

Технология раннего нагружения монолитных перекрытий при использовании балочно-стоечной опалубки

К.т.н., доц., С.В. Никоноров;
студент, О.А. Тарасова,*

ГОУ Южно-Уральский государственный университет

Технология возведения монолитных перекрытий влияет на темп возведения всего каркаса и самого здания и связана с длительностью набора распалубочной прочности бетона перекрытия.

В соответствии со СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции» минимальная распалубочная прочность бетона незагруженных горизонтальных конструкций при пролете до 6 метров должна составлять не менее 70% проектной прочности, а свыше 6 метров – 80% проектной прочности бетона [1]. Также в СНиП 12-01-2004 «Организация строительства» говорится, что в проекте организации строительства с целью соблюдения обязательных требований по безопасности должны содержаться мероприятия по обеспечению в процессе строительства прочности и устойчивости возводимых и существующих зданий и сооружений [2], то есть необходим расчет здания на устойчивость во время возведения.

Поэтому есть необходимость разработки расчетных правил по установлению допустимой промежуточной прочности бетона при снятии и перестановке опалубки по этажам для монолитных перекрытий с точки зрения обеспечения прочности конструкций во время возведения монолитного здания, а также необходимо включение в план производства работ мероприятий по ускорению набора прочности бетоном [3].

Нами была рассмотрена технология ранней распалубки перекрытий с использованием стоек переопирания при применении балочно-стоечной опалубки (типа «PERI-MULTIFLEX»).

Сущность технологии заключается в том, что после выдерживания бетона перекрытия до требуемой прочности производится распалубка перекрытий и устанавливаются временные стойки переопирания для передачи нагрузки распалубленного перекрытия на нижележащее перекрытие.

Применение стоек переопирания для разгрузки монолитного перекрытия до набора им необходимой прочности в настоящее время не регламентируется нормативными документами.

В исследованиях был рассмотрен монолитный каркас 24-этажного здания. Для сравнения были рассмотрены 2 варианта:

- 1) расчет плит перекрытия на стадии эксплуатации;
- 2) расчет плит перекрытия на стадии возведения.

Расчет каркаса здания и плиты выполнялся в ПК «ЛИПА WINDOWS 9.4».

При рассмотрении 1-го варианта (эксплуатации) максимальная нагрузка без учета веса самой плиты составила 800 кг/м^2 .

На рис. 1 представлена эпюра моментов M_x в рассматриваемом сечении, а также нижнее и верхнее армирование плиты перекрытия вдоль оси x .

При рассмотрении 2-го варианта (стадии возведения) был составлен план численного эксперимента, в котором откликами являлись эпюры моментов M_x , эпюры перемещений в рассматриваемом сечении и эпюры продольных сил в стойках опалубки, а факторами – прочности бетона перекрытия к окончанию выдерживания (100, 80 и 60) и варианты переопирания стоек опалубки (0, 1, 2 и 3 яруса переопирания).

Стойки опалубки в расчетной схеме были расставлены со средним шагом $1,5 \times 1,5 \text{ м}$ с учетом условия попадания в узлы. Жесткость стоек была задана как труба $89 \times 5 \text{ мм}$, внизу стойка был задана как жестко защемленная, вверху – шарнирное опирание.

Материал перекрытий был задан как бетон В25 при 100%-ной прочности, бетон В20 при 80%-ной прочности и бетон В15 при 60% прочности. Характеристики бетона представлены в табл. 1.

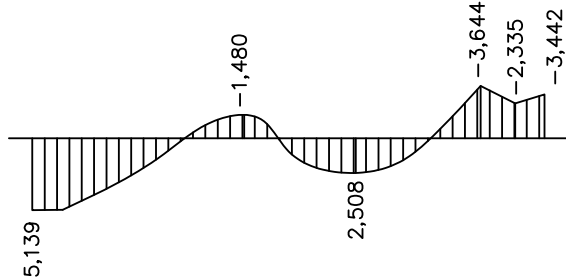
Нагрузка на верхнее перекрытие задается как равномерно распределенная:

- вес свежееуложенного бетона и арматуры – 500 кг/м^2 ,
- масса опалубки и стоек опалубки – 100 кг/м^2 .

