

ОАО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА»
(ОАО ЦНИИС)

ООО «МАШМИР-ИнноЦентр»

**РУКОВОДСТВО
ПО ПРИМЕНЕНИЮ ЗОННОГО НАГНЕТАНИЯ
ПРИ ФОРМОВАНИИ
БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ
ПОСРЕДСТВОМ НАГНЕТАТЕЛЕЙ
СЫПУЧИХ СРЕД ТИПА «РУССКИЕ КАЧЕЛИ»®**

Москва
2003

ОАО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА»
(ОАО ЦНИИС)

ООО «МАШМИР-ИнноЦентр»

УТВЕРЖДАЮ:
Генеральный директор
ООО «МАШМИР-ИнноЦентр»
В. М. Коновалов

УТВЕРЖДАЮ:
Зам. генерального директора
по научной работе – гл. инженер
А. А. Цернант

**РУКОВОДСТВО
ПО ПРИМЕНЕНИЮ ЗОННОГО НАГНЕТЕНИЯ
ПРИ ФОРМОВАНИИ
БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ
ПОСРЕДСТВОМ НАГНЕТАТЕЛЕЙ
СЫПУЧИХ СРЕД ТИПА «РУССКИЕ КАЧЕЛИ»®**

Москва 2003

Руководство по применению зонного натяжения при формировании бетонных и железобетонных изделий посредством нагнетателей сыпучих сред типа «Русские качели».

М., ОАО ЦНИИС, 2003 г. 40.

© ОАО «Научно-исследовательский институт транспортного строительства» (ОАО ЦНИИС), 2003 г.

© ООО «МАШМИР—ИшюЦентр», 2003 г.

Содержание

Предисловие.....	4
1. Общие положения.....	7
2. Требования к бетонным смесям и армированию.....	13
3. Требования к формам, поддонам и стендам.....	14
4. Формование изделий.....	15
4.1. Общие технологические требования.....	15
4.2. Схемы подачи бетонной смеси в зону нагнетания.....	16
4.3. Формование изделий в формах.....	19
4.4. Схемы подачи форм под нагнетатель.....	24
4.5. Особенности формования изделий в формах.....	27
4.6. Формование изделий на длинных стендах.....	29
4.7. Особенности управления установкой зонного нагнетания.....	31
5. Контроль качества формируемых изделий.....	33
6. Техничко-эксплуатационные требования к оборудованию зонного нагнетания.....	34
Приложение 1. Методика расчета установки зонного нагнетания с плитным и решётчатым нагнетателем.....	35
Приложение 2. Комплект формовочный МН 05 «Русские качели®».....	39

ПРЕДИСЛОВИЕ

Формование является важнейшей технологической операцией в производстве большинства строительных изделий. Процесс формования обеспечивает придание изделию необходимой формы и геометрических размеров, качества поверхностей, плотности и однородности структуры и в значительной мере определяет долговечность изделий. От способа формования в большой степени зависит как качество получаемых бетонных и железобетонных изделий, так и эффективность самого производства.

Основную проблему для формования представляют маловлажные дисперсные сыпучие материалы, например жесткие бетонные смеси. Наиболее эффективным для формования изделий из таких материалов является способ зонного нагнетания.

Этот способ малочувствителен к изменению состава бетонной смеси, позволяет уплотнять маловлажные сыпучие материалы, осуществлять на одной формовочной установке одновременно подачу, распределение, уплотнение формируемого материала и отделку верхней поверхности изделия, контролировать качество уплотнения в ходе выполнения процесса, проводить формование с пониженным шумом при отсутствии вибраций на месте формования, создавать простое и надежное формовочное оборудование.

При изготовлении бетонных и железобетонных изделий способ зонного нагнетания обеспечивает уплотнение особо жестких бетонных смесей, что позволяет получить долговечные изделия с предельно уплотненной структурой, уменьшить цикл термообработки и снизить металло- и энергоемкость производства.

Эффективность способа зонного нагнетания обусловлена воспроизведением в ходе формования эффекта «текучего клина» — образования локальной плотной текучей зоны под жесткой поверхностью, постоянно вдавливающей под себя новые порции уплотняемого материала. При этом несмотря на постоянное обновление и течение материала в зоне с геометрическими размерами и плотностью материала в ней остаются неизменными.

«Текучий клин» — это процесс самоорганизации предельно плотной структуры когерентно движущихся частиц сыпучей среды.

Главная особенность технологии зонного нагнетания в том, что во всё время формования без шума и вибрации согласованно и одновременно движутся форма, порошкообразная формовочная масса и нагнетатель. При этом в форме по всему её объёму самообразуется равномерная плотная структура, а размеры изделия точно соответствуют форме по высоте, ширине и длине. При переходе с одного материала на другой, например от формования блоков из бетонной смеси на формование блоков из арболита, не требуется никакой переналадки. Для осуществления зонного нагнетания применяют предназначенные для этого устройства – нагнетатели сыпучих сред «Русские качели»[®].

На базе нагнетателей сыпучих сред созданы и получили производственную практику различные формовочные машины и установки, в том числе для формования аэродромных и дорожных плит типа ПАГ и ПДН, бортовых камней, тротуарной плитки, камней дорожного мощения, стеновых бетонных и грунтобетонных блоков и кирпичей, труб и колец, виноградниковых стоек и др.

По технологии имеется нормативная документация: технические условия на машины зонного нагнетания, на изготавливаемую продукцию, в частности на стеновые грунтобетонные блоки и кирпичи, технологические регламенты, а также разработана методика расчёта машин зонного нагнетания (приложение 1).

Зонное нагнетание рекомендуется использовать при изготовлении различных бетонных и железобетонных изделий для дорожного и транспортного строительства, мелиоративных работ, жилищного и промышленного строительства.

Особенно перспективно использовать машины зонного нагнетания на длинных стендах, где возможна почти полная автоматизация технологического процесса.

Настоящее Руководство предназначено для внедрения в промышленность способа зонного нагнетания. Руководство можно использовать при проектировании нового и модернизации существующего производства бетонных и железобетонных изделий, при разработке и эксплуатации машин и установок зонного нагнетания.

В Руководстве приведены основные понятия метода зонного нагнетания, описание эффекта «текущего клина», принципи-

альные схемы рабочих органов для осуществления зонного нагнетания, принципиальные схемы оборудования, данные по расчёту технологических параметров формования бетонных и железобетонных изделий, контролю качества процесса формования. Кроме того, приводятся технологические требования к изделиям, арматурным каркасам, бетонным смесям, формам и технико-эксплуатационные требования к оборудованию.

При подготовке Руководства был использован производственный опыт, результаты научно-исследовательских работ, проведённых в ОАО ЦНИИС, ВНИИжелезобетоне, МГСУ, ООО МАШМИР-ИнноЦентре.

Руководство разработано совместно ОАО ЦНИИС (канд. техн. наук С.Ф. Евланов, инж. В.П. Иванов, канд. техн. наук А.В. Куликов) и ООО МАШМИР-ИнноЦентром (канд. техн. наук В.Е. Зубкин, канд. экон. наук В.М. Коновалов, инж. П.Е. Королёв).

Зам. генерального директора
ОАО ЦНИИС по научной работе

А. А. Цернант

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Руководство распространяется на формирование бетонных и железобетонных изделий методом зонного нагнетания из различных бетонных смесей, включая мелкозернистые и дисперсно-армированные смеси.

1.2. Указания и требования по технологии, изложенные в Руководстве, следует учитывать при производстве формовочных работ, при расчётах технологических процессов формирования, а также при выполнении смежных технологических операций, проектировании форм и оснастки, формовочного оборудования, железобетонных изделий и конструкций.

1.3. Зонное нагнетание представляет собой механический метод получения плотных и сверхплотных структур из дисперсных сыпучих сред. Он состоит в перемещении узкой зоны искусственно воспроизводимого процесса самоорганизации вдоль обрабатываемого объёма. Этот процесс основывается на эффекте «текущего клина».

1.4. Эффект «текущего клина» – это образование локальной плотной текучей зоны когерентно движущихся частиц сыпучей среды, которое происходит в результате постоянного вдавливания в узкую зону сыпучего материала посредством твёрдой поверхности нагнетательного инструмента (рис. 1).

1.5. Основное свойство этого эффекта заключается в том, что плотность материала в зоне и её геометрические размеры остаются неизменными, несмотря на непрерывающееся вдавливание в зону новых порций материала. При этом вновь вдавливаемые порции вытесняют из зоны такой же объём материала, какой занимают сами, что приводит к постоянному обновлению (течению) материала в ней.

1.6. При зонном нагнетании эффект «текущего клина» воспроизводится нагнетанием уплотняемого материала в зону малого объёма, определяемую размерами нагнетающего рабочего органа. Процесс, вызывающий эффект «текущего клина», происходит только в ограниченной зоне, под рабочим органом.

