КУРС ЛЕКЦИЙ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ:

«ТЕХНОЛОГИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ»

ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ 08.03.01 «СТРОИТЕЛЬСТВО» ПРОФИЛЯ «ПРОИЗВОДСТВО СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ»

ЛЕКЦИЯ 1

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Содержание

1 Основные термины и определения

2 Строительные системы

3 Бетон в архитектуре зарубежных стран

СТРОИТЕЛЬСТВО

Строительная отрасль – отрасль экономики Российской Федерации, в которой объединены работы и услуги материального производства:

- производство строительных материалов и изделий;

- строительство зданий (в том числе разработка строительных проектов);

- строительство инженерных сооружений;

- специализированные строительные работы;

- а также работы в непроизводственной сфере:

- **деятельность в области архитектуры;**
- **инженерно-техническое проектирование;**
- **технические испытания,**
- **научные исследования и анализ.**

ЛЕКЦИЯ 1: АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

ГОСТ Р 58033-2017 Здания и сооружения. Словарь. Часть 1. Общие термины

Строительство - комплекс работ по возведению сооружений, включающий общестроительные, санитарно-технические и специальные работы.

Объект (капитального) строительства - здание, строение, сооружение.

Здание - объект, предназначенный для постоянного или временного пребывания в нем людей, запроектированный в качестве отдельно стоящего объекта.

Сооружение - объект завершенного строительства (плотина, мост, автодорога, железная дорога, взлетная полоса, системы водоснабжения, теплоснабжения, энергоснабжения, трубопровод, систему канализации).

Каркас здания - стержневая несущая система, воспринимающая нагрузки и воздействия и обеспечивающая прочность и устойчивость здания (сооружения).

Конструкция - организованная совокупность конструктивных элементов, обладающая определенной жесткостью.

Конструктивный элемент - составная часть сборной или монолитной конструкции, воспринимающей действующие усилия.

ЛЕКЦИЯ 1: АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Общие термины

Фундамент - конструкция, передающая нагрузки от здания или сооружения на грунтовое основание.

Колонна - вертикальная линейная конструкция, высота которой значительно превышает ее поперечное сечение, предназначенная для восприятия вертикальных (в меньшей степени горизонтальных) нагрузок.

Балка – линейная горизонтальная или наклонная несущая конструкция зданий и сооружений, имеющая опору в двух или более точках, ширина сечения которой намного меньше длины, воспринимающая главным образом изгибающие усилия.

Ригель - линейный несущий элемент строительных конструкций зданий или сооружений, расположенный горизонтально или наклонно, соединяющий вертикальные элементы и служащий опорой для плит или прогонов, устанавливаемых в перекрытиях или покрытиях зданий.

Монолитный бетон и железобетон - конструкции из бетона или железобетона, которые возводятся непосредственно на месте их расположения в сооружении путем устройства опалубки - формы, точно определяющей конфигурацию будущей установки арматуры, укладки бетонной смеси, ее уплотнения и ухода за твердеющим бетоном.

Сборный бетон и железобетон - изделия или конструкции из бетона или железобетона, изготавливаемые на заводах или полигонах и далее транспортируемые к месту монтажа или установки.

Строительные системы

Конструктивная система - объемная, плоскостная или линейная наземная, надземная или подземная строительная система, состоящая из несущих, а в отдельных случаях и ограждающих конструкций.

Строительная система - комплексная характеристика конструктивного решения здания по признакам материала и технологии возведения его несущих конструкций.

Различают четыре группы конструкционных материалов – **дерево, камень (включая кирпич), бетон и металл**.

Основные технологические методы возведения зданий из бетона и железобетона – **полносборный, монолитный и сборно-монолитный**.

Часто функциональные особенности проектируемого здания или экономические соображения приводят к необходимости сочетать по высоте (или протяженности) здания различные системы, а в последних в свою очередь сочетать различные конструкционные материалы и технологии возведения. В таких случаях формируют **комбинированную строительную систему здания.**

Полносборные строительные системы

Полносборные здания из бетона возводят в системах: панельной, каркасно-панельной, крупноблочной и объемно-блочной.

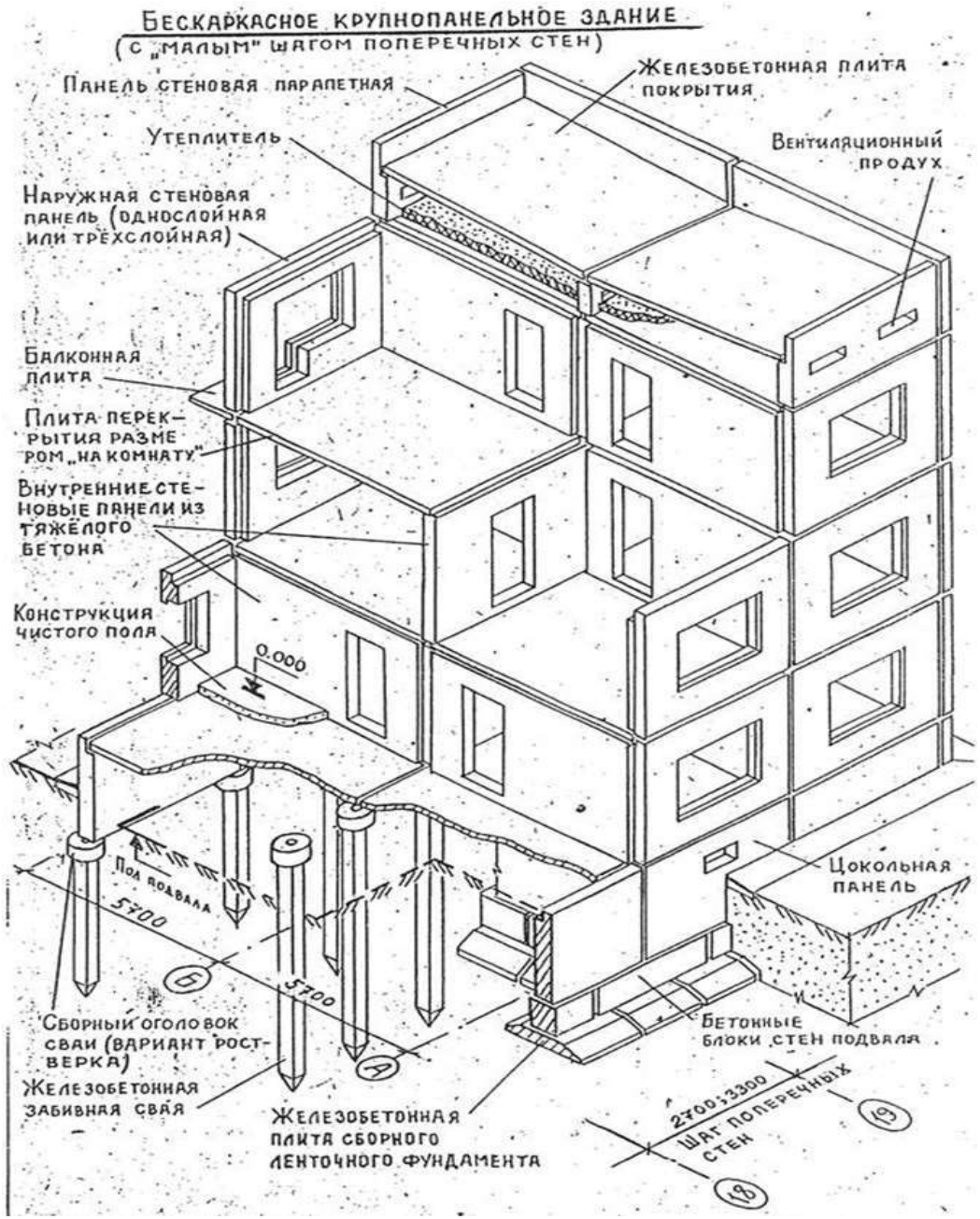
Панельная строительная система

Панельная система применяется в проектировании гражданских зданий высотой до 30 этажей в обычных условиях строительства и до 14 этажей в сейсмических.

