

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

БСУ – бетоносмесительный узел (установка)
БСЦ – бетоносмесительный цех
БТЦ – быстро твердеющий цемент
БХК – бихромат калия
БХН – бихромат натрия
БЭ – битумная эмульсия
ВНВ – вяжущее низкой водопотребности
ГКЖ – гидрофобизирующая кремнийорганическая жидкость
ГП – гиперпластификатор
ДЭГ – диэтиленгликолевая эпоксидная смола
ЖБИ (ЖБК) – железобетонные изделия (конструкции)
КП – кормовая патока
КПД – крупнопанельное домостроение
ЛСТ – лигносульфанат технический
ЛЭП – линия электрических передач
МД – минеральные добавки
МК – микрокремнезем
МЦ – масса цемента
НК – нитрат кальция
НИИЖБ – Научно-исследовательский институт железобетона
НН – нитрат натрия
ОК – осадка конуса
ОНТП – отраслевые нормы технологического проектирования
ОП – вспомогательный препарат
ОПЛ – смазка на основе технических жиров
ОТК – отдел технического контроля
ПА – паста алюминиевая
ПАП – пудра алюминиевая
ПАВ – поверхностно-активное вещество
ПК – поликарбоксилат
ПСХ – прибор контроля удельной поверхности дисперсных материалов
ПЦ – портландцемент
РК – расплыв конуса
РМЦ – ремонтно-механический цех
СА – сульфат алюминия
СДО – смола древесная омыленная
СЖ – сульфат железа
СН – сульфат натрия
СНВ – смола нейтрализованная воздухововлекающая
СП – суперпластификаторы
СТБ – стандарт Республики Беларусь
ТАГП – термоактивное гибкое покрытие
ТБН – тетраборат натрия
ТКП – технический кодекс установившейся практики
ТО – тепловая обработка
ТУ – технические условия
ТЭГ – триэтиленгликолевая эпоксидная смола

ТЭН – термический электрический нагреватель
ТЭС – тепло-, электростанция
ТЭЦ – тепло-, электроцентраль
УТП – унифицированный типовой пролет
ХД – химические добавки
ХЖ – хлорид железа
ХК – хлористый кальций
ЭКС – эмульсол кислый синтетический
ШПЦ – шлакопортландцемент
ППЦ – пуццолановый портландцемент

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современные условия деятельности строительной отрасли, включая предприятия, производящие бетоны (растворы), бетонные и железобетонные изделия (конструкции) (ЖБИ, ЖБК) и ведущие монолитное строительство, характеризуются постоянно возрастающими требованиями к качеству производимой продукции. Задачу обеспечения качества бетона и железобетона как основных конструкционных строительных материалов современности должен решать инженер-строитель-технолог. Для этого он обязан владеть соответствующими знаниями и умением применять их на практике с учетом опыта, накопленного предыдущими поколениями ученых-исследователей, инженеров, проектировщиков — разработчиков теоретических основ бетоноведения, теории и практики железобетона, а также инженерно-технического обеспечения, приемов ведения работ и оборудования, применяемого для реализации производственных процессов изготовления изделий и конструкций с применением бетона и железобетона.

Материал учебного пособия отражает проблематику организации и реализации технологического процесса производства сборного бетона и железобетона в заводских условиях. Рассмотрены все основные варианты реализации современных технологий производственного процесса изготовления разнообразных ЖБИ и ЖБК, включая преднапряженные.

Содержание пособия преемственно по отношению к накапливающимся десятилетиями знаниям в области технологии бетона и железобетона и реализованным в виде монографий, учебников и учебных пособий по этому направлению И.Н. Ахвердова, С.Н. Алексева, О.Я. Берга, Ю.М. Баженова, А.В. Волженского, О.А. Гершберга, Г.И. Горчакова, К.Э. Горяйнова, Ф.М. Иванова, А.Т. Комара, М.Ю. Лещинского, Л.А. Малининой, С.А. Миронова, В.М. Москвина, В.Б. Ратинова, Б.В. Стефанова, В.Н. Сизова, А.Е. Шейкина, С.В. Шестоперова и др.

Структура пособия включает ознакомление с общими положениями заводской технологии производства ЖБИ, с практикуемыми способами организации технологического процесса и компоновочными решениями используемых при этом технологических линий (комплексов). Последовательно отражены технологические переделы производственного процесса, начиная с поступления на завод материалов для бетона и заканчивая контролем качества продукции перед отпуском ее потребителю. В приложении изложены вопросы, связанные с производством преднапряженных изделий, расчетом и реализацией преднапряжения стальной арматуры. Материал пособия отражает реально действующие производства бетонных и железобетонных изделий и конструкций.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

1.1. Структура технологического процесса

Технологический процесс изготовления сборных бетонных и железобетонных изделий представляет собой совокупность отдельных технологических «элементных» процессов, состоящих из отдельных операций, начиная от приема исходных материалов и заканчивая контролем качества, приемкой и отгрузкой готовых изделий потребителю. Эта общая последовательность выполнения всей совокупности технологических операций практически не зависит от принятого способа (технологии) производства и присуща всем практикуемым способам: стендовому, конвейерному, агрегатно-поточному и смешанным, реализуемым на соответствующих технологических линиях. Конкретика выполнения элементных циклов и составляющих их технологических операций (например, цикла армирования или формования) зависит от принятого способа (технологии) производства. Одни и те же операции (например, напряжение арматуры или укладка и уплотнение бетона) могут выполняться с использованием разного оборудования, способов и приемов реализации, присущих принятой технологии производства и соответствующего оснащения (оборудования) технологических линий.

На рис. 1.1 представлена общая принципиальная технологическая схема производственного процесса изготовления сборных железобетонных и бетонных изделий. Указанные элементные циклы выполняются в приведенной последовательности, составляя общий технологический цикл. Некоторые из них (в частности, подготовка форм (бортоснастки), армирование) осуществляются преимущественно предварительно, а в отдельных случаях параллельно с приготовлением бетона и транспортированием его к месту формования изделий. Эти особенности технологического процесса изготовления изделий рассмотрены далее в разделе, относящемся к особенностям разных способов его организации и реализации.

Каждый элементный цикл принципиальной технологической схемы включает подразделы, которые отражают либо основные способы и приемы его осуществления (например, виды транспортных средств при доставке материалов), либо основные вопросы, касающиеся данного элементного цикла и подлежащие подробному рассмотрению и изучению в процессе обучения. Совокупность элементных циклов и относящихся к ним подразделов (вопросов), отраженных в принципиальной технологической схеме, составляют основное содержание настоящего раздела учебного пособия.



Рис. 1.1. Принципиальная технологическая схема производства бетонных и железобетонных изделий

1.2. Генеральный план и общие компоновочные решения производственных корпусов

Проектирование генерального плана (далее – генплан). Генплан – графическое изображение всех зданий и сооружений завода сборного железобетона, а также складов, инженерно-технических коммуникаций, сети организации обслуживания и охраны предприятия, элементов благоустройства территории (рис. 1.2–1.4).

Комплекс работ по проектированию генплана можно разделить на следующие основные этапы: сбор данных по территории участка; учет общих требований, предъявляемых к генплану промышленных предприятий; размещение зданий и сооружений и общая компоновка генплана; технико-экономические показатели генплана.