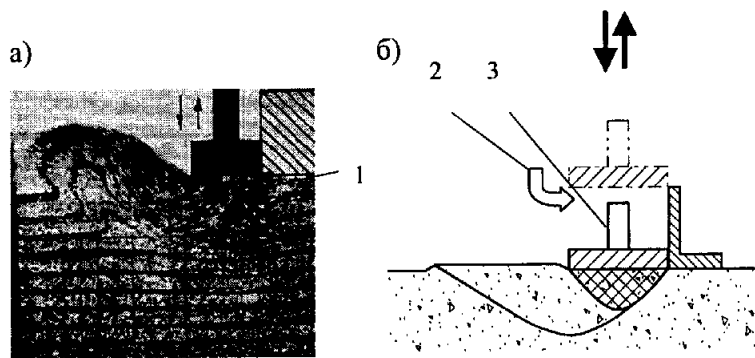


Рис. 1. Эффект «текучего клина»:
 а – фото момента возникновения эффекта;
 б – схема воспроизведения эффекта; 1 – плотная
 текучая зона коррелированно движущихся частиц
 порошкообразного материала; 2 – подача материала;
 3 – качающийся штамп

1.7. Зонное нагнетание – это единое действие, при осуществлении которого одновременно происходит подача, распределение, уплотнение формуемого материала и отделка верхней поверхности, а качество уплотнения формуемого материала контролируется непосредственно в ходе изготовления изделия. При этом не требуется предварительное дозирование формуемого материала.

1.8. Зонным нагнетанием достигается предельно возможная для конкретного материала и условий формования плотность, соответствующая пределу текучести формуемого материала.

1.9. Зонное нагнетание мало чувствительно к составу бетонной смеси, позволяет эффективно уплотнять жесткие бетонные смеси и получать высококачественные изделия с максимально плотной структурой формуемых изделий.

1.10. Зонным нагнетанием можно изготавливать различные изделия, в том числе дорожные плиты, бортовые камни, тротуарные плитки, камни, блоки, лотки, трубы, кольца и др.

1.11. Зонное нагнетание используется при конвейерном, поточно-агрегатном и стендовом производстве бетонных и железобетонных изделий.

1.12. Для осуществления зонного нагнетания применяют предназначенные для этого устройства – нагнетатели сыпучих сред «Русские качели»[®], конструкция которых должна учитывать особенности уплотняемого материала, форму и размеры изделия, требуемый объём выпуска и ряд других факторов.

1.13. За основную характеристику таких устройств принимается производительность Q , которая определяется как

$$Q = V_i n_n, \quad (1)$$

где V_i – объём уплотнённой бетонной смеси, нагнетаемой за один ход нагнетателя, $V_i = V_T K_y^{-1} K_z$;

здесь V_T – теоретически возможный объём рыхлой бетонной смеси, который можно подать под нагнетатель;

K_y – коэффициент уплотнения бетонной смеси (обычно $K_y = 1,5$ – $1,6$), $K_y = \rho_r / \rho_n$;

здесь ρ_n , ρ_r – плотность материала соответственно в рыхлом и уплотнённом состоянии;

K_z – коэффициент заполнения нагнетающего пространства (пространства, захватываемого нагнетателем при нагнетательном ходе);

n_n – частота ходов нагнетателя.

1.14. Нагнетатели сыпучих сред характеризуются двумя основными признаками: формой нагнетательной поверхности, которой осуществляется вдавливание порций формовочного материала, и характером движения этой поверхности относительно формируемого изделия.

1.15. Нагнетатели сыпучих сред могут содержать несколько нагнетательных элементов.

1.16. Практическое применение получили нагнетатели с роликовыми нагнетательными элементами, с нагнетательными элементами в виде плит или пластин, с нагнетательными элементами в виде конусов.

1.17. Нагнетатель с роликовыми нагнетательными элементами для формирования плитных изделий представляет собой ряд роликов, оси которых закреплены в направляющем элементе, вы-

полешном в виде горизонтальной балки, перемещаемой возвратно-поступательно в роликовых направляющих (рис. 2,а), либо качаемых на закрепленных на балке рычагах (рис. 2,б).

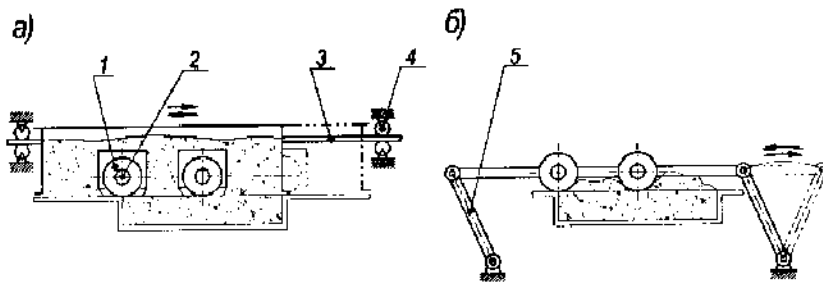


Рис. 2. Нагнетатели сыпучих сред с роликовыми нагнетательными элементами для формования плитных изделий:
а – с возвратно-поступательным движением;
б – с качательным движением; 1 – ролик; 2 – ось;
 3 – балка; 4 – направляющие; 5 – рычаг

1.18. Нагнетатель с роликовыми нагнетательными элементами для формования круглых труб представляет собой ряд роликов, оси которых закреплены по окружности направляющего элемента, жестко скрепленного с вертикальным валом (рис. 3,а). Направляющий элемент выполнен в виде перевернутого вверх дном цилиндрического стакана, диаметр которого равен внутреннему диаметру формируемых труб.

1.19. Нагнетатель с роликовыми нагнетательными элементами для формования овоидальных труб представляет собой две круговые системы роликов, каждая из которых установлена на своём диске (рис. 3,б). Диски жестко соединены с вертикальными валами. На концах валов посредством подшипников подвешен направляющий элемент в виде перевернутого вверх дном овоидального стакана, размеры которого соответствуют размерам внутренней поверхности формируемой трубы.

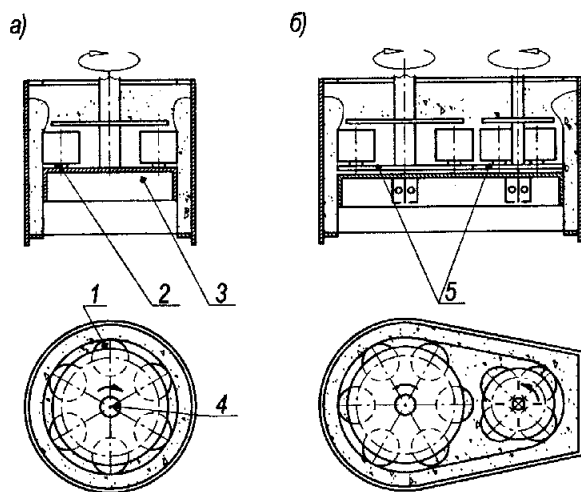


Рис. 3. Нагнетатели сыпучих сред с роликовыми нагнетательными элементами для формования труб и колец:

а – круглых; *б* – овоидальных; 1 – ролик;
 2 – ось; 3 – направляющий элемент;
 4 – вертикальный вал; 5 – диск

1.20. Нагнетатель с нагнетательными элементами в виде плит или пластин представляет собой платформу, шарнирно закреплённую на рычагах, обеспечивающих возможность качания платформы (рис. 4). Платформа может быть выполнена со сквозными каналами или без них.

1.21. Нагнетатель с нагнетательными элементами в виде конусов представляет собой платформу, имеющую коническую рабочую поверхность, которая закреплена с возможностью кругового (гирационного) качания вокруг вершины конической поверхности (рис. 5).

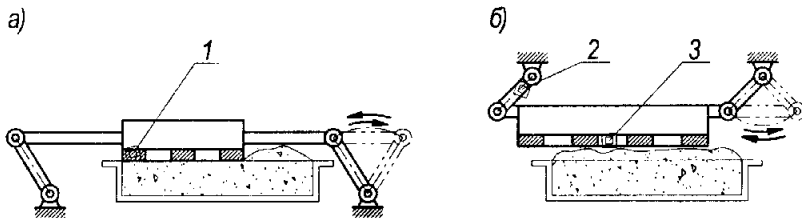


Рис. 4. Нагнетатели сыпучих сред с нагнетательными элементами в виде плит или пластин:
 а – нижнее закрепление рычагов; б – верхнее закрепление рычагов; 1 – платформа; 2 – рычаг;
 3 – сквозной канал

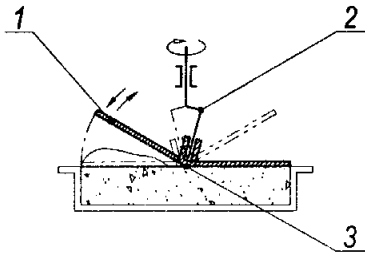


Рис. 5. Нагнетатель сыпучих сред с нагнетательным элементом в виде конуса:
 1 – коническая поверхность платформы; 2 – приводной вал; 3 – вершина конуса (точка качания)

2. ТРЕБОВАНИЯ К БЕТОННЫМ СМЕСЯМ И АРМИРОВАНИЮ

2.1. При формировании изделий зонным нагнетанием используют маловлажные бетонные смеси влажностью от 6 до 12 %. Подбор состава бетонной смеси производят, исходя из технических требований на формуемые изделия.

2.2. Бетонные смеси готовят из материалов, удовлетворяющих требованиям ГОСТа. Размер фракций заполнителя не должен превышать 1/3 толщины формуемого изделия. Температура бетонной смеси к моменту формирования должна быть не ниже +5 °С.

