

Дисциплина «Технология бетона 2»

Тема лекции №6 Уплотнение бетонных смесей. Способы  
формования: стендовый способ ( 2 ч.)

{ Акад проф. Колесникова И.В.

## Формование:

- - установка арматуры в формы
- - укладка бетонной смеси в форму
- - уплотнение
- - твердение смеси

## Формование обеспечивает:

- заданную форму и размеры
- однородное строение бетона по сечению изделий
- требуемое расположение арматуры,
- получение лицевых поверхностей

## Продолжительность формования определяет :

- общую длительность технологического процесса
- экономику производства

## Определяет:

- ❖ выбор способа формования
- ❖ технологию проведения других операций
- ❖ метод изготовления изделия

## Уплотнение бетонной смеси

в различных способах формования обеспечивается посредством:

- снижения вязкости бетонной смеси, удаления газовой фазы
- водоотделения и удаления излишней воды

Недоуплотнение

Переуплотнение

неэффективное  
уменьшение газовой  
фазы

водоотделение

воздухововлечение

расслоение

Способы уплотнения бетонной смеси / СРС/

вибрационные

безвибрационные

виброштампование

вибрирование

роликовое уплотнение

литьевой

вибропрессование

набивной

центрифугирование

вибрирование с пригрузом

вакуумирование

гидропрессование

электроосмос

штампование

прессование

## Показатели эффективности уплотнения:

- ❖ - коэффициент уплотнения - отношение фактической плотности к расчетной, 0,98 -1.
- ❖ - частота колебания/ амплитуда (А) (увеличивается при увеличении жесткости)

Частота колебаний, кол/мин	Бетон на портландцементе с подвижностью, см			Бетон на пуццолановом портландцементе при подвижности 4...6 см
	0 ... 1	1 ... 4	4 ...6	
3000	0,13	0,10	0,07	0,19
4500	0,12	0,09	0,06	0,16
6000	0,11	0,08	0,05	0,12

## Характеристика способов уплотнения

Способ уплотнения	Характеристика смеси	Эффективность
Низкочастотное вибрирование, в том числе с асинхронным видом колебаний	подвижные жесткие	экономия энергии, уменьшение опасности вибрационного воздействия на рабочих понижение воздухоовлечения возможность получения изделий с гладкой лицевой поверхностью
ударный	подвижные жесткие	экономия энергии, уменьшение опасности вибрационного воздействия на рабочих понижение воздухоовлечения
набивной	бетонные смеси с низким водосодержанием и водоцементными отношениями	достижение требуемых характеристик уплотнения
роlikовое уплотнение	жесткие бетонные смеси (в основном, при производстве труб)	достижение требуемых характеристик уплотнения
центрифугирование, вакуумирование, гидропрессование, электроосмос	цилиндрические и др. виды изделий	значительное снижение капиллярной пористости за счет уплотнения с удалением излишней формовочной воды

Способы организации процесса формования : агрегатно-поточный, конвейерный и  
стендовый

## Стендовая технология

### Параметры эффективного применения

технологические	номенклатура
<ul style="list-style-type: none"><li>• габариты и масса конструкций превышают размеры и грузоподъемность виброплощадок и мостовых кранов</li><li>• толщина изделий и способ армирования не позволяют уплотнять изделия на виброплощадке и применяются глубинные вибраторы</li><li>• применение быстротвердеющих цементов высоких марок и ускорителей твердения бетона</li></ul>	широкая номенклатура изделий, в т.ч. предварительно напряженные конструкции: балки, плиты перекрытия, сваи, стеновые панели, лестничные марши, лифтовые шахты, секции коллекторов, подкрановые балки, полигональные фермы и т. д.

## Основные признаки стандового способа

- весь процесс производства осуществляется в неподвижных формах или на специальных стандах;
- изделия в процессе обработки остаются неподвижными, а рабочее и технологическое оборудование перемещается от одной формы к другой;
- за каждым стандом или формой закрепляется одно или несколько технологически однородных изделий

### Основа классификации разновидностей стандового производства:

- число типоразмеров изделий, закрепленных за стандом;
- способ расположения конструкций на станде; конструктивные особенности стандовой установки;
- длительность производственного цикла.

### По числу закрепленных типоразмеров различают:

- специализированные (кассеты для изготовления лестничных маршей и площадок. станды для производства подкрановых балок, полигональных ферм и т. д.)
- универсальные (изготовление различных технологически однородных изделий)



## **Изделия формуют:**

вертикально

горизонтально

поштучно

пакетами

**Стационарные установки** - металлические формы, железобетонные и бетонные формы-матрицы с гладкой шлифованной поверхностью

**Разборные формы** - металлические и железобетонные формы в виде групповых кассет и форм-стендов

**Цикл производства изделий: 1-2 суток**

## Виды технологической оснастки стендового способа

Различают :