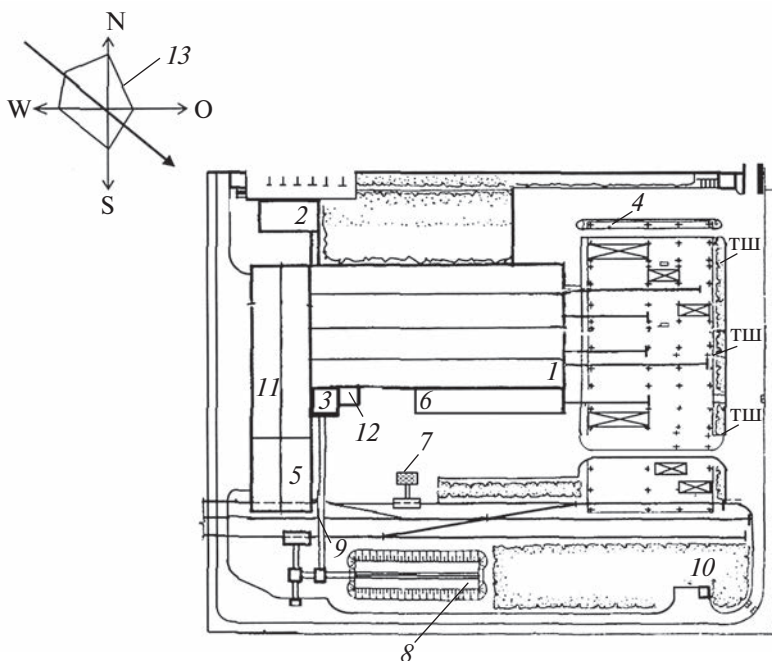


Рис. 1.2. Принципиальное компоновочное решение генплана завода ЖБИ общестроительного назначения:

1 – производственный корпус; 2 – административно-бытовой корпус; 3 – БСЦ; 4 – склад готовой продукции; 5 – арматурный цех со складом металла; 6 – ремонтно-механический цех (РМЦ) с блоком вспомогательных служб; 7 – склад цемента; 8 – склад заполнителей; 9 – галерея подачи заполнителей; 10 – склад горючесмазочных материалов; 11 – материально-технический склад и вспомогательные производства; 12 – участок приготовления растворов химических добавок; 13 – роза ветров

Сбор данных по территории участка для проектирования генплана осуществляют с целью определения пригодности территории для строи-

тельства предприятия сборного железобетона и подготовки материалов по обоснованию выбора площадки строительства. Это производят после технико-экономических изысканий, изучения сырьевой и энергетической баз района, топливных и водных ресурсов, строения грунтов, метеорологических и других данных с учетом схемы районной планировки, составленной на основе перспективных планов развития народного хозяйства.

Учет общих требований, обязательных для проектирования генерального плана, производят в соответствии с действующими строительными нормами. Основным условием производственного процесса является обеспечение поточности, исключение встречных технологических потоков. Производят анализ состава зданий и сооружений предприятия для рационального размещения всех производств согласно принятой технологии производства изделий и конструкций. При этом за основу принимают выбранную технологическую схему и соответствующую ей последовательность технологических процессов (от поступления материалов до выпуска продукции), а также ориентировочный состав предприятия: 1) здания цехов основного производства (формовочный, арматурный, бетоносмесительные цеха и другие производства); 2) здания вспомогательных цехов (ремонтно-механический, материальной комплектации и т.д.); 3) энергетическое хозяйство для снабжения паром, электроэнергией, теплотой (ТЭЦ, трансформаторы, котельные); 4) складское хозяйство (сырье, топливо, оборудование и т.д.); 5) объекты административно-хозяйственного и бытового назначения (управление, столовая, проходная, здравпункт); 6) транспортные и инженерно-технические коммуникации (гаражи, дороги, линии газо-, водопровода, электроснабжения и т.д.); 7) элементы благоустройства (озеленение, тротуары, скверы, киоски, павильоны и т.д.).

Расположение зданий должно обеспечивать санитарно-технические и противопожарные требования: 1) здания, где выделяются газ, дым и пыль, располагают к прочим зданиям и населенным пунктам с подветренной стороны (господствующие ветры) либо предусматривают защитные зоны шириной 50 м; 2) здания с шумным производством отделяют защитной зоной от общих и жилых зданий; 3) нельзя возводить на территории предприятия жилые здания и сооружения при расстоянии до открытых складов с пылью не менее 20 м, до административно-конторских зданий — не менее 50 м; 4) пожароопасные сооружения необходимо располагать с подветренной стороны, ко всем зданиям предусматривают удобный подъезд; устраивают пожарные гидранты, минимальные размеры между зданиями устанавливают по пожароопасности и степени огнестойкости зданий, противопожарные разрывы колеблются от 10 до 30 м, а санитарные разрывы между зданиями должны быть не менее наибольшей высоты одного из них; 5) обеспечивают общие архитектурно-строительные требования благоустройства и озеленения территории; увязывают с соседними районами и предприятиями.

Приведенные на рис. 1.2–1.4 варианты принципиальных компоновочных решений заводов ЖБИ разного назначения разработаны на основе унифицированных типовых пролетов УТП-1, УТП-2 (рис. 1.5).

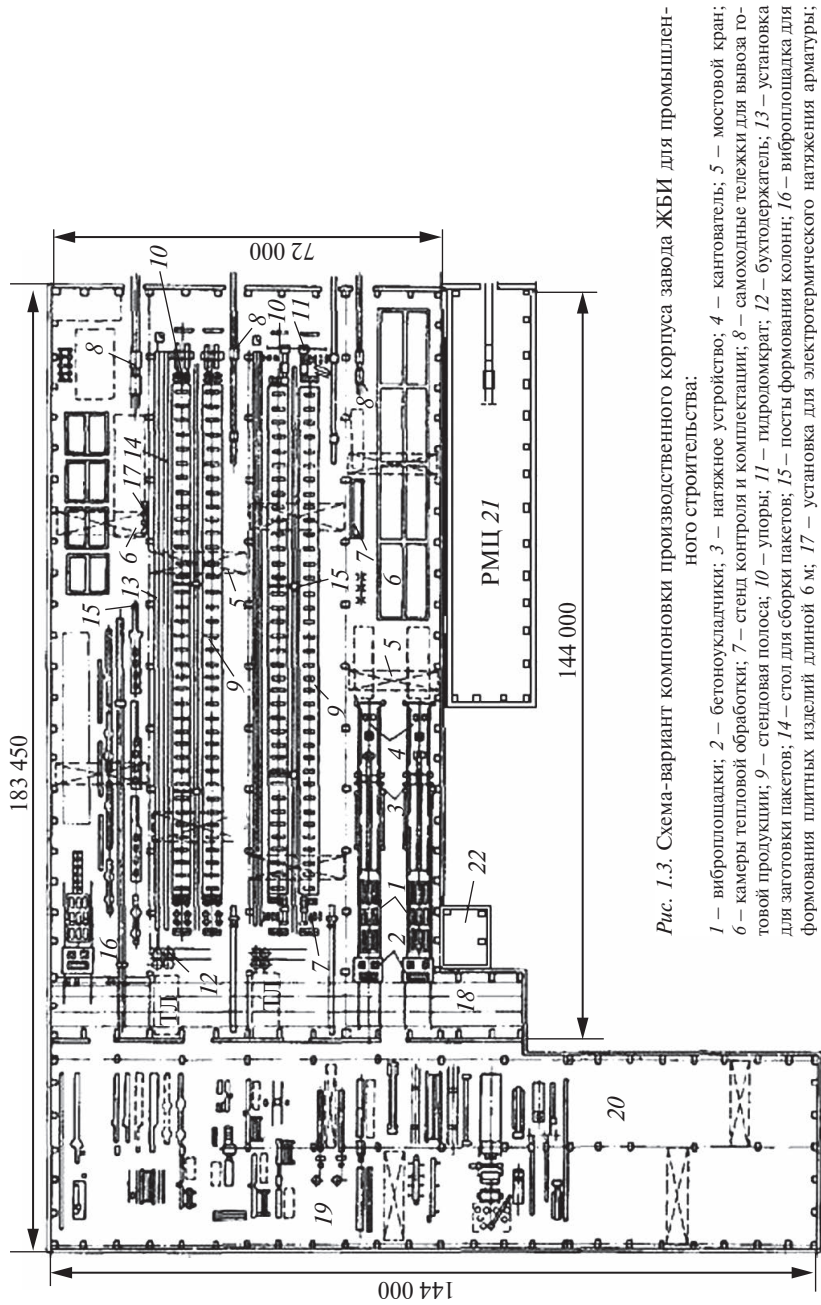


Рис. 1.3. Схема-вариант компоновки производственного корпуса завода ЖБИ для промышленного строительства:

- 1 – виброплощадки; 2 – бетоноукладчики; 3 – натяжное устройство; 4 – кантователь; 5 – мостовой кран;
- 6 – камеры тепловой обработки; 7 – стенд контроля и комплектации; 8 – самоходные тележки для вывоза готовой продукции; 9 – стендовая полоса; 10 – упоры; 11 – гидромократ; 12 – бухтодержатель; 13 – установка для заготовки пакетов; 14 – стол для сборки пакетов; 15 – посты формирования колонн; 16 – виброплощадка для формирования плитных изделий длиной 6 м; 17 – установка для электротермического натяжения арматуры;
- 18 – эстакада подачи бетонной смеси; 19 – арматурный цех; 20 – склад металла; 21 – РМЦ; 22 – участок приготовления растворов химических добавок

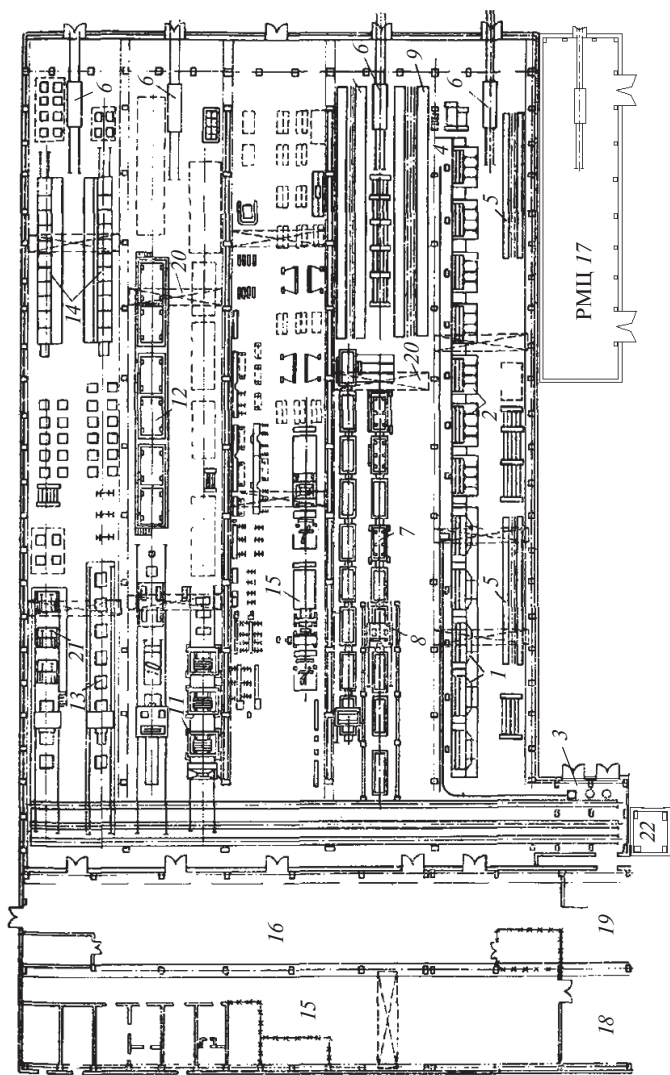


Рис. 1.4. Схема-вариант компоновки производственного корпуса завода крупнопанельного домостроения (КПД):

1 — кассеты для производства панелей перекрытий; 2 — кассеты для производства внутренних стен; 3 — камерный пневматический лигатель; 4 — передвижной гаситель; 5 — конвейер отделки панелей перекрытий и внутренних стен; 6 — тележка для вывозки готовой продукции; 7 — конвейерная линия с термоформами по производству панелей наружных стен; 8 — виброформовочный агрегат; 9 — конвейер отделки панелей наружных стен; 10 — агрегатно-поточная линия доборных изделий; 11 — формы для заготовок при монтаже санитарно-технического и электротехнического оборудования; 12 — ямные камеры; 13 — посты формирования санитарно-технических кабин; 14 — конвейер отделки санитарно-технических кабин; 15, 16 — арматурный цех; 17 — РМЦ; 18 — склад металла; 19 — материально-техническое производство и склад; 20 — краны мостовые; 21 — участок изготовления поддонов для санитарно-технических кабин; 22 — участок приготовления растворов химических добавок

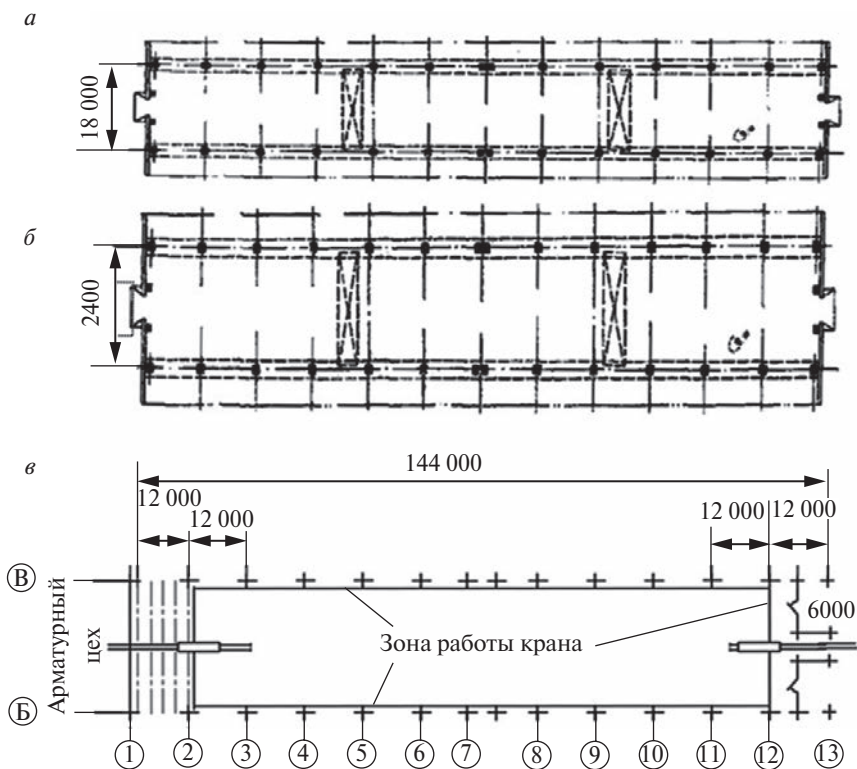


Рис. 1.5. Унифицированные типовые пролеты:

a – 18×144 м (УТП-1); *б* – 24×144 м (УТП-2); *в* – общая компоновочная схема типового проекта

Технико-экономические показатели, которые учитываются при разработке генпланов проектируемых предприятий и характеризуют их соответствие устоявшейся практике проектирования, представлены в табл. 1.1.

Как следует из рис. 1.2–1.4 производственные корпуса заводов сборного железобетона состоят из расчетного количества типовых унифицированных пролетов «УТП-1» и (или) «УТП-2» (рис. 1.5), в которых располагается оборудование производственных технологических линий.

Таблица 1.1. Технико-экономические показатели генерального плана предприятия

Наименование показателей	Рекомендуемые показатели	
	Единица измерения	Величина
1	2	3
Площадь территории	м ²	По факту
Площадь застройки	м ²	По факту

1	2	3
Коэффициент застройки территории	%	40...55
Коэффициент использованной территории	%	70...75
Протяженность железнодорожных путей	м/м ²	0,012...0,014
Площадь под железнодорожными путями	%	5...6
Протяженность автодорог	м/м ²	0,012...0,014
Площадь автодорог и площадок	%	10...14
Площадь озеленения	%	≤5
Протяженность ограды	м	По факту

На рис. 1.5, в показана в общем виде схема рабочей зоны мостовых кранов, обслуживающих пролет и обеспечивающих выполнение подъемно-транспортных операций технологического процесса изготовления изделий, а также иных работ (монтаж-демонтаж оборудования; перемещение форм, изделий и других грузов). Компоновочные решения производственных технологических линий различного назначения (частично представлены на рис. 1.2–1.4) подробно будут рассмотрены в следующих разделах.

2. СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ, КОМПОНОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

2.1. Стендовый способ производства: сущность, область применения, типы технологических линий

Сущность и рациональная область применения. Стендовый способ (или технология) характеризуется тем, что формы (стенды, бортоснастка, поддоны) неподвижны, а при реализации технологического процесса перемещаются исполнители и оборудование. Подготовительные операции (чистка, смазка), армирование (преимущественно с преднапряжением арматуры), формование (подача, укладка и уплотнение бетона), дополнительные операции (например, гидро-, теплоизоляция бетона отформованных изделий и др.) и тепловая обработка (ТО) осуществляются в стационарном положении на стенде, т.е. без перемещения до момента распалубки изделий.

В этом случае все операции технологического цикла выполняют последовательно, начиная от распалубки изделий и включая ТО. В резуль-

тате этот способ характеризуется наибольшей (по сравнению с конвейерным или агрегатно-поточным способами) продолжительностью технологического цикла. Одновременно с этим стендовый способ наименее энерго- и металлоемок при эксплуатации, ниже его ремонтная сложность, начальные затраты на строительство и техническое оснащение технологических линий.

В этой связи наиболее рационально применение стендового способа при изготовлении крупногабаритных, многотоннажных изделий (конструкций) с преднапрягаемой арматурой: преднапряженных железобетонных ферм, балок, длинномерных ригелей, различных панелей-оболочек, центрально-армированных (без поперечного армирования ствола) преднапряженных свай в многоместных стендах-формах и других изделий.

Также получила развитие стендовая технология изготовления преднапряженных многопустотных плит перекрытий, которые формируют в виде длинномерного цельноизготавливаемого изделия с нарезкой по требуемой длине по окончании твердения (ТО) бетона. По такому варианту возможно изготовление полнотелых (сплошного сечения) изделий, в частности, внутренних стеновых панелей, перегородок и др.

Вместе с тем в современных условиях эти изделия, а также плиты балконов и лоджий, лестничные марши, плиты парапетов и другие подобные изделия преимущественно изготавливают в многоместных стендах-кассетах при формировании в вертикальном положении.

На специализированных стендовых установках разного типа изготавливают (формируют, проводят полную или частичную (первую ступень из двух) ТО) объемные железобетонные изделия: блок-комнаты объемно-блочных зданий, элементы шахт лифтов, санитарно-технические кабины, крупногабаритные кольца и элементы силосов-хранилищ и другие подобные изделия.

Типы стендов. Различают *длинные стенды* (в технической литературе их называют линейными), на которых изготавливают два и более изделий по продольной оси и к которым по действующим на территории Беларуси нормативным документам относят стенды длиной более 25 м; а также *короткие стенды*, на которых изготавливают до двух изделий по продольной оси, при общей длине стенда до 25 м.

Длинные стендовые технологические линии, которые располагают в типовых унифицированных пролетах (УТП-1 и УТП-2, см. рис. 1.5), имеющих длину 144 м, обычно характеризуются длиной до 110 м. Конкретные габариты стенда зависят от типажа изготавливаемых изделий, соответствующего технологического оборудования, особенностей технологии и контроля качества готовой продукции (например, наличия в цеху испытательных стендов), требуемого времени выдержки изделий в цеху после ТО в зимний период (т.е. площади поста (участка) выдержки) и других факторов. Наибольшая длина стендов на территории Беларуси составляет 154 м (завод строительных конструкций ОАО «Минскжелезобетон»). Известны примеры функционирования в условиях полигонов на территории США стендов длиной 200 м и более.

Длинные стенды подразделяют на пакетные, протяжные и безопалубочного формования преднапряженных изделий, а также стенды для изготовления изделий с ненапрягаемой арматурой.

Пакетные стенды характеризуются тем, что оснащены специализированными линиями с соответствующим оборудованием, предназначенными для заготовки преднапрягаемой арматуры непосредственно в формовочном цехе. Например, пакетов (пучков) или прядей из проволоки; арматурных элементов из стержневой арматуры, заготавливаемых в «плеть» мерной длины; арматурных элементов из канатов и т.п.

Эти линии располагаются параллельно продольной оси стенда (рис. 2.1), и подготовленные на них арматурные элементы перемещают в процессе армирования (специальными устройствами или с помощью кранов) в рабочую зону (формы или формообразующие элементы) стендов, в конструктив упоров стенда.

Протяжные стенды (рис. 2.2, 2.3) характеризуются тем, что напрягаемая арматура заводится в формы стенда и на его упоры с одного торца технологической линии, протягивается (с помощью самоходных устройств, лебедок, реже — кранов) по всей длине стендовой линии и фиксируется на упорах противоположной стороны для последующего напряжения.

В этом случае используется «гибкий» сортамент напрягаемой арматуры на основе проволоки. Преимущественно это индивидуальные арматурные элементы из проволоки и канатов, в отдельных случаях — из прядей.

На практике реализуются в основном два варианта: арматура сматывается с зафиксированных в торце стенда бухтодержателей или концы арматурных элементов фиксируются в зажимах упоров; арматура сматывается с бухтодержателей, размещенных на самоходной установке — тележке.

Известен вариант, при котором проволочная и канатная арматура может раскладываться и напрягаться с помощью полиспастов. В этом случае арматурный элемент сматывается с бухты (при необходимости «сращивается» (соединяется) для обеспечения необходимой длины) через неподвижный полиспаст-упор с помощью подвижного полиспаста. Последний перемещается вдоль стенда либо специальной тележкой, либо удерживается на весу перемещающимся краном и протягивается тяговой лебедкой. Полиспастная система позволяет напрягать арматуру групповым (по количеству арматурных элементов) захватом. Несмотря на очевидную сложность данного приема и несколько повышенный расход арматуры (за счет запасовки в полиспастах), есть и существенное достоинство — равномерность усилия натяжения в напрягаемых групповым захватом арматурных элементах и отсутствие необходимости выверки их длин, что снижает трудоемкость и затраты времени при армировании напрягаемой арматурой.

Стенды безопалубочного формования классификационно относятся к группе длинных протяжных стендов. Их особенностью является отсутствие стационарных форм, образующих конфигурацию изделий.

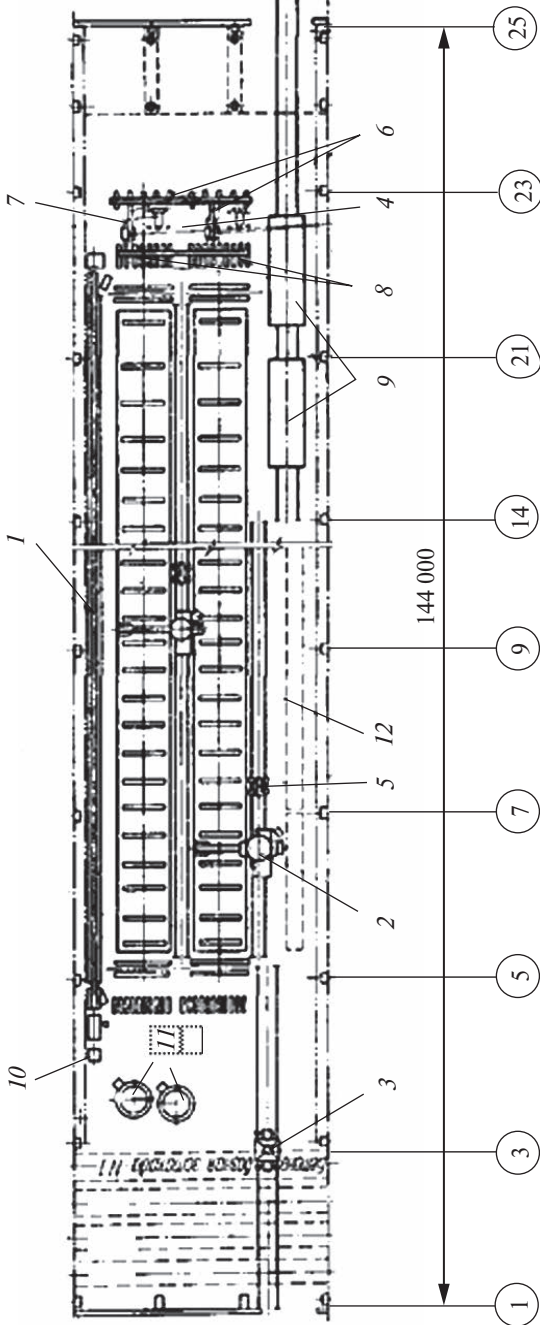


Рис. 2.1. Схема длинного (пакетного) стенда:

1 — линия заготовки пакетов напрягаемой арматуры; 2 — бетонораздатчик; 3 — баляя самоходная; 4 — гидромкрат; 5 — тележка питания виброинструмента; 6 — передвигаемые балки; 7 — насосная станция; 8 — упоры; 9 — самоходная тележка с прицепом для вывоза готовой продукции; 10 — буттодержатели; 11 — пост хранения запаса арматуры; 12 — посты (участок) выдержки, ремонта (доводки), контроля изделий

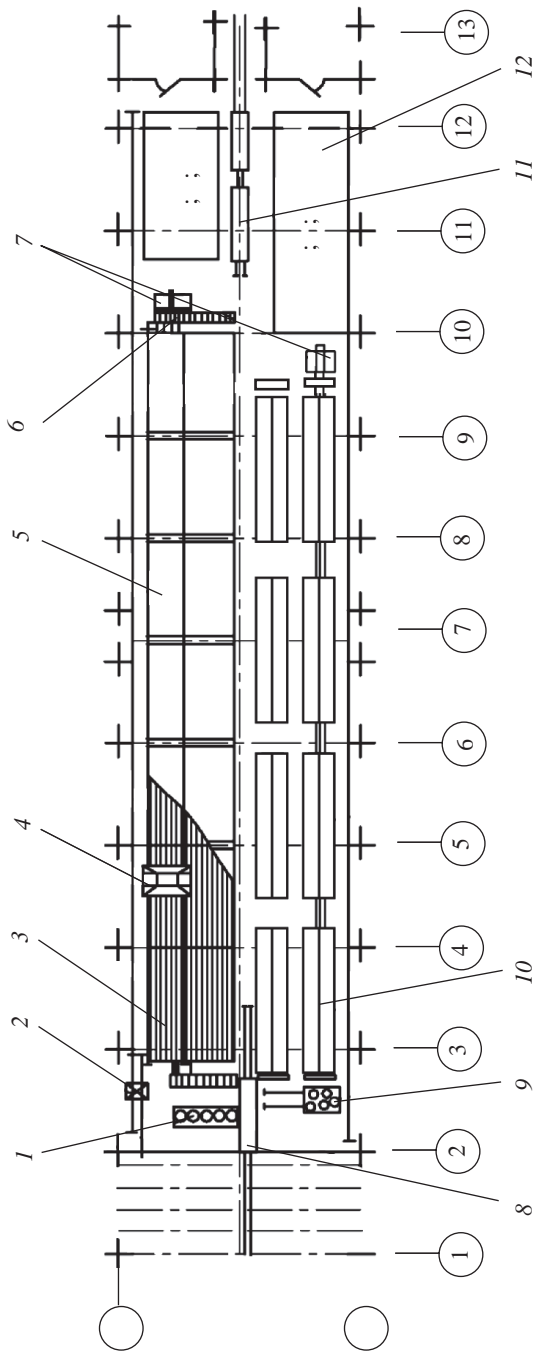


Рис. 2.2. Принципиальная схема длинного протяжного ствела:

a – вариант изготовления преднатяженных центрально-армированных свай (без поперечного армирования ствела); *б* – вариант двускатных железобетонных преднатяженных балок; 1 – бухтодержатели (неподвижные); 2 – балка самоходная; 3 – стелд свай; 4 – бетоноукладчик (раздатчик); 5 – крышка(и) камеры; 6 – упоры; 7 – станции и гидродомкраты для натяжения арматуры; 8 – телета завода бухт арматуры; 9 – бухтодержатель (перемещаемый); 10 – стелд-форма (2 балки); 11 – телета вывоза продукции; 12 – пост (участок) выдержки, ремонта (ловодки), контроля изделий; В – пост выдержки; Р – пост ремонта; Д – пост ловодки изделий

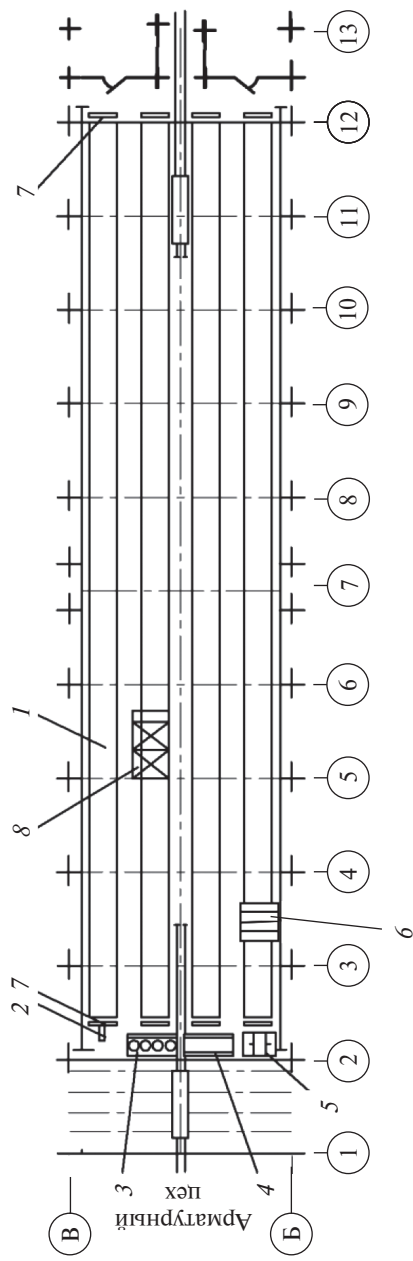


Рис. 2.3. Принципиальная схема длинного протяжного стенда с греющим поддоном:

1 — греющий поддон — стенд; 2 — установка для натяжения арматуры; 3 — машина для раскладки арматуры; 4 — машина для раскладки-сборки гидро- и теплоизолирующего покрытия; 5 — машина для чистки-смазки поддона; 6 — машина для чистки-смазки поддона; 7 — упоры стенда; 8 — формирующий агрегат; 1 — 13 — обозначение осей задания по длине; А, Б ... — то же в поперечном направлении

Требуемые размеры сечения (ширину и высоту) изделию придает формирующая пара: стационарный неподвижный стенд-поддон и подвижный формирующий агрегат, перемещающийся вдоль поддона. Необходимая длина изделия обеспечивается разрезкой отформованного «пласта» после твердения бетона (достижения прочности, достаточной для передачи усилия преднапряжения арматуры на бетон и съема изделий).

Для ускорения твердения бетона на стендах такого типа используют односторонний подвод тепла: снизу, через нагреваемый металл поддона. Варианты подвода тепла включают «змеевиковую» разводку по трубам подогретого масла, воды, водяного пара либо электрические греющие провода, кабели, ТЭНы. Поверхность отформованного бетона на период ТО укрывают паро-, теплоизолирующим покрывалом, которое разматывают и сматывают с помощью соответствующего специализированного устройства.

Формование (укладку и уплотнение) бетона осуществляют с помощью специализированных формирующих агрегатов, с использованием вибрационного и ударно-вибрационного, а также экструзионного способов уплотнения.