2.3. Дозирование материалов следует производить по массе, воду допускается дозировать по объёму. Точность дозирования: цемента и воды ± 2 %, заполнителей ± 3 %.

2.4. Для приготовления бетонной смеси допускается использовать бетономешалки принудительного действия. Приготовленная смесь должна быть однородной.

2.5. При подборе составов бетонной смеси следует руководствоваться указаниями ГОСТ 26633-91, 27006-86, 7473-94, а также «Руководством по подбору состава тяжелого бетона», М., НИИЖБ, 1997. Изготавливать контрольные образцы для подбора состава бетона следует посредством мини-нагнетателей или комплектов формовочных типа МН 05 (описание приведено в приложении 2). Допускается изготавливать контрольные образцы из отформованных на машине зонного нагнетания экспериментальных изделий в соответствии с ГОСТ 28570-90 «Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкции». Не допускается изготовление контрольных образцов на виброплощадке в формах, так как уплотнение бетонной смеси на виброплощадке не соответствует уплотнению, получаемому при зонном нагнетании.

2.6. При зонном нагнетании допускается применение предварительно-напряжённого армирования, армирования сетками и пространственными каркасами, а также дисперсного армирования фиброй.

2.7. Во избежание деформаций и смещений арматурных каркасов в направлении движения бетонной смеси из-под нагнетателя в конструкции каркаса должны быть предусмотрены элементы, позволяющие крепить его к форме (поддону).

2.8. Сетки и пространственные каркасы должны быть установлены на жесткие фиксаторы, размеры которых обеспечивают проектную толщину защитного слоя арматуры. Расстояния между соседними фиксаторами должно быть не более 400 мм для сеток и каркасов из стержней диаметром до 10 мм и не более 800 мм из стержней до 20 мм.

2.9. Арматура и закладные детали не должны выступать над поверхностью изделия, через которую происходит нагнетание бетонной смеси.

3. ТРЕБОВАНИЯ К ФОРМАМ, ПОДДОНАМ И СЕНДАМ

3.1. Формы, поддоны и стенды должны быть выполнены так, чтобы отформованные на них изделия отвечали всем предъявленным к ним требованиям по геометрическим размерам, форме и другим параметрам, предусмотренным ГОСТ 12505-67 и ГОСТ 18886-73.

3.2. Формы, поддоны и стенды должны обладать достаточной прочностью и жесткостью для восприятия нагрузок, возникающих от взаимодействия нагнетателя с бетонной смесью и от предварительно-напряженного армирования.

3.3. Высота бортов, расположенных поперек поступательному перемещению нагнетателя относительно формы или формы относительно нагнетателя должна быть на 2–5 мм ниже высоты бортов, расположенных вдоль перемещения.

3.4. Опалубочные детали (вкладыши, проёмообразователи и другие элементы), закрепляемые на поддоне или бортах формы, должны быть на 5–10 мм ниже уровня бортов, расположенных вдоль перемещения.

4. ФОРМОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ

4.1. ОБЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

4.1.1. Изготовление изделий зонным нагнетанием предпочтительно осуществлять на линиях, обеспечивающих непрерывный процесс формования изделий.

4.1.2. Формование бетонных и железобетонных изделий производят машинами и установками зонного нагнетания, которые могут быть выполнены как в стационарном варианте, так и в самоходном. Стационарные машины применяются в поточном и агрегатно-поточном производстве. Самоходные машины наиболее полно реализуют преимущества метода зонного нагнетания при формовании железобетонных изделий на длинных стендах.

4.1.3. При выборе машин и установок зонного нагнетания необходимо учитывать технические требования на формуемые бетонные или железобетонные изделия, объём производства, схему организации производства и другие технологические факторы.

4.1.4. Перед формованием необходимо проверить качество очистки и смазки форм, правильность установки и надёжность крепления формы на формовочном посту, правильность расположения в форме арматуры и закладных деталей и их фиксацию, готовность к работе машин зонного нагнетания.

4.1.5. При формовании изделий зонное нагнетание бетонной смеси производится на всю толщину формируемого изделия последовательно от одного конца к другому путём непрерывного относительного перемещения нагнетателя вдоль формы.

4.1.6. Важным технологическим фактором зонного нагнетания является характер движения материала в процессе его нагнетания в форму, который необходимо учитывать как при проектировании соответствующего оборудования и организации формовочного участка, так и при самом формовании изделий.

4.1.7. На рис. 6 представлена типичная схема движения бетонной смеси под нагнетающим элементом в ходе формования плоских изделий.

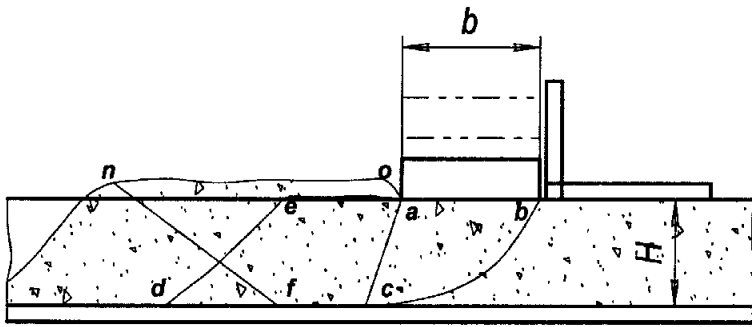


Рис. 6. Схема движения бетонной смеси под нагнетающим элементом:

b – длина нагнетающего элемента; H – толщина формируемого изделия

По мере нагнетания бетонная смесь постепенно приходит в движение относительно формы. При первых нагнетательных ходах в области *abc* частицы материала движутся по криволинейным траекториям, эквидистантным границе области движения *bc*, а в области *acfde* – по траекториям, параллельным поддону формы.

При дальнейшем нагнетании частицы материала двигаются вверх (область *acfno*), что соответствует моменту образования плотной локальной зоны – «текучего клина» – под нагнетателем. При этом траектории, по которым движутся частицы нагнетаемого материала, образуют линии тока, начинающиеся от подошвы нагнетателя.

Нагнетаемая бетонная смесь, внедряется в формируемый слой на глубину, соответствующую участку подошвы нагнетателя, которым вдавливаются смесь: участок, примыкающий к т.*b*, нагнетает бетонную смесь на всю глубину слоя, а участок, примыкающий к т.*a*, нагнетает только в поверхностную область слоя.

4.2. СХЕМЫ ПОДАЧИ БЕТОННОЙ СМЕСИ В ЗОНУ НАГНЕТАНИЯ

4.2.1. Условия подачи бетонной смеси в зону нагнетания являются важным фактором эффективного использования уста-

новки зонного нагнетания. Недостаток подачи бетонной смеси в процессе формирования является основной причиной недоуплотнения бетонной смеси.

4.2.2. На рис. 7 представлены основные схемы подачи бетонной смеси в зону нагнетания.

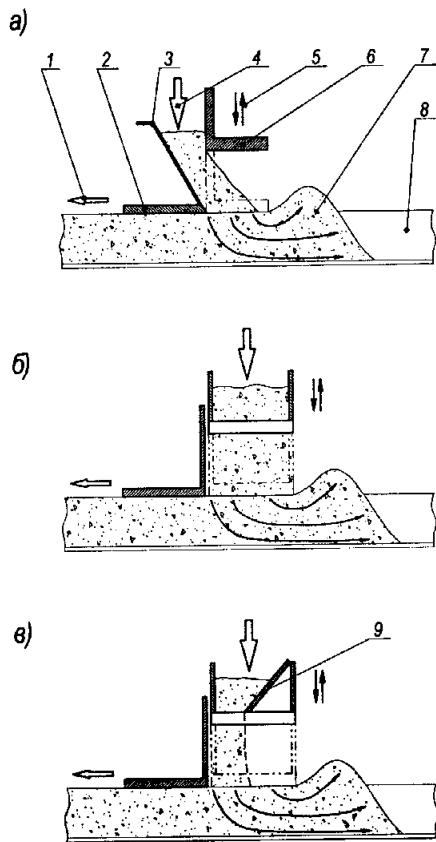


Рис. 7. Схемы подачи бетонной смеси в зону нагнетания:

- 1 – направление движения формы; 2 – калибрующее устройство; 3 – наклонная стенка; 4 – подача бетонной смеси; 5 – направление качания нагнетателя;
- 6 – нагнетатель; 7 – вытесняемая из-под нагнетателя бетонная смесь; 8 – форма; 9 – направляющий козырёк

4.2.3. Наиболее рациональная схема подачи бетонной смеси, исходя из условий движения бетонных смесей при нагнетании, приведена на рис. 7,а. Бетонная смесь при движении нагнетателя попадает под его нагнетающие поверхности в область, где линии тока уплотняемого материала распространяются на максимальную глубину.

При такой подаче может быть применён нагнетатель в виде роликов, сплошной плиты, решётки или гребёнки, а также в виде конусов.

Для нагнетателей, поднимающихся над формируемой поверхностью, заполнение нагнетательного пространства зависит от угла естественного откоса бетонной смеси φ' и высоты подъёма нагнетательной поверхности h . Объём, заполненный рыхлой смесью под нагнетательной поверхностью, для этого случая определяется как

$$V_{1 \text{ зап}} = \frac{h^2}{2 \cdot \operatorname{tg} \varphi'} \cdot l, \quad (2)$$

где l – длина нагнетательной поверхности.

