



УДК 624.012

## К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

**Матчан В.А., Таруц В.В., Тур В.В.**

*Брестский государственный технический университет*

### ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие сборно-монолитные железобетонные перекрытия балочного типа с межбалочным заполнением из пенополистирольных вкладышей широко применяют в малоэтажном строительстве западноевропейских стран. По имеющимся данным [1] только во Франции за последние 10 лет возведено более 5 млн. м<sup>2</sup> перекрытий данного типа. Такой интерес к названным решениям объясняется их повышенной звуко- и теплоизолирующей способностью, незначительной по сравнению с монолитным или сборным железобетоном массой, повышенной долговечностью. При монтаже перекрытий отпадает необходимость применения тяжёлого грузоподъёмного оборудования, появляется возможность перекрывать пролёты различного размера и конфигурации в плане, что даёт проектировщику большую свободу для реализации задуманного архитектурного облика здания.

*В.А. Матчан, – к.т.н., доцент, зав. каф. ГСиА БГТУ*

*В.В. Таруц, – ассистент каф. ГСиА БГТУ*

*В.В. Тур, – д.т.н., профессор, зав. каф. ТБиСМ БГТУ*

Вышесказанное позволяет предполагать, что перекрытия данного типа найдут широкое применение в малоэтажном строительстве.

Однако опыт эксплуатации сборно-монолитных железобетонных конструкций показывает, что они в большей степени, чем сборные, подвержены влиянию неблагоприятных факторов, вызываемых длительными эффектами (усадки и ползучести), что выражается в снижении трещиностойкости нормальных сечений, возрастании прогибов, ухудшении эксплуатационных характеристик. Один из путей ликвидации этих недостатков – применение в качестве бетона монолитной части сечения напрягающего бетона [2].

В настоящее время сборно-монолитные железобетонные перекрытия систем «GRUBER», «SITECO», «MARSHALL», «DRAGADOS-PLASTBAU», «DE HOOP», «SCHIPHÖLT», «ISBA», «DFC» и их модификации выпускаются в Германии, Франции, Великобритании, Голландии, Италии, Польше, других странах (см. рис. 1).

Характерными параметрами, общими практически для всех выпускаемых в настоящее время сборно-монолитных железобетонных перекрытий балочного типа являются:

Постоянный шаг балок, который составляет 600-700 мм. В зависимости от перекрываемого пролёта изменяется общая высота перекрытия.

В качестве бетона монолитной части сечения применён тяжёлый бетон по прочности на два-три класса меньше бетона сборного элемента.

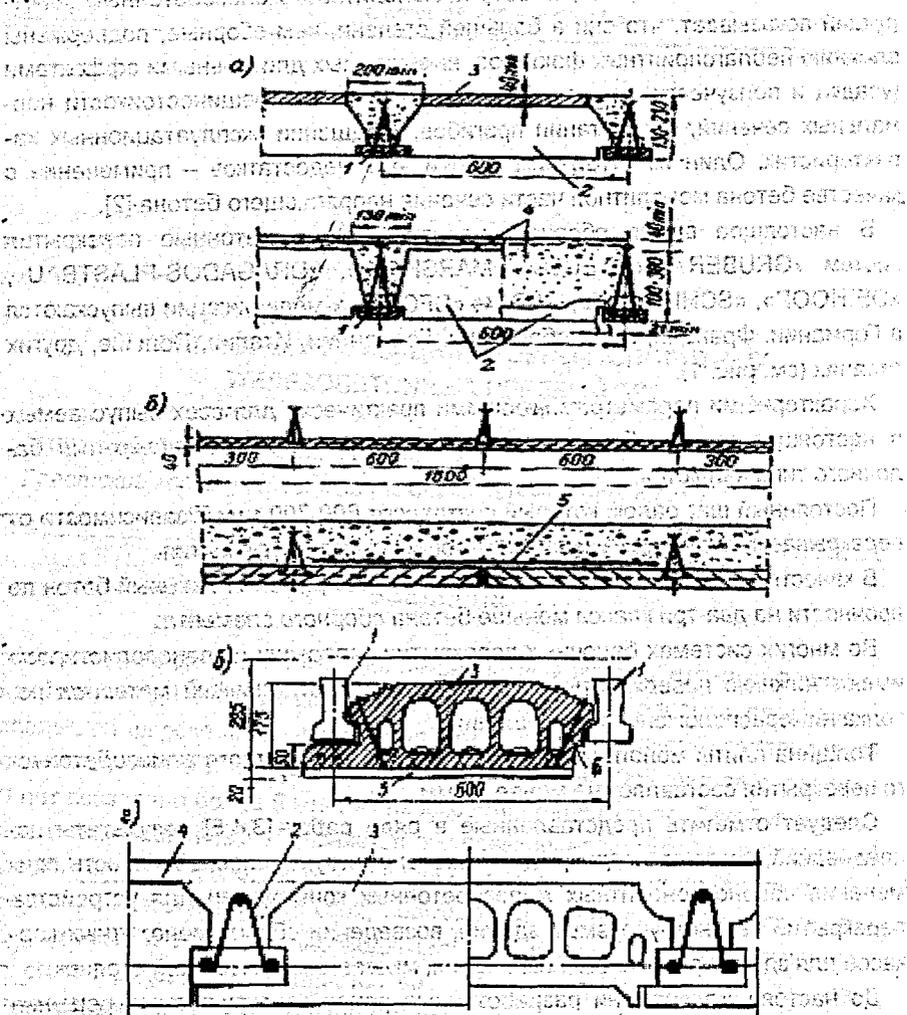
Во многих системах балочных перекрытий вкладыши из пенополистирола имеют нижнюю поверхность, выполненную под отделочный материал потолка нижерасположенного помещения.

