

В.Г. ГРАНИК, канд. техн. наук, Институт общественных зданий (Москва)

## Преднапряженные конструкции с внутренними анкерами – путь к снижению себестоимости изделий

Повышение эффективности крупнопанельного домостроения должно базироваться на применении инновационных технологий [1, 2].

Разработана и освоена в производственных условиях технология преднапряженных изделий с внутренними анкерами в формах с внутренними упорами (рис. 1).

Существенное достоинство пустотных плит с внутренними анкерами – повышенная огнестойкость по сравнению с плитами, изготовленными на длинных стендах и в формах с внешними упорами (Методические рекомендации по расчету огнестойкости и огнестойкости железобетонных конструкций МДС 21-2.2000 // НИИЖБ. Москва. 2000).

За тринадцать лет на ОАО «Кунцевский комбинат ЖБИ-9» (Москва) выпущено более 3 млн м<sup>2</sup> сплошных преднапряженных плит перекрытий с внутренними анкерами пролетом 3–4,2 м, а также 6,3 м для домов серий ПД-4 и ГМС-1 вместо аналогичных ненапряженных плит.

Изготовление напряженных конструкций в формах с внутренними несмещаемыми упорами исключает: очистку стержней от бетона перед обрезкой, обрезку арматуры, сбор и удаление отходов, выделение вредных для человека газов, расход электродов и другие недостатки, присущие производству напряженных изделий в формах.

Расформовка готовых изделий не отличается от расформовки ненапряженных: открывают борта формы и без каких-либо дополнительных операций преднапряженную плиту краном снимают с поддона формы [3].

### Особенности конструкций с внутренними анкерами:

- длина стержневой напрягаемой арматуры меньше длины изделия, и концевые анкера на ней при изготовлении располагаются внутри бетонного отсека формы. Усилия, возникающие при натяжении стержней, показаны на рис. 2;
- опорная поверхность упора формы, контактирующая с внутренним анкером напрягаемого стержня,

наклонена к вертикали на угол больше угла трения концевой анкера стержня по поверхности упора;

- смещению анкера напрягаемого стержня вверх при его натяжении по наклонной опорной поверхности упора препятствует фиксатор на борту формы, воспринимающий возникающую вертикальную реакцию;
- анкер напрягаемого стержня во время его натяжения взаимодействует с опорной поверхностью упора формы незначительным участком опорной поверхности. Остальная часть опорной поверхности анкера (60–65%) соприкасается с бетоном. Это обеспечивает передачу большей части усилия предварительного напряжения арматуры в момент распалубки непосредственно с концевой анкера на бетон опорной зоны элемента;
- выемки от внутренних упоров форм на нижней поверхности изделий после монтажа на несущие кон-



Рис. 1. Плиты перекрытий дома ГМС-1 на складе ОАО «Кунцевский комбинат ЖБИ-9»

Преимущества конструкций с внутренними анкерами	По сравнению с аналогичными	
	напряженными изделиями*	ненапряженными изделиями
Снижение себестоимости изделий	на 5–7%	на 28–35%
Сокращение расхода арматуры	на 5–7%	на 30–45%
Снижение трудоемкости изготовления	на 6–8%	до 40%
Высвобождение производственных площадей	–	на 65–80%
Повышение огнестойкости изделий	значительное	на 20–25%
Увеличение прочности опорных зон плит	значительное**	на 16–22%
Снижение звукопроводности перекрытий	–	на 15–20% за счет повышения трещиностойкости плит перекрытий

\* Для плит со стержневой арматурой.

\*\* Для всех видов пустотных плит независимо от вида арматуры.