**По расположению:** стенды- формы лотковые и напольные

**По способу армирования:** пакетные, протяжные

Технологическая оснастка	Номенклатура изделий
<p>Короткие стенды (одноярусные, многоярусные): формы стационарные металлические и железобетонные</p> <p>металлические и железобетонные разборные и неразборные формы</p> <p>силовые формы</p> <p>групповые формы-стенды, собранные в пакеты значительной протяженности, <b>кассеты</b></p> <p>бетонные стенды с отшлифованной поверхностью</p>	<p>криволинейные и плоские крупногабаритные тонкостенные конструкции</p> <p>напряженно-армированные балки, ребристые плиты, шпалы и т. д.</p> <p>разнотипные крупногабаритные конструкции с обычным и предварительно напряженным армированием</p>
<p>длинные стенды (одноярусные, многоярусные)</p>	<p>длинномерные линейные изделия с напряженным армированием</p>

## Короткие стенды

### Основное технологическое оборудование:

- БСУ , бетонораздатчики , бетоноукладчики\*\*, (опции: заглаживатели поверхности, затирочные машины)
- формовочно-пропарочные стенды (опция : магнитная оснастка), в т.ч. полигонные
- Поворотные столы
- Силовые стальные формы
- Железобетонные матрицы

### Тепловая обработка:

- контактный и конвективный прогрев бетона, уложенного в теплоизолированные формы с помощью различных теплоносителей: пара, горячей воды, разогретого масла, электричества
- комбинированные способы прогрева
- применение в опытном порядке гелиотехнологий с использованием светотеплоизолирующих покрытий, промежуточных теплоносителей и теплоаккумулирующих веществ при условии исключения высушивания бетона.
- Грузоподъемное оборудование

## бетонораздатчики , бетоноукладчики\*\* :

оборудование, выполняющее только функции приема и раздачи бетонной смеси на формовочных постах, получило название **бетонораздатчиков**, оборудование, выполняющее наряду с приемом и раздачей распределение, — **бетоноукладчиков**

- Для подачи смеси от бетоносмесительных установок (БСУ) к зонам раздачи и формовочным постам;
- для раздачи смеси на формовочных постах;
- для раздачи и распределения смеси на формовочных постах;
- для раздачи, распределения и разравнивания смеси на формовочных постах;
- для раздачи, распределения, разравнивания и уплотнения смеси на формовочных постах.

Обязательные элементы бетоноукладчика : расходный бункер и рабочие органы, монтируемые на рамной конструкции

## Классифицируют бетоноукладчики и бетонораздатчики по следующим признакам:

- по назначению — на специальные и универсальные;
- по принципу действия — на механические и пневматические;
- по принципу установки — на стационарные и передвижные;
- по способу установки — на наземные и подвесные;
- по способу транспортирования смеси — с порционным и непрерывным транспортированием;
- по способу дозирования — с объемным, весовым и объемно-весовым дозированием;
- по направлению движения относительно расположения форм — с продольным, поперечным и круговым движением;
- по наличию привода передвижения — на самоходные, прицепные и передвижные;
- по способу управления — с ручным, дистанционным, автоматическим и смешанным управлением;
- по виду привода передвижения и рабочих органов — с механическим, гидравлическим, пневматическим, электрическим, электромагнитным приводом;
- по типу установки бункера — с неподвижным, подвижным, поворотным, опрокидным и съёмным бункером;

- по числу бункеров — на одно- и многобункерные;
- по типу затвора бункера — с шиберным, секторным, челюстным, ленточным, клапанным затвором;
- по типу питателя — с ленточным, барабанным, винтовым, вибрлотковым, ложковым, виброконусным питателем;
- по типу распределительного рабочего органа — с шнековым, плужко-вым, вибрлотковым, виброконусным с поворотной воронкой, гребеночным рабочим органом;
- по типу распределяющего, уплотняющего и разравнивающего рабочего органа — с вибронасадком, виброшаблоном, ленточно-роликовым, поперечно-роликовым, центробежным, вибропротяжным рабочим органом, с калибрующим роликом, с виброворонкой, с виброрешеткой, с виброворонкой с глубинными вибраторами; с вибробрусом, подвижной рейкой, подвижной лентой;
- по типу подвески рабочего органа — с нормальной и консольной подвеской; – по положению рабочих органов — с регулируемым, нерегулируемым, стационарным и подъемно-опускным положением рабочих органов

Бетоноукладчик для  
ригеля



Бетоноукладчик на универсальном  
стенде



Бетонораздатчик  
фирмы Weckenmann.  
В дополнительную  
Комплектацию  
бетонораздатчика входит  
выравнивающая рейка  
с вибраторами с частотной  
регулировкой, приспособления  
для техники безопасности.  
Может входить эргономично  
смонтированное сиденье оператора



## Метод использования индивидуальных «столов-подъемников»

Основан на формировании изделий на неподвижных столах, прогреве с помощью механизма подъема-вертикального съема изделий

«Стол-подъемник» представляет собой двухслойную (с внутренней пустотой для прогрева) металлическую плиту размером 12х4 метра, служащую для формирования плоскостных и вертикальных ж / б элементов. При помощи модульных гидроцилиндров плита поднимается в вертикальное положение, и изделие снимается вертикально. С одной стороны, функции опалубки на этой плите выполняет металлический борт, а с другой — монтируется к нему бортоснастка из ламинированной фанеры



# Наклоняемые вибростолы для производства железобетонных изделий

Основным видом оборудования на любом производстве сборных железобетонных конструкций являются формовочные столы.

