения плит перекрытий с точки зрения технологии их устройства и эффективности остаются малоизученными.

Доля собственного веса плиты в общей нагрузке снижается, уменьшается расход арматуры, но появляются закладные детали и дополнительные крепежные элементы одноразовой оснастки для фиксации положения вкладышей от всплытия - все это отражается на технологии возведения и не всегда лучшие в конструктивном отношении плиты оказываются более технологичными. Выбор решений по технологии возведения монолитных перекрытий с использованием легких вкладышей зависит от множества факторов. Ввиду отсутствия большого разнообразия подобных плит перекрытий в практике и теории строительства для создания генеральной совокупности событий, возникла необходимость моделирования конструктивных решений в определенных диапазонах изменения параметров монолитных плит перекрытий.

Для моделирования использован метод подобия при конструировании плит и программа SCAD для подбора арматуры и размеров вкладышей.

### **Исследование конструктивных решений перекрытий с легкими вкладышами.**

Для исследования конструкций монолитных перекрытий отобраны шесть вариантов конструктивных решений плит: сплошного сечения без вкладышей как базового варианта (КР-1); с вкладышами в виде труб (КР-2); в виде шаров (КР-3); в виде призм прямоугольных (КР-4) и шестигранных (КР-5); с вкладышами в виде круглых перевернутых дном вверх колпаков (КР-6).

Для исследования влияния различных вкладышей на основные характеристики конструкций плит рассматривались участки плит шириной 1,0...2,0 м при толщинах 200, 225, 250, 275 и 300 мм. При этом моделировалась форма вкладышей в виде труб, шаров, колпаков и призм с изменением размеров в плане в диапазоне 125...475 мм и размеров по высоте в диапазоне 125...225 мм (конструктивные решения КР2 - КР6). Соответственно для сравнения моделировались плиты сплошного сечения (полнотелые однородные) с такими же размерами. Расстояния между вкладышами в продольных и поперечных направлениях принимались в диапазоне 50...100 мм.

Толщина защитного слоя бетона принималась как постоянная величина, равная 20 мм. Рассматривалось армирование плит двойными сетками из стержней класса А400С и А500С диаметром 6...16 мм. Задавался оптимальный шаг арматурных стержней в сетках из условий выполнения двух предельных состояний и удобства армирования и установки вкладышей.

По схеме работы конструкция плиты перекрытия рассматривалась как статически неопределимая неразрезная балочная система с тремя пролетами по 6 м и двумя консольными участками по 1,5 м. Во всех рассматриваемых вариантах фактор возможного продавливания плит на опорах принимался неизменным. Эти участки плит, как правило, задавались полнотелыми без вкладышей, поэтому им не уделялось особого внимания.

Фиксаторы положения арматуры в пространстве плиты моделировались в виде пространственных арматурных каркасов и в виде отдельных элементов, входящие в конструкцию вкладышей. Фиксаторы защитного слоя бетона приняты одинаковыми во всех вариантах из полиэтилена – для снижения вероятности коррозионного разрушения железобетонной конструкции.

Вкладыши в виде труб [3] относятся к линейным вкладышам и укладываются в среднюю часть плиты перекрытия по верху нижнего армирования плиты в условные ячейки, сформированные монолитными балками в пределах толщины плиты, объединяющие опорные вертикальные конструкции. Трубы принимаются длиной равной пролету плиты перекрытия за вычетом толщины окаймляющих балок. Трубы закрыты с торцов. Фиксация

труб от всплытия выполняется специальными скобами, которые жестко крепятся к опалубке.

Вкладыши в виде шаров, колпаков относятся к точечным вкладышам. Монолитные плоские плиты с пустотами в виде шаров и колпаков известны по опыту строительства в Германии. Принципиально схема установки вкладышей шаров и труб идентичны, при этом шары не имеют фиксированной ориентации, и не требует квадратной или прямоугольной сетки колонн.