4.2.4. Подача бетонной смеси по схеме, изображённой на рис. 7,б, пригодна для нагнетателей с нагнетательными элементами в виде роликов или пластин, между которыми при движении нагнетателя просыпается бетонная смесь.

При такой схеме для нагнетателей с нагнетательными элементами в виде пластин нагнетательное пространство теоретически может заполняться полностью и объём рыхлой смеси в этом случае в нагнетательном пространстве составит:

$$V_{2 \text{ зап}} = b \cdot h \cdot l. \quad (3)$$

При этой схеме под передний край нагнетателя попадает избыточное количество смеси, в результате чего большая часть бетонной смеси, взаимодействующей с передним краем нагнетателя, выбрасывается в открытую сторону (незаполненную часть формы) и разуплотняется. Это приводит к непроизводительным затратам энергии.

4.2.5. Для предотвращения избыточной подачи под передний край нагнетателя следует применять направляющий козырёк (рис. 7,в). Козырёк выполняется в виде наклонной поверхности,

имеющей уклон в сторону задней части нагнетателя. Нижний край козырька необходимо устанавливать на нагнетатели на расстоянии от его задней части не менее одной трети длины b нагнетателя.

4.3. ФОРМОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ В ФОРМАХ

4.3.1. Типовая конструктивная схема установки зонного нагнетания состоит из нагнетательного рабочего органа, формы, привода нагнетателя, механизма поступательного перемещения формы относительно нагнетателя или нагнетателя относительно формы, устройства для подачи формуемого материала под нагнетатель, калибрующего устройства и рамы.

4.3.2. В установках с роликовым нагнетателем для формования плитных изделий в горизонтальных формах (рис. 8) привод нагнетателя выполняется в виде кривошипно-шатунного механизма, шатун которого шарнирно соединён с балкой нагнетателя. На балке нагнетателя прикреплено устройство для подачи бетонной смеси под ролики в форму, которое представляет собой многорукавную течку с рукавами, расположенными между роликами и с обеих сторон крайних роликов. К задним торцам роликов с зазором примыкает калибрующее устройство.

4.3.3. В установках с роликовым нагнетателем для формования плитных изделий в вертикальных формах (рис. 9) устройство для подачи бетонной смеси под ролики в форму выполнено в виде открытого в сторону формы лотка, стенка которого охватывает ролики сверху и с боков, подобно зубьям гребёнки. Стенка лотка крепится к балке, а зубья гребёнки предотвращают просыпание бетонной смеси между и с боков роликов.

4.3.4. На рис. 10 представлена схема установки для формования плит и других подобных изделий, у которой смонтированный на раме нагнетатель выполнен в виде рычажно-шарнирного механизма, на шатуне которого закреплена нагнетательная гребёнка. Привод нагнетателя осуществляется посредством синусного механизма, приводимого в движение через редуктор электродвигателем. Форма с помощью механизма перемещения может поступательно передвигаться под нагнетательной гребёнкой, над которой установлен бункер-течка. При формовании в него подают бетонную смесь.

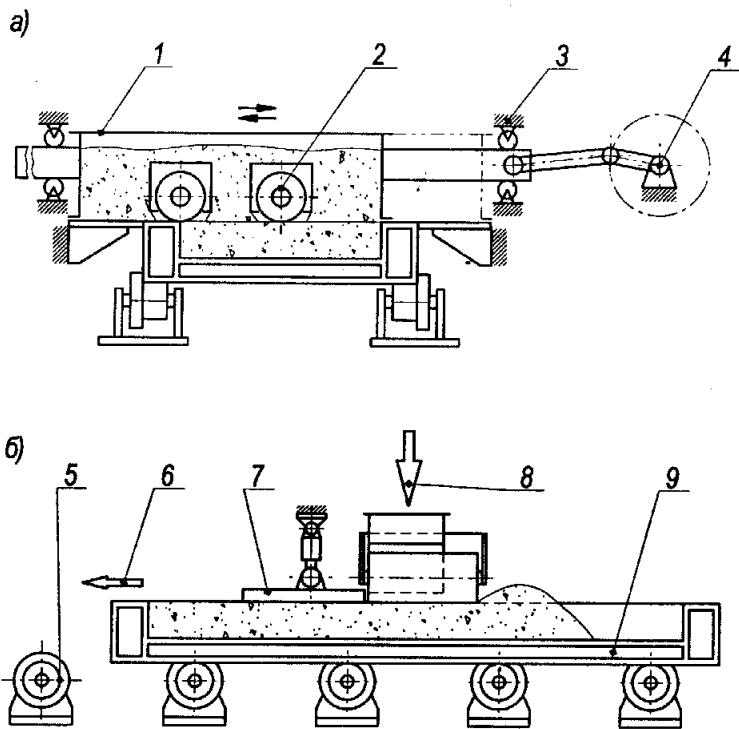


Рис. 8. Конструктивная схема установки с роликовым нагнетателем для формования плитных изделий в горизонтальных формах:
 а – вид спереди; б – вид сбоку; 1 – многорукавная течка;
 2 – нагнетатель; 3 – рама; 4 – привод нагнетателя;
 5 – приводной рольганг; 6 – направление движения формы; 7 – калибрующее устройство; 8 – подача бетонной смеси; 9 – форма

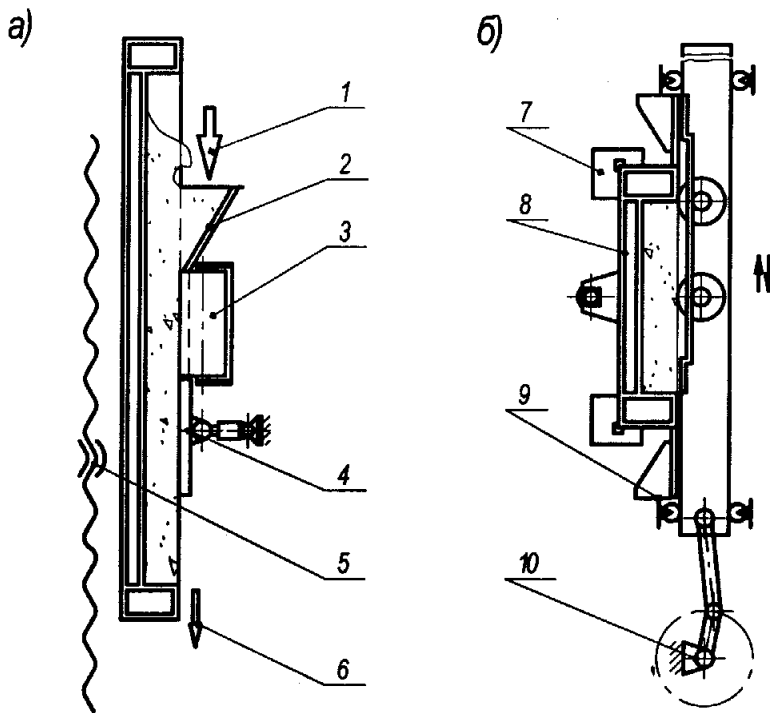


Рис. 9. Конструктивная схема установки с роликовым нагнетателем для формования плитных изделий в вертикальных формах:

- а – вид сбоку; б – вид сверху; 1 – подача бетонной смеси; 2 – лоток; 3 – нагнетатель; 4 – калибрующее устройство; 5 – механизм вертикального перемещения формы; 6 – направление движения формы; 7 – направляющие; 8 – форма; 9 – рама; 10 – привод нагнетателя

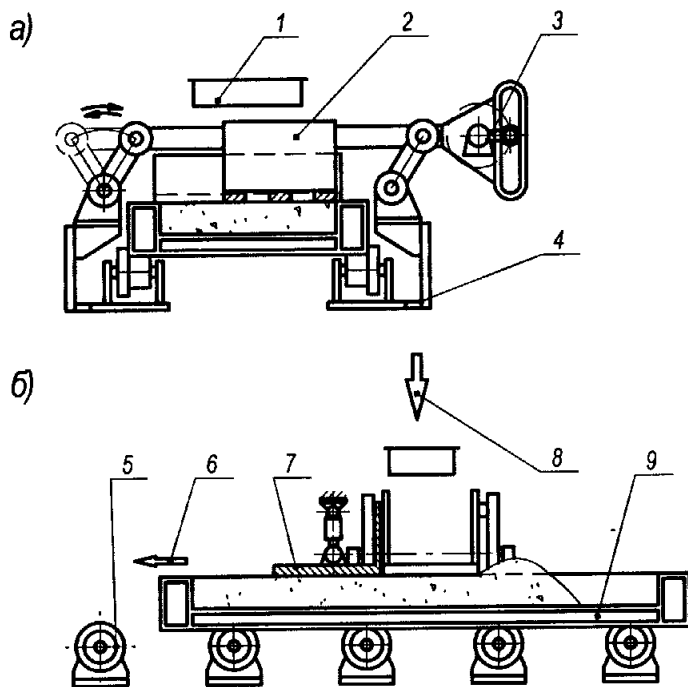


Рис. 10. Конструктивная схема установки с нагнетателем в виде гребёнки:
 а – вид спереди; б – вид сбоку; 1 – бункер-течка;
 2 – нагнетатель; 3 – привод нагнетателя;
 4 – рама; 5 – приводной рольганг; 6 – направление движения формы; 7 – калибрующее устройство;
 8 – подача бетонной смеси; 9 – форма

4.3.5. В установке с нагнетателем в виде плит с конусной рабочей поверхностью (рис. 11) нагнетатель соединён с приводом, обеспечивающим плите возможность совершения кругового качания вокруг вершины конуса (гирационного движения). Совершая круговое качание, элементы конусной рабочей поверхности плиты периодически приближаются и отдаляются от верха формы. Причём образующие конуса в одном из крайних положений совпадают с плоскостью верхней поверхности формируемого изделия. Устройст-

во для подачи формуемого материала под нагнетатель выполняется в виде бункера, стенки которого примыкают к нагнетающей плите с зазором.