Толщина плиты монолитного бетона сборно-монолитного железобетонного перекрытия составляет не менее 40 мм.

Следует отметить представленные в ряде работ [3,4,5] результаты исследований, которые подтверждают экономическую целесообразность применения сборно-монолитных железобетонных конструкций для устройства перекрытий реконструируемых зданий, возведении сборно-монолитных каркасов для зданий различного назначения, многоэтажных гаражей-стоянок.

До настоящего времени разработанные ранее конструктивные решения сборно-монолитных железобетонных перекрытий балочного типа не претерпели каких-либо существенных конструктивно-технологических изменений за исключением замены керамических или бетонных вкладышей на пенополистирольные в конструкциях перекрытий балочного типа. Существовавшие методы расчёта сборно-монолитных железобетонных конструкций и недостаточное развитие вычислительной техники не позволяли разработать в достаточной степени экономичные конструктивные решения. Развитие со-

временных методов оптимального проектирования позволяют по-новому решить проблему применения сборно-моноконкретных железобетонных конструкций.



**Рис.1.** Наиболее распространённые сборно-моноконкретные железобетонные перекрытия малоэтажных жилых домов: а) с унифицированными балками (система DFC); б) с унифицированными плитами (система DFC); в) с опорами на стены; г) с опорами на колонны; д) с опорами на колонны; е) с кладышами из пенополистирола (система ISBA).

## ОПТИМИЗАЦИЯ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ

### ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Основной задачей при оптимизации сборно-монолитных железобетонных перекрытий балочного типа с межбалочным заполнением из пенополистирольных вкладышей является определение оптимальных конструктивно-технологических параметров перекрытий под заданную равномерно распределённую нагрузку. В качестве параметров проектирования сборно-монолитной железобетонной балочной конструкции междуэтажных перекрытий, представленной на рисунке 2 приняты:

- Шаг балок;
- Общая высота перекрытия;
- Высота сборной части сечения балки;
- Толщина стенки тавровой балки;
- Толщина полки тавровой балки;
- Диаметр продольной арматуры сборной части сечения;
- Класс продольной арматуры сборных балок;
- Класс бетона сборной части сечения;
- Класс бетона монолитной части сечения;
- Вид бетона монолитной части сечения;
- Класс бетона монолитной части сечения по величине самоупрочнения при выполнении её из напрягающего бетона.

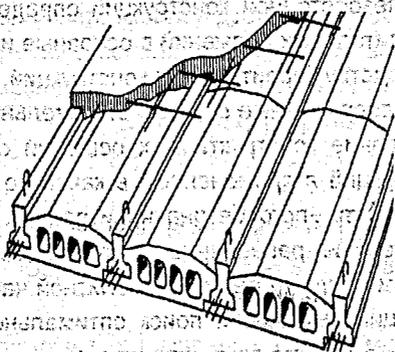


Рис. 2. Общий вид оптимизируемой сборно-монолитной железобетонной балочной конструкции междуэтажного перекрытия с вкладышами из пенополистирола.