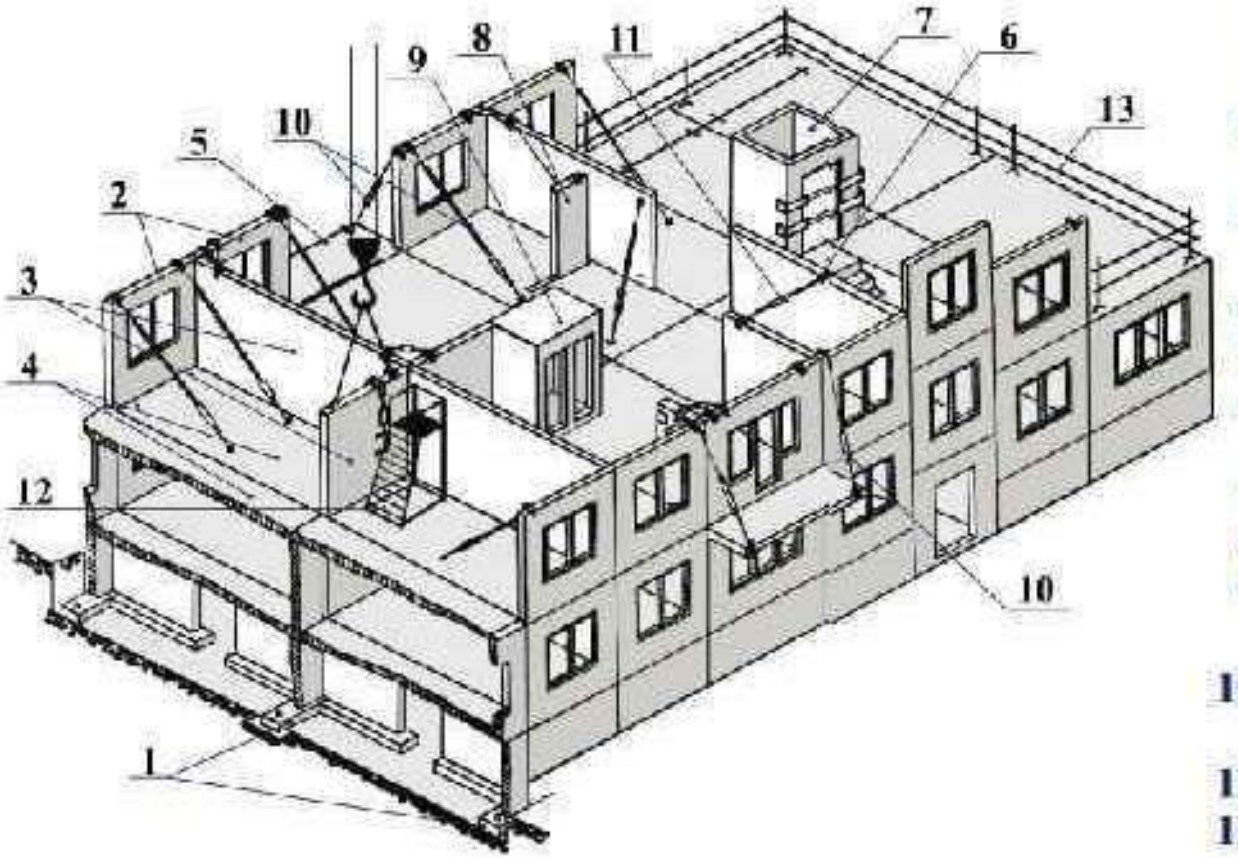
Несущие стены панельных зданий состоят из панелей высотой в этаж, протяженностью до 7,2 м, массой до 10 т. В отличие от крупных блоков стеновые панели не устойчивы, поэтому при возведении их устойчивость обеспечивают монтажные приспособления, в эксплуатации - специальные конструкции стыков и связей.

Панели несущих стен устанавливают на цементно-песчаный раствор без перевязки вертикальных стыков.

ЛЕКЦИЯ 1: АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

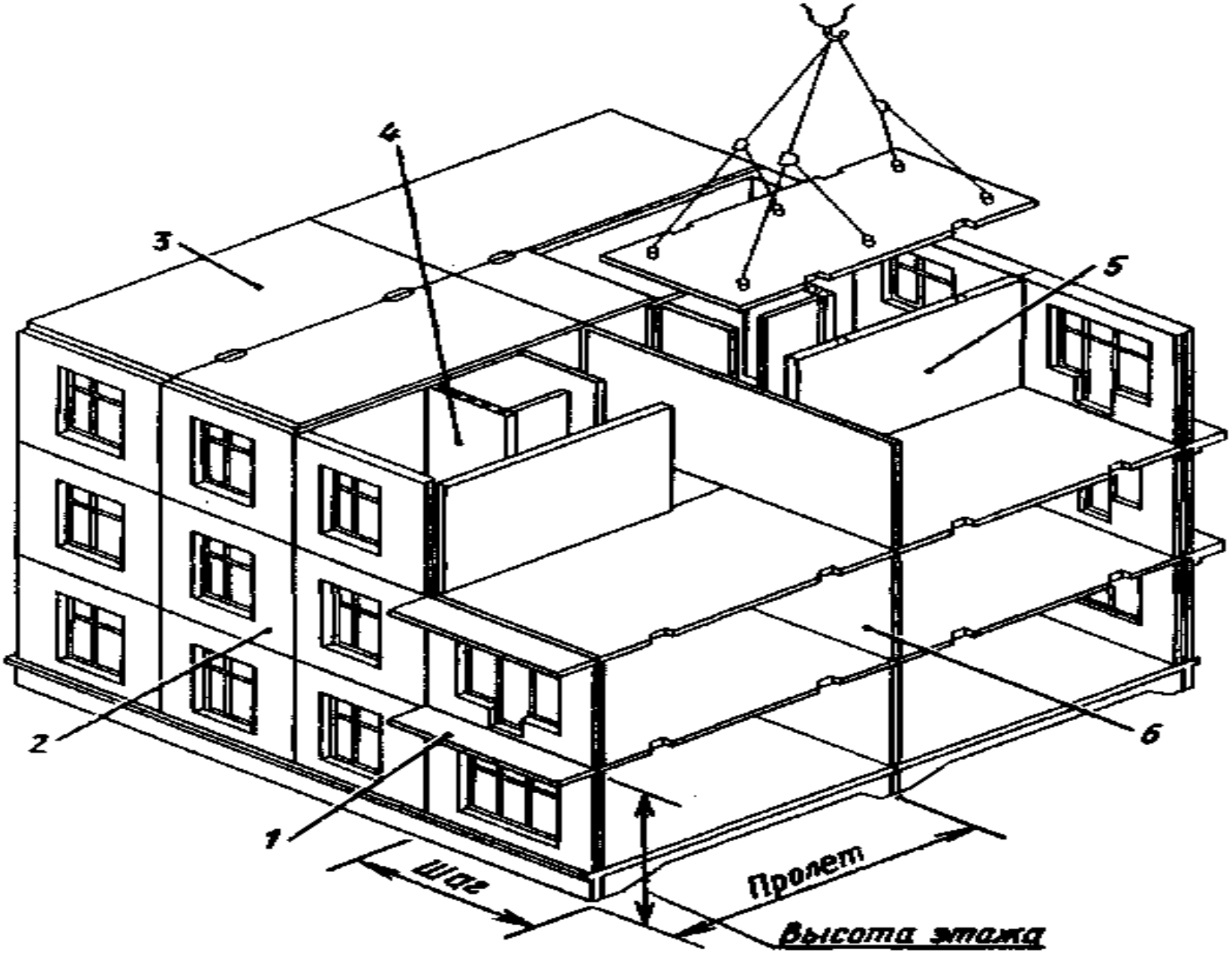


Монтажные элементы панельного здания



1 -ленточный сборный фундамент;
2 -наружные стеновые панели;
3 -внутренние стеновые панели;
4 -панели перекрытия;
5 -панель балкона;
6 -лестничные площадки и марши;
7 -шахта лифтовая;
8 -вентиляционный блок;
9 - санитарно-техническая кабина;
10 - подкосы для временного крепления;
11 - распорка;
12 - площадка для монтажника и сварщика;
13 - защитное ограждение.

ЛЕКЦИЯ 1: АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ



ЛЕКЦИЯ 1: АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

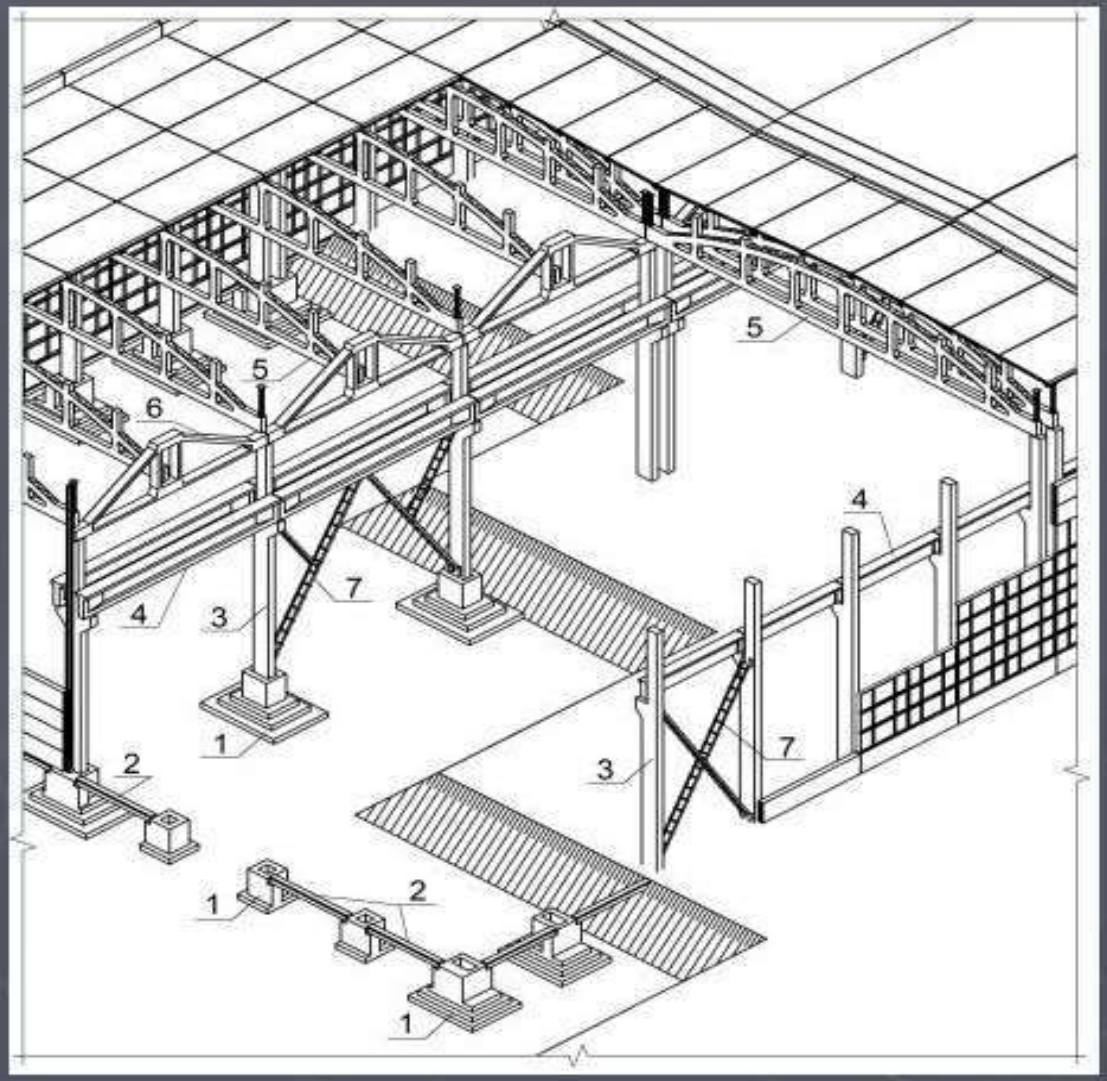
Каркасно-панельная строительная система

Каркасно-панельная система является основной в проектировании одноэтажных и многоэтажных промышленных зданий и реализуется чаще всего из сборных железобетонных, реже металлических конструкций.