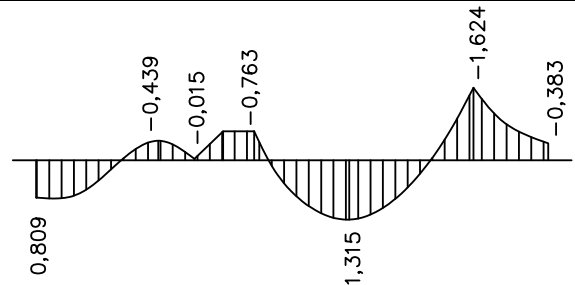
Всего: 600 кг/м^2

Таблица 1. Характеристики бетона при различной прочности

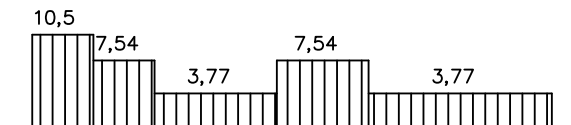
Прочность бетона	Расчетное сопротивление осевому сжатию R, МПа	Соответствующий класс бетона	Модуль упругости E, МПа*10 ³
100%	14,5	B25	30
80%	11,5	B20	27,5
60%	8,5	B15	24



Эпюра моментов Mx (т*м) перекрытия при эксплуатационных нагрузках



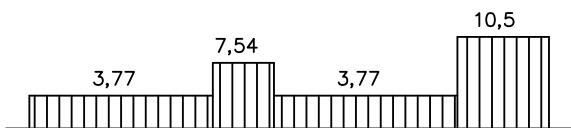
Эпюра моментов Mx (т*м) перекрытия на стадии возведения



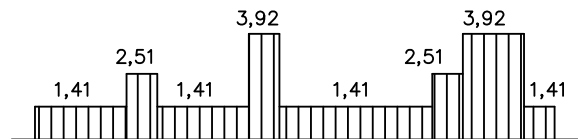
Нижнее армирование при эксплуатационных нагрузках



Нижнее армирование на стадии возведения



Верхнее армирование вдоль оси X при эксплуатационных нагрузках



Верхнее армирование вдоль оси X на стадии возведения

Рисунок 1. Эпюра моментов Mx (тн*м) и армирование в перекрытие от эксплуатационных нагрузок и на стадии возведения

При рассмотрении варианта при 60%-ной прочности бетона без переопирания стоек имеем в рассматриваемом сечении перекрытия следующие результаты: эпюра моментов Mx, нижнее и верхнее армирование плиты перекрытия на рис. 1.

Варианты переопирания стоек опалубки представлены на рис. 2. В таблицах 2 и 3 представлены внутренние силовые факторы нижних перекрытий, на которые опираются стойки опалубки.

Таблица 2. Величины изгибающих моментов $\frac{\text{Опорный момент}}{\text{Пролетный момент}} [T \cdot M]$

Схема переопирания стоек опалубки	Прочность бетона		
	100%	80%	60%
Без переопирания	-1,691	-1,651	-1,624
	1,348	1,333	1,315
1 ярус переопирания	-1,487	-1,442	-1,389
	0,988	0,975	0,963
2 яруса переопирания	-1,336	-1,279	-1,264
	0,982	0,881	0,865
3 яруса переопирания	-1,279	-1,237	-1,197
	0,870	0,855	0,838