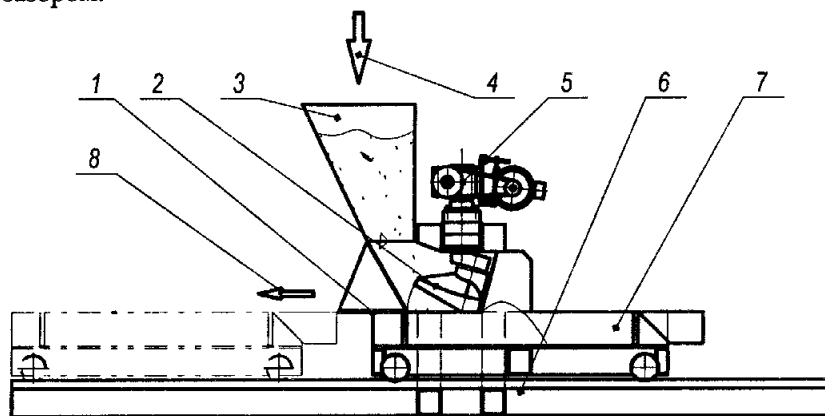


Рис. 11. Конструктивная схема нагнетателя с конусной рабочей поверхностью:
1 – калибрующее устройство; 2 – нагнетатель;
3 – бункер; 4 – подача бетонной смеси; 5 – привод нагнетателя; 6 – рама; 7 – форма; 8 – направление движения формы

4.3.6. В установке для формирования круглых труб и колец (рис. 12) форма выполнена в виде цилиндрической обечайки, в которую установлен съёмный поддон с отверстием для входа в него в начале формирования направляющего элемента нагнетателя. Направляющий элемент выполнен в виде цилиндра диаметром, равном внутреннему диаметру формуемой трубы. Поддон при формировании трубы формирует её торец. Обечайка формы сверху перекрывается съёмной пластиной с отверстием в ней для выхода нагнетателя из формы в конце формирования. Роликовый нагнетатель жестко скреплен с вертикальным валом, который посредством привода может приводиться во вращение вокруг своей продольной оси и одновременно перемещаться по вертикали. Для формирования труб овоидального сечения форма выполняется в виде овоидальной обечайки; соответствующий вид имеют съёмный поддон и перекрывающая обечайку пластина.

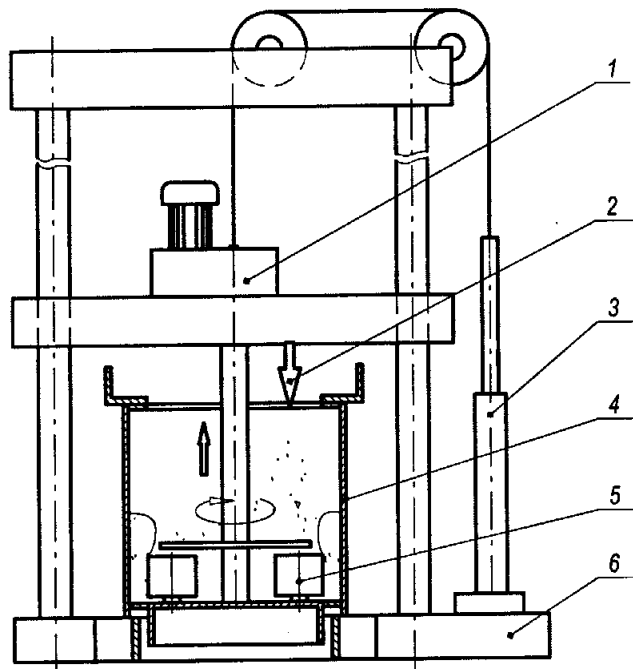


Рис. 12. Конструктивная схема установки для формования труб и колец:

*1 – привод нагнетателя; 2 – подача бетонной смеси;
3 – механизм для вертикального перемещения нагнетателя; 4 – форма; 5 – нагнетатель; 6 – рама*

4.3.7. Длину плиты калибрующего устройства в направлении продольного перемещения формы под нагнетателем или нагнетателя вдоль формы выполняют равной $1b-2b$, где b длина нагнетательной поверхности в том же направлении.

4.4. СХЕМЫ ПОДАЧИ ФОРМ ПОД НАГНЕТАТЕЛЬ

4.4.1. Схемы основных вариантов подачи форм (поддонов) под нагнетатель представлены на рис. 13.

4.4.2. Для непрерывной подачи форм под нагнетатель (рис. 13,а) может быть использован конвейер поточной линии

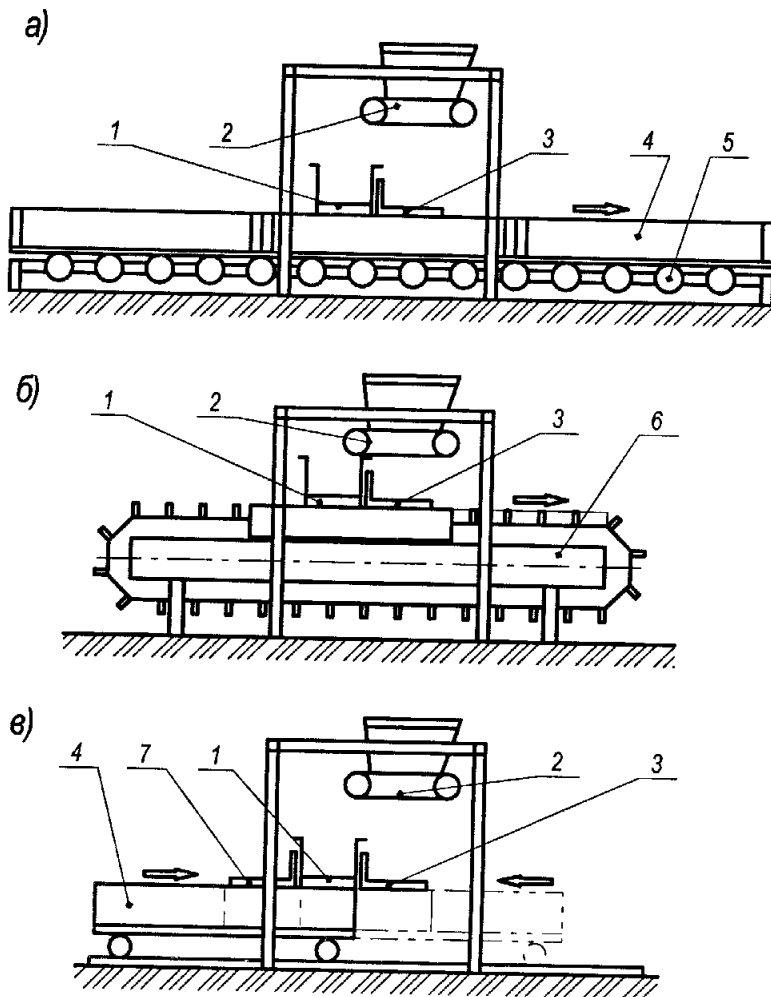


Рис. 13. Схемы подачи форм под нагнетатель:
 а – непрерывная подача форм посредством приводного рольганга; б – непрерывная подача форм посредством пластинчатого конвейера; в – челночная подача форм;
 1 – нагнетатель; 2 – питатель; 3 – калибрующее устройство; 4 – форма; 5 – приводной рольганг;
 6 – пластинчатый конвейер; 7 – дополнительное калибрующее устройство

либо встроенный в установку механизм подачи форм, например приводной рольганг.

Конструкция форм для этой схемы подачи должна быть такой, чтобы торцевые борта идущих одна за другой форм могли смыкаться между собой без зазора, что способствует предотвращению просыпания излишка бетонной смеси по окончании формования очередного изделия и перехода процесса в следующую форму. Кроме того, верхняя поверхность торцевых бортов формы должна быть минимально возможных размеров для уменьшения поверхности взаимодействия с нагнетателем при проходе бортов под нагнетателем.

4.4.3. При изготовлении мелкогабаритных изделий (тротуарных плиток, блоков, камней и т.п.) допускается формование осуществлять на пластинчатом конвейере, встроенном в установку, на который устанавливаются формы либо поддоны (рис. 13,б). В последнем случае элементы пластинчатого конвейера образуют формы, двигающиеся одна за другой. В ряде случаев при формовании изделий из бетонных смесей, обеспечивающих большую распалубочную прочность, например грунтобетонных смесей, изделия допускается формировать без поддонов.