На столах может изготавливаться широкая гамма железобетонных элементов:

- трехслойные наружные стеновые панели;
- внутренние стеновые панели;
- сваи;
- колонны;
- ригеля;
- плоские плиты перекрытий;
- блоки ФБС;
- диафрагмы жесткости;
- лестничные марши;
- элементы лифтовых шахт и т.д.

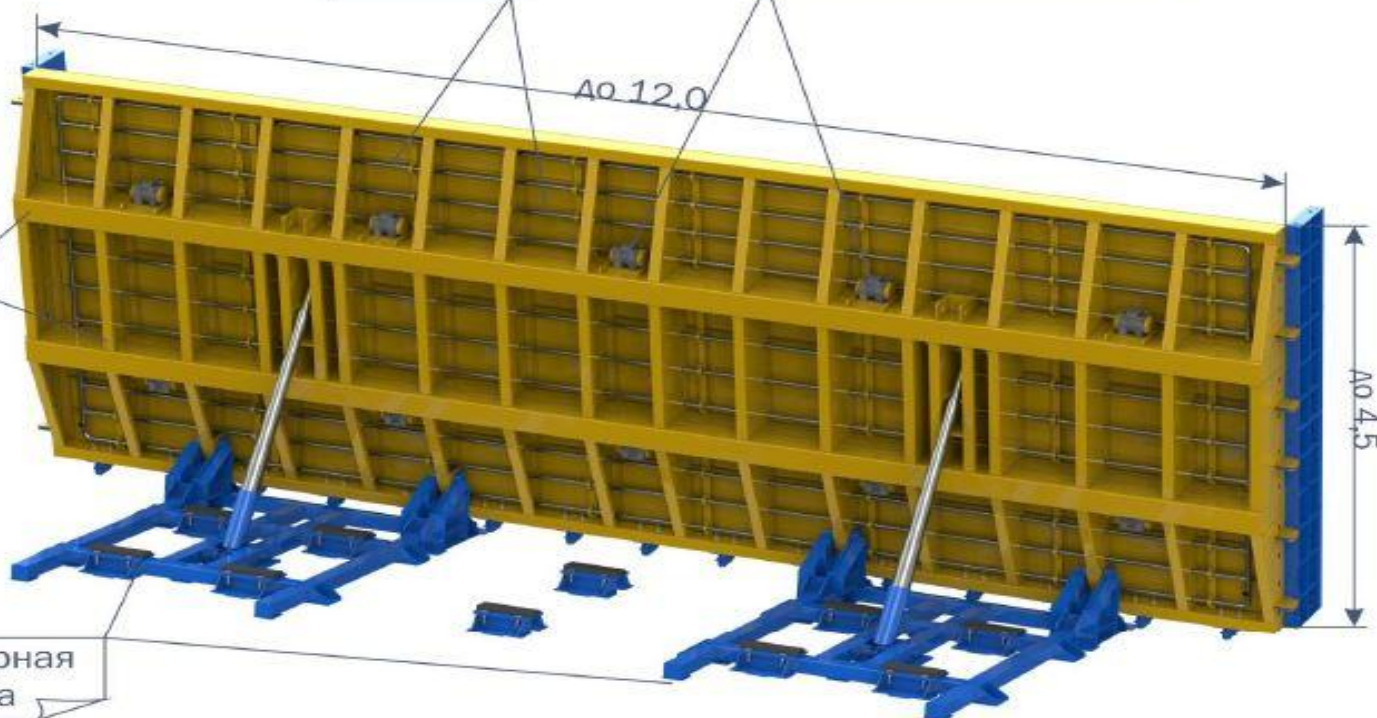


Наружный вибратор  
Wacker Neusen

Система  
обогрева

Жесткий каркас  
стола

Шарнирная  
рама





Установка опалубки

Установка арматурного каркаса





Готовая опалубка.

Укладка бетона.





ати́рная машина «верхнего» слоя  
(опция)

