

• •

**Введение.** Традиционное назначение многпустотных плит перекрытия – воспринимать вертикальные нагрузки и передавать их на вертикальные несущие элементы. Достижение наибольшего эффекта от применения этих плит заключается не только в восприятии вертикальных нагрузок, но и в обеспечении диафрагменного эффекта (создание диска перекрытия) с целью восприятия горизонтальных нагрузок. В качестве горизонтальных нагрузок, воспринимаемых сборным диском, следует упомянуть ветровую, сейсмическую и горизонтальное давление грунта. Основная функция перекрытия в качестве горизонтальной диафрагмы жесткости заключается в восприятии перечисленных нагрузок и передача их на фундамент.

Проектирование диска перекрытия из многпустотных плит безопалубочного формования заключается в создании узлов, обеспечивающих передачу вертикальных и горизонтальных нагрузок на горизонтальную диафрагму, обеспечении прочности и пластичности самой диафрагмы, достаточной для того, чтобы передать не только вертикальные, но и горизонтальные нагрузки на элементы, предназначенные для восприятия последних и создании узлов, благодаря которым горизонтальные нагрузки могут быть переданы с горизонтальной диафрагмы на вертикальные элементы жесткости.

Для достижения поставленной цели должна быть обеспечена продуктивная связь между проектировщиком и производителем многпустотных плит безопалубочного формования. Впрочем, только проектировщик может грамотно оценить все факторы, влияющие на обеспечение полноценного восприятия вертикальных и горизонтальных нагрузок перекрытием.

В Республике Беларусь налажено производство пустотных плит безопалубочного формования на длинных стандах. Следует отметить, что это, в основном, линии зарубежного производства, использующие механическое натяжение арматуры (канатов или проволоки) и технологии формирования изделий с использованием так называемых слипформеров или экструдеров. Особенностью применяемых технологий является то, что в качестве основного армирования плит пустотного настла применяются исключительно напрягающие элементы (канаты и проволоки). При этом технология не допускает установки в плитах поперечной арматуры в тонких стенках, сеток в полках, строповочных приспособлений, закладных деталей.

Безусловно, конструктивно-технологические особенности таких изделий, отличающихся от пустотных плит, изготавливаемых по агрегатно-поточной технологии, вызывают дополнительные требования по их применению при проектировании сборных перекрытий.

Следует отметить, что в национальной технической литературе вопросы проектирования перекрытий из плит безопалубочного формования и представлены в виде практических указаний в [3]. Вместе с тем, в международной практике проектирование сборных дисков из пустотных плит выполняется с использованием нормативных документов, распространяющихся непосредственно на плиты безопалубочного формования. В частности, эти требования содержатся в EN 1168 [2] и ACI 318R [1, 8].

В настоящей статье рассмотрены особенности проектирования сборных перекрытий из плит безопалубочного формования в соответствии с требованиями EN 1168 [2] и ACI 318R [1, 8]. Представленные материалы, на наш взгляд, будут полезны при практическом проектировании строительных объектов с точки зрения эффективного применения плит безопалубочного формования и позволят ответить на некоторые из вопросов, задаваемых инженерами-проектировщиками и производителями изделий.

## 1. Восприятие горизонтальных нагрузок сборным диском перекрытия. Диафрагменный эффект

### 1.1 Нагрузки, действующие на горизонтальную диафрагму

Горизонтальные нагрузки, воспринимаемые многпустотной диафрагмой (диск перекрытия), как уже упоминалось ранее, могут включать в себя горизонтальное давление грунта, ветровую и сейсмическую нагрузку. Горизонтальное давление грунта может быть установлено с учетом его характеристик. Ветровые и сейсмические нагрузки следует определять в соответствии с требованиями действующих норм. Горизонтальное давление грунта и ветровая нагрузка являются силами, приложенными непосредственно к конструкции. Усилия в конструкции, возникающие в результате сейсмических воздействий, рассматриваются как внутренние усилия, возникающие в системе в результате горизонтальных перемещений грунтового основания. В то время как горизонтальное давление грунта и ветровая нагрузка могут смело рассматриваться как статические нагрузки, сейсмические нагрузки, бесспорно, необходимо рассматривать как динамические.

В дальнейшем, представленная в данной работе информация будет касаться, в основном, усилий, возникающих в системе от действия ветровых и сейсмических нагрузок. Это не означает, что мы пренебрегаем усилиями, возникающими в системе от действия горизонтального давления грунта. Обычно эти усилия имеют существенное значение при проектировании многпустотных диафрагм. Основные принципы проектирования горизонтальных диафрагм, изложенные в данной работе, могут быть успешно применены при расчетах конструкций на действие горизонтального давления от грунта.

В мировой практике проектирования существует значительное количество нормативных документов, регламентирующих расчет нагрузок от ветровых и сейсмических воздействий. Согласно американским нормам, рассмотренным в данном случае, рекомендуется пользоваться 1994 UBC code и 1996 BOCA code.

