

Безопалубочное формование ЖБК и его развитие в Республике Беларусь

Булавко Д. М., Иванцова Е. И.

Научный руководитель Шилов А. Е.

Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь

Введение

Агрегатно-поточную и конвейерную технологию настила сегодня можно встретить в основном в странах постсоветского пространства. Западные предприятия в подавляющем большинстве используют непрерывное безопалубочное формование – технологию, изобретенную в Советском Союзе и известную как «комбайн-настил».

Суть технологии безопалубочного формования в том, что изделия формируются на подогреваемом металлическом полу и армируются предварительно напряженной высокопрочной проволокой. Формующая машина перемещается по рельсам, оставляя за собой непрерывную ленту формованного железобетона, которую накрывают теплоизоляционным материалом, подогревают в течение 12–16 часов и разрезают на отрезки нужной длины.

Безопалубочное формование плит пустотного настила и других железобетонных изделий постепенно вытесняет агрегатно-поточную, конвейерную и другие устаревшие технологии.

Преимущества плит безопалубочного формования перед плитами, изготовленными по агрегатно-поточной или конвейерной технологии:

1. Возможность поставки плит шириной 1,2 м, а также 1,5 м, высотой сечения 220 мм и длиной от 1 300 до 12 000 мм с градацией 0,1 м с расчетной нагрузкой без собственного веса от 400 до 2400 кг/м².

2. Технология позволяет производить распил плит любой длины, в том числе и под углом, благодаря чему становится возможным более свободное проектирование внутреннего пространства здания и воплощение сложных фасадных и объемно-планировочных решений.

3. Безопалубочный способ дает идеально ровную поверхность и точную геометрическую форму.

Технологии безопалубочного формования

Современный этап внедрения технологии непрерывного безопалубочного формования начался в девяностые годы прошлого века. В те годы технология непрерывного безопалубочного формования железобетонных изделий на длинных стендах активно развивалась в Западной Европе. Она росла тремя корнями: финским, немецким и испанским.

В Финляндии получили распространение *экструдеры*. Формующая машина экструзионного типа работает следующим образом: бетонная смесь шнеками выдавливается через формообразующую оснастку, и формующая машина движется по рельсам, отталкиваясь от готового изделия. Пустотные плиты получаются хорошие, но высоки требования к качеству инертных заполнителей, а номенклатура изделий ограничена. Экструдеры производят не только в Финляндии (Elematic Oy Ab), но и в Англии (Spiroll Precast Services Ltd), Канаде (UltraSpan Technologies Inc), Италии (Weiler Italia S.r.l. (WITECH), Nordimpianti System S.r.l.).

Экструдером можно формировать только те изделия, которые занимают всю формовочную дорожку (например, плиты пустотного настила). Чем меньше площадь поперечного сечения изделия, тем больше вероятность его деформации при экструзии.

В Германии, Бельгии и других странах Центральной Европы конструкторская мысль шла другим путем. Здесь производятся машины послойного формования, или *«слипформеры»*. Они напоминают формующие машины, изобретенные в Советском Союзе. В первых советских «бетонирующих комбайнах» формование также осуществлялось послойно.

Слипформер – наименее удачный вариант формующей машины. Его механическая система сложна и нуждается в обслуживании, которое трудно наладить. Но главный недостаток слипформера – ограниченная номенклатура изделий.

Сегодня слипформеры для безопалубочного формования железобетона производят в Бельгии (Echo Precast Engineering N.V.), Германии (Weiler GmbH), Италии (Weiler Italia S.r.l., Nordimpianti System S.r.l.). Первые, еще не совершенные копии слипформеров появились в Китае.

В Испании были созданы *виброформующие машины* для непрерывного формования железобетона на длинных стендах.

Практика показала, что это направление – самое перспективное. Главные достоинства виброформирующих машин – простота, надежность и неограниченная номенклатура изделий.

На рис. 1. – слипформер (вверху) и виброформирующая машина. Отдельно показаны те части обеих формирующих машин, от которых зависит форма изделия. Нагляднее нельзя показать, насколько виброформирующая машина проще слипформера.



Машина послойного формования (слипформер) и его сменяемая часть (справа), которая заменяется и наладывается при переходе от одного изделия к другому в течение рабочей смены.



Виброформирующая машина и её пресс-форма. Если нужно выпускать другое изделие, замена пресс-формы занимает 20 – 30 минут.

Рис. 1. Слипформер и виброформирующая машина

Сегодня экструзия и послойное формование слипформером практически остановились в своем развитии. А виброформование продолжает совершенствоваться.

Прогресс, достигнутый в технологии виброформования, закономерно привел к росту ее популярности. Главные аргументы в пользу виброформирующих машин – надежность, простота обслуживания и практически неограниченная номенклатура изделий.

Когда на одной и той же технологической линии можно производить десятки различных изделий, возникает экономическая устойчивость. Завод перестает зависеть от капризов рынка и получает возможность оперативно и гибко реагировать на запросы

потребителей. Количество разных изделий, которые можно изготавливать одной и той же виброформирующей машиной, достигло 50 и продолжает расти.