По результатам анализа применяемых в отечественной и зарубежной строительной практике конструктивных решений жилых домов усадебного типа установлено, что в 54% зданий применены пролёты разных размеров и только 30% имеют равные пролёты. Поэтому исходя из требования технологичности изготовления сборного элемента сборно-монолитной железобетонной конструкции, устройства полов в здании и эстетических соображений общая высота сборно-монолитных железобетонных перекрытий была принята постоянной независимо от перекрываемого пролёта (величина пролёта находится в пределах от 3 до 6 метров) и определена для максимального пролёта. При изменении шага несущих стен геометрические размеры сечения сборного элемента сборно-монолитного железобетонного перекрытия сохраняли в процессе поиска оптимального решения постоянным, а оптимизировали шаг балок и размеры межбалочного заполнения (вкладыши из пенополистирола).

Поиск оптимального решения осуществлялся предложенным авторами методом [6], в основу которого положено свойство монотонности изменения стоимостных, эксплуатационных и прочностных характеристик сечения при варьировании параметров проектирования и использовании метода перебора. Данный метод оптимизации сборно-монолитных железобетонных конструкций реализован в виде компьютерной программы.

В качестве показателя, характеризующего сборно-монолитную железобетонную конструкцию с экономической точки зрения, были приняты приведенные затраты. Приведенные затраты в ценах 1991 года на возведение сборно-монолитной железобетонной конструкции определяли с учётом себестоимости в деле, капитальных вложений в основные и оборотные фонды предприятий по производству строительных конструкций, полуфабрикатов и материалов, а так же в сопряжённые отрасли строительных и транспортных организаций. Сопоставление конструктивных решений сборно-монолитных железобетонных конструкций с применением в качестве монолитной части сечения напрягающего и тяжёлого бетона производили следующим образом: для обеспечения условия равноценности конструктивных решений для конструкций с различными видами бетона монолитной части сечения и равных условий эксплуатации выполняли поиск оптимального конструктивно-технологического решения для каждого варианта. Затем определяли приведенную стоимость двух полученных конструкций в ценах 1991 года и производили сравнение.

Оптимизацию конструктивно-технологических параметров сборно-монолитных железобетонных конструкций перекрытий осуществляли в следующей последовательности:

1. Перекрываемый пролёт принимали равным максимальному значению;
2. Для заданного пролёта производили поиск следующих оптимальных конструктивно-технологических параметров:
  - Шага балок;
  - Общей высоты перекрытия;
  - Высоты сборной части сечения;
  - Толщины стенки тавровой балки (сборный элемент);
  - Толщины полки тавровой балки (монолитная плита);
  - Диаметра арматуры сборной части сечения;
  - Класса арматуры;
  - Класса бетона сборной части сечения;
  - Класса бетона монолитной части сечения;
  - Вида бетона монолитной части сечения;
  - Класса бетона монолитной части сечения по величине самоупрочнения.
3. Для задаваемого пролёта ( $L < 6$  метров с шагом изменения пролёта 0,3 метра) определяли оптимальный шаг балок.

При решении задачи оптимизации сборно-монолитных железобетонных конструкций с применением в качестве монолитной части сечения тяжёлого и напрягающего бетонов получены значения приведенной стоимости, представленные в таблице 1.

**Таблица 1.**

Значения приведенной стоимости в рублях 1 м<sup>2</sup> сборно-монолитных железобетонных перекрытий с монолитной частью сечения из тяжёлого и напрягающего бетона (в базовых ценах 1991 года).

Вид бетона монолитной части сечения	Величина перекрываемого пролёта, м.					
	6	5,4	4,8	4,2	3,6	3,0
Тяжёлый	30,21	27,81	25,41	25,40	25,38	25,36
Напрягающий	38,57	38,38	38,37	38,37	38,36	38,34

Полученные параметры оптимальных сборно-монолитных железобетонных перекрытий балочного типа представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Значения конструктивно-технологических параметров оптимизированных сборно-монолитных железобетонных перекрытий с монолитной частью сечения из тяжёлого и напрягающего бетона.