Для расчета сейсмических воздействий, возникающих в системе, вышеупомянутые нормы предлагают различающиеся подходы. UBC code предлагает воспользоваться переходом к эквивалентной статической нагрузке. Расчет по этой методике производится на действие базового сдвигового усилия:

$$V = \frac{ZIC}{R_w} W, \quad (1)$$

где  $Z$  – коэффициент, определяемый в зависимости от зоны сейсмичности;

$I$  – коэффициент безопасности;

– коэффициент, зависящий от типа строительной площадки;

$R_w$  – коэффициент, зависящий от типа конструктивной системы здания;

$W$  – суммарная расчетная нагрузка на рассматриваемый элемент.

Рассчитанное таким образом базовое сдвиговое усилие распределяется по высоте здания пропорционально распределению масс.

Согласно UBC code, для соответствующей зоны сейсмичности горизонтальная диафрагма должна воспринимать усилие:

$$F_{px} = \frac{F_i + \sum_{i=x}^n F_i}{\sum_{i=x}^n W_i} W_{px}, \quad (2)$$

где  $F_{px}$  – усилие, прилагаемое непосредственно к рассматриваемой диафрагме;

$F_i$  – доля базового сдвигового усилия, приложенная к верхнему этажу;

$F_i$  – доля базового сдвигового усилия, приложенная к  $i$ -му этажу;

$w_i$  – доля  $W$  на  $i$ -ом уровне;

$W_{px}$  – доля  $W$  на рассматриваемом уровне.

**Щербач Александр Валерьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии бетона и строительных материалов Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

1.2 Распределение горизонтальных усилий в диафрагме

После того как установлены нагрузки, действующие на горизонтальную диафрагму, следующая задача, которую необходимо решить – это уточнение способа распределения горизонтальных усилий в рассматриваемых элементах диафрагмы, взаимодействие диска с конструктивными элементами воспринимающими и передающими эти усилия на фундамент.

В процессе расчета железобетонные диафрагмы рассматриваются как жесткие элементы по сравнению с другими элементами, воспринимающими горизонтальные нагрузки. В зависимости от типа и величины горизонтального усилия многопустотная диафрагма может рассматриваться и как гибкая. Расчет гибких диафрагм оказывается существенно более сложным, чем жестких, и должен выполняться с учетом поведения всей системы в целом при различных типах воздействий.

Для большинства зданий малой и средней этажности, расположенных в зонах низкой сейсмичности, учет в расчете горизонтальной диафрагмы в качестве жесткого элемента является вполне приемлемым.

Принципиальное отличие в поведении под нагрузкой жесткой и гибкой диафрагм проиллюстрировано на рис. 1.

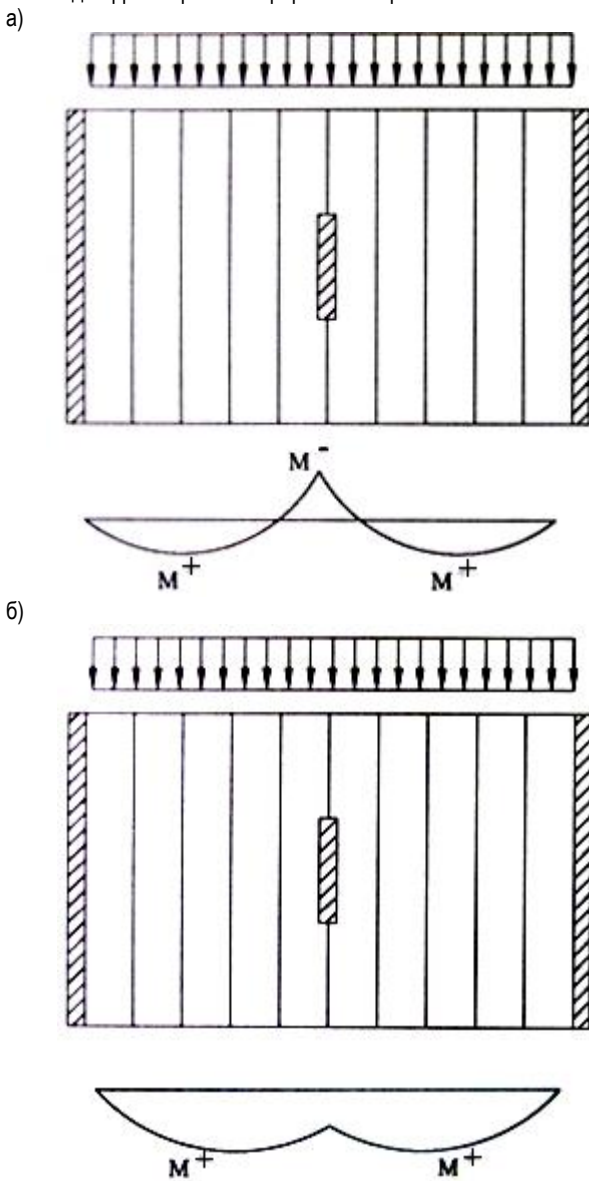


Рис. 1. Изгибающие моменты, возникающие в горизонтальных диафрагмах, под действием нагрузки [8]