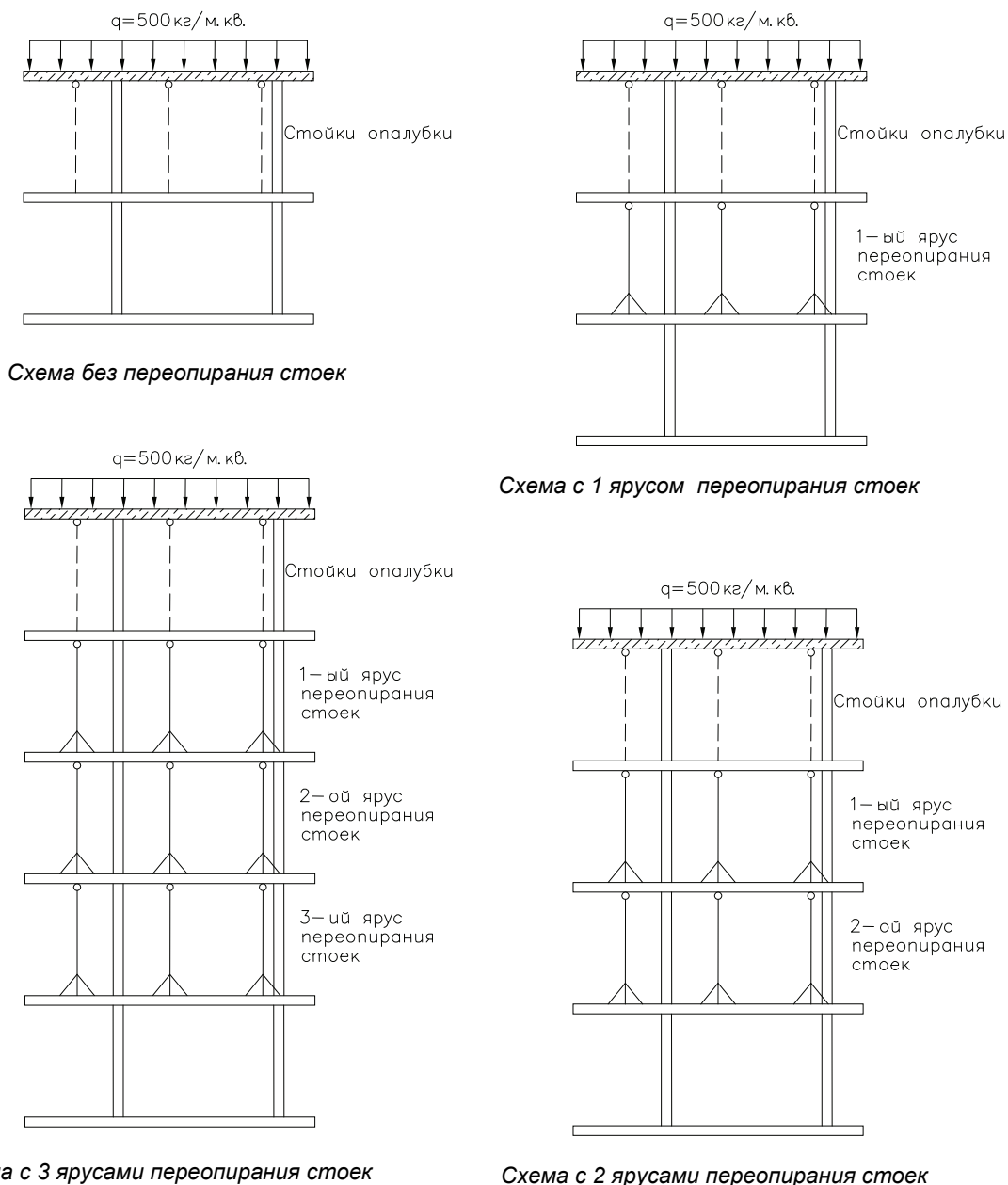


Рисунок 2. Схемы переопирания стоек опалубки

При анализе результатов исследования мы пришли к следующим выводам.

Таблица 3. Величины перемещений, мм

Схема переопирания стоек опалубки	Прочность бетона		
	100%	80%	60%
Без переопирания	8,109	8,393	8,740
1 ярус переопирания	6,970	7,187	7,442
2 яруса переопирания	6,519	6,701	6,929
3 яруса переопирания	6,146	6,330	6,547

1. Армирование плит перекрытия при 60%-ной прочности бетона при монтажных нагрузках не превышает армирования при эксплуатационных нагрузках (рис. 1).
2. Прочность бетона на распределение усилий влияет незначительно, т.к. незначительно изменяется модуль упругости E_b . Изменение величины изгибающего момента при изменении прочности бетона незначительно (табл. 2).

3. С увеличением количества ярусов переопирания величины моментов уменьшаются (табл. 2).
4. Изменение величин изгибающих моментов незначительно (около 4%) при переопирании на 2 и 3 яруса (табл. 2).
5. Нагрузки равномерно распределяются на плиты перекрытия (рис. 3).
6. При раннем нагружении оптимальная величина нагрузки составляет 0,4...0,6 от достигнутой прочности бетона. Данная нагрузка не вызывает ползучести бетона, что доказано в работах Саталкина А.В., Байбурина А.Х., Головнева С.Г. [4, 5, 6].