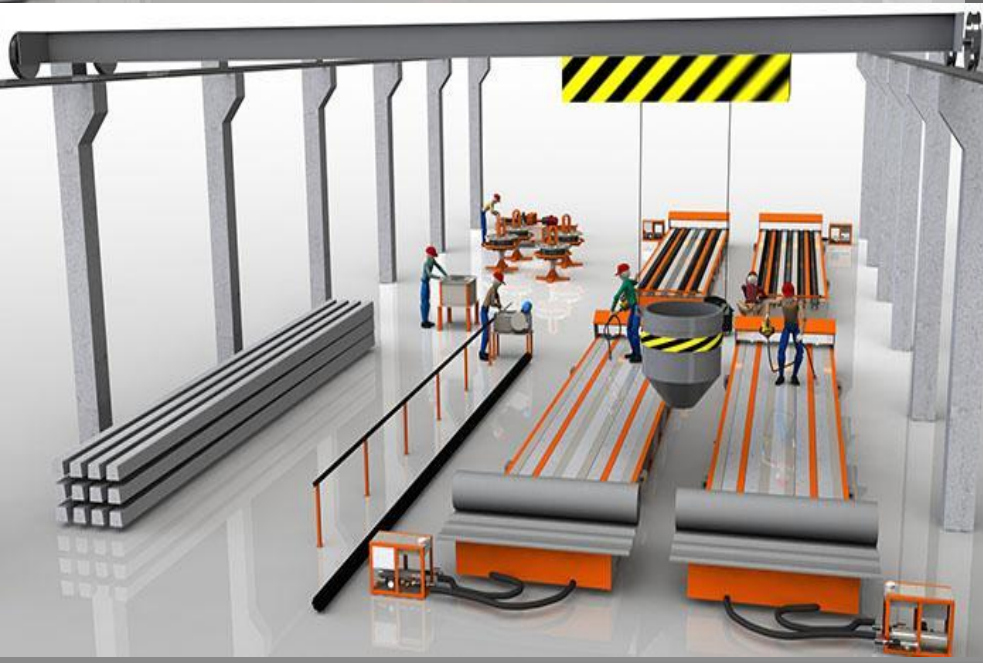
Распалубленное изделие после  
прогрева



Изделия на складе готовой  
продукции



Съём готового изделия.



**Металлоформа для опор СВ, СНВ, С** предназначена для изготовления железобетонных стоек. Форма для опор СВ, СНВ, С выполнена из усиленного поддона, с расположенными на нём металлическими лотками и упорами, для фиксации натянутой арматуры. На торцовых стенках металлоформы опор СВ, СНВ, С установлены отбойники, которые обеспечивают безопасность от «выстрела» арматуры. В лотках на торцевых местах устанавливаются диафрагмы для определения длины готового изделия, так как лотки установлены от упора до упора, тем самым обеспечивается жесткость конструкции металлоформы стоек СВ, СНВ, С. Встраивается водяной или паровой регистр, который служит для прогрева бетонной массы в опалубке металлоформы стоек СВ, СНВ, С. Железобетонные стойки для опор воздушных ЛЭП, изготовленные в формах формах будут иметь закругления углов продольных граней радиусом в 20 мм.

Универсальные станды  
аэродромных и дорожных плит  
ПДН/ПАГ-14 и ПАГ-18.  
Универсальные автономные  
формовочно-пропарочные станды.

Универсальный автономный формовочно-пропарочный станд ПДН/ПАГ-14/18 – стационарный формовочный станд, с герметичной системой автоматического четырехзонного электропрогрева, с датчиками контроля температуры и автоматикой управления (плавный прогрев - управляется процессором, запрограммированный на выполнение команд : 2-х часовая выдержка стабилизации бетона и равномерный почасовой набор температуры). АФС ПДН/ПАГ-14/18 оснащен технологическим окном для отслеживания процесса созревания бетона визуально и по приборам (молоток "Шмидта"), с автономной системой виброуплотнения бетонной смеси (12 амортизаторов, 6 вибраторов, автоматика), монтируется в цеху, ангаре, на открытой площадке на металлические опоры, которые анкерятся в основание. Позволяет производить преднапряженные аэродромные и дорожные плиты быстро, качественно и в любом месте. Прогрев бетонного полотна равномерный.



# Металлоформы пустотных плит перекрытия. Автономные формовочно-пропарочные стенды для производства пустотных плит перекрытия





## Безопалубочное формование. Длинные стенды

В настоящее время наибольшее распространение получили следующие способы:

1. Экструзия (Финляндия, Италия, Великобритания, Канада, КНР);
1. Экструзия, совмещенная с вибрацией (Германия),
3. Сплитформование (многослойное формование):
  - а) виброформование, совмещенное с трамбованием (Германия, Италия);
  - б) виброформование, совмещенное с одновременными горизонтальными возвратно-поступательными движениями пустотообразователей и боковой опалубки (Бельгия),
4. Трамбование (США)
5. Виброформование «в один прием» (Испания, Россия, КНР).

Предпочтение в выборе вида технологии обусловлено двумя факторами:

- наличием изготовителей технологического оборудования;
- качественными показателями имеющихся инертных материалов