Гибкая диафрагма (см. рис. 1а) под действием равномерно распределенной нагрузки ведет себя как неразрезная балка. Распределение поперечных сил и изгибающих моментов в диафрагме существенным образом зависит от ее геометрических размеров. На рис. 1б приведено распределение усилий в жесткой диафрагме при действии того же типа нагрузки. При этом деформации одной и другой диафрагмы одинаковы. Величины и распределение поперечных сил и изгибающих моментов в диафрагме зависят, в данном случае, от жесткости опор. Разница между распределением усилий в рассмотренных случаях очевидна. Фактическое поведение горизонтальной диафрагмы будет стремиться к одному или другому вышеописанному идеализированному случаю в зависимости от изгибной жесткости диафрагмы.

Применение гибких диафрагм в зданиях, расположенных в зонах повышенной сейсмичности, является аспектом, подвергшимся детальному исследованию в мировой практике. Норма UBC Code требует учета гибкости горизонтальной диафрагмы в процессе расчета последней.

1.3 Конструктивная целостность

В соответствии с ранее приведенной информацией норма ACI code предъявляет вполне определенные требования к конструктивной целостности здания, иначе говоря, к обеспечению совместной работы в восприятии нагрузок и передаче их на основание конструктивными элементами здания. Некоторые из этих требований касаются непосредственно горизонтальных диафрагм, а именно:

1. для зданий, отличающихся по конструктивной системе от крупнопанельных, соединения между конструктивными элементами здания и горизонтальной диафрагмой должны воспринимать погонное усилие не менее 4,4 кН/м;
2. для крупнопанельных зданий, значения усилий, которые должны нести связевые элементы (см. рис. 2), приняты не менее следующих значений:  $T_1=T_3=21,9$  кН/м,  $T_2=71$  кН.

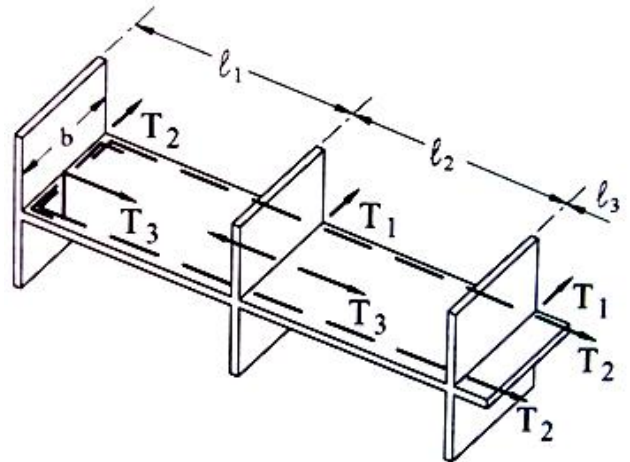


Рис. 2. Горизонтальные усилия в перекрытии крупнопанельного здания

Для эффективного восприятия сейсмических нагрузок в связях рекомендуется использовать ненапрягаемую арматуру с целью ограничения деформаций. В случае возведения зданий в районах с низкой сейсмоактивностью требуемые значения прочности сечений могут быть достигнуты путем использования напрягаемой арматуры.

1.4 Элементы диафрагмы

На рис. 3 приведены различные конструктивные элементы, являющиеся неотъемлемыми частями горизонтальной диафрагмы. Для описания конструкции диафрагмы как конструктивного элемента здания нами будут использованы следующие термины:

- окаймляющий элемент – элемент, проходящий по периметру диафрагмы или по периметру отверстий в диафрагме и объединяющий диафрагму в единое целое. Может выполнять функцию обвязочного бруса и диафрагменного подкоса;