Каркасно-панельная система является также основной в проектировании общественных зданий высотой от 1 до 30 этажей.

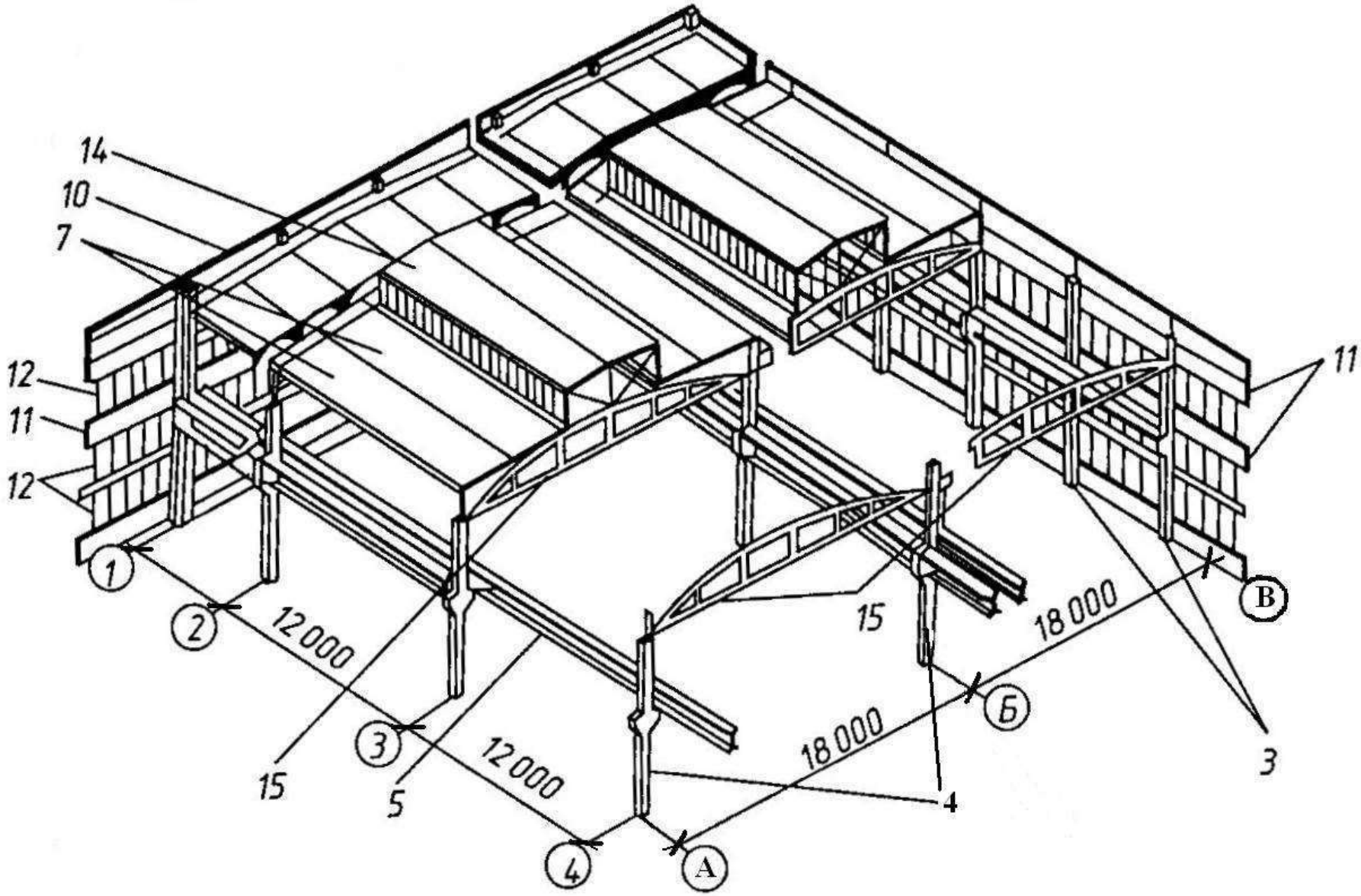
В проектировании массовых общественных зданий она лидирует, так как ее экономические недостатки искупаются компоновочными преимуществами. Каркасная система обеспечивает гибкость планировочных решений при проектировании и относительно недорогие мероприятия по модернизации и даже перепрофилированию зданий в процессе их эксплуатации. Такой относительно незначительный компоновочный недостаток каркасно-панельной системы, как наличие выступающих в интерьер ригелей преодолим при использовании безригельных каркасов или подвесных потолков.

Каркас одноэтажного промышленного здания:



- 1 – фундамент;
- 2 – фундаментная балка;
- 3 – колонна;
- 4 – подкрановая балка;
- 5 – ферма;
- 6 –подстропильная ферма;
- 7 – связи (крестовые и портальные).

ЛЕКЦИЯ 1: АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ



ЛЕКЦИЯ 1: АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

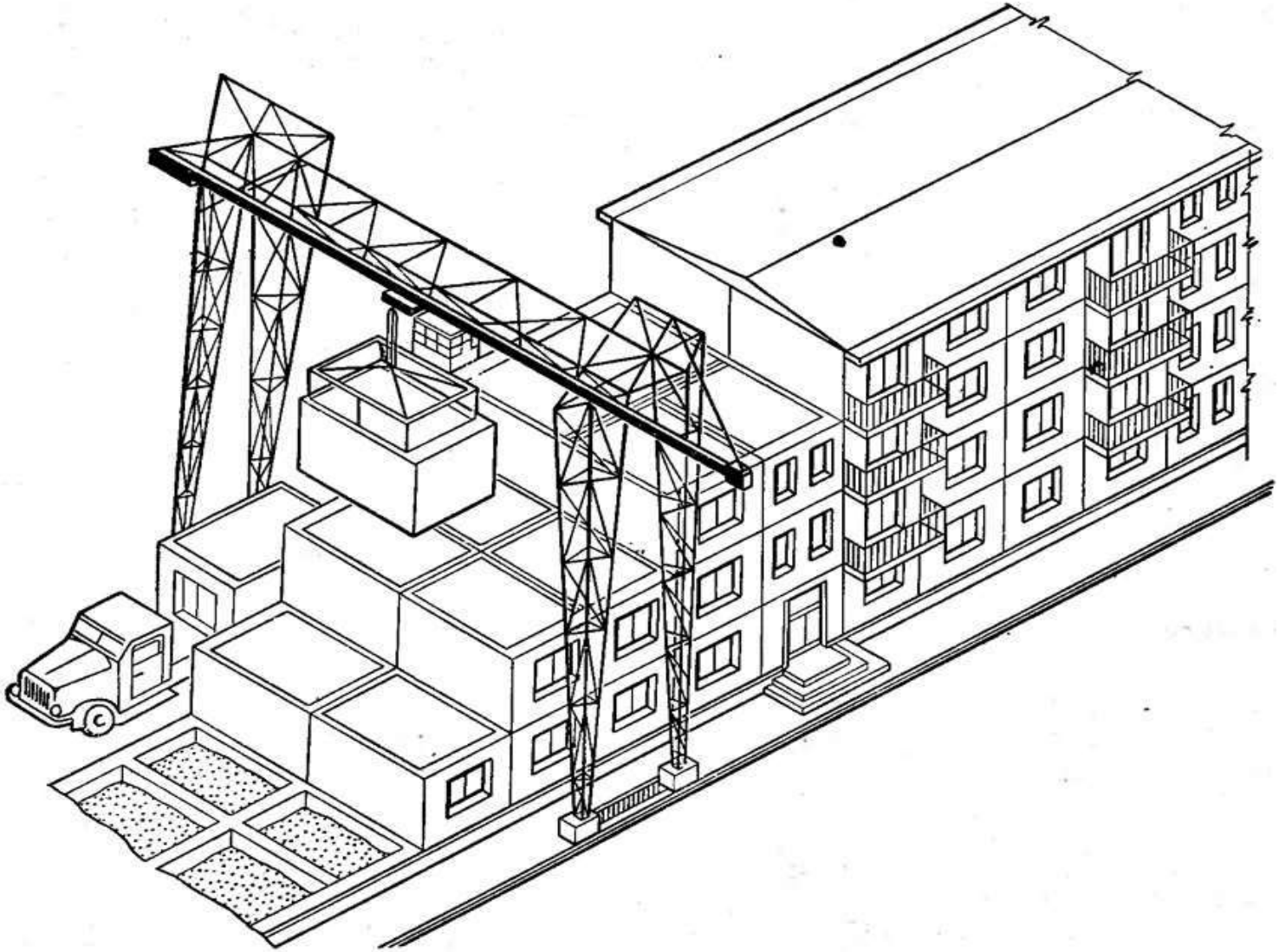
Объемно-блочная строительная система

Система и конструкции бетонных объемных блоков (несущих и ненесущих) были разработаны и внедрены в экспериментальное строительство в СССР в конце 1950-х гг.