Выбор технологии и оборудования

Сравним по различным критериям виброформование, послойное формование слипформером и экструзию.

По номенклатуре изделий виброформование вне конкуренции. Этим способом можно производить любые изделия постоянного сечения. Формообразующая оснастка заменяется за 20–30 минут. Это в 10 раз быстрее, чем в слипформере. Цена формообразующей оснастки при виброформовании в 6–12 раз меньше, чем в слипформере.

Что же касается экструдера, то это оборудование хорошее, но не годится для широкой номенклатуры изделий. Оно предназначено только для производства изделий, занимающих всю ширину формовочной дорожки. Методом экструзии нельзя изготовить балки, сваи, ригели, перемычки, столбы и т. п. Обычно технологическую линию с экструдером приобретает тот, кто планирует производить только плиты пустотного настила.

По требовательности к качеству сырья виброформование – самая неприхотливая технология.

По надежности оборудования и простоте обслуживания экструзия была бы лучшей технологией производства плит, если бы не износ шнеков и необходимость их частой замены. Поэтому на первом месте – виброформование, особенно после изобретения нового вибрблока, который вообще не ломается. Последнее место занимают самые сложные машины – слипформеры. Они отличаются сложностью механической системы и требуют высококвалифицированного обслуживания.

Эксплуатационные затраты при применении экструдера самые высокие. Слипформеры и виброформирующие машины по эксплуатационным затратам близки. Но виброформование проще послойного формования. Поэтому затраты при эксплуатации виброформирующих машин ниже, чем при использовании слипформеров.

Цена технологического оборудования в Европе увеличивается по географическому признаку, с юго-запада к северо-востоку. Поэтому, как правило, на Пиренейском полуострове самое дешевое оборудование, а в Скандинавии – самое дорогое. В Испании самое

дешевое оборудование. И так уж получилось, что в этом оборудовании применен наилучший метод непрерывного безопалубочного формования – виброформование.

Теперь рассмотрим оборудование технологической линии для непрерывного безопалубочного формования железобетона на длинном стенде. Состав основного комплекта оборудования показан на рис. 2.

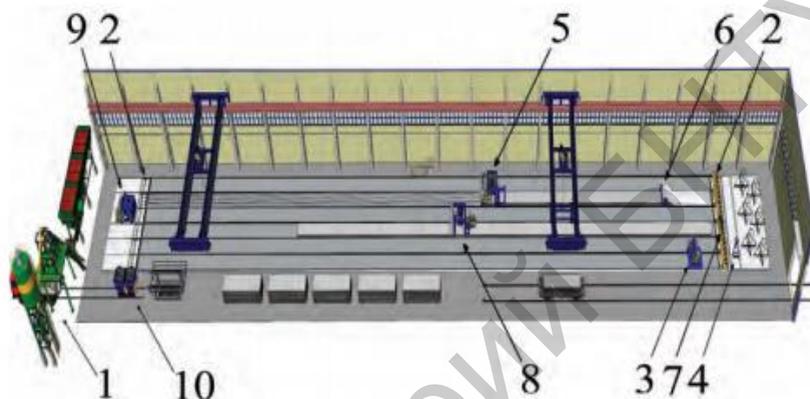


Рис. 2. Состав оборудования технологической линии для непрерывного безопалубочного формования железобетона на длинном стенде.

- 1 – бетономесительный узел; 2 – опорные конструкции для фиксации и натяжения арматурной проволоки; 3 – машина для раскладки арматурной проволоки; 4 – гидравлический натяжитель для предварительного напряжения арматурной проволоки; 5 – виброформирующая машина; 6 – тележка для раскладки защитного покрытия (после формования, перед началом тепловлажностной обработки); 7 – гидравлическое устройство для снятия напряжения с арматурной проволоки (после тепловлажностной обработки, перед разрезанием изделий); 8 – резательная машина для разрезания изделий на отрезки нужной длины; 9 – очистная машина для очистки формовочной дорожки от остатков бетонной смеси и подготовки ее к следующему циклу формования; 10 – бадья для доставки бетонной смеси в бункер формирующей машины.

Кроме того, в комплект оборудования входят:

- рельсы, листы металлопокрытия дорожек и другие металлические детали для монтажа стенда;
- металлопластиковые трубки, пульт управления и другие детали системы подогрева дорожек;
- захваты для транспортировки машин и готовых изделий;

– формообразующая оснастка (пресс-формы) для производства различных изделий;

– насос высокого давления для промывки бункера формующей машины и пресс-формы;

– тележки для подачи бетона и вывоза готовой продукции.

Имеется дополнительное оборудование, которое приобретают, как правило, крупные предприятия. Это система автоматической адресной подачи бетонной смеси, заглаживающее и маркирующее устройство, машина для транспортировки готовых изделий на склад, формующая машина – «несушка» для производства вибропрессованных бетонных блоков и других мелкоштучных изделий.

