

ТЭП конструктивных решений перекрытий зданий различного назначения

К.В. Купов, Л.В. Шогенова, А.А. Шомахов,

И.О. Аушев, А.Р. Шхануков

*ГОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет им Х.М. Бербекова»,
Нальчик*

Аннотация: Сравниваются технико-экономические показатели различных вариантов конструктивных решений перекрытий. По результатам расчетов определяется наиболее экономический выгодный вариант.

Ключевые слова: перекрытие, железобетонный, ребристый, монолитный, сборный, пустотный, профилированный, настил, сталежелезобетонный, расход, арматура, бетон, трудоемкость.

При строительстве зданий используют различные конструкции перекрытий. Для более точного анализа и ответа на вопрос «какой тип конструкции является более экономически выгодным», рассмотрим следующие варианты плит перекрытия:

1. Монолитные железобетонные конструкции;
2. Сборные пустотные плиты, опертые на металлическую балку;
3. Сборные ребристые плиты, работающие с балкой совместно;
4. Перекрытия по стальному профилированному настилу.

Как известно, стоимость работ и материалов устройства перекрытий в жилых и общественных зданиях составляет до 40 процентов. Поэтому в данном исследовании будет проведена сравнительная характеристика этих систем на основе проведенных расчетов стоимости и сроков монтажа конструкций, а также расхода материалов и изделий.

Прежде всего, необходимо было выбрать здание, на основе которого производились бы расчеты. В качестве такого было выбрано двухэтажное торгово-офисное здание с сеткой колонн 6 на 6 метров и размером 30 на 12 метров. Данное здание было запроектировано и построено по системе

безригельного каркаса, с которым и будут сравниваться другие варианты, а потом уже – между собой.

Следящий вариант – сборные пустотные плиты. Все типовые решения таких плит уже были разработаны с учетом их опирания на железобетонные конструкции или на мелкоштучный материал (кирпичи, блоки и т.д.). Хотя возможно их устройство и на металлические конструкции, так как площадь опирания позволяет привариваться напрямую к металлу. Для сборной пустотной панели будет использоваться широкополочная прокатная балка, позволяющая опереть плиты так, чтобы расстояние между ними для замоноличивания было не менее 50 миллиметров.

Более прогрессивным вариантом являются типовые ребристые плиты перекрытия, работающие с металлической балкой совместно. Так можно будет значительно сократить расход бетона. Объединение стальной части с железобетонной следует осуществлять, как правило, на жестких упорах, полагая прямоугольную эпюру сжимающих напряжений, передаваемых сжимающей поверхностью упора. Допускается применять гибкие упоры в виде круглых стержней, исходя из условий работы гибкого упора на изгиб со смятием бетона.

Железобетонную часть перекрытия следует объединять со стальными балками на всей их длине с учетом конструктивного решения сборных железобетонных плит и распределения сдвигающих усилий. Конструкции объединения должны содержать горизонтальные или наклонные элементы, во избежание поворота в бетоне. Поверхности стальных элементов, соприкасающиеся с бетоном замоноличивания, должны быть огрунтованы и окрашены.

Ну и последним вариантом послужат перекрытия по стальному профилированному настилу, которые уже успели зарекомендовать на рынке в Европе и по всему миру. При расчетах профилированный лист будет

учитываться в качестве несъемной опалубки, чтобы избавиться от лишних типов работ, обеспечив совместную работу стали и бетона. Также можно будет несколько сократить расход арматуры.

Для получения необходимых результатов были разработаны технологические карты для каждого конструктивного решения. При их разработке были учтены только работы по монтажу и устройству перекрытий, так как остальные типы конструкций оставались неизменными. То есть, все плиты или система плит с металлическими балками укладывались на железобетонную колонну, которая в свою очередь, опиралась на фундамент.

Но прежде чем переходить к расчетам сроков и стоимости работ, был произведен расчет конструкций на прочность и деформативность. Это позволило подобрать необходимые материалы и изделия для всех вариантов решений перекрытия, а также запроектировать эти системы.

Далее уже составлялись технологические карты с учетом всех необходимых требований. Последовательность и очередность выполнения работ и возведения определялась основным принципом поточной организации работ, требующим предельно возможного совмещения разнотипных работ во времени и пространстве. При этом, как правило, целесообразно формировать один объектный поток.

