

Пустотные плиты: историческое развитие

■ Арнольд Ван Акер (†), Штеф Маас

Идея уменьшить собственный вес железобетонных плит путем размещения пустот в центре профиля возникла в начале прошлого века. Несколько изобретателей из разных стран подали заявки на патенты на различные системы. Настоящая статья основана на анализе патентов, опубликованных в первой половине 20 века, и на знаниях, полученных на личном опыте. Патенты обычно предлагают комплексное описание изобретений. Восстановление истории пустотных плит на основе этих патентов – трудоемкое, но увлекательное занятие. Эта статья дает лишь общий обзор и не является исчерпывающей.

Не всегда очевидно, как провести различие между «настоящими» пустотными элементами и аналогичного типа опорными плитами, такими как коробчатые настилы, плиты с пустотообразователями, двутавровые балки, расположенные рядом друг с другом, и пр. Европейский стандарт EN 1168 [1] определяет пустотную плиту как монолитный предварительно напряженный или армированный элемент с постоянной общей глубиной, разделенный на верхний и нижний фланцы, соединенные вертикальными перемычками и образующие продольные пустоты, поперечное сечение которых является постоянным и представляет собой одну вертикальную симметричную ось (Рис.1). В данной статье рассматриваются пустотные плиты только в соответствии с определением стандарта EN 1168.

Системы

На основании патентных заявок можно выделить 3 основные системы производства пустотных плит. Для каждой категории можно определить подкатегории:

1. Вибролитье
 - 1.1. Постоянные пустотообразователи
 - 1.2. Временные пустотообразователи
2. Формование слипформером
 - 2.1. Трамбовка
 - 2.2. Вибрация
3. Экструзия
 - 3.1. Уплотнение за счет высокочастотной вибрации
 - 3.2. Сдвиговое уплотнение

В общем, эти производственные методы могут использоваться для производства армированных плит, а также для производства предварительно напряженных плит. В основном они изготавливаются из обычного плотного бетона, но имеются и образцы из конструкционного легкого бетона. Вначале пустотные плиты изготавливались либо на заводе, либо на стройплощадке. Зачастую для этого использовались отдельные формы, а иногда и длинные стенды, но производство не было непрерывным. Уплотнение бетона в основном осуществлялось путем трамбовки свежего бетона. В данном случае также исследование патента может дать больше понимания, но это не основная тема данной статьи.

Особые характеристики пустотных плит перекрытия

Наиболее характерной особенностью при разработке пустотных плит было то, что их процесс заметно отличался от существующих в то время принципов проектирования армированного и предварительно напряженного бетона, согласно которым сжатие воспринимается бетоном, а растяжение - арматурой. Действительно, в большинстве

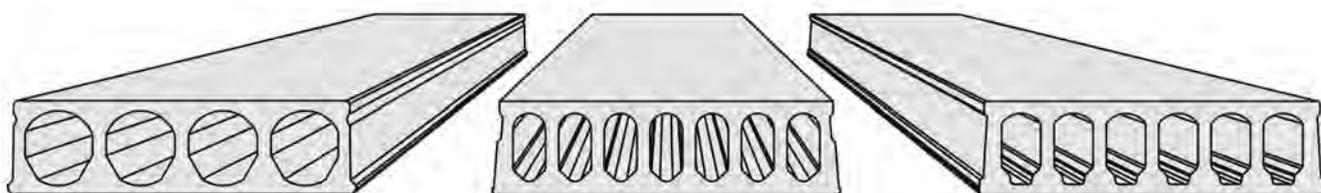


Рис. 1: Примеры типовых форм пустотных плит перекрытия



■ Почетный доктор Арнольд Ван Акер (Arnold Van Acker) (1936 - 2019). На протяжении 50 лет работал в промышленности сборного железобетона, главным образом, в сфере НИОКР. Несмотря на выход на пенсию в 2011 г., принимал активное участие в развитии отрасли, работая приглашенным профессором в двух Высших технических школах в Бельгии и являясь членом Бельгийской ассоциации сборного железобетона и Международной федерации бетона fib – Комиссии по сборному железобетону с 1978 г. С 1986 по 2002 гг. – председатель Комиссии по сборному железобетону.



■ Штеф Маас (Stef Maas), технический директор Бельгийской федерации строительной промышленности FEBE, магистр технических наук в области гражданского строительства в университетском колледже Де Найер, Бельгия, магистр в области проектирования сооружений и конструкций в Делфтском техническом университете, Нидерланды, приглашенный профессор в университетском колледже в Генте и Хасселте. Является членом комиссии fib по сборному железобетону и руководителем рабочей группы «Преднапряженные многопустотные перекрытия». Состоит в целом ряде национальных и международных рабочих групп по стандартизации и сертификации.

случаев разработанная технология изготовления была возможна только при следующих условиях:

- отсутствие вертикального армирования;
- отсутствие поперечной арматуры на нижней стороне изделия;
- только продольные арматурные стержни или предварительно напряженные стержни;
- отсутствие выступающей арматуры для соединений и пр.