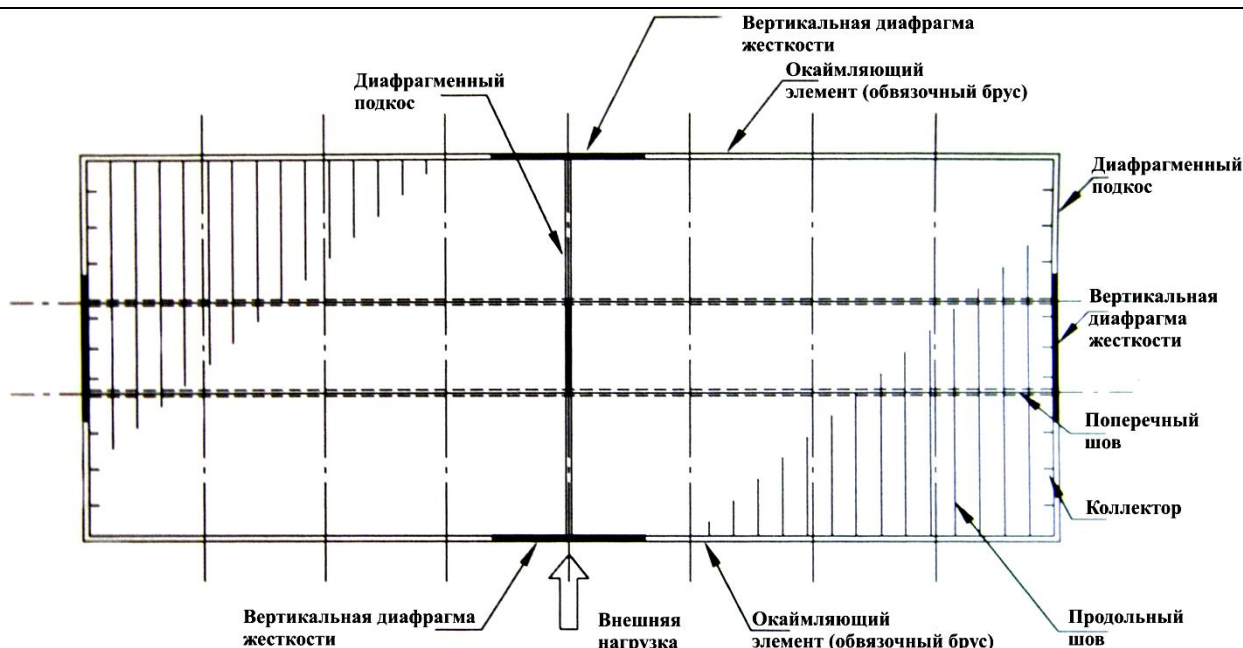


Рис. 3. Конструктивные элементы горизонтальной диафрагмы

- обвязочный брус – растянутый или сжатый элемент, представляющий собой выступ из плоскости диафрагмы и обеспечивающий равномерное распределение изгибающих моментов по плоскости диафрагмы;
- диафрагменный подкос – элемент, передающий горизонтальные усилия на вертикальные элементы жесткости и перераспределяющий поперечные усилия по большей части длины диафрагмы;
- коллектор – конструктивный элемент, передающий поперечные усилия с горизонтальной диафрагмы на вертикальную (например);
- продольный шов – узел соединения пустотных плит горизонтальной диафрагмы, параллельный пролету плиты;
- поперечный шов – узел соединения плит горизонтальной диафрагмы, перпендикулярный пролету плиты.

Для обеспечения совместной работы всех элементов диафрагмы последняя должна иметь окаймляющий элемент. Окаймляющий элемент является базовым в обеспечении прочности диафрагмы, достаточной для эффективной передачи горизонтальных усилий на конструктивные элементы, предназначенные для их восприятия. Если окаймляющий элемент выступает в качестве обвязочного бруса, то размещение продольной арматуры в его растянутой зоне обеспечивает работу диафрагмы по принципу высокой балки или арки с затяжкой. Кроме этого, достигается увеличение прочности продольных узлов соединения плит в восприятии сдвигающего усилия.

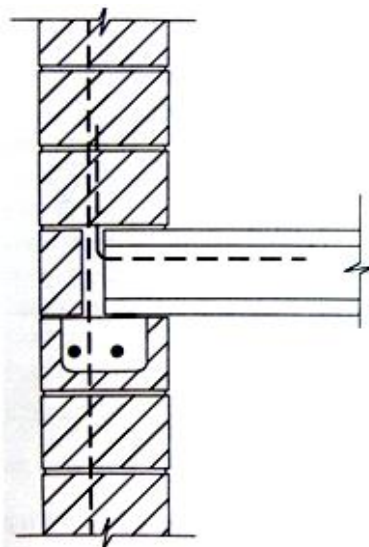
Применение коллекторов обязательно в любой горизонтальной диафрагме с целью обеспечения эффективной передачи горизонтальных усилий на вертикальные элементы. Кроме этого, такие соединительные элементы являются необходимыми для обеспечения совместной работы всех конструктивных элементов здания, обеспечивая наличие четкого пути передачи горизонтальных усилий с дисков перекрытий и покрытия на фундаменты.

Диафрагменные подкосы включают в работу большую часть длины диафрагмы по восприятию и передаче поперечных сил на вертикальные элементы жесткости здания. Диафрагменный подкос, расположенный параллельно направлению приложения нагрузки, подвержен осевому сжатию или растяжению, воспринимает нагрузку с горизонтальной диафрагмы и передает ее на вертикальный элемент жесткости здания. Диафрагменные подкосы не являются необходимым конструктивным элементом для обеспечения совместной работы всех элементов в том случае, если диафрагма непосредственно соединена с вертикальными элементами жесткости. В этом случае диафрагменные подкосы только перераспределяют поперечные силы, возникающие в горизонтальной диафрагме.