Для начала был определен состав работ, затем подсчет его объемов. После этого была разработана таблица последовательности работ с полученными объемами. Далее, при помощи сборников ЕНиР была подсчитаны затраты труда рабочих и машин для каждого варианта. Таким образом, для каждого из вариантов была определена продолжительность видов работ, а также стоимость монтажа и установки конструкций.

Пример расчета

Рассмотрим пример расчета на основе варианта сборных пустотных плит. Здесь используется плита серии 1.141.1-40с – 1ПК 59.15-8. Длина составляет 5860 мм, ширина 1490 мм. Собственный вес конструкции – 2800 кг.

Таблица №1

Сбор нагрузок

№	Вид нагрузки	Нормативная нагрузка, кН/м ²	Коэффициент γ_f	Расчетная нагрузка, кН/м ²
	Постоянная			
1	Керамическая плитка	0,063	1,2	0,076
2	Прослойка из клеящейся мастики	0,009	1,3	0,0114
3	Стяжка ЦПС	0,54	1,3	0,702
4	Утеплитель Пеноплэкс-45	0,032	1,2	0,038
5	Плита перекрытия 1ПК 59.15-8	3,6	1,2	4,32
	ИТОГО	4,2		5,15
	Кратковременная			
6	Полезная	2	1,3	2,6
	Длительная			
7	Собственный вес стен и перегородок	2,7	1,1	2,97
	Полная нагрузка	8,9		10,72

Определяем нормативную и расчетную распределенные нагрузки:

$$q_n = 8,9 \cdot 6 = 53,4 \text{ кН/м}$$

$$q_H = 10,72 \cdot 6 = 64,3 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Определяем расчетный изгибающий момент в середине пролета:

$$M = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{64,3 \cdot 6^2}{8} = 289,35 \text{ кН} \cdot \text{м} = 28935 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

Определяем требуемый момент сопротивления балки:

$$W_{\text{тр}} = \frac{M}{\sigma_1 \cdot R \cdot \gamma} = \frac{28935}{1,1 \cdot 23 \cdot 1} = 1143,7 \text{ см}^2$$

По сортаменту принимаем широкополочный двутавр №40Ш1 с моментом сопротивления $W = 1595,6 \text{ см}^3$ и моментом инерции $I = 30554 \text{ см}^4$.

Исходя из того, что прочность удовлетворяет требуемым условиям, так как

$$W > W_{\text{тр}}$$

проверяем балку на прогиб:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{ql^4}{EI} = \frac{5 \cdot 64,3 \cdot 6^4}{384 \cdot 2,06 \cdot 10^4 \cdot 30554} = 1,7 \text{ см} < \frac{1}{250} l = 2,4 \text{ см}$$

Принятое сечение балки удовлетворяет условиям прочности и прогиба.

Расход металла двутавра №40Ш1 составляет 88,6 кг/м.

Для остальных вариантов конструкций были рассчитаны в соответствии с [1-3] и определены удельные расходы материалов.

После этого можно перейти к расчетам объемов, трудоемкости и стоимости работ. Они производятся в виде таблиц.

Таблица №2

Ведомость подсчета объемов работ

№	Виды работ	Обоснование	Объемы работ	Н.вр. на ед.	Трудоемкость,	Машиноное	Состав звена



		ЕНиР	ед. изм.	кол -во	чел .- дни	ма ш.- сме н	чел.- дни	время, маш- смен	(по ЕНиР)
1	Установка опалубки	Е4-1-34	м2	36	1.2 2		43.92	0.00	П 4р-1, 3р-2
2	Установка стяжек	Е4-1-42	шт	134	0.2 9		38.86	0.00	А 4р-1, П 3р-1
3	Подача опалубки к месту установки	Е1-7	100 т	0.26 6	13	13	3.46	3.46	Маш 5р-1 Т 2р-2
4	Установка арматурных каркасов и сеток	Е4-1-44	шт	254	0.1 7		43.18	0.00	А 4р-1, 2р-3
5	Установка закладных деталей	Е-4-1-42	шт	7	0.3 8		2.66	0.00	А 4р-1, П 3р-1
6	Прием бетонной смеси из автобетонос месителя	Е4-1-48	м3	132	0.1 1		14.52	0.00	Маш. 4р-1, С 4р-1, 2р-2
7	Подача бетонной смеси к месту	Е1-7	100м 3	1.32	6.4	6.4	8.45	8.45	Маш 5р-1 Т 2р-2