В 1970-е гг. были отработаны технологические схемы производства объемных блоков различных конструктивных модификаций, методы их монтажа и завершен отбор более целесообразных монтажных механизмов, заводы объемно-блочного домостроения вышли на проектную мощность и новые конструкции получили внедрение в массовое жилищное строительство как в обычных, так и в сложных инженерно-геологических условиях.

Объемно-блочное домостроение обеспечивает существенное снижение суммарных трудозатрат (на 12-15 % по сравнению с панельным) и прогрессивную структуру этих затрат. Объемно-блочную систему применяют при проектировании жилых зданий, гостиниц, общежитий, пансионатов различной этажности - от одного до 16 этажей.

Монтаж жилого дома из объёмных блоков



ЛЕКЦИЯ 1: АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Монолитная и сборно-монолитная строительные системы

Эти системы применяют при возведении жилых зданий средней и повышенной этажности со стеновой или каркасно-стеновой конструктивными системами.

Для монолитных строительных систем характерно возведение всех несущих конструкций из монолитного бетона.

В сборно-монолитных системах несущие конструкции частично выполняются из монолитного бетона, частично - из сборных железобетонных изделий.

Монолитные здания, как правило, проектируют бескаркасными,

сборно-монолитные - и каркасными и бескаркасными.

Применяется также монолитная каркасная или стеновая система с наружными слоистыми стенами из кирпича (кирпично-монолитная).

Монтаж монолитного здания

ЛЕКЦИЯ 1: АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

ЛЕКЦИЯ 1: АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

ЛЕКЦИЯ 2

НОМЕНКЛАТУРА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

Содержание

1 Классификация железобетонных изделий и конструкций

2 Железобетонные изделия и конструкции нулевого цикла

3 Железобетонные изделия и конструкции линейного типа

4 Железобетонные изделия и конструкции плоскостного типа

5 Железобетонные изделия и конструкции объемного типа

КЛАССИФИКАЦИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

Бетонные и железобетонные изделия и конструкции классифицируют по:

- назначению,
- виду бетона,
- структуре,
- способу армирования,
- строению и другим признакам.

По назначению сборные железобетонные изделия разделяют на четыре основные группы:

- для жилых и гражданских зданий;
- для промышленных зданий;
- для сооружений инженерного назначения;
- для транспортных сооружений и др.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

По виду бетона сборные железобетонные изделия разделяют по виду вяжущего на:

- цементные бетоны:
  - тяжелые на обычных плотных заполнителях;
  - особо тяжелые;
  - легкие на пористых заполнителях;
  - ячеистые;
- специальные бетоны:
  - жаростойкие;
  - химически стойкие;
  - декоративные.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

По структуре бетона сборные железобетонные изделия разделяют на:

- **плотной** (пространство между зернами крупного и мелкого заполнителей или только мелкого заполнителя заполнено затвердевшим вяжущим и порами вовлеченного воздуха, в т.ч. образующихся за счет применения добавок, регулирующих пористость бетонной смеси и бетона);
- **поризованной** (пространство между зернами крупного заполнителя заполнено затвердевшим поризованным вяжущим);
- **ячеистой** (затвердевшая смесь вяжущего, кремнеземистого компонента и искусственных равномерно распределенных пор в виде ячеек, образованных газо- и пенообразователями);
- **крупнопористой** (пространство между зернами крупного заполнителя не полностью заполнено мелким заполнителем и затвердевшим вяжущим).

Виды бетонов по структуре

КЛАССИФИКАЦИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

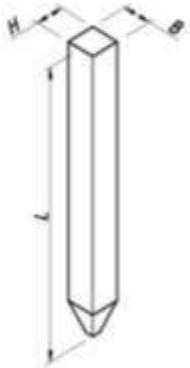
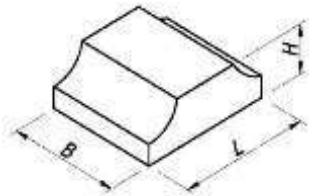
По способу армирования сборные железобетонные изделия разделяют на:

- предварительно напряженные;
- с обычным армированием.

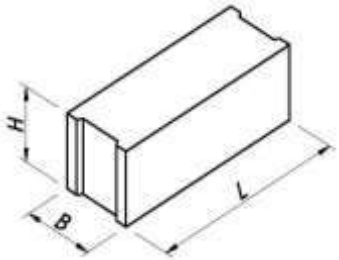
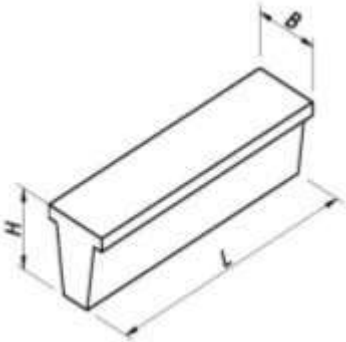
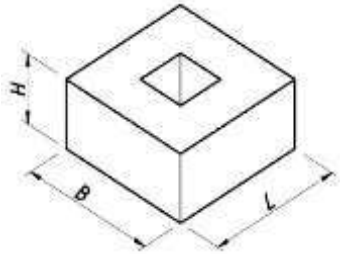
По строению сборные железобетонные изделия разделяют на:

- сплошные;
- пустотелые;
- однослойные (из одного вида бетона);
- двухслойные;
- многослойные (из разных видов бетона или с применением теплоизоляционного материала).

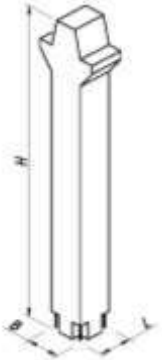
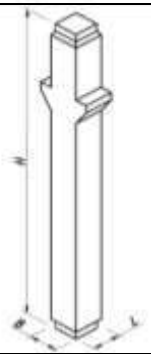
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ И КОНСТРУКЦИИ НУЛЕВОГО ЦИКЛА

Эскиз	Наименование изделия	Габаритные размеры, мм			Класс бетона	Объем изделия, м³
		L	B	H		
1	2	3	4	5	6	7
	Сваи забивные железобетонные с ненапрягаемой арматурой	7000 9000 9000 11000 12000	300 300 350 350 350	300 300 350 350 350	B20	0,64 0,82 1,12 1,37 1,49
	Плиты железобетонные ленточных фундаментов	780 1180 2380 2980	1000	300	B12,5	0,17 0,26 0,55 0,69
		780 1180 2380 2980	2000	500	B15	0,50 0,78 1,62 2,04

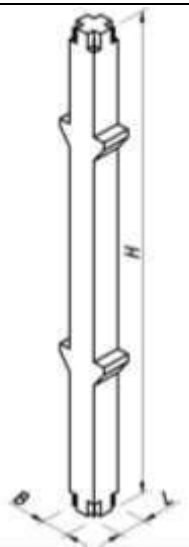
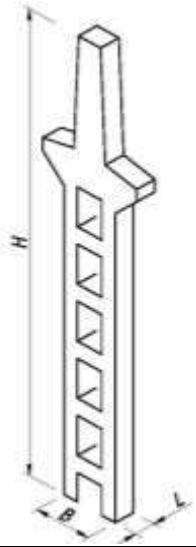
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ И КОНСТРУКЦИИ НУЛЕВОГО ЦИКЛА

1	2	3	4	5	6	7
	Блоки бетонные для стен подвалов	2380	300 400 500 600	580	В7,5	0,406 0,543 0,679 0,815
		1180	400 500 600			0,265 0,331 0,398
	Балки фундаментные железобетонные для стен производственных зданий	5950 5950	520 520	450 450	В25	0,89 0,89
	Фундаменты сборные железобетонные для колонн	1200	1200	900	В25	1,27

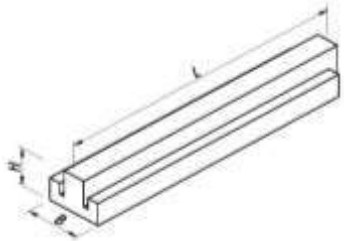
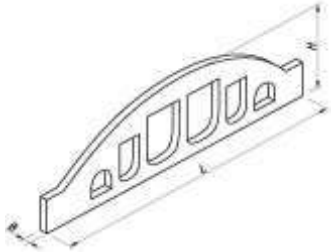
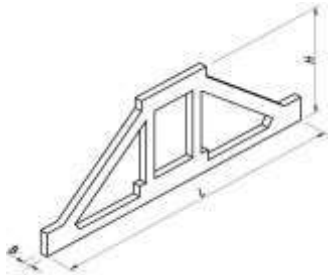
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ И КОНСТРУКЦИИ ЛИНЕЙНОГО ТИПА

1	2	3	4	5	6	7
	Колонны легкого каркаса рядовые одноэтажные	400 400 400 400 400 400	400 400 400 400 400 400	2400 3000 3300 3600 4200 4800	В45	0,39 0,48 0,53 0,58 0,68 0,78
	Колонны легкого каркаса рядовые верхние	400 400 400 400	400 400 400 400	2560 3460 4060 5260	В25	0,42 0,56 0,66 0,85
	Колонны легкого каркаса рядовые одноэтажные с плоскими стальными торцами	400 400 400 400 400 400 400 400	400 400 400 400 400 400 400 400	2400 3000 3300 3600 4200 4800 6000 7200	В50	0,40 0,50 0,55 0,59 0,69 0,79 0,98 1,17