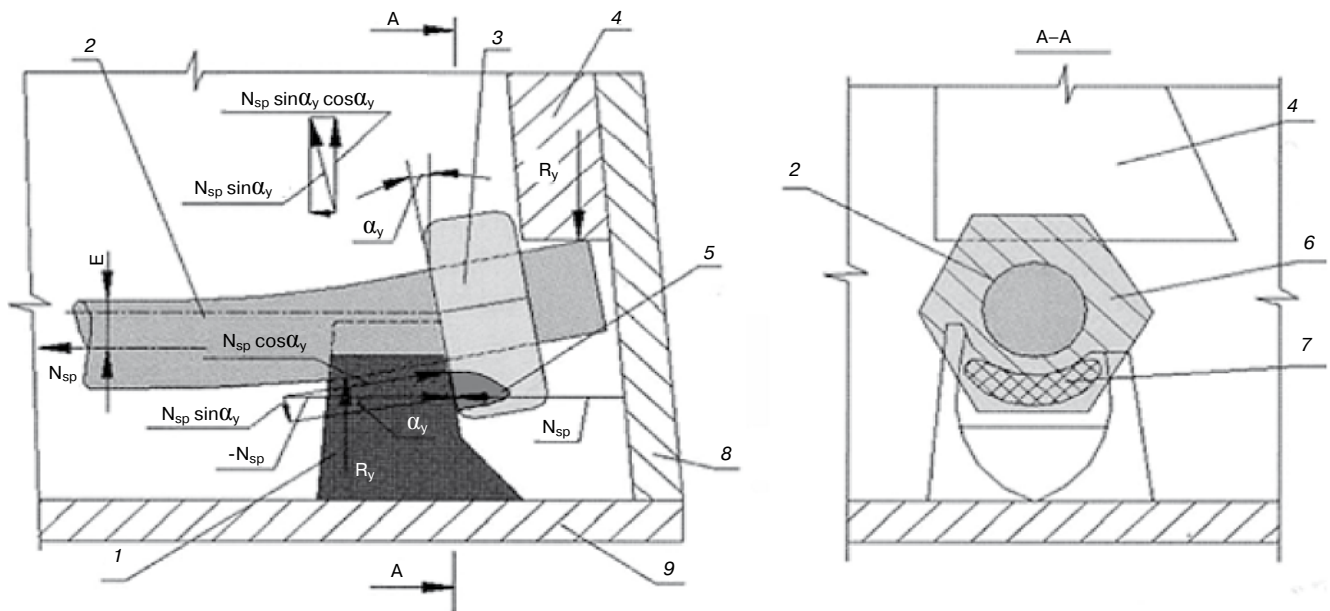


Рис. 2. Схема усилий в зоне опирания концевой анкеры на упор с наклонной опорной поверхностью: 1 – внутренний упор; 2 – напрягаемый стержень; 3 – внутренний анкер; 4 – фиксатор положения напрягаемого стержня; 5 – напряжения в зоне опирания анкера на упор; 6 – площадь опирания анкера на бетон; 7 – площадь передачи усилия натяжения с арматуры на упор; 8 – борт формы; 9 – поддон формы

струкции располагаются в пределах опорной зоны, т. е. закрываются и не просматриваются на потолочной поверхности элементов;

- концевые анкеры на напрягаемой стержневой арматуре выполняются в виде обжатых шайб нестандартной формы (применение высаженных головок недопустимо).

Принятая схема анкерования напрягаемой арматуры создает обжатие бетона изделия практически от самого торца изделия, что, как показали испытания, повышает несущую способность балок, ригелей и многопустотных плит при работе на поперечную силу.

Экспериментально установлено (рис. 3), что наличие внутреннего анкера на напрягаемой арматуре увеличивает прочность торцов плит в платформенных стыках многоэтажных панельных домов на 16–23% в зависимости от толщины внутренних несущих стен [4, 5].

**Увеличение расстояния между напрягаемыми стержнями.** Исследования трещинообразования в напряженных плитах длиной 3–3,6 м и толщиной 0,14 м показали, что момент трещинообразования превышает момент не только от нормативной, но и от расчетной нагрузки. Это позволило увеличить шаг напрягаемых стержней класса Ат800  $\varnothing$  10 мм до 600 мм и за счет этого получить значительную экономию арматуры.

Испытания на продавливание плиты толщиной 0,14 м при нагружении участка размером 65×75 см, ограниченного рабочей и распределительной арматурой, нагрузкой 17 кН никаких признаков разрушения поля по продавливанию не выявили, трещины отсутствовали.

Таким образом, сплошные плиты с внутренними анкерами на напрягаемой арматуре при расстоянии между стержнями 60–65 см по прочности, жесткости и трещиностойкости полностью удовлетворяют требованиям СНиП. Эти результаты использованы МНИИТЭП и ЦНИЭПжилища при проектировании плит перекрытий домов серий ПД-4 и ГМС-1.