На рис. 4 в качестве примера приведены два традиционных конструктивных решения опирания горизонтальной диафрагмы, сформированной из многопустотных плит безопалубочного формирования, на несущую стену, применяемые в американской практике.

В первом случае (см. рис. 4а) окаймляющая продольная арматура расположена в связывающей балке, которая, в свою очередь, располагается непосредственно в кладке несущей стены, а арматура коллектора располагается в шпоночном шве между плитами. Во втором случае армированный окаймляющий элемент представляет собой железобетонный пояс, монолитно соединенный с многопустотными плитами путем заполнения бетоном пустот последних у торцов. В этом случае арматура коллектора располагается аналогично предыдущему конструктивному решению – в шпоночных швах между плитами. Отличие приведенных конструктивных решений заключается в том, что в первом случае окаймляющее армирование расположено с эксцентриситетом по отношению к диафрагме, а во втором случае – в уровне перекрытия. Второй тип конструктивного решения окаймления диафрагмы является более эффективным и его рекомендуется применять в зонах повышенной сейсмической активности.

а)



б)

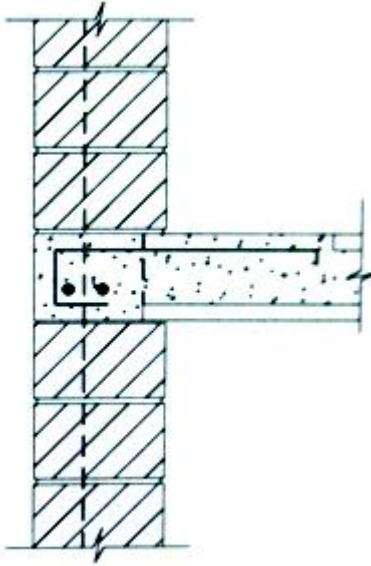


Рис. 4. Конструктивные решения опирания горизонтальной диафрагмы на несущую стену [1]

#### 1.5 Общие требования к проектированию узлов соединения плит пустотного настила в составе конструктивной системы

Узлы соединения, выполняемые для обеспечения совместной работы отдельных плит пустотного настила в диске перекрытия, следует проектировать для:

- обеспечения надлежащего опирания плит пустотного настила на опорах и поддерживающих элементах конструктивной системы;
- передачи растягивающих усилий на стабилизирующие системы (например, вертикальные элементы жесткости);
- восприятия сдвиговых (перезывающих) усилий в продольных и поперечных швах по контуру плит;
- предотвращения поперечных смещений и относительных перемещений элементов как в продольном, так и поперечном направлениях и образования в швах трещин с неконтролируемой шириной раскрытия;
- восприятия вынужденных усилий, вызванных усадкой, ползучестью, температурными изменениями, неравномерными осадками.

Для ограничения непропорциональных разрушений, вызванных особыми воздействиями, предотвращения развития прогрессирующего обрушения рекомендуется устанавливать интегрированную систему горизонтальных и вертикальных связей в соответствии с требованиями [2].

## 2. Проектирование элементов горизонтальной диафрагмы

Сборные плиты пустотного настила, объединенные в диск, способны создавать в раскрепленных вертикальных системах горизонтальную диафрагму, воспринимающую горизонтальные усилия если в соответствии с [2] выполнены следующие требования:

- Сдвиговые усилия (перезывающие силы), действующие на горизонтальную диафрагму, должны быть восприняты либо швами, параллельными направлению усилий, либо специальными элементами, воспринимающими сдвиговые усилия, в том числе и передающими на стабилизирующие вертикальные элементы жесткости, и располагаемыми вдоль перпендикулярных (поперечных) швов или по контуру элементов горизонтальной диафрагмы.
- Расчет горизонтальных сдвиговых усилий в продольных швах должен базироваться на теории расчета высоких балок в соответствии с указаниями нормативных документов, например, [6].

### 2.1 К расчету прочности продольных швов

Сопротивление сдвигу продольных швов в плоскости стыка следует проверять в соответствии с указаниями, приведенными в нормах проектирования [5, 6]. В тех случаях, когда сдвигающее усилие, действующее в плоскости шва, превышает расчетное сопротивление

сдвигу, рассчитанное по нормам [5, 6], рекомендуется выполнить следующее действие:

- учесть в расчете прочности на сдвиг продольного шва влияние окаймляющих балок (в том числе и поперечных швов);
- применить специальные соединительные детали (коннекторы), предназначенные для восприятия сдвиговых усилий.