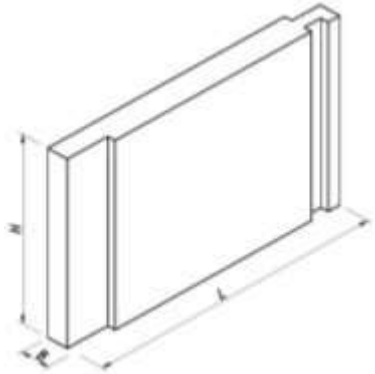
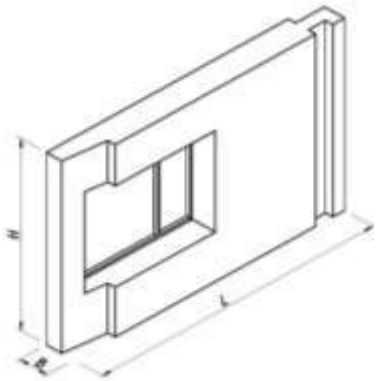
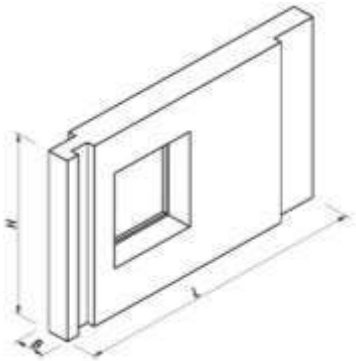
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ И КОНСТРУКЦИИ ЛИНЕЙНОГО ТИПА

1	2	3	4	5	6	7
	Колонны легкого каркаса фасадные двухэтажные	400 400 400	400 400 400	6000 6600 7200	В45	0,91 1,09 1,23
	Колонны двухветвевые средних рядов	1400	500	13250	В30	5,26

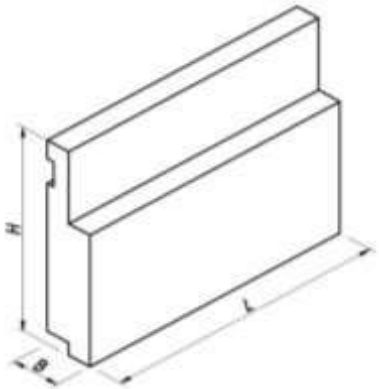
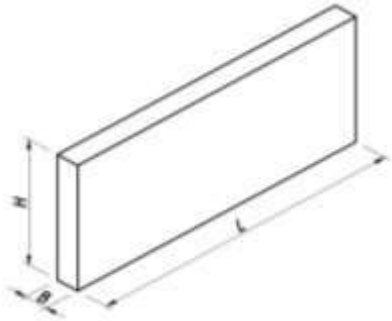
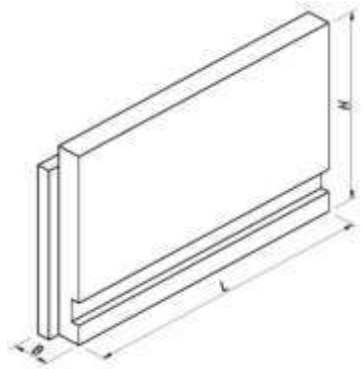
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ И КОНСТРУКЦИИ ЛИНЕЙНОГО ТИПА

1	2	3	4	5	6	7
	Ригели тяжелого каркаса рядовые	2560 5560	500 500	900 900	В30	0,74 1,67
	Балки для покрытий с рулонной кровлей	6000 9000	300 300	400 600	В25	0,5 1,2
	Фермы безраскосные преднапряженные для малоуклонных покрытий	17940 23940	240 280	3000 3300	В30	3,35 6,2
	Фермы подстропильные для покрытий зданий с малоуклонной кровлей	11960	550	3400	В40	2,98

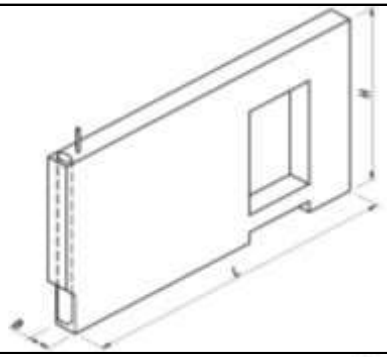
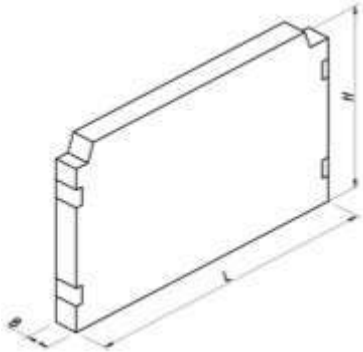
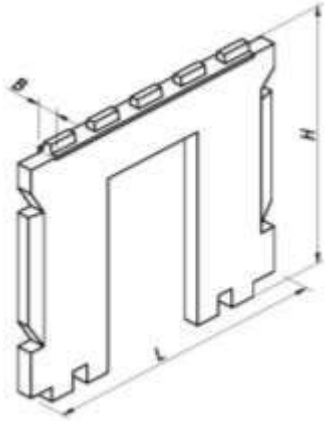
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ И КОНСТРУКЦИИ ПЛОСКОСТНОГО ТИПА

1	2	3	4	5	6	7
	Панели наружных стен керамзитобетонные	6000	400	1990	В7,5	4,48
		6000	400	1990	В7,5	3,33
		6000	400	2180	В7,5	4,4

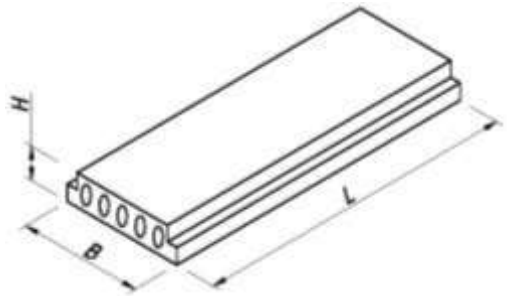
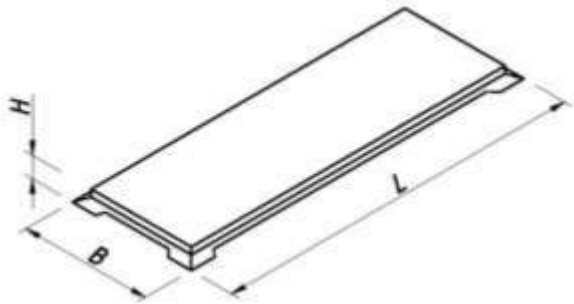
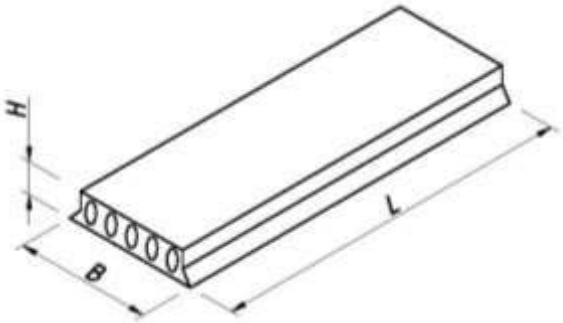
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ И КОНСТРУКЦИИ ПЛОСКОСТНОГО ТИПА

1	2	3	4	5	6	7
	Панели наружных стен керамзитобетонные	4230	400	1960	В7,5	2,62
	Стеновые панели рядовые, подкарнизные, парапетные и панели-перемычки	5980 2950 2950 1450	250 250 250 250	1180 1180 1180 1780	В5	1,76 0,87 0,87 0,65
	Стеновые панели ленточные рядовые	1790 5390 2990 4790 5990	340 340 340 340 340	1540 1540 1840 1840 1840	В5	0,82 2,53 1,69 2,73 3,42

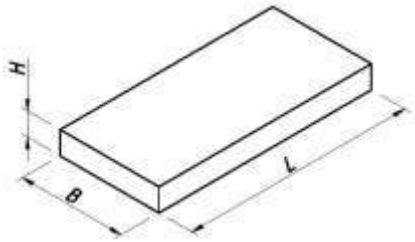
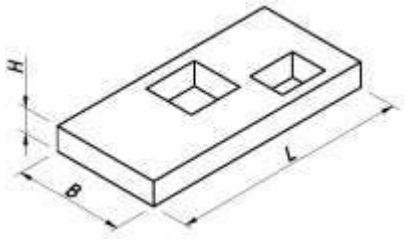
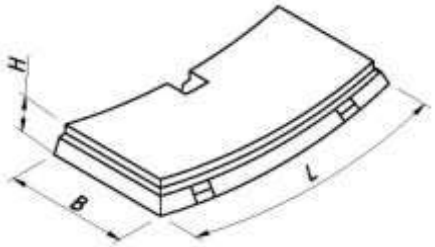
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ И КОНСТРУКЦИИ ПЛОСКОСТНОГО ТИПА

1	2	3	4	5	6	7
	Панели внутренних стен	4600 4390 5800	140 140 180	2620 2620 2620	В25 В20 В20	1,41 1,34 2,16
	Панели внутренних стен рядовые и доборные	1180 2380 3580	180 180 180	2740 2740 2740	В25 В25 В30	0,58 1,17 1,76
	Диафрагмы (стены) жесткости легкого каркаса двухконсольные	3170 3770	180 180	4755 4755	В25	2,14 2,68