Как следствие, при проектировании необходимо было учитывать прочность бетона на растяжение, а также пришлось разработать новые методы соединения. Это было в новинку, особенно касательно таких аспектов, как передача нагрузки на опору, сдвиговая способность плит, диафрагменное действие перекрытий, распределение поперечной нагрузки между соседними плитами, нежесткие опоры, проемы в перекрытии, огнестойкость и пр. Что касается предварительно напряженных пустотных плит, то Комиссия по сборным ж/б конструкциям fib сыграла решающую роль в разработке проекта. Масштабные исследования и большой практический опыт показали, что пустотные плиты перекрытия полностью способны выполнять все необходимые структурные функции при условии соблюдения некоторых элементарных принципов проектирования. В 1988 г. Комиссия fib опубликовала Рекомендации по проектированию предварительно напряженных пустотных плит перекрытия. Они были использованы в качестве основы для национальных и международных стандартов, например, Eurocode 2 и европейского стандарта CEN EN 1168. В этом году будет опубликована обновленная версия Рекомендаций fib 1988 года.

Исторические события

Современные предварительно напряженные армированные пустотные плиты перекрытия являются результатом длительных разработок и испытаний. На рынке появляются все новые варианты пустотных плит (например,

Исключительная гибкость.



Производство пустотных плит

Компания PAUL поставляет

- Установки предварительного напряжения, включая проектные работы
- Натяжные анкерные устройства
- Оборудование предварительного напряжения (одно-/ многопроволочные домкраты для натяжения арматуры)
- Оборудование для проталкивания и резки арматуры
- Автоматические устройства для предварительного напряжения ж/д шпал
- Оборудования предварительного напряжения для строительства мостов (натягиваемые ванты и мостовые ванты)

Компетентность в технологии преднапряженного бетона. stressing.paul.eu

Paul at YouTube



stressing-channel.paul.eu

Max-Paul-Str. 1
88525 Dürmentingen
Germany
☎ +49 (0) 73 71/500-0
☎ +49 (0) 73 71/500-111
✉ stressing@paul.eu

пустотные плиты с поперечно изогнутыми профилями для цилиндрических сводов на итальянской автостраде А4 у входа на выставочную площадку в Милане [2]). А методы производства таких плит также непрерывно оптимизируются. Далее исторические разработки классифицируются в соответствии с тремя производственными системами, упомянутыми выше.

Вибролитье

В вибролитье используются предварительно отформованные сердечники (пустотообразователи) для создания продольных пустот. Они помещаются в форму перед заливкой плиты.

Вибролитье с постоянными пустотообразователями

Вильгельм Зиглер (Wilhelm Siegler) (Германия, 1906), вероятно, был первым, кто стал использовать продольные пустотообразователи в бетонных плитах [3]. В основе его системы изготовления сердечников были готовые короткие формовочные трубки в затвердевшем растворе или другом материале, которые помещались на строительные леса (Рис. 2). Длина плит была произвольной. На трубках имелись боковые выступы, служившие формой

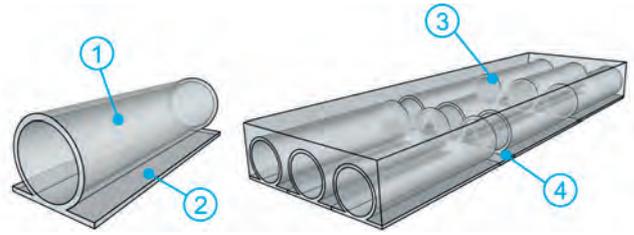


Рис. 2: Основной сердечник и его использование в плите перекрытия; (1) короткая формовочная труба, (2) боковые выступы, (3) трубы, расположенные продольно в контакте друг с другом, (4) трубы, расположенные на небольшом расстоянии для образования поперечных ребер

для внутренних перегородок. Их размещали либо непрерывно в продольном направлении, либо с небольшими интервалами в определенных местах, чтобы сформировать поперечные ребра. Продольные и поперечные перегородки армировались классическим способом. В течение следующих двух десятилетий было разработано несколько решений по формированию продольных пустот в плоских плитах перекрытия. Соответствующий обзор представлен в Таблице 1. Может возникнуть вопрос о различии между пустотными и коробчатыми элементами. Вышеупомянутые варианты все еще соот-

Таблица 1: Различные формы для изготовления пустотелых блоков

1914	Бельгия		А. Мартенс (A. Martens), Собранные ТТ-элементы [4]
1916	Россия		Н. Молотиллов, Система соединений без цементирования швов с использованием соединительных штырей [5]
1919	Бельгия		С. Мойс (S. Moysse), Укладка ж/б блоков стенка к стенке [6]
1921	Великобритания		Ф. К. С. Рингс (F. C. C. Rings), Двухавровые бетонные блоки, уложенные стенка к стенке, для изготовления пустотных плит [7]
1926	Франция		Э. Чаумени (E. Chaumenu), Пустотные балки, уложенные стенка к стенке [8]
1927	Франция		Société des applications mécaniques du ciment armé Короткие сборные пустотные блоки [9]

ветствуют определению пустотных плит, приведенному выше, но, начиная с определенной толщины, они должны классифицироваться как коробчатые плиты или балки. Кстати, решения, представленные в Таблице 1, подходят в первую очередь для изготовления плит перекрытия, хотя в описании патента не исключается возможность их использования для коробчатых балок или даже стен. Сегодня этот способ производства встречается довольно редко, но все же используется до сих пор. После заливки нижнего слоя устанавливаются призматические пустотообразователи, обычно из полистирола. После этого заливается второй слой бетона, чтобы сформировать перегородки и верхний слой.