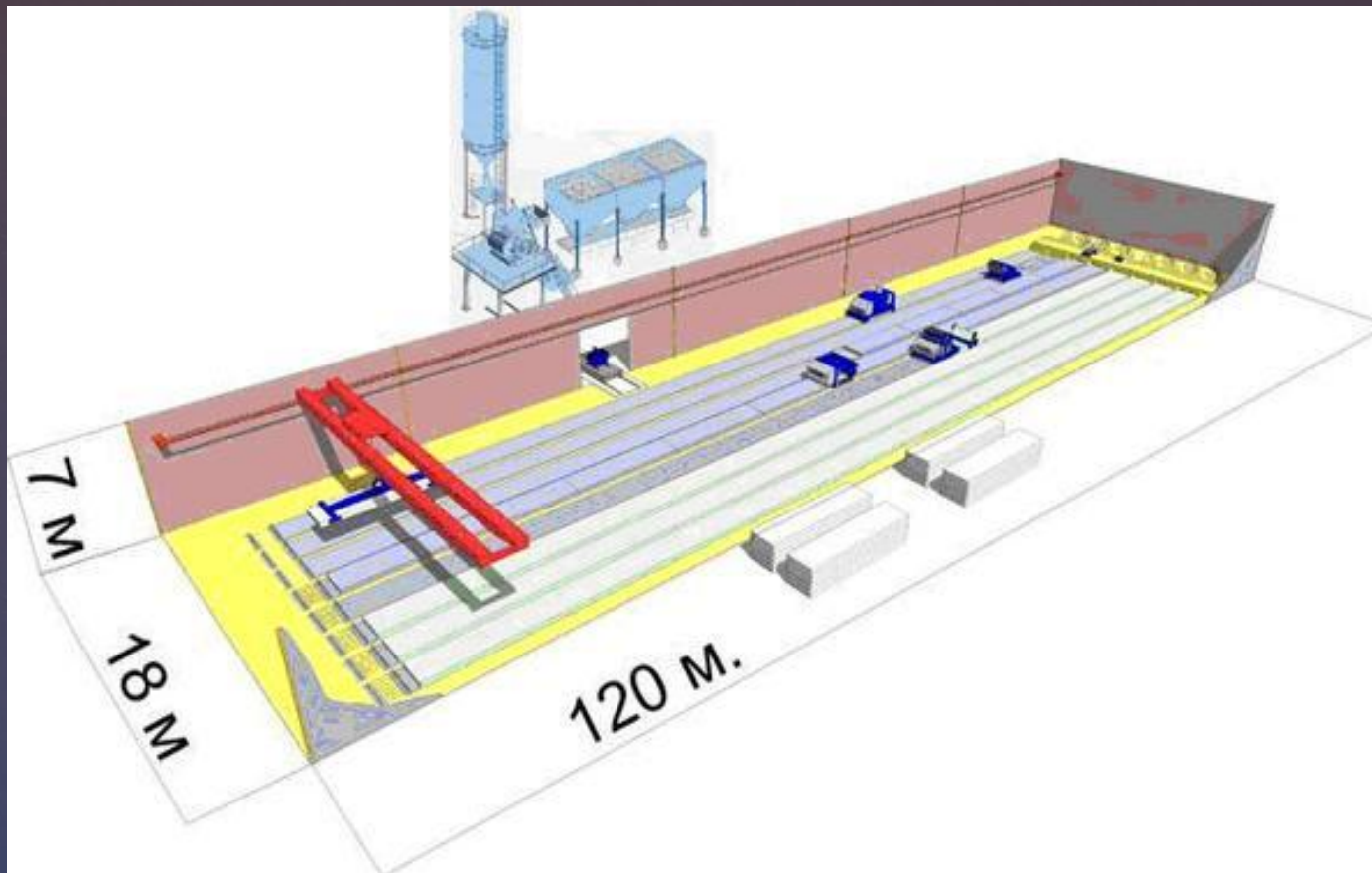
## Экструзия

Экструдер – машина для формования изделий, в которой бетонная смесь, выдавливаемая несколькими шнеками, одновременно формует изделие и отталкивается от готовой бетонной плиты. Характерна высокая степень уплотнения

- Изделия, занимающие всю ширину дорожки
- Тяжелые бетоны
- Армирование только стальными канатами
- Цемент не менее М500
- Мытые, фракционированные инертные материалы (5-6 видов песка, 6-7 видов высокопрочного кубовидного щебня)
- Минимальное количество цементного теста

### **Экструзия, совмещенная с вибрацией (виброформование в один прием)**

- Дополнительно номенклатура: плиты с применением легкого бетона с использованием пористого заполнителя широкого ряда



Оптимальный размер помещения 18\*132 метра. Минимальная длина дорожек не ниже 75 метров

Производительность БСУ — 12–20 м<sup>3</sup>/ч жёсткой смеси, Тип бетоносмесителя с повышенной интенсивностью перемешивания. – Роторно-Планетарный (РП-1В) или Двухвальный с горизонтально расположенными валами .

Ёмкость загрузочного бункера формующей машины (в зависимости от выбора технологического регламента) — 1000, 2000 или 3000 л.