4.4.4. Для непрерывного формования допускается использование двусторонней формы или каретки с двумя установленными формами (рис. 13,в). При этом в процессе движения формы происходит формование в одной части формы или в одной из форм, установленных на каретку. При достижении крайнего положения осуществляется распалубка изделия или съём формы с отформованным изделием с каретки и установка пустой формы. Затем форма движется в обратную сторону, при этом изделие формируется в другой части формы. При достижении крайнего положения вновь осуществляется распалубка изделия или съём формы с отформованным изделием с установкой взамен пустой формы. Цикл формования вновь повторяется. При такой организации подачи форм излишек бетонной смеси поступает в незаполненную форму, исключая её просыпание.

4.4.5. При периодической подаче форм под нагнетатель в процессе формования форма или каретка с установленной на

неё формой двигается поступательно под нагнетателем, останавливается после окончания формовки в крайнем положении, в котором происходит распалубка изделия с последующим съёмом или съём формы с отформованным изделием с каретки. Затем форма (каретка) возвращается в исходное положение, и процесс формовки повторяется вновь.

4.5. ОСОБЕННОСТИ ФОРМОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ В ФОРМАХ

4.5.1. В процессе формования нагнетание бетонной смеси в форму производится путём непрерывной подачи бетонной смеси под движущиеся рабочие поверхности нагнетателя слоем, превышающим толщину формируемого изделия.

4.5.2. Скорость поступательного перемещения формы относительно нагнетателя выбирается и поддерживается в зависимости от скорости выдавливания бетонной смеси из-под нагнетательной поверхности в сторону незаполненной части формы. При этом скорость поступательного перемещения формы не должна превышать скорость выдавливания бетонной смеси.

4.5.3. Необходимо следить, чтобы выдавливание бетонной смеси из-под нагнетательной поверхности осуществлялось по всей высоте формируемого слоя. Если выдавливание слоя происходит неравномерно по ширине формируемого изделия, то при выборе скорости перемещения формы принимается во внимание та часть выдавливаемого слоя, которая имеет наименьшую скорость, то есть отстает от остальной части бетонной смеси.

4.5.4. Отставание слоя части бетонной смеси обусловлено неравномерной подачей бетонной смеси в зону формования, которая может быть вызвана зависанием смеси или в раздаточном бункере, или на нагнетающих элементах нагнетателя.

4.5.5. Формование плитных изделий в формах производят в следующей последовательности. Заполняют бетонной смесью расходный бункер, причём количество смеси выбирается с учётом возможных потерь при формовании (предпочтительно количество бетонной смеси должно быть не менее 1,2–1,3 от массы формируемых изделий). Форма устанавливается таким образом, чтобы нагнетательная поверхность находилась над ней у её пе-

реднего торцевого борта. Включается привод нагнетателя и привод питателя. Визуально фиксируется момент эффективного выдавливания бетонной смеси из-под переднего края нагнетателя по всей ширине формы. После включается привод передвижения формы при продолжающейся непрерывной подаче бетонной смеси в зону формования.

При перемещении установки визуально контролируется наличие интенсивного выдавливания бетонной смеси из-под нагнетательной поверхности по всей ширине формы.

В случае уменьшения или прекращения выдавливания бетонной смеси из-под нагнетательной поверхности перемещение формы относительно нагнетателя необходимо приостанавливать до момента возобновления интенсивного выдавливания по всей ширине формы.

При подходе к торцевому борту подачу бетонной смеси следует прекратить, а форму перемещать без остановки до выхода её из-под нагнетателя и калибрующего устройства.

После окончания процесса формования изделия может производиться немедленная распалубка. Отформованное изделие в форме или на стальном поддоне устанавливается согласно принятому технологическому регламенту либо в пропарочную камеру, либо на естественное твердение.

4.5.6. Формование труб и колец производят в формах следующим образом.

Нагнетатель опускают в нижнее положение так, чтобы нижние торцы нагнетающих элементов – роликов находились у нижнего поддона формы. Посредством приводного вала приводят во вращение стакан. Одновременно засыпают сверху в форму бетонную смесь, преимущественно на дно стакана. Под действием центробежной силы рыхлая смесь со дна сдвигается к внешней стенке трубы и заполняет кольцевое пространство между стенкой формы и поверхностями обращённых к форме нагнетающих элементов.

Часть смеси, попадающая между нагнетающими элементами нагнетателя и внутренней открытой поверхностью формируемой трубы, непрерывно вдавлируется этими элементами в кольцевое пространство, первоначально заполненное рыхлой смесью.

Плотность смеси в кольцевом пространстве увеличивается за счёт постоянного вдавливания в это пространство бетонной

смеси, попадающей между открытой внутренней поверхностью формируемой трубы и нагнетающими элементами нагнетателя.

Нагнетатель удерживают внизу формы до выжимания (выдавливания) слоя бетонной смеси из кольцевого пространства вверх по внутренней стенке формы. Нагнетатель начинают перемещать только вслед за вытесняемым выше нагнетателя из полости кольцевым слоем бетонной смеси, имеющим высоту не менее толщины стенки формируемой трубы.

Нагнетатель допускается удерживать внизу формы до момента обратного обрушения верха выдавливаемого из кольцевого пространства вверх по внутренней стенке формы слоя бетонной смеси, после этого начинают перемещение нагнетателя вверх и перемещают его вверх только вслед за вытесняемым слоем, не опережая его, до упора его верха в верхний торец формы. В этот момент прекращают подачу смеси на дно стакана нагнетателя и, не останавливаясь, выводят уплотняющую головку за пределы формы.

После этого форму со свежесформованной трубой переносят на пост выдержки, устанавливают на установку для формования труб новую форму и процесс повторяют.

Бетонную смесь следует подавать слоем, равным $1/5-2/5$ диаметра роликов нагнетателя, между поверхностью ролика и внутренней поверхностью формируемой трубы.

Для предотвращения сдвига и закручивания арматурного каркаса допускается периодически, по мере вертикального подъема головки, менять с/ направление вращения на противоположное.

4.6. ФОРМОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ НА ДЛИННЫХ СТЕНДАХ

4.6.1. Конструкция стенда (поста формования) должна включать возможность бокового и вертикального смещения формовочной машины зонного нагнетания во время формовки.

4.6.2. Машина зонного нагнетания для формования изделий на длинном стенде (рис. 14) должна быть оснащена нагнетателем, калибрующим устройством в виде примыкающей с зазором к нагнетателю горизонтальной плиты, продольными бортами, формирующими боковые грани изделия, устройством для подачи бетонной смеси в зону нагнетания.

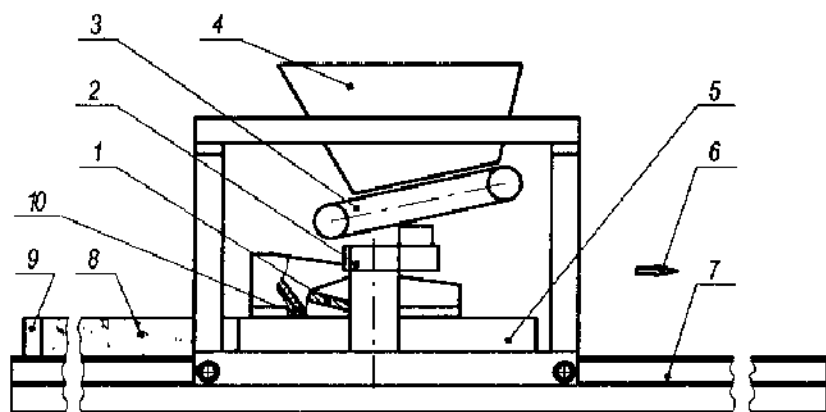


Рис. 14. Машина зонного нагнетания
 для формирования изделий на длинных стендах:
 1 – нагнетатель; 2 – привод нагнетателя;
 3 – питатель; 4 – бункер; 5 – продольные борта;
 6 – направление движения машины; 7 – стенд;
 8 – изделие; 9 – торцевой борт;
 10 – калибрующее устройство

4.6.3. В процессе формирования на длинном стенде нагнетание бетонной смеси производят путём непрерывной подачи бетонной смеси под движущиеся рабочие поверхности нагнетателя слоем, превышающим толщину формируемого изделия.

4.6.4. Скорость поступательного перемещения машины вдоль стенда выбирают и поддерживают в зависимости от скорости выдавливания бетонной смеси из-под нагнетательной поверхности в сторону незаполненной части. При этом скорость поступательного перемещения машины не должна превышать скорости выдавливания бетонной смеси.

4.6.5. Формование изделий на длинном стенде осуществляют следующим образом. На очищенный и смазанный стенд, снаряженный арматурой согласно нормативной документации, устанавливается машина зонного нагнетания. Затем её бункер заполняют бетонной смесью, после чего машину перемещают и устанавливают на стенде таким образом, чтобы нагнетающая поверхность нагнетателя располагалась в начале стенда у закрепленного на нём торцевого борта.

При этом примыкающий к нагнетателю край плиты калибрующего устройства должен совпадать с внутренним краем борта. Затем включается привод нагнетателя и вслед за этим подают бетонную смесь в зону нагнетания. Бетонная смесь, поступающая под нагнетатель, вдавливаясь им в образуемый слой бетона. После того, как с открытой стороны перед нагнетателем начнёт вытесняться смесь и сформируется из неё валик по всей ширине изделия включается привод передвижения машины. При этом скорость перемещения машины регулируют таким образом, чтобы образованный валик бетонной смеси сохранялся по всей ширине формируемого изделия.