Формующие агрегаты с вибрационным уплотнением бетона характеризуются либо однослойной его укладкой по габаритам сечения «пласта» и соответственно наличием одного бункера для бетонной смеси (например, формирующие агрегаты фирмы «ТЭНСИЛАНД» (Испания), ОАО «Полоцкжелезобетон»), либо последовательной укладкой в три слоя и оснащением тремя бункерами (фирма «МАКС-РОТ» (Германия), ОАО «Минскжелезобетон»).

Наибольшее распространение в Беларуси получили формирующие агрегаты фирмы «ВЕЙЛЕР» (Италия) оснащенные двумя бункерами для бетонной смеси при двухслойной укладке бетона с совмещенным ударно-вибрационным способом уплотнения (завод эффективных промышленных конструкций (Минск) и др.).

Формующие агрегаты-экструдеры реализуют однослойный вариант укладки бетона по сечению формуемого «пласта» с уплотнением за счет прессирующего динамического воздействия нагнетающих шнеков. Дополнительное вибрационное воздействие на бетон на входе в формообразующий участок агрегата и высокочастотное вибровоздействие на шнеки (вibrаторы — в полости их приводных валов) осуществляются с целью кратковременной «пластификации» смеси и повышения качества формования.

Длинные стенды для изготовления изделий с ненапрягаемой арматурой характеризуются наличием (кроме общего металлического стенда-поддона с подогревом по аналогии с ранее изложенным) съемной бортоснастки, которая фиксируется на поддоне магнитами, встроенными в конструкцию бортов. Конфигурация бортов, их расположение на поддоне подбирается в соответствии с назначенным к изготовлению изде-

лием (или изделиями) и образует с поддоном соответствующую форму-матрицу. После формования, твердения и распалубки данного изделия (или изделий) набор съемных бортов и их конфигурация на поддоне может (при необходимости) изменяться для изготовления иных видов (типоразмеров) изделий.

Технология работ. Технологическая последовательность выполнения операций на длинных стендах в общем случае включает:

- подготовку стенда (чистка, смазка, включая формообразующие элементы), сборка форм – частичная или полная);
- заготовку напрягаемой и ненапрягаемой арматуры;
- раскладку преднапрягаемой арматуры и выравнивание (при групповых захватах), фиксацию в захватах (зажимах);
- первую ступень до 40...50% от расчетного натяжения;
- установку фиксаторов защитных слоев ненапрягаемой арматуры и выполнение других сопутствующих работ;
- натяжение арматуры до 105...110%, выдержку и фиксацию в зажимах упоров при 100% расчетного натяжения;
- бетонирование, укрытие (покрывала, крышки и др.), твердение бетона до $f_{cm} \geq 70\%$ от уровня прочности проектного (28 сут) возраста (но не менее 14 МПа);
- частичную распалубку: открытие бортов, извлечение всех (внутренних и внешних) формообразующих элементов, которые могут препятствовать свободным деформациям изделия(ий) при передаче усилия преднапряжения на бетон;
- передачу напряжения на бетон;
- обрезку концов арматуры;
- распалубку, съем изделий, доводку (включая антикоррозионную защиту торцов арматуры), ремонт (при необходимости), контроль качества, вывоз на склад готовой продукции.

При бетонировании в процессе изготовления изделий (конструкций) используют:

- бетонораздатчики консольного типа;
- бетонораздатчики с неподвижным и подвижным бункерами;
- бетоноукладчики с разравнивающими, уплотняющими и заглаживающими устройствами;
- бабды самоходные съемные (как для загрузки бетона в бетонораздатчики (укладчики), так и для бетонирования);
- вибраторы: навесные (изготовление балок, объемных изделий и т.п.); глубинные (фермы, сваи и т.п.); виброрейки и вибронасадки (плитные изделия, сваи в многорядных стенд-формах и т.п.);
- бетонизирующие агрегаты (комбайны, формирующие устройства) для загрузки, укладки, уплотнения и калибровки поперечных размеров изделий, с одновременной отделкой (заглаживанием) боковых и верхней сторон (поверхностей). Эти устройства в сочетании с металлическими поддонами образуют формирующую «пару» и обеспечивают вариант безопалубочного формования изделий «на поддон».

Короткие стенды для изготовления длинномерных (большепролетных) преднапряженных изделий (ферм, балок и т.п.) могут быть одинарными и сдвоенными (на два изделия по длине и ширине). Для изготовления изделий с ненапрягаемой арматурой преимущественно используют стенды многоотсечные (кассеты), а также в варианте стенд-поддонов со съёмной бортоснасткой.

В производственной практике применяются следующие разновидности коротких стендов.

Стенд-формы силовые используются для изготовления балок, ферм и других изделий. Их конструкция обеспечивает восприятие усилий от напрягаемой арматуры, которая натягивается с фиксацией на упоры формы. В зависимости от типажа изготавливаемых изделий силовые стенд-формы могут оснащаться паровыми рубашками для осуществления ТО бетона (изготовление балок и т.п.) либо осуществлять функцию формообразующих элементов (например, при изготовлении ферм и других изделий, изготавливаемых плашмя) и располагаться в пропарочных устройствах (в ямных камерах или под съёмными (откидывающимися) колпаками).

Конструкция **стенд-формы с выносными упорами** (рис. 2.4) менее металлоёмка в сравнении с силовыми формами, так как усилие натяжения арматуры воспринимают независимые от нее упоры, а элементы формы являются формообразующей оснасткой; но в этом случае увеличивается расход напрягаемой арматуры за счет удлинения арматурных элементов, фиксируемых на выносных упорах.

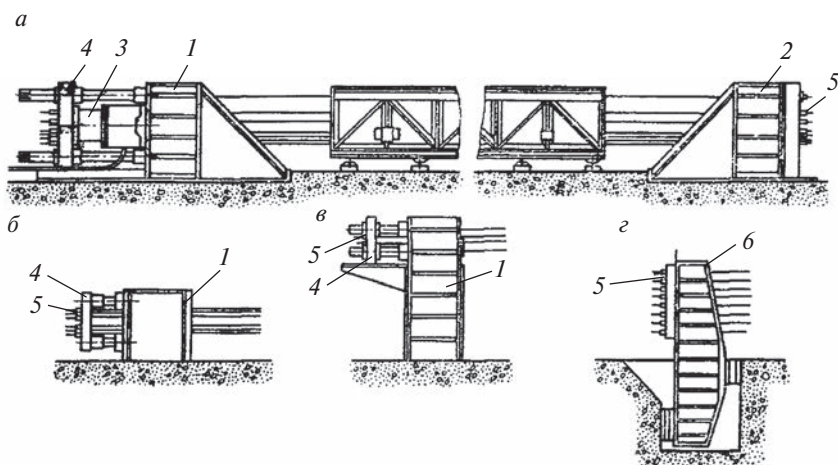


Рис. 2.4. Схемы упоров стендов для усилий до 3000 кН:

а – схема стенда с упорами из двух стоек для группового натяжения арматуры, расположенной на высоте не более 800 мм; *б* – упор стенда для натяжения арматуры нижней зоны изделия; *в* – упор стенда для натяжения верхней зоны изделия; *г* – переставляемый упор, используемый как промежуточный или вместо торцевого; *1* – головной упор; *2* – хвостовой упор; *3* – гидродомкрат; *4* – анкерная плита с винтовым устройством для отпуска натяжения; *5* – зажим; *6* – переставляемый упор

Стенд-камеры — конструкции, предусматривающие расположение формы (например, для изготовления ферм) в напольной ямной камере, а упорами служат стенки камеры; это своеобразная разновидность предыдущего варианта стенд-форм с тем же недостатком — увеличенным расходом напрягаемой арматуры.