	укладки автобетононасосом								
8	Укладка бетонной смеси в перекрытие	E4-1-49	м3	132	0.26		34.32	0.00	Б 2р-3
9	Демонтаж опалубки перекрытия	E4-1-33	М2	360	0.09		32.40	0.00	П 4р-1, 3р-2

Таблица №3

Ведомость подсчета продолжительности видов работ

Наименование работ	видов	Трудоемкость		Состав(человек)		Сменность	Продолжительность дн.
		чел-дн	маш-смен	звена ЕНиР	бригады		
Установка опалубки	торцевой	43.92	0.00	6	18	1	2
Установка	стяжек	38.86	0.00	2	6	1	6
Подача	опалубки к месту установки	3.46	3.46	4	4	1	1
Установка	арматурных каркасов и сеток	43.18	0.00	4	8	1	5
Установка	закладных деталей	2.66	0.00	2	2	1	1
Прием	бетонной смеси	14.52	0.00	4	4	1	4



из автобетоносмесителя						
Подача бетонной смеси к месту укладки автобетононасосом	8.45	8.45	2	2	1	4
Укладка бетонной смеси в перекрытие	34.32	0.00	3	9	1	4
Демонтаж опалубки перекрытия	32.40	0.00	3	9	1	4
ИТОГО:						32

Таблица №4

Ведомость подсчета стоимости строительства

№	Виды работ	Обоснование ЕНиР	Объемы работ		Расц. На ед.		Стоимость, чел.руб	Стоимость, маш.руб
			ед. изм.	кол-во	чел	маш		
1	Установка опалубки	Е4-1-34	м2	36	1.22		43.92	0.00
2	Установка стяжек	Е4-1-42	шт	134	0.21	6	28.94	0.00
3	Подача опалубки к месту установки	Е1-7	шт	100 6	13.6	9.8	3.62	2.61
4	Установка арматурных каркасов и сеток	Е4-1-44	шт	254	0.07	3	18.54	0.00



5	Установка закладных деталей	E-4-1-42	шт	7	0.21 6		1.51	0.00
6	Прием бетонной смеси из автобетоносмесителя	E4-1-48	м3	132	0.12		15.84	0.00
7	Подача бетонной смеси к месту укладки автобетононасосом	E1-7	100 м3	1.32	12.5	6.9	16.50	9.11
8	Укладка бетонной смеси в перекрытие	E4-1-49	м3	132	0.12		15.84	0.00
9	Демонтаж опалубки перекрытия	E4-1-33	М2	360	0.15		54.00	0.00
ИТОГО							198.72	11.71

Сравнение вариантов

Теперь рассмотрим продолжительность и стоимость монтажа конструкций всех изученных вариантов в одной общей таблице для определения наиболее экономичного. В скобках указано, на сколько процентов выгоднее данный вариант относительно исходного – монолитных железобетонных перекрытий.

Таблица. Сравнение вариантов

Вариант	Общая трудоемк	Стоимость	Расход	Расход стали и
---------	-------------------	-----------	--------	----------------------

	ость, чел- ч.	ь, руб	бетона, кг	арматуры, кг
Монолитное железобетонное перекрытие	221,77	210,43	2887	17890
Сборные пустотные плиты на металлических балках	90,14 (146%)	73,97 (185%)	1896 (53%)	31896 (-43%)
Сборные ребристые плиты, работающие с балкой совместно	78,96 (180%)	65,13 (223%)	1420 (103%)	23508 (-23%)
Перекрытия по профнастилу	272,09 (-18%)	181,60 (15%)	2532 (14%)	27854 (-35%)

Заключение

Как видно, явное преимущество в продолжительности и стоимости монтажа у третьего варианта – ребристые плиты перекрытия, работающие совместно с металлической балкой. Наиболее популярный – безригельный каркас, который так пользуется сегодня популярностью, по стоимости и продолжительности уступает больше, чем в 3 раза, несмотря на то, что затвердевание бетона не было учтено при расчетах, что еще больше бы увеличило сроки строительства. Хотя перекрытия по ребристым плитам по расходу металла проигрывают на 23 процента, но это незначительное отставание компенсируется благодаря внушительному разрыву по общей трудоемкости и стоимости работ в 3 раза, а также расходу бетона в 2 раза.