Формующая машина – самый важный и дорогой агрегат технологической линии. Формующие машины различают по следующим признакам:

– способ формования (виброформование или экструзия или по-слойное формование слипформером);

– максимальная высота изделий (300, 400, 500, 600 мм);

– максимальная ширина изделий (1200, 1500, 2000 мм).

В виброформующих машинах нового поколения три вибратора с новой системой охлаждения, шаг армирования 120 мм, вариатор для настройки поля вибрации, фаскообразователи на пресс-формах и другие новшества.

Номенклатура изделий

Номенклатура изделий, производимых на линии непрерывного безопалубочного виброформования, разнообразна: плиты пустотного настила, ребристые плиты, балки, ригели, перемычки, сваи, дорожные плиты, лотки и многое другое. Всего – более 50 разных изделий.

Первоначально технология непрерывного безопалубочного формования была придумана для массового производства плит пустотного настила. И по сей день пустотные плиты высотой 220 мм – основной вид продукции. Но возможности этой технологии значительно шире. На длинном стенде можно изготавливать любые изделия, имеющие постоянное сечение по всей длине (рис. 3.).



Рис. 3. Номенклатура изделий

Основные ограничения – высота и ширина изделия. На сегодняшний день минимальная высота изделия при виброформовании – 60 мм. В зависимости от выбранного типа оборудования, максимальная высота изделия составляет 300, 400, 500 или 600 мм, а максимальная ширина – 1200, 1500 или 2000 мм.

При строительстве современных зданий применяют плиты пустотного настила различной длины и формы. В том числе – обрешеченные под углом. Такие плиты можно производить на длинном стенде, если купить резательную машину с вращающейся режущей головкой.

Развитие безопалубочного формования в Республике Беларусь

Первая современная линия безопалубочного формования производства Weiler Italia летом 2007 года была введена в эксплуатацию в ОАО «Завод железобетонных конструкций» в Молодечно.

Индустрия сборного железобетона, созданная в свое время в Беларуси, позволяла вводить большие объемы жилищного и промышленного строительства. Сегодня требования к жилью изменились, а производство железобетонных изделий и конструкций до сих пор остается на уровне середины прошлого века.

Молодечненский завод железобетонных конструкций сделал выбор в пользу итальянской линии безопалубочного формования с пустообразователями и вибрацией. Открытое акционерное общество заключило контракт на поставку оборудования стоимостью свыше миллиона евро с Weiler Italia в августе 2006 г. Зимой оно было отгружено, монтаж линии, включая реконструкцию цеха, заливку фундамента, начат в марте, а 1 июня получены пробные образцы.

Длина сплошного полотна плиты 85 м. Скорость формовочной машины (от 1 до 3 м/мин.) обеспечивает суточную производительность до 45 м³. Линию обслуживают 8–10 человек.

В 2008 году в ОАО «Гомельжелезобетон» проведена масштабная реконструкция производства плит пустотного настила с переходом на инновационную технологию безопалубочного формования как наиболее энергосберегающую с установкой новой технологической линии «Weiler Italia». Реализация проекта позволила увеличить на реконструируемых площадях выпуск плит пустотного настила и на 5 % сократить потребление энергоресурсов.



Рис. 4 – Формовочный цех ОАО «Гомельжелезобетон»

Плиты безопалубочного формования названы продукцией – победителем Республиканского конкурса «Лучший строительный продукт года – 2009» в номинации «Лучший строительный материал (изделие) года». Так же данная продукция была признана победителем Республиканского конкурса «На лучшее достижение в строительной отрасли Республики Беларусь за 2009 г.» в номинации «Продукт года».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопалубочное формование железобетона. В.В. Уткин, В.Л. Уткин, Л.В. Уткин. – М.: Издательство ООО «Папирус», 2015. – 226 с.
2. http://www.znk.by/arhiv/03_04_10/gom_zhelezobeton.html.
3. <https://ais.by/story/1294>.

УДК 69:658.53

Перспективы применения композитных профилей в строительной отрасли Республики Беларусь

Гриб Д. С., Сакова К. И.

Научный руководитель Хотько А. А.

Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь

Для производства профилей из композитных материалов применяется пултрузия. Пултрузия представляет собой технологический процесс производства композитных профилей различных сечений путем протягивания стекловолоконных нитей, пропитанных полиэфирной смолой, через нагретую до 130–150°C формообразующую фильеру. На выходе получается полностью сформированный профиль заданной конфигурации сложной геометрической формы с большой точностью размеров и с высочайшими антикоррозионными и прочностными характеристиками. В композит можно заложить определенные характеристики (к примеру: огнестойкости, различные физико–механические свойства, электрические и т. д.).

Пултрузионные композитные профили обладают целым рядом существенных преимуществ в сравнении с металлическими аналогами. Основными из них являются:

- малый удельный вес. Удельный вес стеклопластика — от 0.4 до 2.0 г/см³ (средний – 1,1 г/см³);
- высокие механические свойства. При небольшом удельном весе стеклокомпозиты обладают высокими физико-механическими характеристиками;
- диэлектрические свойства;
- высокая коррозионная стойкость;