Вибролитье с временными пустотообразователями

В 1930 г. бельгийский изобретатель Жюль Хейнеман (Jules Heuneman) получил патент на сборную ж/б плиту перекрытия с продольными пустотами [10]. Эти пустоты

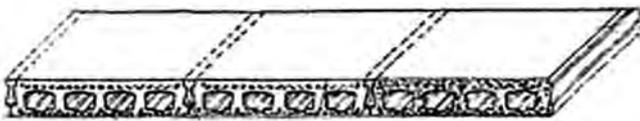


Рис. 3: Поперечное сечение плит с 4 пустотами [10]

формируются с помощью эластичных форм, например из стали, и удерживаются клиньями. Когда эти клинья удаляются, профиль формы уменьшается, и форму можно без

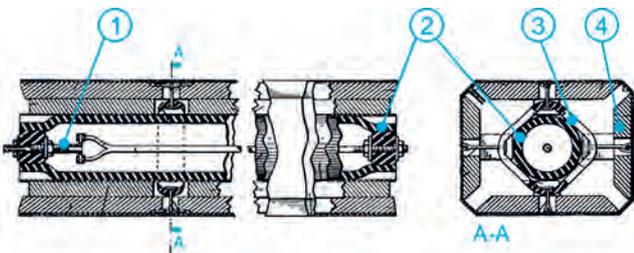


Рис. 4: Продольный и поперечный разрез с изображением активной зоны в развернутом положении [11]; (1) трубка подачи воздуха, (2) резиновый конус, (3) ленты для удержания резинового сердечника, (4) профиль для установки сердечника

труда извлечь из полостей в балке. К сожалению, чертежи не содержат подробной информации об этих пустотных элементах. Количество пустот в поперечном сечении можно изменять. Перекрытия были изготовлены из железобетона. Патент описывает в основном сам продукт, без каких-либо подробностей о производстве. Продольные швы между балками имеют выемки и снабжены поперечными армирующими скобами. Их бетонирование производилось на стройплощадке.

Неудобство решения заключалось, конечно, в слабости гибких стальных труб. В 1939 году Уолтер Х. Коби (Walter H. Cobi) (США) запатентовал решение с пневматическими

сердечниками [11]. На Рис. 4 показаны продольный и поперечный разрез системы. Впоследствии было запатентовано несколько вариантов решений как относительно формы, так и относительно количества сердечников, а также профиля продольных швов.

В 1940 году Чарльз Летбридж (Charles Lethbridge) (Великобритания) [12] представил усовершенствованный метод с использованием съемных стальных труб единого профиля, проходящих в продольном направлении через всю форму и соответствующих по форме поперечному сечению сердечника. После размещения желаемого количества арматурных стержней производилось бетонирование, а сама форма целиком подвергалась вибрации. При этом трубы сердечника немного смещались относительно формы. После достаточного уплотнения, когда бетон мог сохранять свою форму, трубы извлекались через конец формы, и изделие оставляли для дальнейшего твердения. За счет использования металлических стержневых элементов с гладкой поверхностью и поддержания их в движении предотвращалось прилипание бетона к трубам, и последние можно было без труда удалить. Для простоты работы трубы сердечника имели круглое поперечное сечение, что позволяло вращать их во время бетонирования.

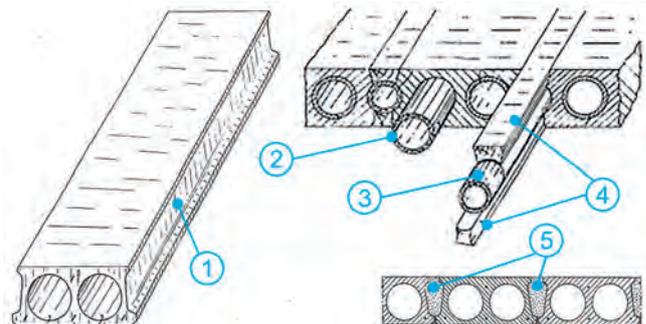


Рис. 5: Вибролитьевые пустотные блоки со съемными армированными резиновыми трубками [13]; (1) профиль бокового шва с выемками, (2) резиновые трубки с центральным полотном армирования, (3) меньшая труба для профиля шва, (4) верхний и нижний профили, (5) стальной стержень в соединении

В 1952 году во Франции компания STUP Freyssinet [13] подала заявку на патент на изготовление предварительно напряженных пустотных элементов на длинных стальных дорожках. Изобретение предназначалось для строительства перекрытий. Блоки были из предварительно напряженного бетона длиной, равной пролету перекрытия без промежуточных опор, и переменной ширины в зависимости от необходимой толщины плиты и возможностей транспортировки. Элементы имели продольные круглые пустоты по всей длине. Вертикальные кромки были профилированы и заполнены строительным раствором после монтажа, чтобы обеспечить передачу вертикальных нагрузок от одного элемента к другому. Элементы отливались в длинных стальных формах. Поперечные

пластины пресс-формы можно разместить в любом месте и тем самым задать длину блоков. Продольные пустоты были отформованы при помощи длинных трубок из армированной резины, заполненных жидкостью под давлением до и во время бетонирования. После уплотнения бетона давление сбрасывалось, и трубы удалялись.