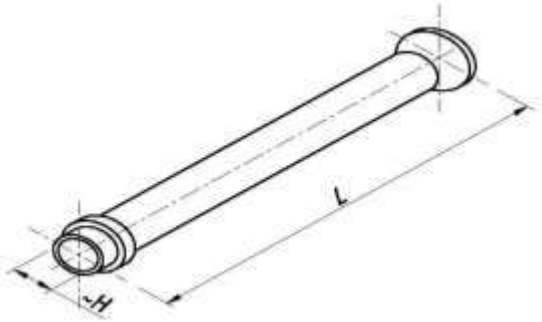
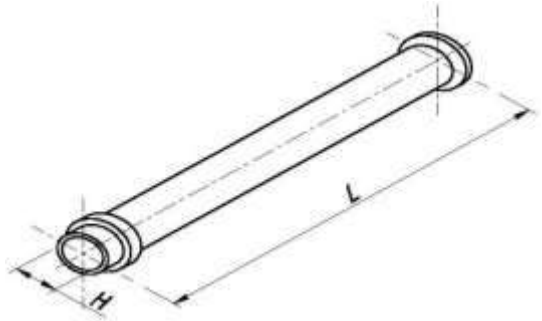
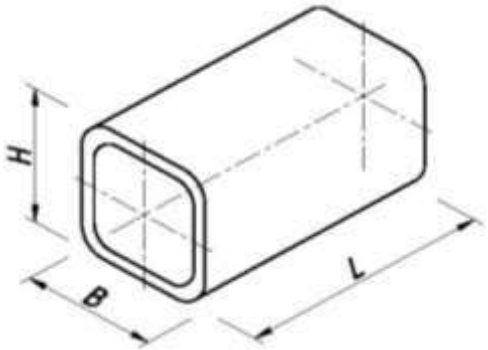
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ И КОНСТРУКЦИИ ПЛОСКОСТНОГО ТИПА

1	2	3	4	5	6	7
	Плиты настила перекрытий легкого каркаса	2760 5160 6960	1190 1190 1790	220 220 220	В20 В20 В25	0,71 1,31 2,74
	Плиты покрытий производственных зданий	5970 5970	2980 2980	300 300	В25 В27,5	1,07 1,07
	Плиты перекрытий многопустотные для жилых и общественных зданий	2390 2990 3590 5100 6100 7100	1190 1190 1190 1490 1490 1490	220 220 220 220 220 220	В22,5	0,604 0,621 0,647 0,971 1,156 1,341

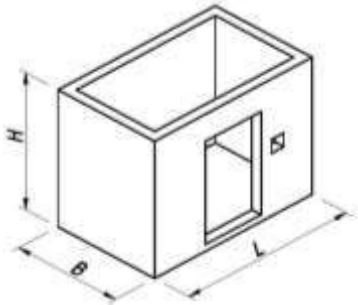
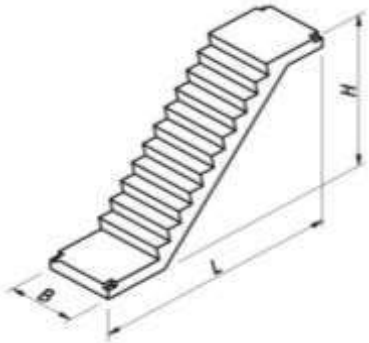
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ И КОНСТРУКЦИИ ПЛОСКОСТНОГО ТИПА

1	2	3	4	5	6	7
	Плиты перекрытий сплошные	5980	2980	140	В25	2,48
	Плиты перекрытий с проемами	5980 5980 4780	2980 2980 2980	140 140 140	В25 В25 В22,5	2,32 2,32 1,87
	Блоки наружной обделки тоннелей	897 1169 1677 1858	350 750 750 1000	130 150 180 200	В30	0,04 0,14 0,24 0,38

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ И КОНСТРУКЦИИ ОБЪЕМНОГО ТИПА

1	2	3	4	5	6	7
	Трубы железобетонные безнапорные	5160 5160 5160 5180 5000	60 80 100 110 110	500 800 1000 1200 1500	В30	0,58 1,20 1,90 2,50 3,84
	Трубы железобетонные напорные	5195 5195 5195 5225 5225	65 75 85 95 105	800 1000 1200 1400 1600	В40	0,99 1,42 1,98 2,66 3,28
	Секции коллекторов подземных коммуникаций	3710	2780	2820	В25	5,72

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ И КОНСТРУКЦИИ ОБЪЕМНОГО ТИПА

1	2	3	4	5	6	7
	Объемные элементы шахты лифта	2230 2780	2020 2120	2980 2980	В20	2,5 3,0
	Блоки вентиляционные	1790 1890	260 260	2780 2780	В20	1,29 1,36
	Лестничные марши с двумя полуплощадками	4560 5760 6360 5760 6960	1050 1050 1050 1350 1350	1500 1500 1500 1500 1650	В25	1,02 1,23 1,34 1,60 2,54

ЛЕКЦИЯ 3

КЛАССИФИКАЦИЯ БЕТОНОВ

Содержание

1 Классификация бетонов по основному назначению, структуре и свойствам

2 Классификация бетонов по их свойствам

3 Классификация бетонов по составу

4 Классификация бетонов по технологии изготовления

НОРМАТИВНАЯ БАЗА

ГОСТ 25192-2012 Бетоны. Классификация и общие технические требования

ГОСТ 26633-2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия

ГОСТ 31914-2012 Бетоны высокопрочные тяжелые и мелкозернистые для монолитных конструкций. Правила контроля и оценки качества

ГОСТ 31384-2017 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования

Классификация бетонов

Классификационный признак	Виды бетонов
Основное назначение:	- конструкционные;
	- специальные (теплоизоляционные, радиационностойкие, декоративные и др.)
Стойкость к видам коррозии:	А - бетоны, эксплуатируемые в среде без риска коррозионного воздействия (XO);
	Б - бетоны, эксплуатируемые в среде, вызывающей коррозию под действием карбонизации (XC);
	В - бетоны, эксплуатируемые в среде, вызывающей коррозию под действием хлоридов (XD и XS);
	Г - бетоны, эксплуатируемые в среде, вызывающей коррозию под действием попеременного замораживания и оттаивания (XF);
	Д - бетоны, эксплуатируемые в среде, вызывающей химическую коррозию (XA).
	Среда эксплуатации бетона по ГОСТ 31384-2017

Классификация бетонов

Классификационный признак	Виды бетонов
Вид вяжущего	- цементные;
	- известковые;
	- шлаковые;
	- гипсовые;
	- специальные (например, полимербетоны, бетоны на магнезиальном вяжущем).
Вид заполнителей	- на плотных заполнителях;
	- на пористых заполнителях;
	- на специальных (например, металлическая дробь, вспененный гранулированный полистирол).

Классификация бетонов

Классификационный признак	Виды бетонов
Структура	- плотной;
	- поризованной;
	- ячеистой;
	- крупнопористой.
Условия твердения	- в естественных условиях;
	- в условиях тепловой обработки при атмосферном давлении;
	- в условиях тепловой обработки при давлении выше атмосферного (бетоны автоклавного твердения).
Прочность бетона	- средней прочности (класс прочности при сжатии В ≤ В50);
	- высокопрочные (класс прочности при сжатии В ≥ В55).

Классификация бетонов

Классификационный признак	Виды бетонов
Скорость набора прочности в нормальных условиях твердения	- быстротвердеющие (R_2/R_{28} более 0,4); - медленнотвердеющие ($R_2/R_{28} \leq 0{,}4$).
Средняя плотность	- особо легкие (марки менее D800);
	- легкие (марки от D800 до D2000);
	- тяжелые (марки более D2000 до D2500);
	- особо тяжелые (марки более D2500).
Морозостойкость	- низкой морозостойкости (марки $F_1 50$ и менее);
	- средней морозостойкости (марки > $F_1 50$ до $F_1 300$)
	- высокой морозостойкости (марки > $F_1 300$).

Классификация бетонов

Классификационный признак	Виды бетонов
Водонепрони-цаемость	- низкой водонепроницаемости (марки менее W4);
	- средней водонепроницаемости (марки от W4 до W12);
	- высокой водонепроницаемости (марки более W12).
Истираемость	- низкой истираемости (марка по истираемости G1);
	- средней истираемости (марка по истираемости G2);
	- высокой истираемости (марка по истираемости G3)

Классификация бетонов по их свойствам

- **Напрягающий бетон**: бетон, содержащий расширяющийся цемент или расширяющую добавку, обеспечивающие расширение бетона в процессе его твердения.
- **Быстротвердеющий бетон**: бетон, имеющий быстрый темп набора прочности.
- **Высокофункциональный бетон**: бетон, соответствующий специальным требованиям к функциональности, которые не могут быть достигнуты путем использования традиционных компонентов, методов смешивания, укладки, ухода и твердения.

Классификация бетонов по их свойствам

- **Дренирующий бетон**: бетон, содержащий подобранный крупный заполнитель при отсутствии или минимальном содержании мелкого заполнителя, а также недостаточное для заполнения пор и пустот количество цементного теста.
- **Жаростойкий бетон**: бетон предназначенный для работы в условиях воздействия температур от 800°С до 1800°С.
- **Декоративный бетон**: бетон, получаемый путем обработки окрашиванием, полировкой, текстурированием, тиснением, гравировкой, использованием топпингов и другими приемами для достижения требуемых эстетических свойств.

Классификация бетонов по составу

- **Арболит:** бетон, в котором в качестве заполнителя используют органические материалы растительного происхождения.
- **Армоцемент:** бетон мелкозернистый, в массе которого равномерно распределены тканые или сварные проволочные металлические или неметаллические сетки(также может армироваться стержневой или проволочной арматурой)
- **Бетонополимер:** бетон, пропитанный мономерами или жидкими олигомерами с последующей их полимеризацией (отвержением) в порах бетона.
- **Полимербетон:** бетон, изготовленный из бетонной смеси, содержащей полимер или мономер.
- **Грунтобетон:** бетон, полученный из смеси размолотого или гранулированного грунта, вяжущего и заполнителя.
- **Золобетон:** Легкий бетон, заполнителем которого является зола.

