

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Н. В. Панченко, к. т. н., Д. М. Зезюков, магистр, Н. В. Савицкий, д. т. н.

*ГВУЗ «Приднепровская государственная академия
строительства и архитектуры»*

Постановка задачи. По уровню технических и экономических показателей бетон и железобетон остаются по прежнему основными конструкционными материалами. Они занимают приоритетные места в общей структуре мирового производства строительной продукции. Получив название «материал XX века» железобетон благодаря своим уникальным свойствам успешно занял свою нишу и постоянно расширяет его границы в рядах строительной продукции, заменив собой в большинстве случаев дорогостоящий металл.

В настоящее время развиваются различные архитектурно-конструктивно-технологические системы, как по используемому конструкционному материалу (металл, железобетон, кирпич, бетон, дерево), по различию в конструктивных системах (каркасная, стеновая, ствольная, оболочковая, комбинированная), способам возведения (сборные, монолитные, сборно-монолитные). Однако до сих пор нету обобщающих работ в которых был бы проведен анализ технико-экономической эффективности различных конструктивных систем.

Целью настоящей работы является обобщение имеющихся данных о технико-экономических показателях различных конструктивных систем многоэтажных зданий из железобетона для выбора наиболее рациональных.

Изложение основного материала. На начало 90-х годов в СССР затраты на устройство соответствующих конструктивов и инженерных систем для жилых зданий распределялись в соответствии с данными, приведенными в таблице 1.

Таблица 1

Стоимость укрупненных конструктивных элементов

Наименование элементов здания	Удельные веса по сб. № 28, %
1. Фундаменты	4
2. Стены и перегородки	43
3. Перекрытия	11
4. Крыша и кровля	7
5. Полы	11
6. Окна и двери	6
7. Отделочные покрытия	5
8. Внутренние сантехнические и электротехнические устройства	10
9. Прочие (лестницы, балконы, остальное)	3
Всего	100

Учитывая изменившиеся соотношения в стоимости материалов, зарплаты, эксплуатации машин и механизмов, энергии, приближении цен к мировым,

Строительство, материаловедение, машиностроение

очевидно, соотношения в стоимости будут приближаться к мировым. Показательными в этом отношении являются данные по стоимости строительства 1 м² жилья в США и Японии (табл. 2):

Таблица 2

Стоимость элементов строительства 1 м² жилья в США и Японии, %

Виды работ	Сан-Франциско (США)	Киото (Япония)
Фундаменты (основания)	4,6	4,2
Каркас здания	17,3	17,1
Внешние стены	22,1	16,0
Кровля	1,3	1,3
Внутренние работы	16,3	18,4
Проводящие системы	3,9	2,0
Инженерное оборудование	15,4	12,4
Электрооборудование	5,8	6,1
Строительное оборудование	1,1	2,0
Работы по обустройству строительной площадки	3,6	2,3
Общие расходы	8,6	18,2
Всего	100	100

Примечание: стоимость строительства 1 м² в Сан-Франциско – 1119,89 долларов США, в Киото – 1858,01 долларов США.

Проектные решения жилых зданий должны учитывать местные демографические, климатические, инженерно-геологические и материально-технические условия строительства. Конструктивные и технологические решения зданий с применением бетона и железобетона должны, как правило, обеспечивать разнообразие объемно-планировочных решений при минимуме дисконтированных затрат.

Достигнутые контрольные показатели расхода стали, кг/м² общей приведенной площади при строительстве монолитных зданий в бывшем СССР приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Расход стали в жилых зданиях на 1 кв. м. общей приведенной площади в зависимости от этажности зданий и климатического района строительства

Этажность	Климатический район	
	II и III	IV
	Расход натуральной стали, кг/м ²	
5	23	24
9	23	24
12	28	31
16	34	38
20	53	59

Учитывая тенденцию повышения этажности жилых зданий в Украине представляют интерес данные о расходах стали для зданий повышенной этажности и высотных зданий. В табл. 4 приведены данные об удельных расходах стали в высотных зданиях по опыту строительства США.

Таблица 4.