Формование слипформером

Техника формования слипформером характеризуется движущейся профильной формой, в которую заливается бетон и там же уплотняется. Как правило, используется бетон с более высокой осадкой конуса.

Формование слипформером (трамбовка)

В марте 1931 года немец Вильгельм Шефер (Wilhelm Schäfer) [14] подал заявку на патент на изготовление сборных железобетонных предварительно напряженных пустотных плит на длинных дорожках в штабелях, расположенных один над другим. Его цель состояла в том, чтобы улучшить уже существующую в то время производственную систему, основанную на технологии формования слипформером с подвижными сердечниками

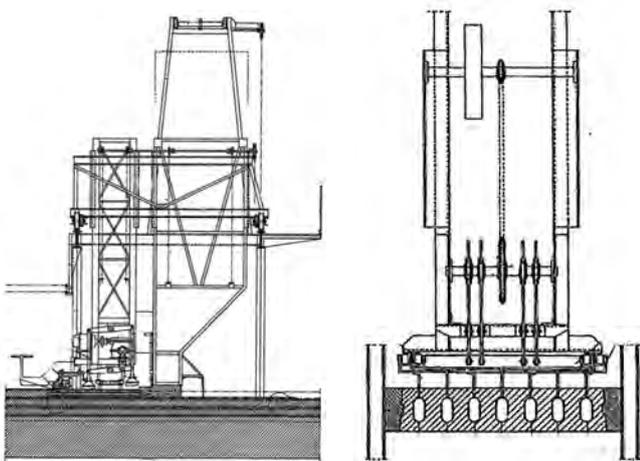


Рис. 6: Раздатчик бетона на подвижной раме, изобретение Вильгельма Шефера [14]

и боковыми пластинами, в которой различные этапы производства выполнялись один за другим. Его патент описывает, как сделать производство непрерывным и автоматизированным. Патенты были выданы в Германии, Великобритании, США и Швейцарии – все в 1933 году.

Раздатчик бетона был подвешен к подвижной раме и состоял из коротких труб. Все операции (например, заполнение формы, трамбовка бетона, создание пустот и удаление боковых пластин) выполнялись по всей длине дорожки автоматически и без перерывов. В комплект машины входило также устройство для заглаживания верхней поверхности плиты. По окончании бетонирования на линию выкладывался лист бумаги, машина поднималась выше, и операция заливки повторялась уже для следую-

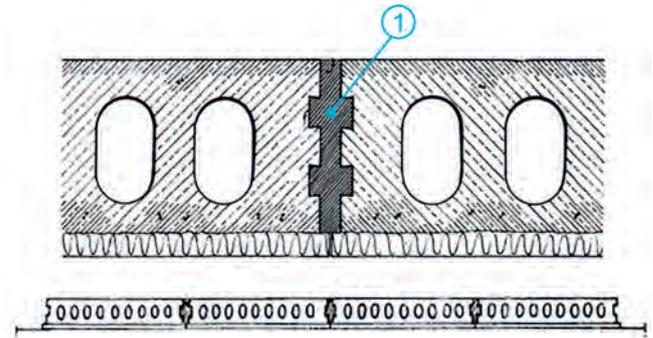


Рис. 7: Предварительно напряженные пустотные элементы с профилированными продольными краями [15]; (1) профили типа «ласточкин хвост»

щей линии поверх предыдущей. В этих машинах бетон уплотняется «пальцами», которые трамбуют бетон. Следовательно, мы называем этот метод формования слипформером «трамбовкой».

Американская компания Spancrete приобрела патент Schäfer и в 1950 году начала применять технологию производства предварительно напряженных пустотных элементов путем бетонирования штабелями, когда каждая линия располагалась поверх предыдущей. После того как верхняя плита в штабеле затвердевала, на штабель устанавливали резак с алмазным диском, вырезали и извлекали пустотелые блоки.

В 1951 году Вильгельм Шефер получил патент на длиннопролетные предварительно напряженные пустотные перекрытия [15]. Элементы имели особый продольный краевой профиль с канавкой «ласточкин хвост» и могли изготавливаться с теплоизоляционным слоем на нижней поверхности. Технология изготовления не упоминается в патенте, но мы предполагаем, что она относится к той же технологии формования слипформером, которая описывалась выше.

Формование слипформером (вибрирование)

Наиболее распространенный способ уплотнения бетона во время формования слипформером – это виброуплотнение. В 1952 г. компания Wacker Brothers (GE) получила патент [16]. Вдохновленные патентом 1938 года, описывающим способ и устройство для производства трубопроводов, специалисты компании разработали метод формования и уплотнения бетона в движущихся формах. Уплотнение осуществляется путем вибрации бетона. В 1953 году Макс Гесснер (Max Gessner) из Locham (Мюнхен, GE) подал заявку на патент [17], касающийся уплотнительного оборудования для производства предварительно напряженных балок или конструктивных элементов из железобетона. В этом патенте, выданном в 1957 году, описывается использование вибрационного слипформера на единственной производственной дорожке, и именно такая конфигурация слипформера является наиболее распространенной в наши дни.