Классификация бетонов по составу

- **Тяжелый бетон:** бетон на цементном вяжущем с плотным крупным и мелким заполнителем.
- **Особо тяжелый бетон:** бетон средней плотности в сухом состоянии более 2500 кг/$м^3$, в состав которого входят специальные заполнители.
- **Мелкозернистый бетон:** бетон на цементном вяжущем с плотным мелким заполнителем.
- **Реакционный порошковый бетон:** бетон, изготовленный из тонкоизмельченных реакционноспособных материалов с размером зерна от 0,2 до 300 мкм и характеризующейся высокой прочностью.
- **Силикатобетон:** бетон, в котором в качестве вяжущего применяют известь.
- **Рециклированный бетон:** бетон, изготовленный с применением утилизированных вяжущих, заполнителей, воды.
- **Фибробетон:** бетон, содержащий рассредоточенные, беспорядочно ориентированные волокна.

Классификация бетонов по технологии изготовления

Автоклавный бетон – бетон автоклавного твердения плотной или ячеистой структуры (бетон заводского изготовления, твердеющий при давлении выше атмосферного).

Торкрет-бетон – мелкозернистый бетон, пневматически наносимый на поверхность.

Укатанный бетон – особо жесткий бетон, уплотняемый виброукаткой или тромбованием.

Литой бетон – бетон, полученный из бетонной смеси с осадкой конуса более 20 см.

Особо жесткий бетон – бетон, полученный из бетонной смеси с неизмеряемой осадкой конуса и жесткостью.

Классификация бетонов по технологии изготовления

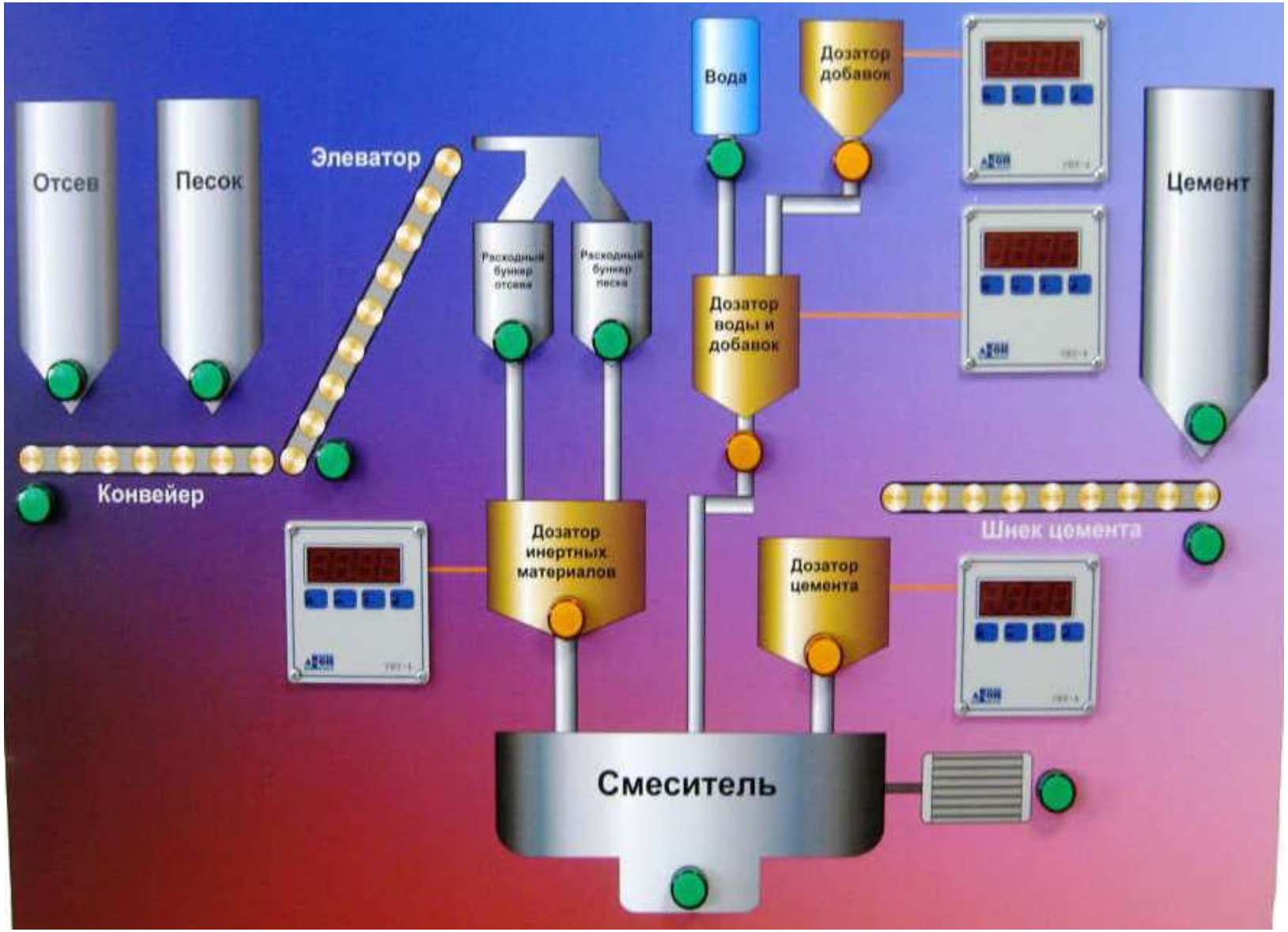
Вакуумированный бетон – бетон, из которого до его затвердевания часть воды и вовлеченного воздуха удаляют вакуумированием.

Бетон подводной укладки – бетон, укладываемый под воду трубопроводным транспортом или другими средствами.

Бетон роликового формования – жесткий бетон, уплотняемый способом роликового формования.

Самоуплотняющийся бетон – бетон, изготовленный из бетонной смеси, способной уплотняться под действием собственного веса.

Технологическая схема изготовления бетонных смесей



ЛЕКЦИЯ 4

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

Содержание

1 Общие принципы организации производства

2 Основы компоновки производственного корпуса

1 Типовое проектирование

Проектирование предприятий сборного железобетона осуществляется из унифицированных типовых пролетов (УТП).

УТП – это единые по длине, ширине и высоте, а также по своим конструктивным решениям типовые пролеты зданий, в которых сблокированы универсальные группы производства.

Для такой системы проектирования характерным является подчинение требованиям блокирования, как строительных, так и технологических решений, т.е. внесение элементов унификации в компоновку технологических процессов.

Унификация заключается в зонировании мест подачи сырья и полуфабрикатов, мест вывоза продукции, расположении в одних и тех же осях всех поперечных пролетов инженерных и санитарно-технических коммуникаций.

В основу типового проектирования положено:

- проектирование не завода, а производства, специализированного на выпуск изделий одной технологической группы (аналогичных по конструкции и назначению);

- использование серийного оборудования, унифицированного по габаритным параметрам;

- размещение в унифицированных типовых пролетах.

Размеры УТП (ширина × длина): 18×144 м, 24×144 м.

Высота пролета определяется высотой подкранового пути:

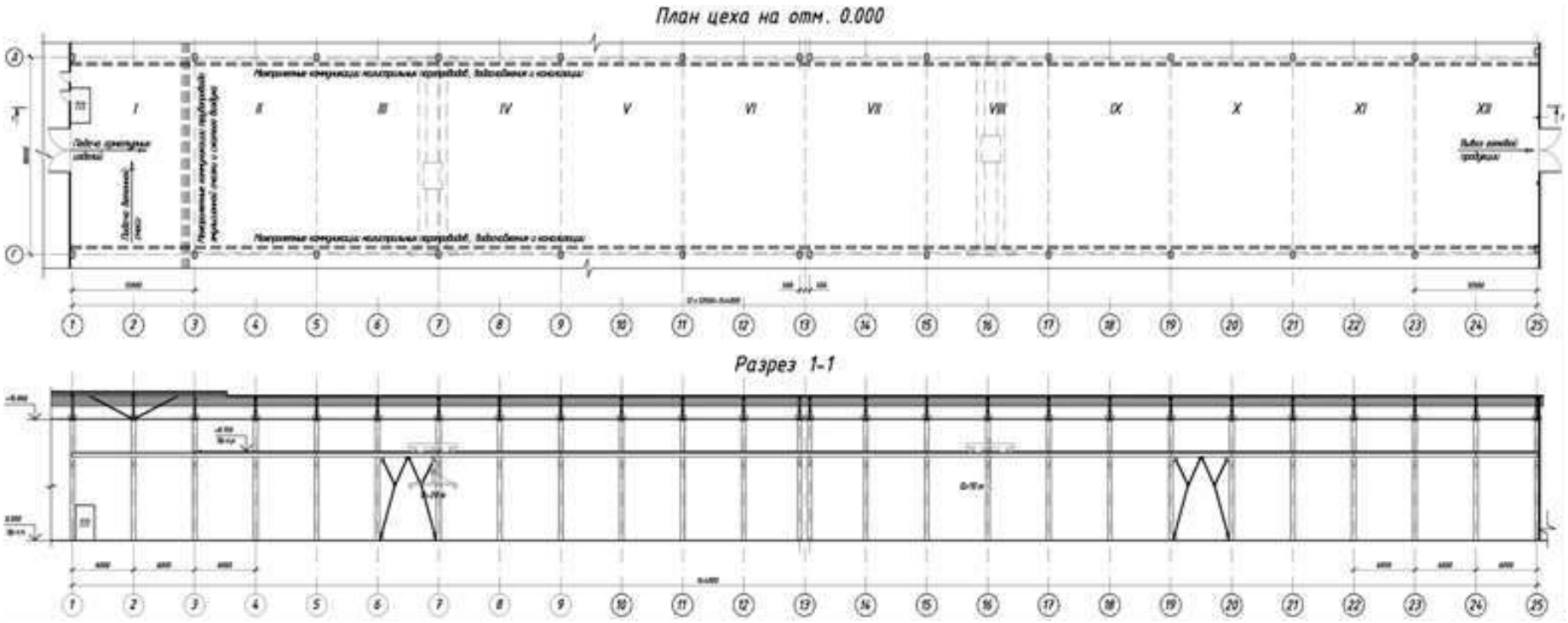
+ 8,150 м, если производство организовано в горизонтальных формах;

+ 9,750 м, при производстве изделий в вертикальном положении.