Требуемая площадь арматуры, располагаемой в поперечных швах по контуру плит (см. рис. 5), может быть рассчитана по формуле:

$$A_{vf} = \frac{V_{Ed,j}}{f_{yd} \cdot \mu}, \quad (3)$$

где  $V_{Ed,j}$  – приложенная к шву поперечная сила;

$\mu = 1,0$  – при расчете на сдвиг параллельно продольным швам;

$\mu = 1,4$  – при расчете на сдвиг параллельно поперечным швам с учетом того, что бетон может попадать в пустоты у торцов плит).

Схема расположения арматуры, рассчитанная по формуле (3), в поперечных швах по контуру плит показана на рис. 5.

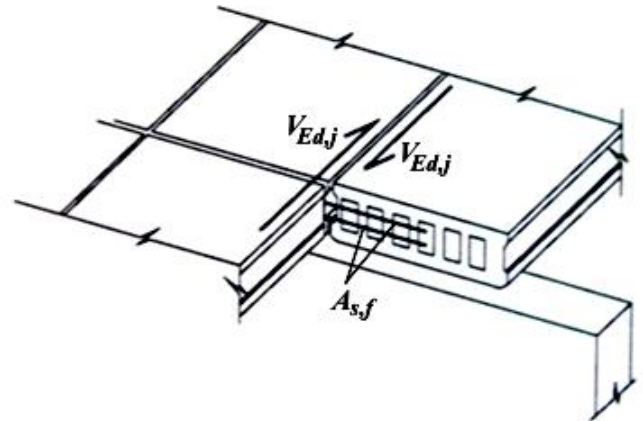


Рис. 5. Расположение арматуры в швах между плитами пустотного настила [1]

Конструктивное решение соединительных швов между плитами пустотного настила, приведенное на рисунке 5, считается наиболее экономичным. Кроме вышеописанного решения известно несколько подходов в обеспечении прочности шва между плитами. На рисунке 6 представлен пример, согласно ACI 318[1], такого конструктивные решения.

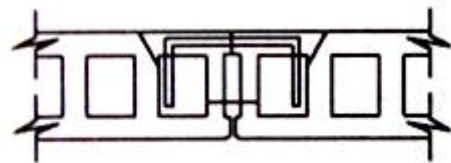


Рис. 6. Конструктивное решение обеспечения прочности соединительного шва между плитами пустотного настила [1]

На рис. 6 приведено решение продольного узла с размещением соединительной анкерной арматуры поперек шва. При этом концы стержней заведены в пустоты смежных плит. К этому конструктивному решению рекомендуется прибегать в случае, если не удается разместить требуемое количество арматуры в поперечных соединительных узлах.

В тех местах перекрытия, где горизонтальная диафрагма передает сдвиговые усилия на вертикальные жесткостные элементы, окаймляющие элементы или диафрагменные подкосы, возникают условия, подобные действующим, в продольном шве между плитами. На рис. 7 приведены конструктивные решения узлов коллектора, в которых рабочая арматура размещена таким образом, чтобы предотвратить потенциально возможный путь разрушения конструкции.