Рис. 8: Пример изготовления пустотных плит на длинных производственных дорожках методом предварительного напряжения на заводе RDB в Пьяченце, Италия, по лицензии Weiler, Германия [18]

Идеи Гесснера получили развитие в западногерманских компаниях Max Roth KG и Weiler KG. В 1957 г. компания Weiler GmbH (GE) подала заявку на патент на слипформер, изобретенный Хансом Гейгером (Hans Geiger) [18]. Гейгер был вдохновлен работами Wacker Brothers и разработал метод производства предварительно напряженных одинарных и двутавровых балок. Метод был применим и для пустотных элементов. Машина состояла из двух частей, соединенных друг с другом, каждая из которых имела бункер, вибрационные пластины и выравнивающие плиты. Заливка бетона производилась в два этапа: на первом этапе отливалась, уплотнялась и выравнивалась нижняя часть элемента, а на втором этапе аналогично бетонировалась верхняя часть. Машина, представленная Гейгером, очень похожа на существующие сегодня слипформеры. Инженеры Weiler доработали ее для производства предварительно напряженных пустотных плит и ввели в продажу всю линию, включая оборудование и производственные дорожки. Сегодня Weiler GmbH известна как Maxtruder GmbH.

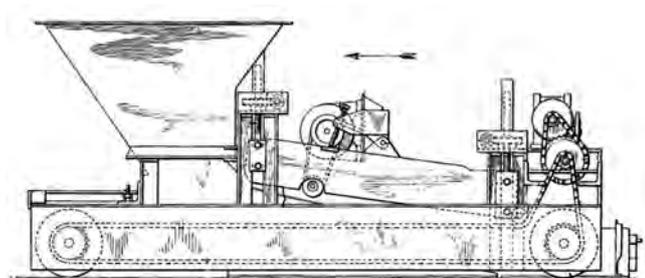


Рис. 9: Слипформер для изготовления пустотных плит в один этап [20]

Примерно в то же время фирма Max Roth из Германии разработала слипформер для производства предварительно напряженных пустотных плит. В 1962 г. компания подала заявку на патент [19] (выдан в 1965 г.). В середине 50-х годов компания уже разработала слипформер для изготовления тавровых и двутавровых балок. В этом патенте описан слипформер, в котором бетон заливается и уплотняется в три слоя. Позже другие компании (Spiroll Corp Ltd, Span Deck inc., VBI Development, Elematic Oy AB и пр.) также будут ссылаться на этот патент в своих патентных заявках.

В 1963 году компания Echo из Бельгии начала производство предварительно напряженных пустотных плит на станке Roth. После непродолжительных экспериментов инженеры Echo разработали собственное производственное оборудование. В 1990 году эта деятельность привела к созданию независимой дочерней компании Echo Engineering. Echo Engineering теперь принадлежит Progress Group и называется Echo Precast Engineering. В 1965 году Дэвид Додд (David Dodd) из США получил патент на слипформер только с одним бункером, который позволяет отливать плиту в один этап [20]. Он описал это решение как самоходный слипформер экструзионного типа, подходящий для работы с относительно жесткими бетонными смесями. Другой вариант классического слипформера – так называемый флоуформер Tensyland только с одним бункером [21]. Машина использует только собственный вес бетона внутри разливочной машины в сочетании с вибрацией, необходимой для осаждения заполнителей, чтобы бетон проходил в статичную форму.

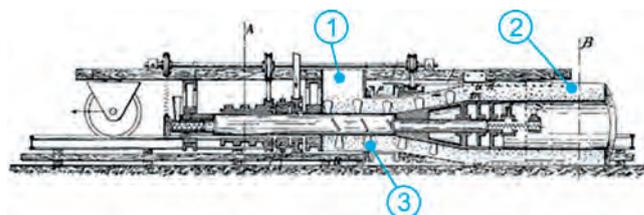


Рис. 10: Машина Ачилле Гайба для производства водопроводных труб [22]; (1) загрузочный бункер, (2) формовочный отсек, (3) ось вращения с прижимными лопастями

Слипформеры использовались для производства пустотных плит глубиной, далеко выходящей за рамки стандарта EN 1168. Итальянская компания Nordimpianti, специализирующаяся на производстве слипформеров с 1974 года, продает машины, способные изготавливать элементы высотой 1 метр.

Экструзия

При использовании технологии экструзии жесткая бетонная смесь вдавливаются с помощью шнеков внутрь формы, где формируется определенный профиль изде-

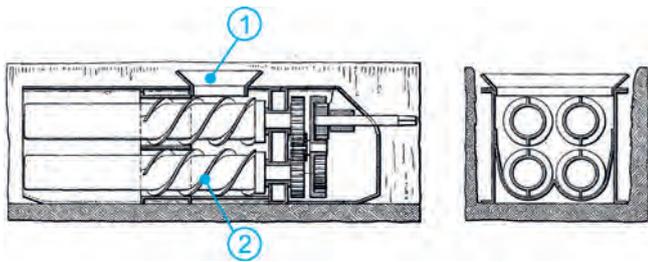


Рис. 11: Установка для непрерывного устройства трубопроводов путем вдавливания бетона в формовочный узел при помощи вращающихся сердечников [23]; (1) загрузочный бункер, (2) сердечники, окруженные винтовыми лопастями

лия. Бетон уплотняется вибрацией в сочетании с давлением. Давление, создаваемое шнеками, приводит к поступательному движению экструдера.