Литература

1. Е. И. Беленя, В.А. Балдин, Г.С. Ведеников и др. Металлические конструкции. Общий курс: Учебник для вузов; Под общ. ред. Е.И. Беленя. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986. – 560 с., ил.

2. ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова», ЗАО «ХилтиДистрибьюшн Лтд». Перекрытия сталежелезобетонные с монолитной плитой по стальному профилированному настилу. Расчет и проектирование. СТО 0047-2005 (02494680, 17523759) – Москва, 2005. – 70 с.
3. Голубев Б.И. Определение объемов строительных работ: справочник. - М: Стройиздат, 1991. -63 с.
4. Дикман Л.Г. Организация строительного производства. М.: АСВ, 2006. - 608 с.
5. Единые нормы и расценки на строительные и ремонтно-строительные работы. Госстрой СССР, 1987. - 38 с.
6. Сербиновский П.А., Маилян Д.Р. Оптимизация конструкций усиления многопустотных плит перекрытия // Инженерный вестник Дона, 2016, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3580.
7. Сербиновский П.А., Сербиновский А.В., Маилян Д.Р. Новые конструкции усиления многопустотных железобетонных плит // Инженерный вестник Дона, 2015, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3313.
8. Хуранов В.Х., Бжахов М.И., Джанкулаев А.Я., Лихов З.Р. Новое конструктивное решение железобетонной балки равного сопротивления // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. № 6. - С. 365-367.
9. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings // Singapore standard, 2004, 225 p.
10. Dilger W.H., Suru K.M. Steel stresses in partially prestressed concrete members. // Journal of Prestressed Concrete Institute. – 1986. – Vol. 31 - №3. – pp. 88-112.

References

1. E. I. Belenya, V.A. Baldin, G.S. Vedenikovidr. Metallicheskie konstruksii. Obshchiy kurs: Uchebnik dlya vuzov; [Metal construction. General course:
-



- Textbook for universities]. Pod obshch. red. E.I. Belenya. 6-e izd., pererab. idop. – M.: Stroyizdat, 1986. 560 p., il.
2. ZAO «TsNIIPSKim. Mel'nikova», ZAO «KhiltiDistrib'yushn Ltd». Perekrytiya stalezhelezobetonnye s monolitnoy plitoy po stal'nomu profilirovannomu nastilu. Raschet i proektirovanie [Reinforced concrete slab with a monolithic slab on profiled steel decking. Calculation and design]. STO 0047-2005 (02494680, 17523759). Moskva, 2005. 70 p.
 3. Golubev B.I. Opredelenie ob'emov stroitel'nykh работ: spravochnik [Determination of the volume of construction works]. M: Stroyizdat, 1991. 63 p.
 4. Dikman L.G. Organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Organization of construction production]. M.: ASV, 2006. 608 p.
 5. Edinye normy i rastsenki na stroitel'nye i remontno-stroitel'nye raboty [Uniform norms and prices for construction and repair works]. Gosstroy SSSR, 1987. 38 p.
 6. Serbinovskiy P.A., Mailyan D.R. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3580.
 7. Serbinovskiy P.A., Serbinovskiy A.V., Mailyan D.R. Inzhenernyj jvestnik Dona (Rus), 2015, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3313.
 8. Khuranov V.Kh., Bzhakhov M.I., Dzhankulaev A.Ya., Likhov Z.R. Nauchno-tekhnicheskij vestnik Povolzh'ya. 2014. № 6. pp. 365-367.
 9. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. Singapor estandard, 2004, 225 p.
 10. Dilger W.H., Suru K.M. Journal of Prestressed Concrete Institute. 1986. Vol. 31. №3. pp. 88-112.