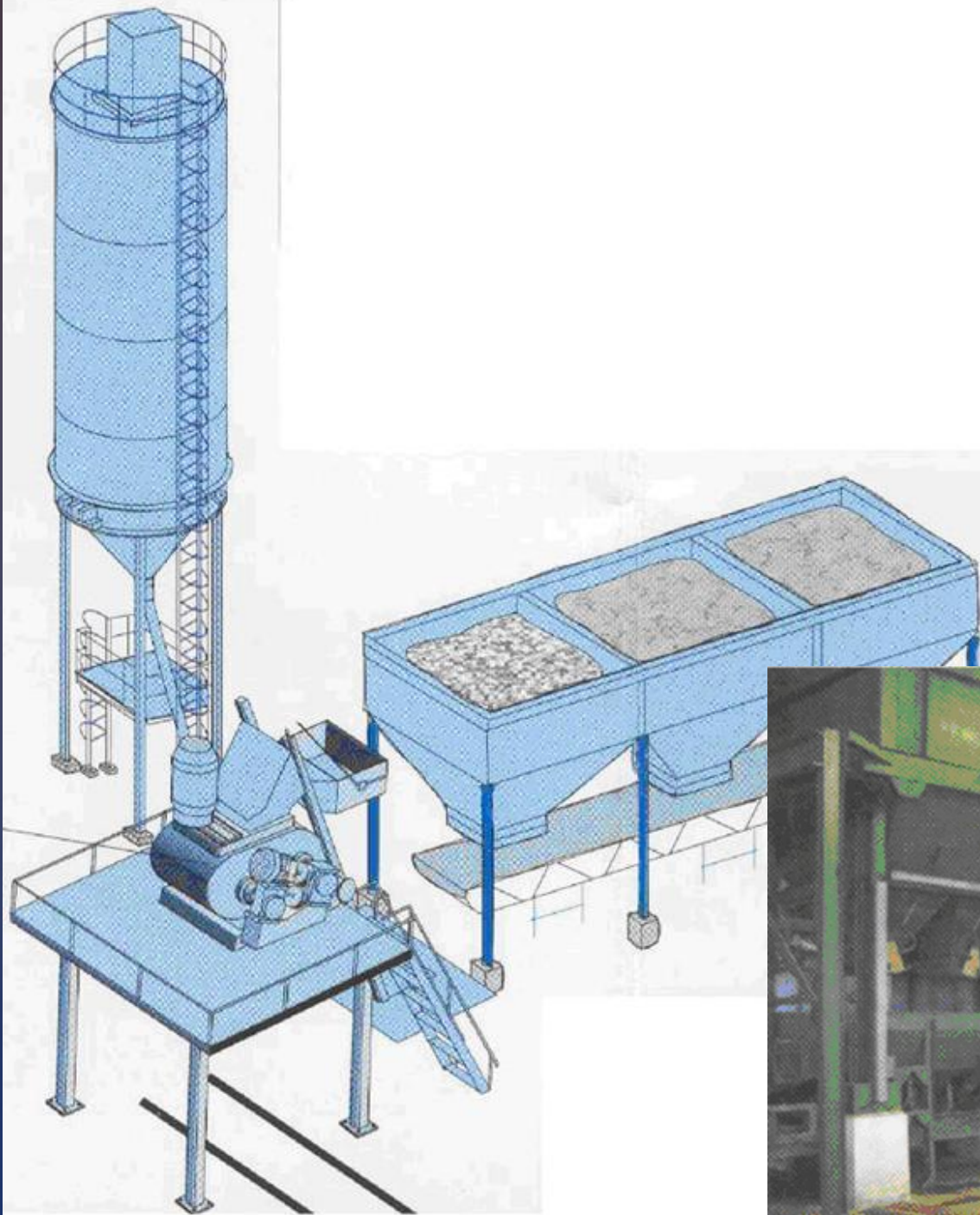
Скорость перемещения формовочной машины — 0,65–3,0 м/мин

Годовая производительность (ориентировочно):

плит длиной до 9 м — 200000 м<sup>2</sup> (43 000 м<sup>3</sup>);

балок — 1600000 п. м.

№	Наименование операции	Время
1	Чистка и смазка дорожки	30 мин
2	Раскладка проволоки с натяжением	60 мин
3	Формование (скорость — 0,65–3 м/мин)	60 мин
4	Укрытие защитным покрытием	10 мин
5	Мойка формующей машины после каждой дорожки	20 мин
6	Тепловая обработка	4 + 10 + 2 = 16 ч
7	Передача усилия преднапряжения на бетон	10 мин
8	Резка плит и съём готовых изделий	60–90 мин
	Итого	около 20 ч



Раскладка и натяжение арматуры: с учётом времени на заправку проволоки, высадки головок, скорости машины, обрезки концов и её натяжения общее время операции — 60 мин.



Отпуск и натяжение арматуры:  
производится с помощью ручной  
гидравлической группы и занимает с  
учётом времени установки её в рабочее  
положение не более 10 мин.

Натяжение





Виброформование плиты перекрытия шириной 1,5 м

Формовка: средняя скорость формующей машины при производстве пустотных плит — 2 м/мин; с учётом времени на установку машины — 60 мин.



Термообработка: изделие укрывается специальным укрывным материалом, остается на подогреваемом полу. Весь цикл занимает около 16 ч (6–8 ч — подъем температуры до 55–60 °С, 8–10 ч — изотермический прогрев)



Мойка формующей машины: после формовки каждой дорожки машина устанавливается на стенд, после чего производится обязательная мойка формующей машины и пуансона-матрицы. Мойка производится струёй воды под давлением 180–200 атм. Эта операция занимает около 20 мин.