Основной недостаток точечных вкладышей - резкое увеличение многодельности и соответственно увеличение затраты труда, что делает такую технологию малоэффективной. С конструктивной точки зрения, плиты с точечными вкладышами имеют неоспоримое преимущество. Плита рассматривается как кессонная структурная плита с равными возможностями по несущей способности во всех направлениях.

К точечным вкладышам относятся вкладыши в виде колпаков. За счет открытой нижней части вкладышей бетон проникает внутрь колпаков, образуя защитный слой бетона для нижней арматуры со стороны пустоты, тем самым, обеспечивая совместную работу арматуры и бетона. Перевернутые колпаки с ребрами выполняют функцию фиксатора положения верхней сетки армирования плиты, что исключает применения специальных арматурных установочных каркасов. Как следствие при этом снижается общий расход арматуры. Конусная боковая поверхность колпаков позволяет вставлять их друг в друга, что очень важно при перевозке и складировании.

В пространстве колпаки между собой закрепляются «П» - образными фиксаторами – скобами, для которых в нижней части вкладышей предусмотрены три отверстия на одинаковом расстоянии друг от друга.

Модификацией вкладышей в виде круглых форм являются вкладыши с формой в виде шестигранных (сотовых) колпаков. В практике строительства они не встречаются, но по общим принципам проектирования замкнутых пространств с групповым блокированием с минимальным соотношением периметра к площади как вариант были приняты для моделирования плиты с сотовыми вкладышами.

В монолитных плоских плитах с объемными вкладышами в виде призм сохраняется идея замены части тяжелого бетона зоны более легким материалом [4]. Используются призмы из различных материалов: строительная керамика, газосиликатный бетон, пенополистирол и т.п. В странах ближнего востока распространены пиленые блоки из природных материалов.

В Донецке при участии авторов реализован вариант с призмами из экструдированного пенополистирола. Вкладыши устанавливались по нижнему армированию плиты перекрытия на собственные фиксаторы, которые

предназначены для формирования защитного слоя бетона нижней арматуры плиты со стороны закладного материала. Верхнее армирование укладывалось на пенополистирол через еще один фиксатор защитного слоя бетона. Совместная работа верхней и нижней части плит обеспечивались за счет разрывов между вкладышами. В связи с прямоугольной формой в плане закладного материала легко формировалась система балок, окаймляющих пустоты в пределах сетки опорных конструкций плиты перекрытия.

Основным отличием рассмотренного типа перекрытия от ребристого перекрытия, является объединение балок по верхней и по нижней грани.

При устройстве монолитных перекрытий с вкладышами основными проблемами являются всплытие легких вкладышей, и гарантированное проникновение бетонной смеси под них. Для решения первой проблемы достаточно применять фиксаторы положения верхней арматуры, специальной конструкции, фиксирующей арматуру к опалубке. Для решения второй проблемы предложено устройство нескольких отверстий в призмах, через которые выходила бетонная смесь, а по мере ее выхода на поверхность можно следить за качеством заполнения пространства под вкладышами (рис. 1).



Рис. 1. Укладка бетонной смеси при использовании легких вкладышей в виде призм из экструдированного пенополистирола.

Результаты моделирования приведены в табл. 1.

Таблица 1.