Расход стали в зданиях на 1 кв. м. общей площади зависимости от этажности зданий

Год строительства	Число этажей	Отношение высоты к ширине	Расход металла, кг/м ²	Здание
1971	10	5,1	30,7	Лоу Инкам Хаузинг, Броктон, Массачусетс
1969	26	4	127	Алкоа Билдинг, Сан-Франциско
1965	30	5,7	185	Сивик Сентер, Чикаго
1970	41	4,1	102	Бостон Билдинг, Бостон
1957	42	5,1	137	Сигрэм Билдинг, Нью-Йорк
1971	57	6,1	87	IDS Сентер, Миннеаполис
1963	60	7,3	268	Чейз Манхэттен, Нью-Йорк
1969	60	5,7	185	Ферст Нэшенл Бэнк, Чикаго
1971	64	6,3	146	US Стил Билдинг, Питтсбург
1968	100	7,9	145	Джон Хенкок Сентер, Чикаго
1930	102	9,3	206	Эмпайр Стейт Билдинг, Нью-Йорк
1974	109	6,4	161	Сирс энд Робенук, Чикаго
1972	110	6,9	180	Уорлд Трэйд Сентер, Нью-Йорк

На технико-экономические показатели в значительной степени влияют конструктивные системы (стенная, каркасная, с продольными несущими стенами, с поперечными несущими стенами, рамная, связевая, рамно-связевая) и способ возведения (сборные, монолитные, сборно-монолитные). Некоторые обобщающие данные о влиянии конструктивных систем на технико-экономические показатели приведены на рисунке 1 [1].

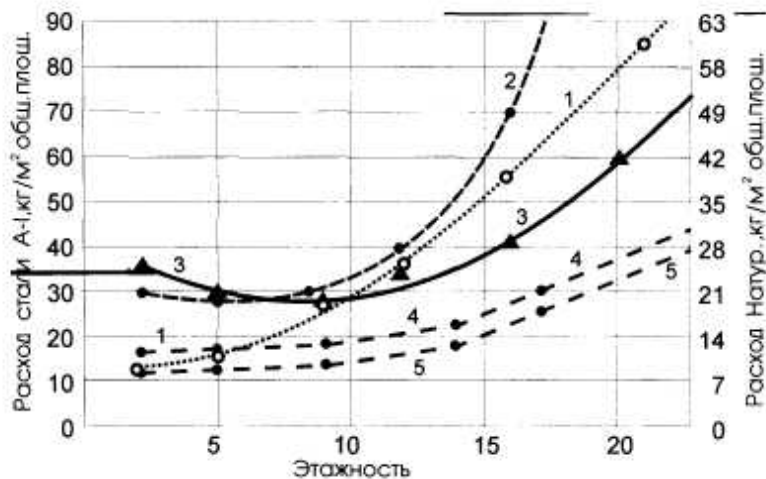


Рис. 1. Зависимость расхода стали от высоты многоэтажных зданий: 1 – панельное здание с поперечными несущими стенами; 2 – то же с продольными несущими стенами; 3 – то же с продольными и поперечными несущими стенами; 4 – здание со сборно-монолитным железобетонным каркасом и плоскими дисками перекрытия без преднапряжения; 5 – то же с преднапряженными дисками перекрытий

На основе проведенного функционально-стоимостного анализа существующих и развивающихся архитектурно-конструктивно-технологических систем, их отдельных подсистем, изделий и конструкций, а также их характеристик, выделены наиболее значимые, определяющие затраты на возведение здания – стены и каркас здания. В их число входят и перекрытия, стоимость которых составляет до 30% общих затрат на возведение здания.

Обобщающие данные о технико-экономических показателях разработанных типов перекрытий в различных организациях с учетом данных приведенных в работе [2], представлены в таблице 5.