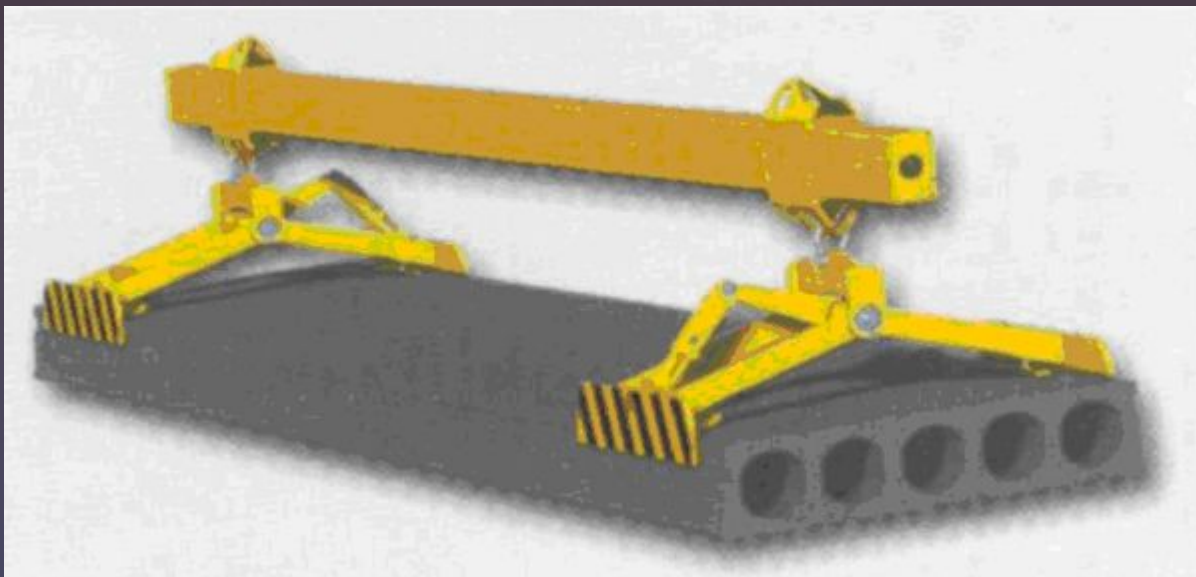




Чистка и смазка дорожки: средняя скорость чистки с помощью специальной машины — 6 м/мин. Время чистки — 15 минут. Смазка дорожки производится сразу же после чистки с помощью ранцевого насоса. Общее время всех операций — 30 мин.

Резка и съём готовых изделий:  
продолжительность реза пустотной  
плиты отрезным диском с алмазным  
напылением составляет около 2 мин.  
Принимаем расчетную длину плиты 6  
м, отсюда получаем 14 резов, время на  
резку плит на одной дорожке — около  
30 мин; вместе с операцией установки  
машины принимаем — 70 мин.





комплект захвата предназначен для использования на заводах ЖБИ, складах временного хранения ЖБИ и на строительных площадках при подъёме, переноске и монтаже плит, изготовленных по безопалубочной технологии.

петлевая строповка



## Сплитформование

### *o Виброформование, совмещенное с трамбованием*

Сплитформер - машина для изготовления нескольких ЖБ изделий на одной дорожке. Совмещен процесс виброформования и трамбования. Формуется последовательно первый слой с трамбованием, второй, при высоте изделий более 250 мм – третий.

### *o Многослойное виброформование, совмещенное с одновременными возвратно-поступательными движениями пустотообразователей и боковой опалубки сплитформера*

Сплитформер, уплотняющий бетонную смесь посредством двухслойного уплотнения с помощью виброформования нижней части плиты (первый слой), а затем формирования второго слоя (или верхней части плиты).

Одновременно с вибрацией пустотообразователи плиты совершают горизонтальные возвратно-поступательные движения, так же как и боковая опалубка сплитформера.

Машины имеют отдельные приводы на все колеса и весят 9-13 т.

При переходе на изготовление другого вида изделий меняют формующий модуль машины (70% стоимости сплитформера)



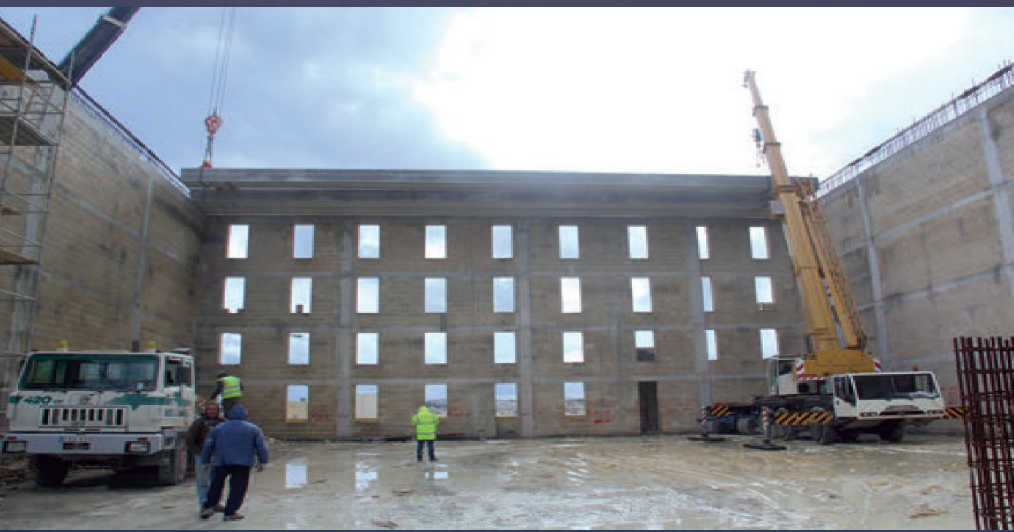
*Слипформер Nordimpianti (Италия)  
для производства крупных элементов  
высо-  
той до 1 м*