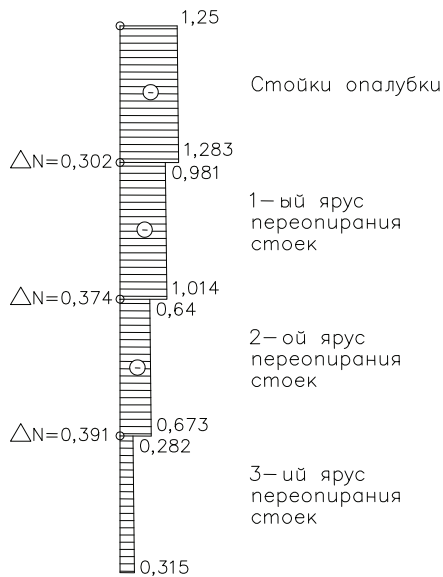


Рисунок 3. Сжимающие усилия в стойках опалубки

Исходя из этого, оптимальное соотношение моментов от эксплуатационной и монтажной нагрузки представлено в табл. 4.

Таблица 4. Оптимальное соотношение моментов от эксплуатационной и монтажной нагрузки

При 80% прочности	При 60% прочности
$\left[\frac{M_{\text{МОНТ}}}{M_{\text{ЭКСПЛ}}} \right]_{80} = 0,32 \dots 0,48$	$\left[\frac{M_{\text{МОНТ}}}{M_{\text{ЭКСПЛ}}} \right]_{60} = 0,24 \dots 0,36$

Анализируя данные табл. 2 и 4, получаем, что оптимальным соотношением моментов при 80%-ной прочности бетона распалубки будет переопирание на 1 ярус, а при 60%-ной – на 2 яруса (табл. 5). Следовательно, можно сделать вывод о том, что возможно производить распалубку перекрытий при 60%-ной прочности бетона с переопиранием на 2 яруса.

7. Предлагаемая технология позволяет сократить сроки выдерживания бетона с 5 до 3 суток, а также позволяет сократить затраты электроэнергии на прогрев бетона, порядка 50кВт на 1 куб. метр (табл. 6).

Таблица 5. Соотношение эксплуатационных и монтажных моментов

80% прочности	60% прочности
Соотношение опорных моментов $\left[\frac{M_{\text{МОНТ}}}{M_{\text{ЭКСПЛ}}} \right]_{80} = \frac{1,442 \text{ м} \cdot \text{м}}{3,644 \text{ м} \cdot \text{м}} = 0,396$	Соотношение опорных моментов $\left[\frac{M_{\text{МОНТ}}}{M_{\text{ЭКСПЛ}}} \right]_{60} = \frac{1,257 \text{ м} \cdot \text{м}}{3,644 \text{ м} \cdot \text{м}} = 0,345$
Соотношение пролетных моментов $\left[\frac{M_{\text{МОНТ}}}{M_{\text{ЭКСПЛ}}} \right]_{80} = \frac{0,975 \text{ м} \cdot \text{м}}{2,508 \text{ м} \cdot \text{м}} = 0,388$	Соотношение пролетных моментов $\left[\frac{M_{\text{МОНТ}}}{M_{\text{ЭКСПЛ}}} \right]_{60} = \frac{0,826 \text{ м} \cdot \text{м}}{2,508 \text{ м} \cdot \text{м}} = 0,329$

Таблица 6. Экономический эффект раннего нагружения бетона

Показатель	80% прочности бетона	60% прочности бетона
Общее время выдерживания бетона, часов (суток)	120,93 (5)	66,43 (3)
Удельный расход эл. энергии на прогрев, кВт/м.куб.	127,5	74,7

Данная технология была внедрена при строительстве каркасно-монолитного здания. Монолитные перекрытия выдерживались до 60%, и стойки переопирания выставлялись на два яруса. При этом прогибы перекрытий не превысили нормативно допустимых. Это подтверждает результаты нашего численного эксперимента.

Литература

1. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции / Госстрой СССР. М. : АПП ЦИТП, 1991. 192 с.
2. СНиП 12-01-2004. Организация строительства. – М.: ГУП ЦПП, 2004. 37 с.
3. Сборщикова М. Н., Гребенщиков В. С. Мировая практика строительства монолитных зданий // Бюллетень иностранной научно-технической информации. 2007. №5. С. 30–33.
4. Саталкин А. В., Сенченко Б. А. Раннее нагружение бетона и железобетона в мостостроении. М. : Автотрансиздат, 1956. 214 с.
5. Байбурин А. Х. Раннее нагружение монолитных конструкций многоэтажных гражданских зданий в зимних условиях: Дисс.... канд. техн. наук. Челябинск, 1992. 211 с.
6. Головнев С. Г. Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов. Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 1999. 156 с.

* Станислав Валерьевич Никоноров, г. Челябинск
Тел. раб.: +7(351)267-91-83, эл. почта: nikonorov-sv@mail.ru