Стенд-колпаки — напольная или приподнятая для удобства работ стендовая площадка-форма, которая закрывается-открывается откидывающимися колпаками — крышками, предназначенными для осуществления ТО (пропаривания) изделия(ий). Для герметизации объема под колпаком по контуру площадки стенда предусматривается гидравлический затвор, в который опускается нижняя часть конструктива колпака. Данный тип стенда в основном используется для изготовления изделий с ненапрягаемой арматурой высокой трудоемкости, разноплановой конструктивно и при относительно небольшой потребности в ней, в частности многослойных наружных стеновых панелей сельскохозяйственных зданий, других изделий, изготавливаемых относительно малыми сериями.

Многоотсечные стенд-формы — кассеты, конструктивное решение которых предполагает одновременное изготовление от двух (комплексные лестничные марши) до 12...14 изделий (внутренние стеновые панели и перегородки, резе — плиты перекрытий сплошного сечения). Кассеты включают формовочные отсеки и паровые (при одно-, либо двухстороннем подводе тепла), оснащаются системой навесных вибраторов, конденсатоотвода и пр. Характерной особенностью кассет является возможность разнонаправленного перемещения (с помощью гидроавтоматического или механического привода) в горизонтальном направлении каждого из составляющих ее вертикально расположенных отсеков. Таким образом обеспечивается доступ в отсек для выполнения распалубочных, подготовительных работ и армирования кассеты. Формование изделий и их ТО осуществляется на собранной кассете.

Объемные стенд-формы предназначены для изготовления блок-комнат зданий объемно-блочного строительства, санитарно-технических кабин, элементов шахт лифтов, силосов, коллекторов, разнообразных хранилищ и т.п. Характеризуются наличием стационарного (в ряде случаев смешанного по вертикальной или горизонтальной оси) сердечника, конфигурация и размеры которого соответствуют внутренней части (полости) изготавливаемого изделия, а также наличием разборной внешней бортоснастки — бортов откидных (съемных) для изделий прямоугольного сечения в плане или разъемных форм (преимущественно полуформ с шарниром и стыком-разъемом) для изделий кольцевого сечения. Для облегчения распалубки изделий конструкция сердечника имеет технологический уклон с сужением в верхней части, кроме этого в большинстве установок предусмотрены устройства «подрыва» изделий (первоначального смещения по вертикальной оси в сторону сужения сердечника) путем либо подъема опорной рамы с изделием (при открытых бортах

или вместе с внешней частью формы), либо (в отдельных случаях) опусканием сердечника. Далее изделия снимают и транспортируют краном с помощью специальных траверс, конфигурация и размеры которых обеспечивают вертикальную передачу усилия от массы изделия на его монтажные петли. В конструкциях объемных стэнд-форм предусмотрен либо односторонний (преимущественно) подвод тепла (чаще — паровые рубашки и подвод по трубопроводам горячего масла, пара, воды, реже — электронагреватели в виде греющих проводов, кабелей, ТЭНов) со стороны сердечника, либо двухсторонний — со стороны внешней формы, в частности для ТО наружной стены объемной блок-комнаты, изготавливаемой со слоем утеплителя по варианту «колпака» (при отдельном изготовлении плиты пола).

Стэнд-поддоны с набором бортов на магнитах позволяют «составлять» определенные сочетания (для изготовления) однотипных или отличающихся изделий. Подача бетона и формование изделий осуществляется с помощью бетонораздатчиков, бетоноукладчиков и переносных бункеров (бадей), глубинных вибраторов, виброреек (вибронасадок). Тепловая обработка изделий осуществляется преимущественно с односторонним подводом тепла от греющего поддона. При изготовлении трехслойных изделий с утеплителем для прогрева верхнего слоя бетона целесообразно дополнительно использовать термоактивные гибкие покрытия (ТАГП), выполненные с использованием греющих проводов или на токопроводящих лентах из графитосодержащих тканей.

Варианты компоновочных решений технологических линий с короткими стендами представлены на рис. 2.5–2.8.

Для приведенных на рис. 2.5, *а, б* вариантов изготовления безраскосных ферм заготовка напрягаемой и ненапрягаемой арматуры осуществляется в арматурном цеху, и затем доставляется в формовочный цех самоходной телегой 13.

По варианту рис. 2.5, *а* напряжение арматуры осуществляют на упоры-стенки пропарочной камеры, по варианту рис. 2.5, *б* — на конструкции силовой формы. В результате в первом случае форма менее металлоемка, так как служит в качестве формообразующей бортоснастки, но увеличивается расход напрягаемой арматуры за счет увеличения длины напрягаемых арматурных элементов. При проектировании новых и реконструкции действующих подобных производств следует учитывать эти особенности с позиции как первоначальных затрат, так и с учетом затрат эксплуатационных, в частности на арматурную сталь, используемую для преднапряжения изделий.

На рис. 2.6 приведен вариант компоновочного решения стэндовой технологической линии со стэнд-камерами для изготовления раскосных ферм пролетами 18 и 24 м. В этом случае заготовка преднапрягаемой арматуры в виде пакетов (арматурных элементов в виде пучков, прядей из проволоки или индивидуальные элементы из канатов) осуществляется в формовочном цеху. Ненапрягаемая арматура (каркасы, сетки,

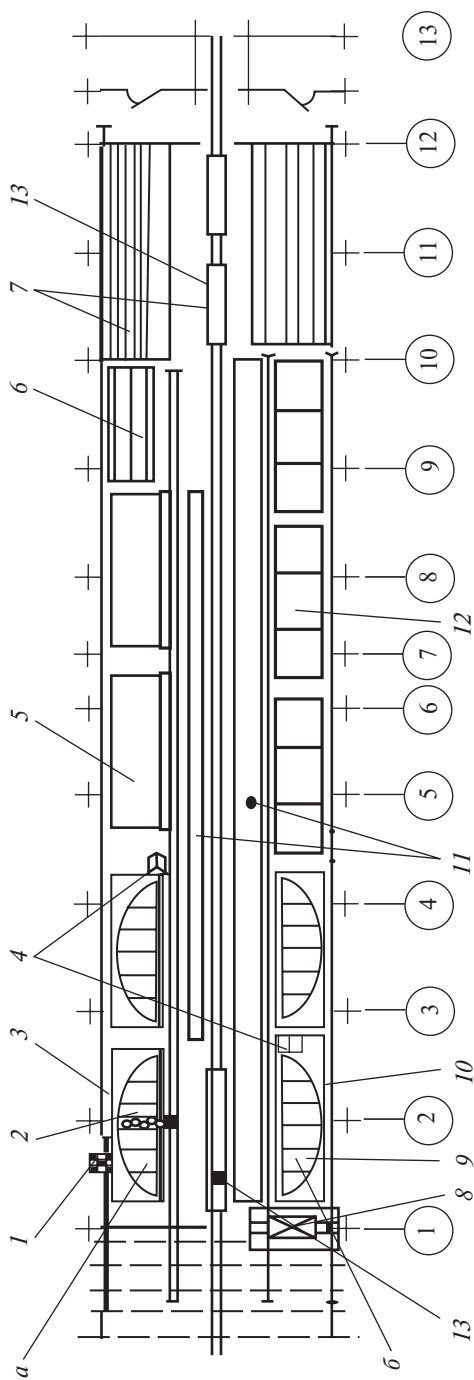


Рис. 2.5. Принципиальные компоновочные решения линий с короткими стендами:

a — для изготовления ферм в стел-камерах; *б* — в силовых формах под составными крышками-коллаками; 1 — балка самоходная (съёмная) для подачи бетонной смеси; 2 — бетонораздатчик консольный; 3 — стел-камера; 4 — станции и гидромолоты для натяжения арматуры; 5 — крышка(и) камеры; 6 — пост ремонта-доводки изделий; 7 — пост выдержки; 8 — бетонораздатчик с подвижным бункером; 9 — силовая форма; 10 — стел с гидрозатвором (по контуру); 11 — места складирования арматуры и др.; 12 — сборная крышка-коллак (теплоизолированный); 13 — телеги самоходные (для доставки арматуры и вывоза готовой продукции)