При участии НИИСФ РААСН проведены натурные испытания. Установлено, что отсутствие трещин в напряженных плитах повышает звукоизоляционные свойства перекрытий по сравнению со звукоизоляцией перекрытий из аналогичных ненапряженных плит.

**Опыт изготовления плит домов серии ПД-4.** Плиты размером на комнату имеют рабочий пролет 3; 3,2 и

3,6 м. Ширина плит от 2,9 м до 7,2 м. Напрягаемые арматурные стержни в формах плит дома ПД-4 расположены перпендикулярно продольной оси стана-конвейера (рис. 4). Устройство для электротермического нагрева стержней размещено на перемещаемом портале, под которым движется формы.

Арматурные стержни  $\varnothing$  10 мм из стали класса Ат800 с установки электротермического нагрева за холодные концы переносят в форму. Их укладывают между вилками внутренних упоров так, чтобы концевой анкер был расположен между упором и бортом формы, а конец напрягаемого стержня размещался ниже фиксаторов положения арматуры (рис. 5).

Затем коротыши из арматуры заводят между упором и бортом формы выше конца напрягаемого стержня, под фиксаторы. Напрягаемые стержни, уложенные в упоры форм, вследствие наклона опорной поверхности упоров при охлаждении поднимаются вверх и занимают проектное положение, взаимодействуя с фиксаторами на бортах форм. Далее размещают ненапрягаемую арматуру, закладные детали и другие элементы, укладывают и уплотняют бетонную смесь, затем проводят ее термовлажностную обработку. После набора бетоном передаточной прочности открывают борта формы и готовое изделие снимают с поддона. Наклон опорной поверхности внутренних упоров в сторону центра формы обеспечивает беспрепятственное перемещение вверх всех внутренних анкеров при распалубке изделия. В этот момент происходит одновременная передача усилий предварительного натяжения стержней на бетон плиты [6].

При монтаже готовых изделий отсутствие видимых выемок на потолке служит дополнительным контролем точности монтажа элементов дома.

**Изготовление плит дома ГМС-1.** Плиты перекрытий многоэтажного жилого дома серии ГМС-1 с пролетами 3,3; 4,2 и 6,3 м выполнены в напряженном варианте с внутренними анкерами.

Внутренний упор и фиксатор на борту формы состоят из одного элемента каждый. Конструкция формы более простая, чем в формах дома ПД-4, определяет и более простую технологию ее зарядки: стержни, удлиненные на установку для нагрева на необходимую величину, переносят в форму. Их заводят сбоку во внутренние



**Рис. 3.** Испытание платформенного стыка с напряженными плитами в прессе



**Рис. 4.** Стан-конвейер для производства преднапряженных плит с внутренними анкерами



**Рис. 5.** Напрягаемые стержни с внутренними анкерами в упорах формы плиты перекрытия дома ПД-4



**Рис. 6.** Форма плиты длиной 6,28 м с напрягаемыми стержнями, натянутыми на внутренние упоры

упоры формы так, чтобы концевой анкер располагался между упором и торцевым бортом формы ниже фиксатора на этом борту, и вкладывают в выемки внутренних упоров.

Стержни, остывая, натягиваются до напряжения 450 МПа (в плитах длиной 3,3 и 4,2 м), концевые анкры взаимодействуют с наклонной опорной поверхностью упоров, а верхней точкой анкера упираются в фиксатор и занимают проектное положение по высоте плит. В плитах длиной 6,28 и шириной 2,9 м предварительное напряжение в арматуре диаметром 14 мм составляет  $560 \pm 87$  МПа (рис. 6). В формах длинных плит дополнительно устанавливают прижимы бортов, воспринимающие вертикальную реакцию усилия натяжения арматуры. Далее выполняют все последующие операции по укладке ненапряженной арматуры, установке петель, каналовобразователей электроразводок, укладывают и уплотняют бетонную смесь, проводят термовлажностную обработку изделий. При расформовке изделий открывают борта, и готовые плиты снимают с формы.

Производство напряженных плит дома ГМС-1 полностью подтвердило высокую эффективность новой технологии преднапряженных изделий, достигнутую при изготовлении плит перекрытий дома ПД-4.