4.6.6. Нагнетание бетонной смеси производят до тех пор, пока машина не достигнет противоположного края стенда. В момент упора вытесняемого слоя в выходной торцевой борт необходимо прекратить подачу бетонной смеси в зону нагнетания. После прохождения над торцевым бортом нагнетателя и плиты калибрующего устройства привод нагнетателя выключают. Избыток бетонной смеси высыпается в бункер, установленный у выходного торцевого борта.

4.6.7. После окончания процесса формирования отформованный слой подвергается термовлажностной обработке согласно принятому технологическому регламенту. После твердения слой распиливается на изделия нужной длины посредством алмазных пил.

4.6.8. В процессе формирования по мере необходимости бункер машины должен пополняться бетонной смесью, чтобы процесс формирования можно было осуществлять непрерывно.

4.7. ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ЗОННОГО НАГНЕТАНИЯ

4.7.1. При формировании бетонных и железобетонных изделий методом зонного нагнетания основным параметром, контролирующим качество уплотнения бетона, является выдавливание бетонной смеси из-под нагнетателя в незаполненную бетонной смесью сторону формы или вверх, в открытую сторону формы.

4.7.2. Образование выдавливания по всей толщине формируемого изделия обусловлено формированием в уплотняемом слое бетонной смеси под нагнетателем плотной локальной уплотнённой зоны.

4.7.3. Регулирующим параметром установки зонного нагнетания является скорость перемещения формы под нагнетателем $v_{\text{фор}}$. При этом критерием управления является отношение скорости передвижения формы под нагнетателем к скорости выдавливания бетонной смеси из-под нагнетателя в открытую сторону формы $v_{\text{вмд}}$. При этом величина отношения $v_{\text{фор}}/v_{\text{вмд}} \leq 1$ должна поддерживаться на протяжении всего процесса формования изделия вплоть до достижения смесью, выдавливаемой из-под нагнетателя, заднего торцевого (выходного) борта формы, когда расстояние между нагнетателем и торцевым бортом не будет превосходить длину активной части нагнетателя.

При поддержании $v_{\text{фор}}/v_{\text{вмд}} \leq 1$ обеспечивается достижение требуемой степени уплотнения бетона по всему изделию.

4.7.4. Поддержание требуемого соотношения в течение всего процесса производится при визуальном наблюдении и ручном управлении скоростью передвижения формы.

4.7.5. Для управления процессом формования привод нагнетателя оснащают датчиками, измеряющими в процессе работы величины мощности (силу тока) или крутящего момента на валу привода. При этом измеряемая величина служит управляющим сигналом для привода перемещения формы под нагнетателем или нагнетателя относительно формы.

4.7.6. При осуществлении зонного нагнетания в горизонтальных формах в начале формования, когда выжимаемый из-под нагнетателя слой бетонной смеси в незаполненную часть формы достигнет величины, равной не менее двух толщин формируемого слоя, фиксируют величины измеряемого сигнала.

При осуществлении зонного нагнетания в вертикальных формах величину измеряемого сигнала фиксируют также в начале формования, когда выжимание слоя бетонной смеси из-под нагнетателя вверх по внешней стенке формы достигнет высоты, равной размеру толщины изделия, или момента обратного обрушения слоя.

При достижении зафиксированной величины осуществляют включение привода передвижения формы или нагнетателя.

Если в процессе формования величина измеряемого сигнала станет меньше зафиксированной величины, то передвижение формы или нагнетателя приостанавливают и ожидают увели-

чения величины измеряемого сигнала до зафиксированной величины, после чего передвижение возобновляют.

Включение привода передвижения осуществляется либо оператором, ориентирующимся, например, по показанию амперметра, либо средствами автоматики.

4.7.7. При изготовлении изделий, у которых размер в направлении перемещения формы менее двух длин нагнетательной поверхности в том же направлении, величину измеряемого сигнала фиксируют в начале формования, когда бетонная смесь начнёт выжиматься из-под нагнетателя вверх.

5. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ФОРМУЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ

5.1. Качество отформованных изделий определяется степенью и однородностью уплотнения бетонной смеси по объёму изделия, соответствием требованиям к поверхностям согласно ГОСТ 13015 и ГОСТ 11024 и нормативным документам на соответствующее изделие.

5.2. Поверхности отформованного изделия должны иметь однородный вид.

5.3. Качество изделий в процессе формования обеспечивается соответствием состава бетонной смеси требуемым физико-механическим характеристикам бетона, надлежащей работой машин зонного нагнетания, соблюдением требований подачи смеси в зону нагнетания и выбора скорости формования в соответствии с пп. 4.2 и 4.7.

5.4. Для обеспечения стабильного качества необходимо контролировать:

- ✦ качество используемых материалов;
- ✦ точность дозирования составляющих бетонной смеси и продолжительность её перемешивания;
- ✦ соблюдение правил осуществления зонного нагнетания;
- ✦ принятые режимы твердения изделий;
- ✦ прочностные и другие характеристики изделий в соответствии с технологическими требованиями стандартов, технических условий и другой нормативной документации.

5.5. Контроль прочности бетона осуществляется в соответствии с существующими стандартами на образцах, выпиленных из изделий, отформованных машинами зонного нагнетания.

6. ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОБОРУДОВАНИЮ ЗОННОГО НАГНЕТАНИЯ

6.1. Компоновка узлов и механизмов должна обеспечивать удобство обслуживания, монтажа и ремонта. При разработке машин следует уделить особое внимание повышению надежности и долговечности узлов и деталей нагнетателя и его привода. Места болтовых соединений должны быть легкодоступными и обеспечивать возможность периодической подтяжки соединений в процессе эксплуатации.

6.2. Конструкцию нагнетателя и его привода рекомендуется выполнять статически, а по возможности и динамически уравновешенной.

6.3. Для управления установкой зонного нагнетания в процессе формования изделия привод передвижения формы под нагнетателем должен обеспечивать возможность регулирования скорости перемещения формы. То же относится к приводу передвижения самоходных установок зонного нагнетания.

6.4. Конструкция калибрующего устройства должна обеспечивать получение проектной поверхности формуемого изделия. Необходимо предусматривать регулирование положения калибрующего устройства относительно нагнетателя. Размер перепада уровней между положением рабочей поверхности калибрующего устройства и положением рабочей поверхности нагнетательных элементов, когда они касаются формуемой поверхности изделия, не должен превышать 3 мм. Зазор между плитой калибрующего устройства и нагнетательным элементом не должен превышать 2 мм, при этом оптимальная величина зазора составляет 0,5–1 мм.

6.5. Конструкция машин должна исключать просыпание бетонной смеси за борта форм. Узлы и механизмы по возможности также должны быть защищены от попадания в них смеси.

6.6. При разработке машин и установок следует стремиться к полной автоматизации их работы.

МЕТОДИКА РАСЧЁТА УСТАНОВКИ ЗОННОГО НАГНЕТЕНИЯ С ПЛИТНЫМ И РЕШЁТЧАТЫМ НАГНЕТАТЕЛЕМ

Выбор основных параметров, проектирование и расчёт установок зонного нагнетания для формования бетонных и железобетонных изделий рекомендуется производить в следующем порядке.

При разработке конструкции установки зонного нагнетания должны быть заданы следующие основные исходные данные.

1. Геометрические параметры нагнетателя (задаются исходя из назначения и области применения). От геометрических параметров нагнетателя зависит возможность использовать установку для формования изделий требуемых габаритов с максимально возможной степенью уплотнения бетона.

Длина нагнетателя (размер нагнетателя по направлению передвижения формируемого изделия относительно нагнетателя) b выбирается из условия

$$b = \kappa_1 \cdot H, \text{ м}, \quad (1)$$

где H – толщина формируемого изделия, м;
 κ_1 – коэффициент, величина которого может быть принята в пределах от 1,0 до 1,6. Для первоначального расчёта $\kappa_1 = 1,2-1,3$.

Ширина нагнетателя (размеры нагнетателя по ширине формируемого изделия) l принимается из условия:

а) для нижнего закрепления рычагов нагнетателя

$$l = B - 2r - \Delta_n, \text{ м}, \quad (2)$$

где B – ширина формируемого изделия, м;
 $2r$ – ход нагнетателя из одного крайнего положения в другое поперёк формируемого изделия, м;
 r – размер кривошипа, м;
 Δ_n – зазор между нагнетателем и боковыми бортами формы, м;

б) для верхнего закрепления рычагов

$$l = B - \Delta_n, \text{ м}. \quad (3)$$

Для изделий шириной от 0,3 до 2,0 м $\Delta_b = 0,006-0,05$ м, причём большей ширине соответствует и большая величина зазора.

Для нагнетателя в виде гребёнки или решётки расстояние между пластинами s назначается исходя из условий просыпания бетонной смеси между пластинами, а ширина пластины нагнетателя $k_{зуб}$ должна отвечать требованию $0,5s \leq k_{зуб} \leq s$, при этом ширина пластины задаётся из условия

$$k_{зуб} = k_2 \cdot b, \text{ м}, \quad (4)$$

где k_2 – коэффициент, равный 0,15-0,35.