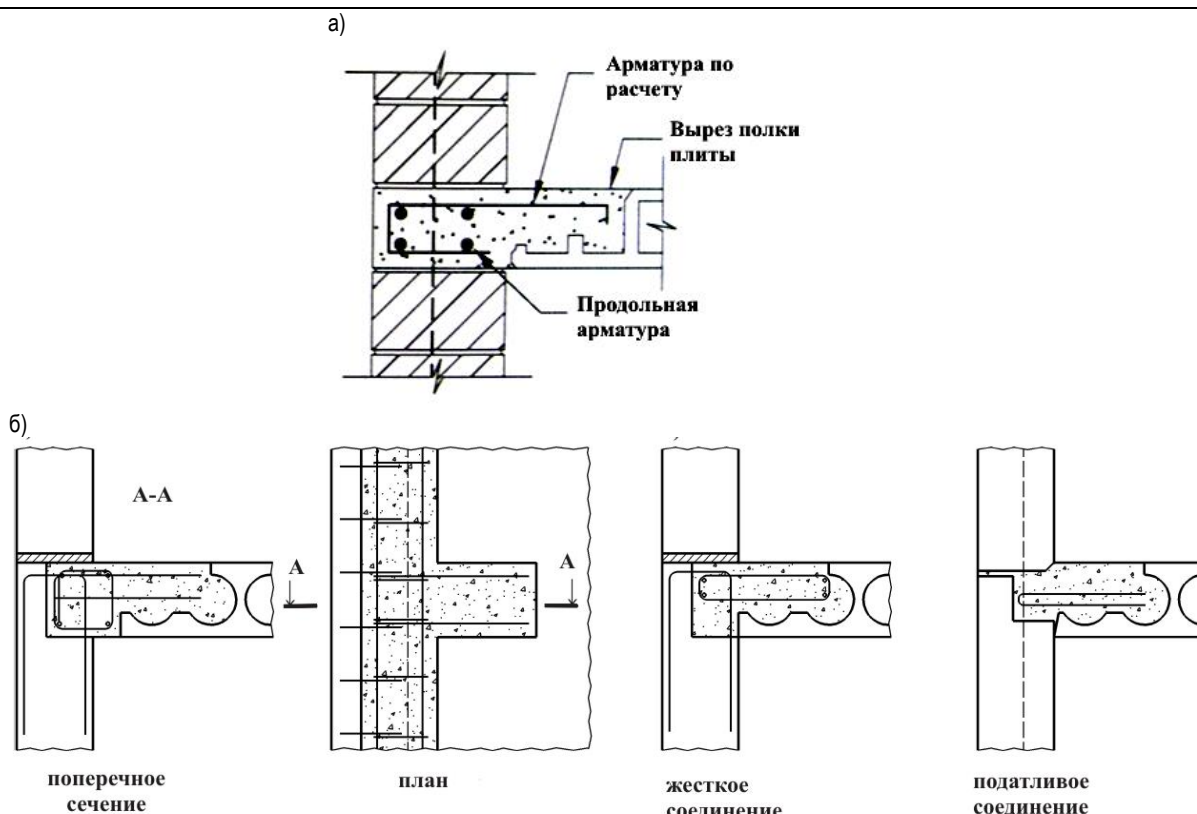


Рис. 7. Принципиальные схемы узлов сопряжения горизонтальной диафрагмы перекрытия с вертикальными элементами жесткости (коллекторов) согласно ACI 318 [1] (а) и EN 1168 [2] (б)

Коллекторы выполняют роль связевых элементов, передающих усилия на диафрагму и с диафрагмы на окаймляющие элементы, диафрагменные подкосы и вертикальные элементы жесткости.

В соответствии с требованиями [2], соединения диска перекрытия со стабилизирующей системой (коллекторы) следует проектировать на передачу растягивающих усилий вдоль поверхности шва.

Если необходимо, соединения должны быть обеспечены поперечными связевыми стержнями или хомутами, которые следует распределять с шагом, не превышающим 4,8 м. Арматурные элементы в виде замкнутых хомутов должны располагаться преимущественно в надрезах, выполняемых в плитах. При этом размеры надрезов должны быть, по возможности, минимальными.

Следует подчеркнуть, что вертикальные элементы жесткости обладают очень высокой изгибной жесткостью по сравнению с горизонтальной диафрагмой. Поэтому коллектор – элемент, соединяющий диафрагму с вертикальным жесткостным элементом, стараются выполнить как можно более жестким в вертикальной плоскости.

Учитывая то, что прочность и жесткость коллектора являются очень важными факторами, не следует забывать о каждодневном поведении конструкции под нагрузкой. В узлах соединений с вертикальными жесткостными элементами должны допускаться деформации выгиба или прогиба диафрагмы без значительных повреждений самих соединений.

На рис. 8 приведена потенциальная схема разрушения продольных узлов соединения плит у вертикального элемента жесткости. Возникновение этого типа разрушения существенным образом зависит от величины вертикальной нагрузки, приложенной к перекрытию, и пролета плит. Такой тип разрушения продольных узлов не актуален для слабо нагруженных перекрытий со сравнительно небольшим пролетом плит.

Влияние существенного различия в изгибных жесткостях соединяемых элементов на поведение конструкции в целом может быть учтено следующим образом:

- путем размещения вертикальных жесткостных элементов в опорной зоне плит, где возникают наименьшие вертикальные деформации;

- путем обеспечения податливости соединения в вертикальном направлении.



Рис. 8. Разрушение первого внутреннего продольного узла в месте примыкания к вертикальному элементу жесткости

## 2.2 К расчету прочности поперечных швов

Поперечные швы между плитами выполняют несколько функций. Как было описано ранее, установка арматуры в поперечных швах обеспечивает увеличение прочности на срез продольных швов между плитами. Поперечные швы могут выполнять функции диафрагменных подкосов, передавая усилия на вертикальные элементы жесткости здания и даже функции обвязочного бруса, воспринимая изгибающие моменты, возникающие в горизонтальной диафрагме.

Если поперечный шов выполняет функцию диафрагменного подкоса, расчет требуемой площади поперечного сечения арматуры выполняется аналогично расчетам, приведенным в предыдущем пункте настоящей работы:

$$A_s = \frac{T_u}{f_{yd}}, \quad (4)$$

где  $T_u$  – продольная сила в диафрагменном подкосе, Н;  
 $f_{yd}$  – расчетное сопротивление арматуры, МПа.

В том случае, когда поперечный шов выполняет функции обвязочного бруса расчет площади поперечного сечения арматуры рекомендуется вести по следующей зависимости:

$$A_s = \frac{M_u}{0,8h \cdot f_{yd}}, \quad (5)$$

где  $h$  – высота диафрагмы, мм;

$M_u$  – изгибающий момент в обвязочном бруссе, Н·мм.