Конструирование сплошных плит, опертых по трем и четырем сторонам с внутренними анкерами, показало, что их себестоимость по сравнению с аналогичными ненапряженными плитами может быть снижена на 40–45% в том числе и за счет снижения расхода арматуры в нерабочем направлении.

**Изготовление многопустотных настилов.** На ООО «Московский завод железобетонных изделий и труб» по новой технологии изготовлена опытная партия многопустотных панелей перекрытий.

Отработаны размеры шайб для опрессовки концевых обжатых анкеров на арматуре класса Аt800 диаметром 12–18 мм и размеры соответствующих «губок» гидравлической обжимной машины.

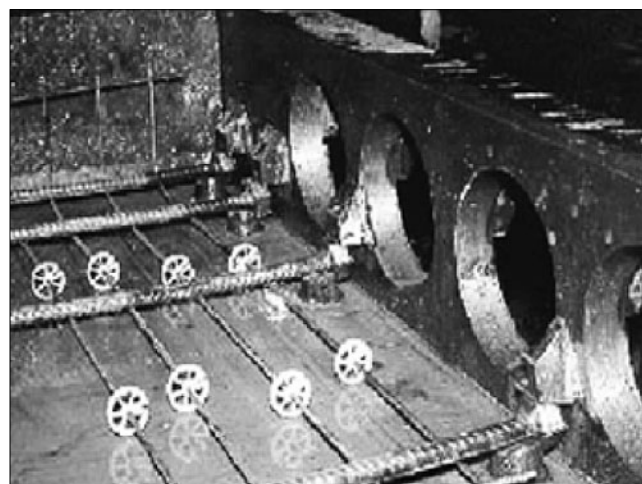
Типовая форма была реконструирована силами завода. Первоначально с поддона срезали внешние упоры с предохранителями, затем в нем были выполнены круглые отверстия для размещения цилиндрических обойм. Обоймы сначала варивали в одном из торцов

формы на заданном расстоянии от торца поддона. В эти обоймы помещали один из двух «пальцев» металлического шаблона. Диаметр «пальцев» был равен диаметру цилиндрической (расположенной ниже зеркала поддона) части упоров. Расстояние между «пальцами» шаблона было равно расстоянию между осями цилиндрических частей внутренних упоров. На второй палец у противоположного торца формы снизу надвигали вторую обойму и в таком состоянии ее прихватывали к поддону, а после выверки заваривали. В установленные обоймы вставляли внутренние упоры с наклонными опорными поверхностями и фиксировали шпильками через соответствующие отверстия в обоймах и упорах.

Требуемое расстояние между упорами было обеспечено с точностью  $\pm 1$  мм.

К торцевым бортам форм приварили фиксаторы положения стержней. По новой технологии в форме с внутренними несмещаемыми упорами изготовлены головные образцы пустотных настилов марки НВ 70-12.

Перед укладкой стержней торцевые борта формы были закрыты и завернуты гайки замков формы.



**Рис. 7.** Бетонный отсек формы настила НВ 70-12 с внутренними упорами и натянутыми стержнями

В качестве рабочей арматуры применяли напрягаемые стержни из арматуры Ат800 диаметром 14 мм с контролируемым напряжением  $550 \pm 800$  МПа. Первоначально по концам формы укладывали сетки. Затем стержни, удлиненные на установку для нагрева на 32–34 мм, за холодные концы переносили в форму и заводили сбоку во внутренние упоры формы (рис. 7).

По окончании выдержки изделий в камере термообработки формы вынимали и открывали борта. Плиты краном снимали с формы. Трещины или околы вокруг выемок от упоров и фиксаторов отсутствовали. Испытанные плиты удовлетворяли требованиям ГОСТа к готовым железобетонным изделиям, а также требованиям прочности, жесткости и трещиностойкости [7].

Выпуск опытных панелей полностью подтвердил простоту, надежность и целесообразность применения новой технологии для производства многпустотных плит перекрытий.