Уже в 1912 году итальянский изобретатель Ачилле Гайба (Achille Gaiba) представил патент на свою машину для непрерывного производства армированных изделий, в которой формование и уплотнение продукта осуществлялось только за счет вдавливания бетонной смеси в формовочную камеру без дальнейшей вибрации [22]. Машина предназначалась для производства водопроводных труб, но, судя по описанию, патент не ограничивается только этим видом изделий. Бетонная смесь, подаваемая из бункера, выталкивается при помощи многолопастного винта к отверстию и далее – в формовочный отсек. Таким образом, бетон подвергается воздействию высокого давления и заполняет форму без дальнейшей вибрации.

Еще один способ уплотнения бетона без вибрации был предложен Джоном Мюрреем (John Murray) в США в 1928 году [23]. Способ и устройство могут быть использованы для непрерывного производства трубопрово-

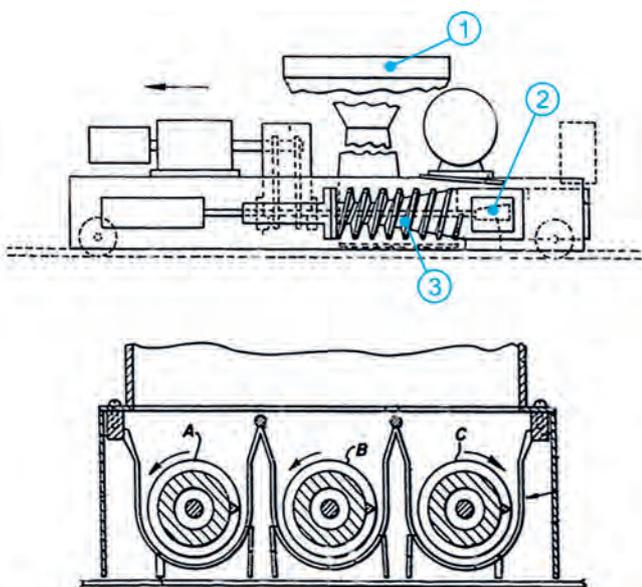


Рис. 12: Экструдер для производства пустотных плит [25]; (1) загрузочный бункер, (2) вибратор внутри шнека, (3) шнек

дов, в которых бетон под давлением подается в перемещаемую по нарастающей форму. Изобретение Мюррея было специально направлено на реализацию подземных трубопроводов, имеющих множество каналов для прокладки электрических кабелей. 40 лет спустя Гленн Бут (Glenn Booth) из Spiroll Corporation ссылался на этот документ в своем патенте 1966 года [25].

Уплотнение за счет высокочастотной вибрации

В июле 1961 года в Канаде компании Ellis and Thorsteinson был выдан патент на машину для производства путотных бетонных элементов методом экструзии [24]. В патенте описан экструдер, представленный как усовершенствованная система наиболее часто используемых в то время процессов, поскольку подразумевал использование форм с пневматическими сердечниками. Метод предусматривает формование бетонных плит с продольным сердечником на выдвижном поддоне путем выдавливания бетонной смеси в формовочную секцию с помощью шнека. Бетон уплотняется с помощью вибратора, расположенного в верхней части формовочной секции. Примерно в то же время другая канадская компания Du-Core также разработала экструдер. В своем патенте 1965 г. [25] Глен Бут (Glen Booth), Spiroll Corporation Canada, заявляет о ряде усовершенствований, описанных в патенте 1961 г. [24]. В частности, это касается включения отдельного ви-

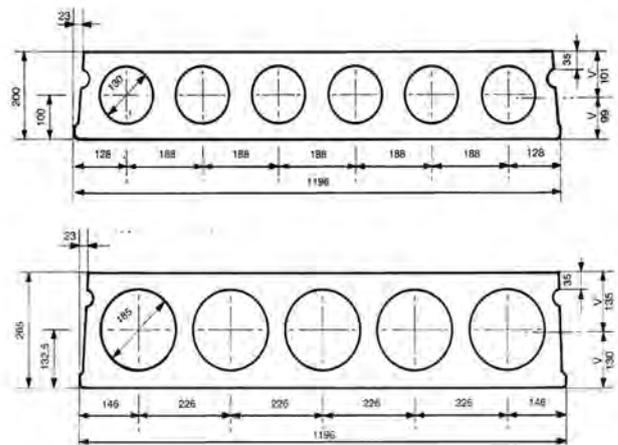


Рис. 13: Поперечные сечения пустотных блоков Spiroll на предприятии Ergon в 1970 г.