Обобщенные сравнительные технико-экономические показатели на устройство ж.б. каркаса здания (на 1 м² общей площади)

№ № пп	Тип конструкции и система каркаса	Пролеты или ячейки каркаса, М	Разработчик	Расходы		
				цемента, проведенного к М400, кг	бетона, м ³	стали, кг
1	Безригельный каркас ненапряж. монолит	до 6,0	Традиц. решение	102	0,25	20,9
2	Полносборная система ПЖБК	до 6,0	ЗАО «МВМ-ГЕОС»	70,0	0,201	17,5
3	Монолитный каркас-плита 16 см	до 6,0	БелНИИС		0,18	14,0-15,8
4	Сборно-монолитный каркас с плитами кпд 16 см	до 6,0	БелНИИС		0,18	14,0-15,8
5	Сборно-монолитный каркас с многопустотными плитами 22 см		БелНИИС		0,16	12,5-14,0
6	Безригельный каркас МВБ-01	7,2x7,2	БелНИИС	60...70	0,18	21,3
7	Безригельный каркас КУБ-3	до 6,0	НПКО РФ «Монолит»	70,0	0,19	13,6
8	Сборно-монолитный каркас 1,020	до 6,0	типовой	85,0	0,22 - 0,24	18,5-20,0
9	Сборно-монолитный каркас серии 90 КПД	до 6,0	типовой	141	0,39	12,5
10	Сборно-монолитный каркас КУБ-1	до 6,0	ЦНИИЭП жилища	102	0,18-0,28	18,8-26,4
11	Сборно-монолитный каркас КСС-93	до 6,0	ЦНИИЭП жилища	140	0,38	19,0
12	Сборно-	до 6,0	Фирма	105	0,32	16,4-

Строительство, материаловедение, машиностроение

№ № пп	Тип конструкции и система карка- са	Пролеты или ячей- ки карка- са, М	Разработ- чик	Расходы		
				цемента, прове- денного к М400, кг	бетона, м ³	стали, кг
	монолитный каркас		«Энка»			18,4
13	Сборно- монолитный каркас	до 6,0	Фирма «Парма»	100	0,28	21,1
14	Преднапряжен- ный сборно- монолитный безригельный каркас	7,2х6,0	ЗАО «Курорт- проект»	65,0	0,16	18,0
15	Система ЖБВ-М Пред- напряженный моно- литный безригельный каркас без сцеп- ления арматуры с бетоном	7,2х7,2	НИИЖБ	70,0	0,18	13,0
16	Т же, с покрыти- ем из легкого бетона	7,2х7,2	НИИЖБ	130	0,18	8,5
17	То же, с пере- крытием ступен- чато- разрушенным	8,0х7,0	НИИЖБ	60,0	0,15	19,0
18	Система ЖБВ- СБМ Преднапряжен- ный сборно- монолитный безригельный каркас	7,2х7,2	НИИЖБ	65,0	0,16	12,0
19	-//-	9,0х9,0	НИИЖБ	67,0	0,17	17,0
20	-//-	12,0х12,0	НИИЖБ	80,0	0,23	22,0
21	Монолитный безригельный каркас	8,0х8,0	ПГАСА		0,19	15,1

Стоимость погонного метра колонны в деле при различных классах бетона (тыс.грн.)

Тип колонны	Этажность	Стоимость 1п.м. колонны. Бетон В30	Стоимость 1п.м. колонны. Бетон В40	Стоимость 1п.м. колонны. Бетон В50
1. Монолитная колонна с поэтажными выпусками арматуры	6	0.63	0.66	0.69
	12	0.67	0.69	0.71
	18	0.925	0.919	0.90
	21	1.06	1.00	0.96
2. Сборная колонна на 2 этажа (сварной стык по ГОСТ 14098-91)	6	0.39	0.42	0.44
	12	0.42	0.44	0.46
	18	0.65	0.589	0.57
	21	0.73	0.594	0.58
3. Трубобетонная колонна	6	0.55	0.65	0.68
	12	0.577	0.581	0.59
	18	0.95	0.691	0.69
	21	1.08	0.87	0.84

Рассмотрены три варианта устройства колонн многоэтажных зданий и зданий повышенной этажности с применением плоского сборно-монолитного перекрытия. Два варианта железобетонных колонн с различными типами стыков, монолитный с поэтажными выпусками арматуры и сварной по ГОСТ 14098-91, третий вариант – трубобетонные колонны в которых узел опирания балок решается путём устройства опорных столиков в уровне перекрытия. Приведенные колонны, являются вертикальными несущими элементами многоэтажных зданий с регулярной сеткой колонн 8.00x8.00 м с количеством пролётов вдоль и поперёк здания 3x3. Поперечное сечение монолитных и сборных колонн 500x500 мм. Сечения трубобетонных колонн варьировались в зависимости от этажности и классов бетона, поскольку в каждом случае производился аналитический расчёт трубобетонных колонн с учётом действующих усилий из результатов расчёта пространственных схем методом конечных элементов.