*Плиты покрытия (перекрытия) высотой 1000 мм с видимой преднапряженной арматурой и поперечной стальной арматурной сеткой*



*Двутавровые балки для укрепления тоннеля*



## Сравнение трёх типов бетонизирующих комбайнов, применяемых на линиях безопалубочного формирования.

### Экструдеры:

*Использует метод глубинного виброформования бетона .*

### **Достоинства:**

- Стабильное качество изделий, высокая плотность только что изготовленного изделия.
- Способность работать на особо жесткой бетонной смеси, обеспечивающей около 10% экономии цемента на заданную марочность бетона.

### **Недостатки:**

- 1) Низкая пустотность производимых изделий, которая, перерасходом материала, нивелирует заявленную экономию цемента.
- 2) Невозможность производить широкую номенклатуру изделий, разделённых на дорожке, в том числе сваи, ригели, балки, перемычки и т.п.
- 3) Армирование – исключительно тросами, риск проскальзывания которых, при передачи нагрузки на бетон, повышает требования:
  - к классу применяемого бетона
  - к качеству применяемых инертных заполнителей
  - к снижению трещиностойкости изделия
  - к повышенному износу режущего инструмента.

## Слипформеры

*Использует метод поверхностного (послойного) виброформования бетона.*

### **Достоинства:**

- Применение относительно жёстких бетонных смесей и, как следствие, теоретическая экономия 5 – 6 % цемента. Однако в условиях России это достоинство нивелируется нестабильным качеством цемента.
- Возможность за один проход формировать двух или трёхслойное изделие (опция, которая в России на практике не применяется)

### **Недостатки:**

- 1) Затрудненный переход от одного изделия к другому из-за дороговизны формообразующей оснастки и трудоёмкости её замены.
- 2) сложность формующей машины и необходимость высокой квалификации для её обслуживания.
- 3) Непременный комбинированный метод армирования изделий, с обязательным применением тросов, что не устраняет недостатки предыдущего метода. (См. выше).
- 4) Отсутствие возможности «разделить» дорожку на отдельные продольные зоны формирования, для одновременного производства нескольких **изделий**.

## **Виброформеры**

*Использует объёмный метод виброформования бетона*

**имеют следующие преимущества:**

- 1) не ограниченная номенклатура изделий
- 2) низкая цена формообразующей оснастки
- 3) быстрота (30 минут!) замены формообразующей оснастки и перехода от одного изделия к другому
- 4) простота и высокая надёжность оборудования
- 5) лёгкость обслуживания и низкие эксплуатационные расходы
- 6) относительная нечувствительность к характеристикам сырья; в частности, возможность, без снижения качества изделий использовать щебни фракции 5 – 20 мм и щебни с повышенной лещадностью (II или III группы)
- 7) Возможность использовать, в предварительно напряжённых изделиях, бетоны со сравнительно низкой маркой прочности (М300 - М400).  
Армирование изделий, как тросами, так и исключительно проволокой.
- 9) Возможность формировать тонкостенные и высоко-пустотные изделия широкой номенклатуры.

**Недостатки:**

- 1) Повышенный на 5-10% теоретический расход цемента из расчета на куб бетона.
- 2) Увеличенная на 15% стоимость системы натяжения арматуры, связанная со спецификой применения проволоки.

## Сравнение применения способов формования в России

Технология формования	% линий
Виброформование «в один прием»	72
Экструзия и экструзия с вибрацией	14
Сплитформование «двухслойное»	13
Трамбование	1

## Показательный скриншот о длинных стендах

### [Принципиальное решение проблемы проскальзывания арматурных канатов](#)

Конструкция арматурного каната, обеспечивающая сверхвысокое сцепление с бетоном · автор: Лев Зарецкий

### [Классификация формующих машин для линии безопалубочного формования](#)

автор: Николай Болховитин

### [Линии безопалубочного формования. Конкуренция](#)

Все ли способы хороши? автор: Николай Болховитин

### [Технологические особенности линии Nordimpianti](#)

автор: Егор Краус

### [Проблемы с плитами перекрытия БОФ](#)

автор: Aspirant

[Линии БОФ Spancrete.](#)

Поделитесь практическим опытом работы · автор: RustyKZ

[Проблема с выгрузкой бетонной смеси!!!](#)

автор: Николай Макаренко

[Технологические особенности линии Weiler Gmbh](#)

Нужна информация по особенностям работы линии Weiler, слипформер ·

автор: Игорь Морозов

[Машины безопалубочного формования. Поршневой экструдер.](#)

автор: Николай Болховитин

[Линия безопалубочного формования. Борьба с отходами](#)

автор: Технолог31

[Линия безопалубочного формования, Как прикинуть прибыльность.](#)

Калькулятор · автор: Николай Болховитин