брационного узла для каждого шнека, что улучшает характеристики бетонной смеси во время формования изделия, уменьшает образование воздушных пузырей и обеспечивает гладкую поверхность отформованного изделия. Другим усовершенствованием был новый защитный кожух, который частично окружает нижний сегмент каждого из узлов шнека, тем самым способствуя формированию стенок продукта, в частности верхней и боковых стенок. Первые экструдированные блоки имели высоту 200 и 265 мм и ширину 1200 мм. Сердечники имели круглое сечение, а плиты были из обычного бетона плотностью примерно до 2500 кг/м³ и прочностью на сжатие до 60 Н/мм². Некоторые производители сборного железобетона

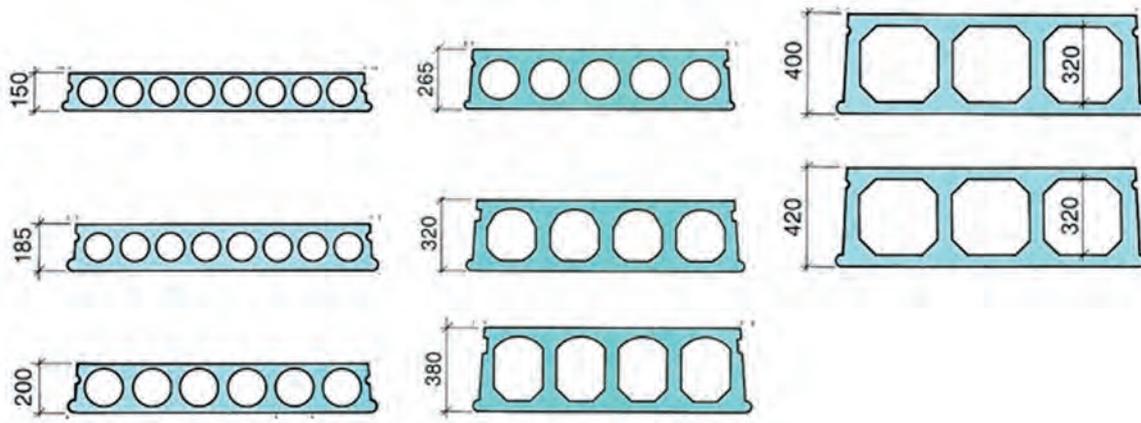


Рис. 14: Экструдированные плиты в Швеции в 1984 г.

также использовали конструкционный легкий бетон для производства пустотных плит. В Бельгии около половины объема продукции Ergon производилось из легкого бетона с плотностью 1800 кг/м^3 и прочностью на сжатие 45 Н/мм^2 . В Италии компания Vibrosud также работала с легким бетоном плотностью 1800 кг/м^3 и прочностью на сжатие до 50 Н/мм^2 .

Первоначально машины Spiroll продавались исключительно на уровне региона, поскольку вне региона необходимо было платить ежегодную пошлину за каждый

квадратный метр изготовленной плиты. В 1969 году в Финляндии частная строительная компания TTV разработала линейку экструдеров Variax для производства предварительно напряженных пустотных элементов. После нескольких слияний и поглощений компания Elematic Engineering Ltd. стала мировым лидером финского рынка в области маркетинга и разработки технологии Variax. Позже в Финляндии были открыты и другие предприятия по производству экструдеров.

В конце 1960-х годов экструдированные пустотные плиты были представлены на шведском рынке, а в последую-

BESSER
Trusted Since 1904



Vibro-Mac® Dry Casting Machine

Responsive. Reliable. Versatile.

+1.989.354.4111 | besser.com | sales@besser.com

щие десятилетия – в Финляндии, Норвегии, Дании, Бельгии, Голландии, Франции, Италии, Испании и других странах. В 1984 году Elematic приобрела компанию Dy-Core, а в 1996 году – компанию Roth.

Сдвиговое уплотнение

Первые экструзионные машины были очень шумными (85 дБ в непосредственной близости от машины). В 1984 году компания Elematic разработала так называемую технологию сдвигового уплотнения, при которой вместо использования высокочастотных вибраторов внутри шнеков бетон стали уплотнять трамбующим движением шнеков и боковых формообразующих бортов. Теперь машины работают значительно тише и обеспечивают хороший профиль изделий. На Рис. 14 показаны типы поперечных сечений предварительно напряженных пустотных плит, произведенных в Швеции в 1984 году.

Заключение

Сборные железобетонные пустотные плиты перекрытия пользуются большим спросом во многих странах. Они имеют целый ряд преимуществ: конструктивная эффективность, большие пролеты до более чем 20 м в сочетании с меньшей конструктивной высотой, экономия сырья и энергоресурсов, меньший объем производственных отходов, автоматическое производство. В ближайшие десятилетия страны Западной Европы столкнутся с проблемой нехватки рабочей силы и сырья, вынужденной экономией энергии как для производства, так и для отопления / охлаждения зданий. Также необходимо будет перейти на более экологичные методы строительства. Конкуренция и социальная среда вынуждают отрасль постоянно стремиться к повышению эффективности и качества условий труда за счет разработки инновационных продуктов, систем и процессов. В этом контексте пустотные ж/б конструкции являются оптимальным решением. Ожидается, что система производства этих продуктов будет развиваться и дальше за счет внедрения более сложных технологий гражданского строительства. ■

О статье

Арнольд Ван Акер (1936 - 2019) посвятил свою карьеру исследованиям и разработке сборных железобетонных изделий и конструкций. Он был страстным сторонником сборного железобетона. Арнольд уделял много внимания распространению знаний и многократно принимал участие в конференциях ICCX в качестве спикера. Он также написал немало статей в журнал CPI. Одна статья осталась незавершенной на его столе, когда он скончался в 2019 году, - «История пустотных плит». Штеф Маас закончил статью, не затрагивая ее исходную структуру и содержание.