Полученные данные свидетельствуют, что в зданиях до 12 этажей экономическим преимуществом обладают сборные колонны на 2 этажа. При использовании бетона класса В30 экономическая эффективность в сравнении с использованием бетонов класса В40 и В50 составляет соответственно, при зданиях до 6 этажей 7% и 11.5%, при зданиях до 12 этажей до 4.5% и 8.7%. При строительстве до 6 этажей трубобетонные колонны в сравнении с монолитными колоннами с поэтажными выпусками арматуры экономичнее при использовании бетона класса В30 на 12.6%, при использовании бетона класса В50 на 1.5%. При строительстве до 12 этажей трубобетонные колонны с применением бетона класса В30 экономичнее на 13.9%, с применением бетона В40 на 15.8%, с применением бетона В50 на 16.9%.

В целом при строительстве до 12 этажей применение бетонов повышенной прочности (В40 и В50) неэффективно в сравнении с бетоном класса В30.

В зданиях до 18 этажей экономическим преимуществом обладают сборные колонны на 2 этажа с применением бетона класса В50 и В40. При этом с использованием бетона класса В50 экономическая эффективность в сравнении с использованием бетона класса В40 составляет до 2.3%, в сравнении бетоном класса В30 до 10.7%. Трубобетонные колонны в сравнении с монолитными колоннами с поэтажными выпусками арматуры при строительстве до 18 этажей при использовании бетона класса В40 экономичнее до 24.8%, при использовании бетона класса В50 до 23.3%.

В зданиях до от 18 до 21 этажа экономическим преимуществом также обладают сборные колонны на 2 этажа. При этом с использованием бетона класса В50 экономическая эффективность в сравнении с использованием бетонов класса В30 и В40 составляет соответственно до 22% и до 3.2%. Трубобетонные колонны в сравнении с монолитными колоннами с поэтажными выпусками арматуры при строительстве от 18 до 21 этажа при использовании бетона класса В40 экономичнее до 13%, при использовании бетона класса В50 до 12.5%.

Следовательно, с применением вышеуказанных типов колонн, рациональным вариантом является применение сборных колонн на 2 этажа. Менее экономичным является применение трубобетонных колонн. Наиболее нерациональным вариантом, согласно полученным результатам (табл. 6), является применение монолитных колонн с поэтажными выпусками арматуры.

Выводы.

1. На основе проведенного функционально-стоимостного анализа существующих и развивающихся архитектурно-конструктивно-технологических систем, их отдельных подсистем, изделий и конструкций, а также их характеристик, выделены наиболее значимые, определяющие затраты на возведение здания – стены и каркас здания, которые составляют до 40% затрат на возведение здания, включая отделку и устройство инженерных коммуникаций.

2. На технико-экономические показатели в значительной степени влияют конструктивные системы зданий (стенная, каркасная, с продольными несущими стенами, с поперечными несущими стенами, рамная, связевая, рамно-связевая) и способ возведения (сборные, монолитные, сборно-монолитные). В настоящее время наиболее рациональной является каркасная система с разделением несущих и ограждающих функций.

3. Рассмотрены три варианта устройства колонн многоэтажных зданий и зданий повышенной этажности с применением плоского сборно-монолитного перекрытия. Полученные данные свидетельствуют, что в зданиях до 12 этажей экономическим преимуществом обладают сборные колонны на 2 этажа

Использованная литература

1. Современные конструктивно-технологические системы зданий и строительные материалы: Сб. трудов БелНИИС/ Минск, Изд-во «Редакция журнала «Тыдзень», 1997.- 96 с.

2. Асатрян В.Г., Асатрян Л.В., Веснин Б.Г. Инвестиционная привлекательность применения железобетонно-вантовых конструкций при возведении каркасных зданий различного назначения//Бетон и железобетон – пути развития/ II Всероссийская (Международная) конференция. 5-9 сентября 2005 г. Москва; в 5 томах. НИИЖБ 2005, том 2.Секционные доклады. Секция «Железобет. конструкции зданий и сооружений».- 776 с.