При $k_{зуб} = s$ количество пластин z определяется как $2z+1 \approx 1/k_{зуб}$, где $2z+1$ ближайшее нечётное число. После чего величина $k_{зуб}$ уточняется согласно принятому количеству пластин.

2. Кинематические параметры нагнетателя (задаются исходя из принятой конструктивной схемы механизма нагнетателя, например в зависимости от принятой схемы крепления рычагов механизма шарнирного параллелограмма нагнетателя, а также исходя из назначения и области применения).

Высота подъёма нагнетателя над верхом формусевого изделия h (нагнетательный ход) задаётся из выражения

$$h \leq (K_y - 1)H, \text{ м}, \quad (5)$$

где K_y – коэффициент уплотнения материала; $K_y = \rho_y/\rho_n$; здесь ρ_n, ρ_y – плотность материала соответственно в рыхлом и уплотнённом состоянии.

Для решётчатого нагнетателя

$$h \leq (K_y - 1) \cdot k_{зуб}, \text{ м}. \quad (6)$$

Высота подъёма нагнетателя h для нагнетателя в виде шарнирного параллелограмма связана с поперечным ходом нагнетателя соотношением

$$h = m + i \cdot \sqrt{m^2 - r^2}, \text{ м}, \quad (7)$$

где m – длина рычага, м;
 $i = 1$ для случая отклонения рычагов на угол, больший $\pi/2$;
 $i = -1$ для случая отклонения рычагов на угол, меньший $\pi/2$.

Частота качания нагнетателя задаётся из условия

$$v = \frac{2 \cdot B \cdot v_{\phi}}{k_1 \cdot l \cdot h \cdot (K_y - 1) K_z}, \text{ с}^{-1}. \quad (8)$$

Для решётчатого нагнетателя

$$v = \frac{2 \cdot B \cdot v_{\phi}}{k_1 \cdot k_{зуб} \cdot z \cdot h \cdot (K_y - 1) K_z}, \text{ с}^{-1}, \quad (9)$$

где K_y – коэффициент заполнения нагнетающего пространства;
 v_{ϕ} – скорость формования, определяемая как

$$v_{\phi} = \frac{Q_T}{3600 \cdot B \cdot H}, \text{ м/с},$$

где Q_T – часовая производительность формования.
 Обычно $v_{\phi} = 0,016-0,020$ м/с.

Если величина Q_T меньше требуемой технологической производительности, то могут рассматриваться варианты: увеличение скорости формования, одновременное формование нескольких изделий, движущихся под нагнетателем параллельными потоками, или сочетание их.

3. Максимальные габариты установки (исходя, в основном, из назначения и области применения).

4. Максимальная масса установки (исходя, главным образом, из опыта проектирования установок зонного нагнетания).

Перечисленные исходные данные обычно составляют технические требования на проектирование.

На основании этих данных производят расчёт основных силовых параметров проектируемой установки в следующем порядке.

1. Определяют результирующее нагнетающее усилие:

а) для формования изделий $H = 0,1-0,3$ при значениях $H/b = 0,4-1,2$ из маловлажных бетонных смесей:
 для нагнетателя в виде сплошной плиты

$$P_H = 0,06 \cdot b \cdot l + 1,05 \cdot b^2 \cdot l, \text{ мН}; \quad (10)$$

для нагнетателя в виде решётки или гребёнки

$$P_H = (0,06 \cdot b + 1,05 \cdot b^2) \cdot k_{зуб} \cdot (z - 1) + (0,02b + 0,32b^2) \cdot k_{зуб}, \text{ мН}; \quad (11)$$

б) для остальных случаев нагнетающее усилие может быть рассчитано по формуле

$$P_{\text{н}} = \text{CHA}\left(f, \frac{b}{H}, f_1, f_2\right) + H^2 \gamma B\left(f, \frac{b}{H}, f_1, f_2\right), \text{ Н}, \quad (12)$$

где

$$A() = \frac{1 + K \text{tg} \mu}{1 - f_1 K} \times \left(\frac{\text{tg} \delta + K}{\text{tg} \mu (1 - f_2 \text{tg} \delta)} + 1 \right);$$

$$B() = \frac{1}{2(1 - f_1 K)} \times \left[\frac{(K + f_2 \text{tg} \delta \cdot \text{tg} \mu)(\text{tg} \delta + K)}{\text{tg} \mu (1 - f_2 \text{tg} \delta)} - (\text{tg} \mu + \text{tg} \delta) \right];$$

$$K = \frac{\text{tg} \mu + f}{1 - f \text{tg} \mu};$$

$f = \text{tg} \varphi$ – коэффициент внутреннего трения бетонной смеси;
 f_2, f_1 – коэффициенты трения бетонной смеси о дно формы и по нагнетательной поверхности;
 b – длина нагнетательной поверхности, м;
 H – толщина формуемого изделия, м;
 C – условный коэффициент сцепления материала, Н/м;
 $\mu = \pi/4 - \varphi/2$;
 $\text{tg} \delta = b/H - \text{tg} \mu$.

2. Определяют величину максимальной мощности N привода нагнетателя. Во всех случаях проектирования и расчёта установок зонного нагнетания максимальная механическая мощность электродвигателя привода нагнетателя должна быть больше той максимально возможной мощности N , которая может быть затрачена на нагнетание и уплотнение бетонной смеси, плюс механические потери внутри механизмов привода (потери в подшипниках, трансмиссии и т.д.).

Для нагнетателя с приводом в виде синусного кривошипно-кулисного механизма (см. рис.10) мощность рассчитывается по формуле

$$N = P_{\text{мх}} \left(\frac{r^2}{2m \sqrt{1 - 0,6 \left(\frac{r}{m}\right)^2}} + 0,7f_1 \right) \omega, \text{ Вт}, \quad (13)$$

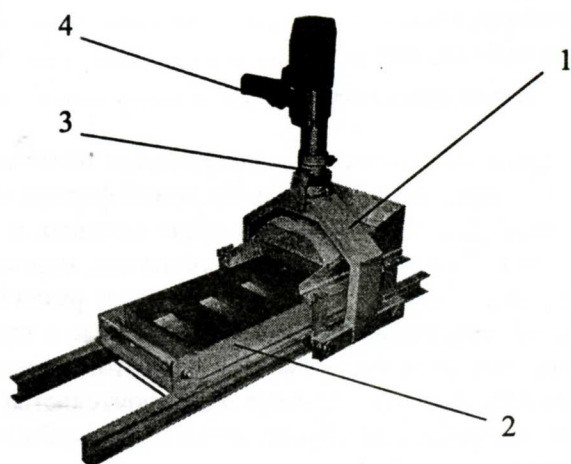
где ω – угловая скорость кривошипа, с^{-1} ;
 r – эксцентриситет кривошипа м;
 m – длина рычага, м.

Для остальных конструктивных схем мощность рассчитывается исходя из известных положений проектирования рычажных механизмов.

КОМПЛЕКТ ФОРМОВОЧНЫЙ МН 05 «РУССКИЕ КАЧЕЛИ®»

Комплект формовочный МН 05, далее по тексту комплект, предназначен для изготовления различных строительных изделий из разнообразных маловлажных сыпучих материалов, преимущественно из мелкозернистых бетонных смесей. Допускается использование комплекта в качестве лабораторного оборудования для изготовления бетонных образцов.

Комплект состоит из нагнетающей насадки, формы, скобы упорной и ручной электрической сверлильной машины типа ИЭ-1305Э.



*Комплект формовочный:
1 – насадка нагнетающая; 2 – форма; 3 – скоба
упорная; 4 – электродрель*

Принцип работы комплекта основан на непрерывном воспроизведении в форме эффекта «текущего клина» одним качающимся гирационным рабочим органом нагнетающей насадки.

Основные технические характеристики комплекта

Ширина формируемой полосы, мм	250
Толщина формируемой полосы, мм	20-66
Скорость формирования расчётная, м/мин	0,3-0,5
Тип привода	ручная электрическая сверлильная машина типа ИЭ-1305Э
Номинальная потребляемая мощность, Вт	850
Номинальное напряжение, В	230
Частота тока, Гц	50
Режим работы по ГОСТ 183-74	S1 (продолжительный)
Габаритные размеры комплекта в сборе, мм:	1040x386x712
Масса комплекта, кг	52
в том числе масса насадки, кг	19
масса формы в сборе, кг	28

Посредством комплекта допускается изготавливать стеновые камни (кирпичи) простой и фасонной формы, клиновидные камни (кирпичи) для изготовления сводов оконных и дверных проёмов, оконные железобетонные перемычки, подоконные плиты, облицовочную плитку, тротуарную плитку различной толщины (от 20 до 65 мм), камни мощения, бордюрные и газонные камни, лотки для отвода воды, элементы закрытого дренажа и другие подобные изделия, необходимые для строительства дома и хозяйственных построек, для обустройства приусадебного участка, сада или парка.

Подписано в печать 14.11.2003.
Формат 60 x 84 1/16. Печать офсетная.
Объем 2,75 п.л. Тираж 100 экз. Заказ 107.

Отпечатано в типографии ОАО ЦНИИС.
Лицензия ПЛД № 53-510 от 22.10.1999 г.

129329, Москва, Кольская 1
Тел.: (095) 180-94-65