История железобетонных плит перекрытия

Настоящая статья не претендует на завершенность, но это прекрасное начало для возможной серии статей, рассказывающих об опыте людей, связанных с индустрией производства железобетонных плит перекрытия. Если у вас есть дополнительная информация (патенты, статьи, изображения, интервью и пр.) о производстве и использовании железобетонных плит перекрытия и производственном оборудовании, вы можете отправить материалы на электронную почту h.karutz@cpi-worldwide.com или stef.maas@febe.be.

Ссылки

- [1] Precast Concrete Products - Hollow Core Slabs, NBN EN 1168: 2005 + A3:2011, 2011
- [2] B. Della Bella, „ Innovative precast technology for tunnelling with prestressed precast concrete slabs”, Archives of CPI, no. 5, pp. 176-180, 2017
- [3] W. Siegler [Germany], “Plafond en ciment armé sans enduit”, France Patent FR365548A, Sep. 10, 1906
- [4] A. Martens [Belgium], “Planchers, poutres et plafonds en béton armé, placés sans échafaudages”, France Patent FR468929A, Jul. 20, 1914
- [5] N. Molotiloff [Russia], “Detachable Reinforced Concrete Flooring”, Great-Britain Patent GB191513497A, Apr. 13, 1916
- [6] S. Moysse [Belgium], “Improvements in Reinforced Concrete Beams, Floors, Walls and the like”, Great-Britain Patent GB120394A, Oct. 2, 1919
- [7] F.C.C. Rings [GB], “Improvements in reinforced concrete beam floors”, Great-Britain Patent GB156973A, Jan. 20, 1921
- [8] E. Chaumeny [France], “Plancher en ciment armé”, France Patent FR618750A, Mar. 18, 1927
- [9] Société Des Applications Mécaniques Du Ciment Armé, “Poutres en béton armé et dispositif d'assemblage de ces poutres entre elles pour former un ensemble monolithe”, France Patent FR619622A, Apr. 6, 1927
- [10] J. Heyneman [Belgium], “Plancher en béton armé”, France Patent FR681074A, May 9, 1930
- [11] W. Cobi [USA], “Collapsible core”, United States Patent US2170188A, Aug 22, 1939
- [12] C. Lethbridge [Ireland], “Improvements in and relating to the construction of reinforced concrete floor members, beams, and the like”, UK Patent GB521785A, May 30, 1940
- [13] A. Durant [France], “Planchers pour bâtiments et leurs procédés de réalisation”, France Patent FR1005129A, Mar. 20, 1952
- [14] W. Schäfer [Germany], “Vorrichtung zum Herstellen von Betonplatten aller Art”, Germany Patent DE581572C, Sep. 16, 1933
- [15] W. Schäfer [Germany], “Plattendecke aus großformatigen Hohlplatten”, Germany Patent DE813198C, Sep. 10, 1951
- [16] Wacker Gebrüder [Germany], “Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Formstücken aus Beton und ähnlichen Massen”, Germany Patent DE859724C, Dec. 15, 1952
- [17] M. Gessner [Germany], “Verdichtungsgerät zum Herstellen von vorgespannten Trägern oder Bauelementen aus Stahlbeton”, Germany Patent DE1008180B, May 9, 1957
- [18] H. Geiger [Germany], “Gleitschalung zum Herstellen von Betonträgern mit vorgespannten Stahldrähten”, Germany Patent DE1084186B, Jun. 23, 1960
- [19] W. Roth [Germany], “Concrete making machine”, United States Patent US3177552A, Apr. 13, 1965
- [20] D. H. Dodd [US], “Conduit forming apparatus and process: Method of forming concrete articles and slip forming machine therefor”, United States Patent US3200177A, Aug. 10, 1965
- [21] Prensoland sa, “100.000 m² of hollowcore slabs produced with flow former machines”, Archives of CPI, no. 3, pp. 236-237, 2017
- [22] A. Gaiba [Italy], “Machine pour construire des corps longs, tels que tuyaux, poteaux, etc., en matériaux à l'état pâteux, et pour les armer avec des fils métalliques”, France Patent FR449553A, Mar. 3, 1913
- [23] J. Murray [US], “Conduit forming apparatus and process”, United States Patent US1887244A, Nov. 8, 1932
- [24] F.G. Ellis, M.A. Thorsteinson, “machine for extruding hollow cored concrete sections”, Canada Patent CA623476A, Jul. 11, 1961
- [25] G. Booth [Canada], “A machine for extruding a hollow cored concrete product”, Great-Britain Patent GB994578A, Jun. 10, 1965