Изготовление преднапряженных настилов с внутренними анкерами в формах с внутренними упорами по сравнению с традиционной технологией использования форм с наружными упорами обеспечивает:

- снижение расхода высокопрочной арматуры на 5–7%;
- исключение отходов бетона, образующихся вследствие протекания бетонной смеси через отверстия в торцевых бортах форм для прохода напрягаемых стержней;
- снижение трудозатрат на 6–8%, необходимых для резки напрягаемых стержней перед распалубкой готовых изделий, очистки стержней от затвердевшего бетона перед их резкой, сбора отходов бетона и арматуры и пр.;
- экономию электродов или стальных дисков для резки напрягаемой арматуры;
- более экологичные условия труда вследствие отсутствия резки напрягаемой стержневой арматуры;
- снижение себестоимости настилов на 4–6%.

Существенное достоинство пустотных плит с внутренними анкерами – повышенная огнестойкость их по сравнению с плитами, изготовленными на длинных стендах и в формах с внешними упорами.

**Варианты модернизации существующих форм.** Как показывает практика, в большинстве случаев при рабочем пролете плит до 4,5 м жесткости поддонов форм ненапряженных плит, в том числе пустотных, с рабочим пролетом до 4,5 м, достаточно для изготовления в них преднапряженных плит, т. е. усилия натяжения арматуры вызывают прогиб поддона, менее допустимого по нормам. Отработаны методы реконструкции существующих форм ненапряженных плит с целью изготовления в них напряженных изделий. Перевод производства ненапряженных плит на напряженное армирование окупается за 4–6 месяцев.

Предлагаемая технология универсальна как по возможности применения ее при создании новых производств, так и при модернизации существующих, а также возможности изготовления по новой технологии большинства напряженных изделий, в том числе плит при вертикальном способе формования [8].

Утверждена вся необходимая нормативная документация для проектирования предварительно напряженных изделий с внутренними анкерами, форм с внутренними упорами для их изготовления, а также соответствующие материалы по новой технологии.

**Ключевые слова:** трудоемкость, себестоимость, предварительное напряжение, арматурный стержень, внутренний анкер, форма, внутренний упор, бетон, плита перекрытия.

#### Список литературы

1. Николаев С.В. Модернизация крупнопанельного домостроения – локомотив строительства жилья экономического класса // Жилищное строительство. 2011. № 3. С. 3–7.
2. Сапачева Л.В. Возрождение крупнопанельного домостроения позволит решить жилищные проблемы в России // Жилищное строительство. 2012. № 7. С. 69–74.
3. Граник В.Г. Технология предварительно напряженных изделий с внутренними анкерами // Механизация строительства. 2008. № 6. С. 2–7.
4. Грановский А.В., Смилянский А.Л., Граник В.Г. К оценке надежности платформенных стыков панельных зданий при использовании в них преднапряженных плит с внутренними анкерами // Бетон и железобетон. 2003. № 2. С. 2–6.
5. Граник В.Г. Влияние толщины стен на прочность опорных зон преднапряженных плит с внутренними анкерами в платформенных стыках // Технологии строительства. 2008. № 7. С. 50–53.
6. Граник В.Г. Изготовление преднапряженных конструкций в формах с внутренними несмещаемыми упорами // Поиск: Международный журнал официальной информации в строительстве. 2002. № 2. С. 152–156.
7. Граник В.Г., Шукин В.С. и др. Изготовление многпустотных панелей перекрытий в формах с внутренними несмещаемыми упорами // Бетон и железобетон. 2000. № 4. С. 15–17.
8. Граник В.Г., Ларин А.Н., Требесов И.Д., Билык А.М. Изготовление преднапряженных плит перекрытий размером на комнату методом вертикального формования // Бетон и железобетон. 1997. № 4. С. 9–11.

9-12 АПРЕЛЯ УФА-2013

XVII СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

**ОТОПЛЕНИЕ  
ВОДОСНАБЖЕНИЕ  
КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ**

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫСТАВОЧНЫЙ ПРОЕКТ  
**"ЧИСТАЯ ВОДА"**

**ВСЁ для СТРОИТЕЛЬСТВА  
и РЕМОНТА**

XVIII СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

БАШКИРСКАЯ  
ВЫСТАВОЧНАЯ  
КОМПАНИЯ

Башкирская выставочная компания  
(347) 248-12-58, 253-38-00  
stroy@bvkepo.ru

www.bvkepo.ru