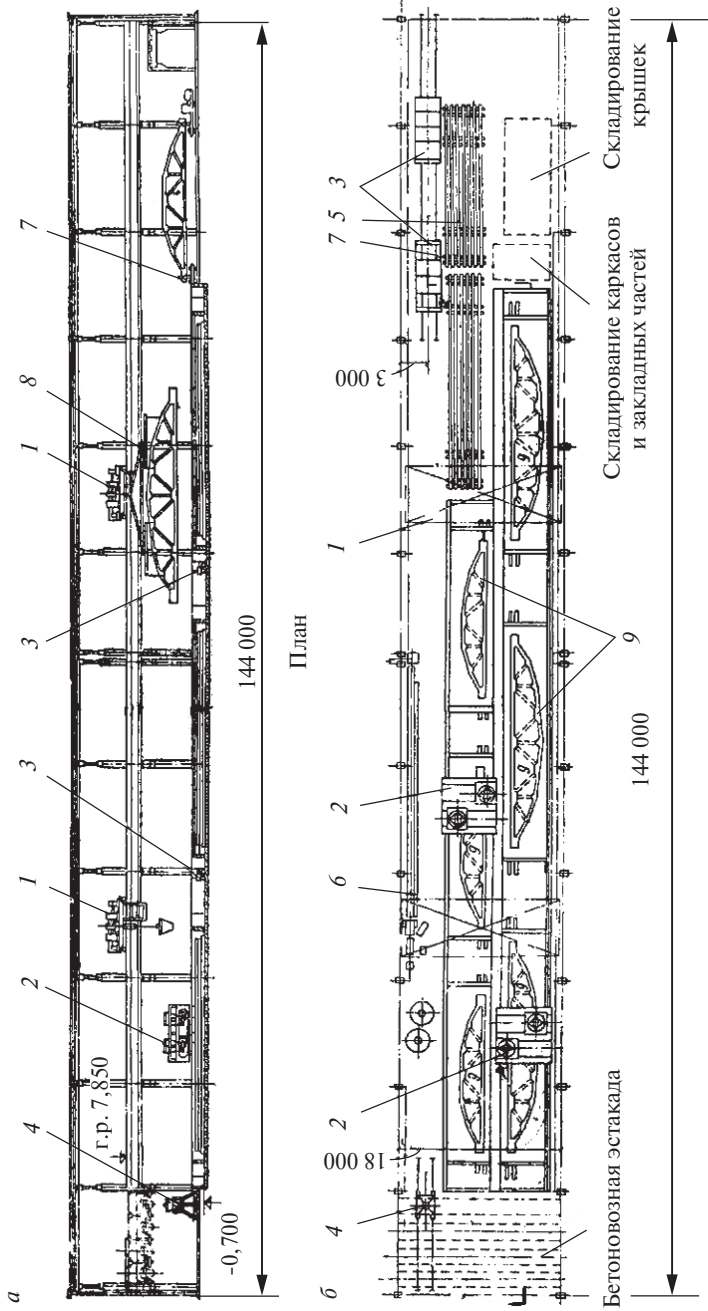


Рис. 2.6. Вариант линии коротких пакетных стенов со стэнд-камерами для изготовления раскосных ферм пролетом 18 и 24 м (продольный разрез и план) (а, б):

1 – мостовой кран; 2 – бетоноукладчик; 3 – бетоноукладчик; 4 – баля для подачи бетонной смеси; 5 – тележка с прицепом для вывоза готовой продукции; 6 – установка для заготовки напряженной арматуры; 7 – кассеты для складирования ферм; 8 – траверса; 9 – формы

СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений	3
Предисловие	5
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗО-БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ	6
1.1. Структура технологического процесса	6
1.2. Генеральный план и общие компоновочные решения производственных корпусов	8
2. СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ, КОМПОНОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ	13
2.1. Стендовый способ производства: сущность, область применения, типы технологических линий	13
2.2. Конвейерный способ производства	30
2.2.1. Общая характеристика способа	30
2.2.2. Типы и компоновочные решения конвейерных линий	32
2.3. Агрегатно-поточный способ производства	46
2.3.1. Сущность способа и рациональная область применения	46
2.3.2. Основные типы технологических линий агрегатно-поточного способа производства	47
2.4. Смешанные способы производства	63
3. ДОСТАВКА, ХРАНЕНИЕ И ПОДГОТОВКА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ БЕТОНА	69
3.1. Цемент и минеральные добавки	69
3.1.1. Дополнительная обработка, принципы выбора (назначения) вяжущего	75
3.2. Крупный и мелкий заполнители	81
3.2.1. Доставка и разгрузка заполнителей	81
3.2.2. Типы складов для хранения заполнителей	83
3.3. Минеральные и химические добавки	92
3.4. Вода для бетона	95
4. ПРИГОТОВЛЕНИЕ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ К МЕСТУ ФОРМОВАНИЯ	98
4.1. Компоновочные решения бетоносмесительных узлов (установок) ..	98
4.2. Бетоносмесители, дозирование, приготовление бетонных смесей ..	102
4.3. Транспортирование бетонной смеси к формовочным постам	108
4.4. Особенности приготовления бетонных смесей с химическими добавками	112
4.4.1. Химические добавки в бетон	112
4.4.2. Приготовление, контроль качества и введение в бетон растворов добавок	121

5. ФОРМЫ, БОРТОСНАСТКА И ПОДГОТОВКА ИХ К ФОРМОВАНИЮ ИЗДЕЛИЙ	125
5.1. Классификационные отличия форм и требования к ним	125
5.2. Разновидности форм.	128
5.3. Подготовка форм к формованию изделий	134
5.4. Смазка форм.	135
6. АРМАТУРА И АРМИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ..	138
6.1. Назначение, сортамент и свойства стальной арматуры	138
6.2. Характеристики классов и марок стальной арматуры.	145
6.3. Упрочнение стали	149
6.4. Преднапряжение арматуры	151
6.5. Неметаллическая арматура, фибробетон.	159
7. ФОРМОВАНИЕ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ..	162
7.1. Формуемость (удобоукладываемость) бетонной смеси	162
7.2. Общая характеристика способов формования.	164
7.3. Вибрационный способ формования и уплотнения бетона	168
7.4. Прессование и вибропрессование	178
7.5. Безвибрационные способы формования.	188
8. ТЕПЛОВАЯ ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТВЕРДЕНИЯ БЕТОНА И ЕГО СТРУКТУРА. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ	193
8.1. Структура (пористость) цементного камня и бетона	193
8.2. Основные технологические факторы, влияющие на плотность (пористость) бетона	199
8.3. Тепловая обработка и структура цементного камня и бетона.	201
8.3.1. Активность цемента.	201
8.3.2. Влияние режима тепловой обработки на формирование структуры цементного камня и бетона	203
8.4. Энергосберегающие технологии.	208
8.5. Особенности контроля прочности бетона при низкотемпературной тепловой обработке	213
9. ТЕХНОЛОГИЯ ЗАВОДСКОЙ ОТДЕЛКИ, ДОВОДКИ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ	215
9.1. Понятие первичной и вторичной отделки, требования к качеству поверхности	215
9.2. Отделка «лицом вниз». Основные способы и технология выполнения работ	218
9.3. Отделка «лицом вверх». Основные способы и технология выполнения работ	221
9.4. Вторичная отделка поверхности	222
9.5. Понятие заводской готовности и доводка изделий.	224
9.6. Контроль качества продукции	227

10. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБЪЕМНЫХ И ОБЪЕМНО-БЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ	230
10.1. Разновидности и изготовление объемных и объемно-блочных изделий	230
10.2. Особенности технологии изготовления трубчатых изделий кольцевого сечения	238
11. ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМОВАНИЯ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ С НЕМЕДЛЕННОЙ РАСПАЛУБКой	244
11.1. Общие положения	244
11.2. Особенности технологии формования изделий разных видов	252
11.3. Особенности формования стеновых блоков	254
Приложения	256
Литература	316