Характеристики сборно-монолитного железобетонного перекрытия	Величина перекрываемого пролёта, м.					
	6	5,4	4,8	4,2	3,6	3,0
Общая высота перекрытия, см	$\frac{17}{15}$	$\frac{17}{15}$	$\frac{17}{15}$	$\frac{17}{15}$	$\frac{17}{15}$	$\frac{17}{15}$
Высота сборной части сечения, см	$\frac{10}{9}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{10}{9}$
Толщина стенки, см	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$
Толщина полки, см	$\frac{4}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{4}{4}$
Диаметр и класс несущей арматуры	$\frac{\varnothing 12 \text{ A-III}}{\varnothing 12 \text{ A-VI}}$					
Класс бетона сборной части сечения	$\frac{\text{B15}}{\text{B15}}$	$\frac{\text{B15}}{\text{B15}}$	$\frac{\text{B15}}{\text{B15}}$	$\frac{\text{B15}}{\text{B15}}$	$\frac{\text{B15}}{\text{B15}}$	$\frac{\text{B15}}{\text{B15}}$
Класс бетона монолитной части сечения	$\frac{\text{B15}}{\text{B40}}$	$\frac{\text{B15}}{\text{B40}}$	$\frac{\text{B15}}{\text{B40}}$	$\frac{\text{B15}}{\text{B40}}$	$\frac{\text{B15}}{\text{B40}}$	$\frac{\text{B15}}{\text{B40}}$
Шаг балок, см	$\frac{110}{150}$	$\frac{125}{150}$	$\frac{150}{150}$	$\frac{150}{150}$	$\frac{150}{150}$	$\frac{150}{150}$
Класс бетона монолитной части сечения по величине самоупрочнения	Ср 0,6					

**Примечание:** Над чертой – данные для перекрытия при устройстве монолитной части сечения из бетона на портландцементе, под чертой – из бетона на напрягающем цементе.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из представленных в таблице 2 данных видно, что перекрытия с применением в качестве монолитной части сечения напрягающего бетона оказались дороже аналогичных перекрытий при использовании только тяжёлого бетона

в среднем на 21%; однако их целесообразно применять для перекрытий под помещениями с избыточным влаговыведением (ванные комнаты, туалеты, сауны) в виду их высокой водонепроницаемости, что позволяет исключить дополнительную гидроизоляцию. Приведенная стоимость 1 м<sup>2</sup> полученных в процессе оптимизации конструктивных решений сборно-монолитных железобетонных перекрытий меньше чем у производимых в настоящее время аналогов в среднем на 45%, трудоёмкость возведения ниже в среднем на 26%, что обуславливает рациональное применение оптимальных конструктивных решений в строительной практике. Кроме того, необходимо отметить, что оптимальные сборно-монолитные железобетонные перекрытия балочно-го типа соответствуют требованию по обеспечению звукоизоляции.

Исследования выполнены в рамках диссертационной работы по теме «Оптимизация сборно-монолитных железобетонных конструкций»

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Коротков Ю.В. Эффективные методы возведения малоэтажных жилых домов во Францию. // Жилищное строительство.-1991.-№6.-с.-30-32.
2. Тур В.В. Экспериментально-теоретические основы предварительного напряжения конструкций при применении напрягающего бетона. Брест: Изд. БПИ, 1998.- 246 с.
3. Аграновский В.Д., Альтшуллер Е.М., Кривов О.Л. Монолитный железобетон в перекрытиях реконструируемых зданий.//Жилищное строительство.-1991.-№5.-С. 5 – 7.
4. Л.Л. Панышин. Сборно-монолитная домостроительная система.// Бетон и железобетон.- 1997.- №4.- с.- 6-8.
5. Египко В.В., Соколовский Л.В., Мордич А.И. Архитектурно-строительные системы зданий и пути повышения эффективности жилищно-гражданского строительства.// Современные архитектурно-строительные системы зданий и сооружений, современные технологии и материалы: Сб. трудов/ Под ред. канд. техн. наук, академика Белорусской инженерной академии А.И. Мордича.- Мн.: «Редакция журнала «Тыдзень», 1998.- 196 с.
6. Борисевич А.А., Таруц В.В., Тур В.В. Оценка эффективности применения напрягающего бетона в сборно-монолитных железобетонных конструкциях. // Вестник Брестского политехнического института – Строительство и архитектура. – 2000. - №1. – с. 12-13.
7. Общий случай расчёта прочности элементов по нормальным сечениям.// Бетон и железобетон.- 1986.-№4.-с.-16-17.