## Характеристика монолитных плит перекрытий с легкими вкладышами

Варианты конструктивных решений	Диаметр вкладыша, мм	Высота вкладыша, мм	Объем пустот, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	Объем бетона, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	Экономия бетона, %/ м <sup>2</sup>	Расход арматуры, кг/ м <sup>2</sup>
КР-2, вкладыши трубы	125	220	0,069	0,151	31,3	13,0
	150	234	0,088	0,146	37,7	12,0
	175	259	0,102	0,158	39,2	11,0
	200	284	0,126	0,159	44,2	10,0
КР-3, вкладыши шары	125	225	0,033	0,197	14,2	15,0
	150	250	0,044	0,206	17,7	14,0
	175	275	0,056	0,219	20,4	13,0
	200	300	0,067	0,233	22,3	12,0
КР-4, вкладыши колпаки круглые	125	225	0,047	0,178	21,2	16,0
	150	250	0,06	0,19	24,0	15,0
	175	275	0,075	0,2	27,3	14,0
	200	300	0,088	0,212	29,6	13,0
КР-5, вкладыши колпаки соты	125	225	0,103	0,197	34,3	15,0
	150	250	0,09	0,185	32,7	14,0
	175	275	0,079	0,171	31,6	13,0
	200	300	0,064	0,161	28,4	13,0
КР-6 вкладыши призмы	125	225	0,101	0,124	44,9	17,0
	150	250	0,115	0,135	46,0	16,0
	175	275	0,126	0,149	45,8	15,0
	200	300	0,132	0,168	44,0	15,0
КР-6 авторская плита	1м x 1м	240	0,104	0,136	43,3	15,4

**Выводы:**

- монолитные плиты перекрытия с пустотами обеспечивают экономический эффект благодаря снижению собственного веса монолитной плиты, уменьшению материалоемкости (уменьшение расхода бетона и арматуры);
- за счет снижения веса плит перекрытий снижается общий вес дома, уменьшается нагрузка на фундамент.
- за счет увеличения высоты плит с повышением жесткости увеличиваются пролеты при снижении нагрузки от собственного веса конструкции;
- увеличение пролетов повышает эксплуатационные качества помещений;
- из исследованных конструктивных решений следует обратить особое внимание на плиты перекрытия с линейными вкладышами в виде труб, с точечными вкладышами в виде сотовых колпаков и объемными вкладышами в виде призм. Для выбора вариантов конструктивных

решений плит перекрытий необходимо выполнить исследования технологии их возведения .

### Список использованной литературы

1. Артюх В.Г., Тонкачев Г.Н. Практика проектирования и устройства монолитных многопустотных плит перекрытий/ Современное промышленное и гражданское строительство – ДНАСА- Макеевка, 2005. Том 1, №1. – с. 5 – 11.
2. Артюх В.Г., Санніков І.В. Досвід проектування та будівництва монолітних залізобетонних плит з циліндричними порожнинами в перекриттях цивільних будинків// Будівництво України 2007, №4. – с. 13 – 15.
3. Ковальский Л.Н., Поляков Г.П., Санников И.В. Методические рекомендации по проектированию монолитных перекрытий с пустотами для гражданских зданий. К.: - ООО «АК ИНЖИНИРИНГ» 2007. – 34 с.
4. Плита перекрытия: Патент на корисну модель UA №32799, МПК (2006) E04B 5/00 E04B 5/08, Сопельник В.І., Сопельник К.В., Таран Р.А., Таран В.В.; заявлено 11.02.2008, Оpub. 26.05.2008, Бюл. №10.

### Анотація

Матеріал статті ґрунтується на теоретичному аналізі та досвіді зведення монолітних плит перекриттів цивільних будівель. Особлива увага приділяється проблемі вибору конструкцій монолітних плит перекриттів з використанням форм для утворення порожнин та з оптимізацією технологічних та організаційних рішень по зведенню перекриттів для різних умов будівництва. Визначені особливості використання форм для порожнин, розкриті переваги та недоліки існуючих технологічних систем влаштування порожнин, позначена перспектива розвитку науки в цьому напрямку.

### Аннотация

Материал статьи основывается на теоретическом анализе и опыте возведения монолитных плит перекрытий гражданских зданий. Особое внимание уделяется проблеме выбора конструкций монолитных плит перекрытий с применением форм для образования пустот и с оптимизацией технологических и организационных решений по возведению перекрытий для различных условий строительства. Определены особенности использования форм для пустот, раскрыты преимущества и недостатки существующих технологических систем образования пустот, обозначена перспектива развития науки в этом направлении.