При этом рабочая высота сечения шва ограничена до 0,8 от высоты поперечного сечения диафрагмы.

В связи с тем, что поведение горизонтальных диафрагм под нагрузкой подобно поведению арки с затяжкой, нежели свободно опертой балки, необходимо осуществлять анкерку продольной арматуры обвязочного бруса у опор.

По первой зависимости может вычислено относительное сдвиговое усилие и, на основании этого, вычисляется требуемая площадь армирования швов. Арматура распределяется по длине шва в соответствии с эпюрой поперечных сил. В результате расчета сдвигового усилия по второй зависимости получаем сдвиговое усилие, на основании которого армирование шва следует распределять равномерно по длине от сечения с нулевым изгибающим моментом до сечения с максимальным изгибающим моментом.

**Заключение.** В настоящей статье приведены без дополнительного анализа базовые положения, относящиеся к проектированию перекрытий из сборных плит безопалубочного формования в соответствии с требованиями EN 1168 [2] и ACI 318 [1]. Как следует из представленных положений, применение плит безопалубочного формования при проектировании горизонтальных дисков перекрытий, требует от инженера более тщательного подхода к выбору конструктивного решения диска перекрытия, выполнения ряда дополнительных проверок, подтверждающих адекватное поведение как отдельного элемента в составе системы, так и конструктивной системы в целом при действии расчетной системы вертикальных и горизонтальных нагрузок. На первый взгляд это покажется более трудно-

емким по сравнению с проектированием перекрытий из традиционных плит пустотного настила. Вместе с тем, применение приведенных в статье требований к расчету и конструированию узлов горизонтального диска перекрытия позволяет создавать конструктивные системы с высоким уровнем надежности при рациональных экономических затратах, обеспечить требуемые эксплуатационные качества строительного объекта при проектных условиях и его живучесть в особых расчетных ситуациях.

Следует отметить, что приведенные положения в полной мере применимы и при проектировании дисков перекрытий из традиционных пустотных плит, изготовленных по агрегатно-поточной технологии. Как показывает опыт обследования существующих строительных объектов, многих дефектов и повреждений, вызванных температурными деформациями, неравномерными осадками опор и т.д. удалось бы избежать, если бы конструктивные системы проектировались с учетом приведенных выше требований.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. PCI Manual for the Design of Hollow Core Slabs. D.R. Buettner, J. Becker, 1998.
2. EN 1168. Precast concrete products - Hollow core slabs. UCS, 2004.
3. Указания по проектированию дисков перекрытий с применением плит безопалубочного формования / НИПТИС им. С.С. Атаева – Минск, 2009.
4. Тур, В.В. О нормировании величины втягивания канатов при изготовлении плит безопалубочного формования // Сб. трудов «Проблемы современного бетона и железобетона». – Ч.1 / В.В. Тур, Т.М. Пецольд – Минск, 2009.
5. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01-2002.
6. Конструкции бетонные. Общие правила и правила для зданий: ТКП EN 1992-1-1. – Минск, 2009.
7. Quality Assurance and Recommended Connections of Prestressed Hollow Core Slabs – London: BSI, 1998.
8. ACI Manual 318R-86 art. 129 – Interim, 1990 – USA.
9. ТКП EN 1992-1-7 «Общие воздействия. Особые воздействия».
10. British Standard BS8110: Part 1: 1997, Section Four, art. 4.10 – London: BSI, 1997.

04.02.10

#### TUR V.V., SHERBACH A.V. Feature of designing of modular overlappings from a hollow flooring minussheathing formations. The account diaphragm effect

In clause the base positions concerning designing of overlappings from modular plates безопалубочного of formation according to requirements EN 1168 and ACI 318 are resulted. Principles of designing of a horizontal diaphragm (a disk of overlapping) with use afore-mentioned plates are considered. Actions on maintenance of teamwork of elements of a horizontal disk of overlapping are described at action of vertical and horizontal loadings.

[69.008.6:692.426]:534.1

“

”

-

«

»

**Введение.** Любая конструкция может быть представлена в виде системы пружин, масс и демпферов. Демпферы поглощают энергию, а массы и пружины – нет. Масса и пружина образуют систему, которая имеет резонанс на характерной для нее собственной частоте. Если подобной системе сообщить энергию (например, ударить по ней), то она начнет колебаться с собственной частотой, а амплитуда вибрации будет зависеть от мощности источника энергии и от поглощения этой энергии, т.е. демпфирования, присущего самой системе. Собственная частота идеальной системы масса-пружина без демпфирования дается соотношением:

$$\omega = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент упругости (жесткость) пружины;

$m$  – масса.

Для призматических тел конечной жесткости, к которым относят стержни строительной конструкции, собственная частота колебаний приводится соотношением:

$$\omega = \frac{i \cdot \pi^2}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{EI}{\rho \cdot F}}, \quad (2)$$

**Мигель Александр Вадимович**, ассистент кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.