УТП условно делится на 12 отсеков, равных по площади.

Закрепление коммуникаций и всего технологического оборудования в отсеках УТП по горизонтальным и вертикальным отметкам позволяет скомпоновать предприятие любой мощности и номенклатуры изделий.

Схема унифицированного типового пролета



2 Общие принципы компоновки производственного корпуса

При конкретном решении компоновки главного производственного корпуса, включающего формовочные, арматурный и бетоносмесительный цеха, должны быть учтены следующие основные требования:

- удобство работы на формовочных линиях (наличие достаточных операционных и складских площадей);
- четкость транспортных потоков;
- нормативная освещенность рабочих мест;
- унификация строительных конструкций и производств;
- минимальная сумма инвестиций на строительство.

В одном формовочном пролете (18×144 м) для обеспечения безопасной и бесперебойной работы и создания достаточных операционных площадей можно разместить:

- одну конвейерную линию;

- две полуконвейерные линии;

- два формовочных поста агрегатно-поточной линии;

- несколько кассетно-формующих установок;

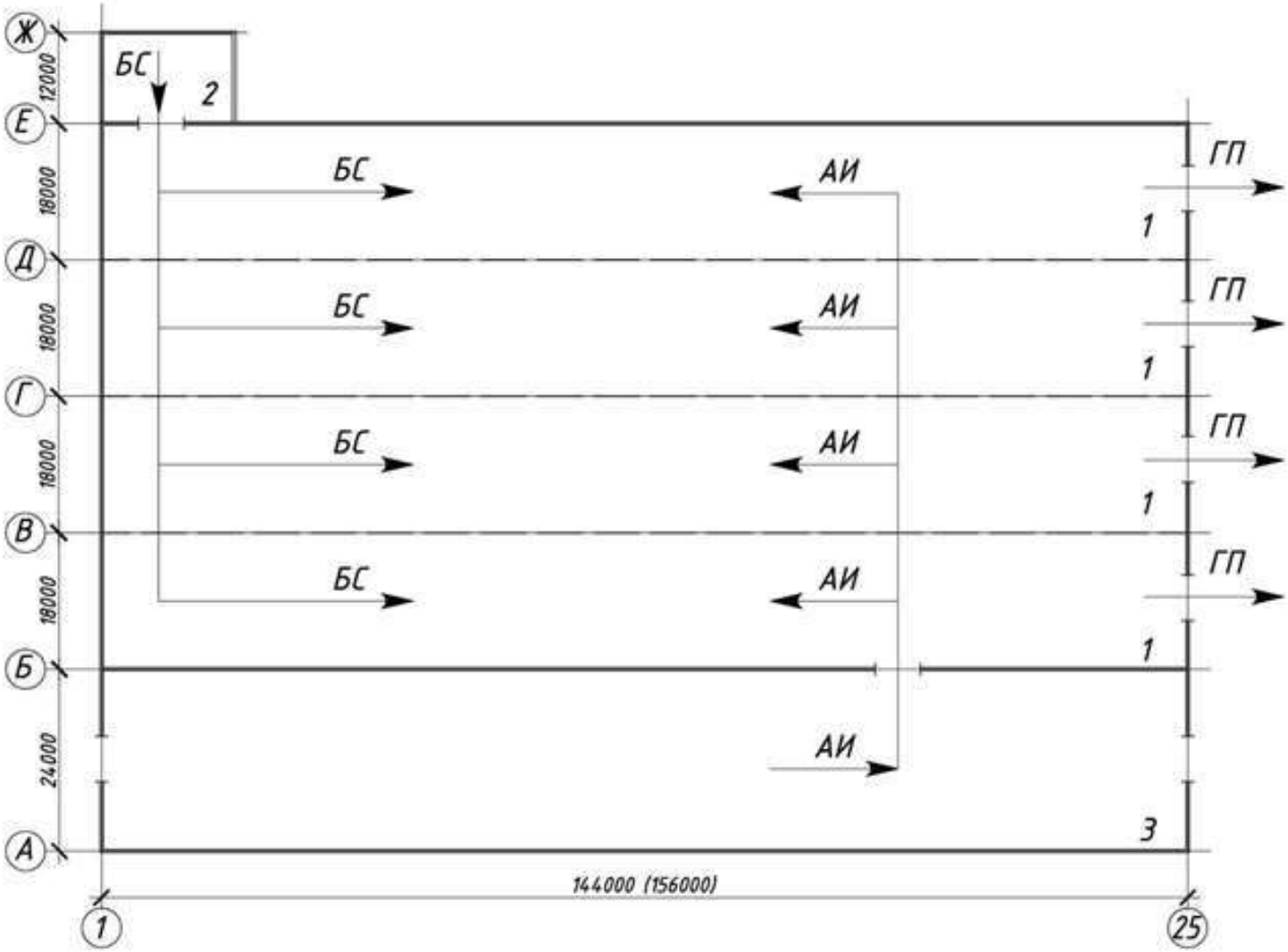
- несколько коротких стендовых установок;

- длинный стенд (протяжный или пакетный);

- один формовочный пост агрегатно-поточной линии и несколько коротких стендовых установок.

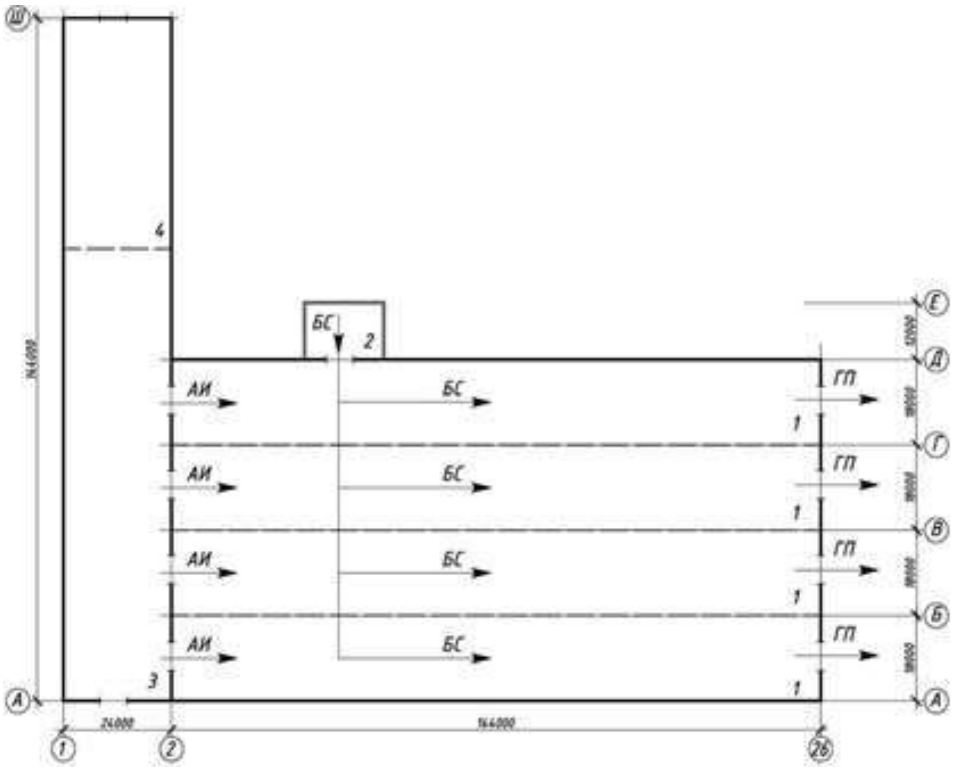
Компоновочные схемы главного производственного корпуса заводов сборного железобетона:

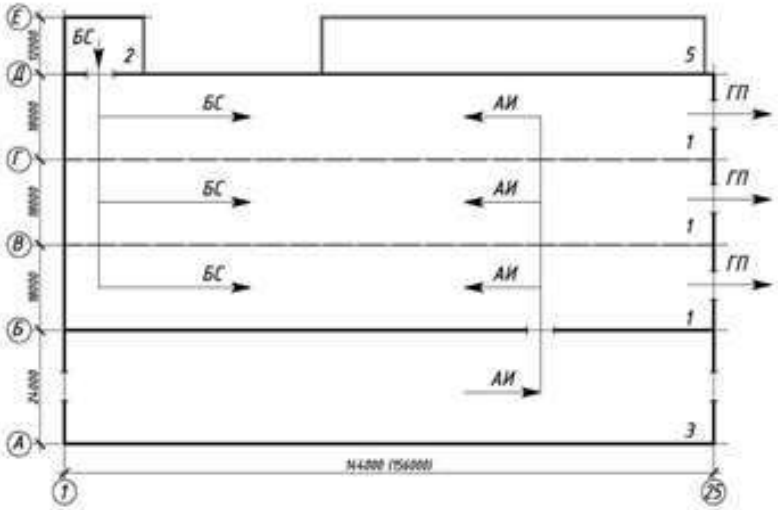
I вар.



Компоновочные схемы главного производственного корпуса заводов сборного железобетона:

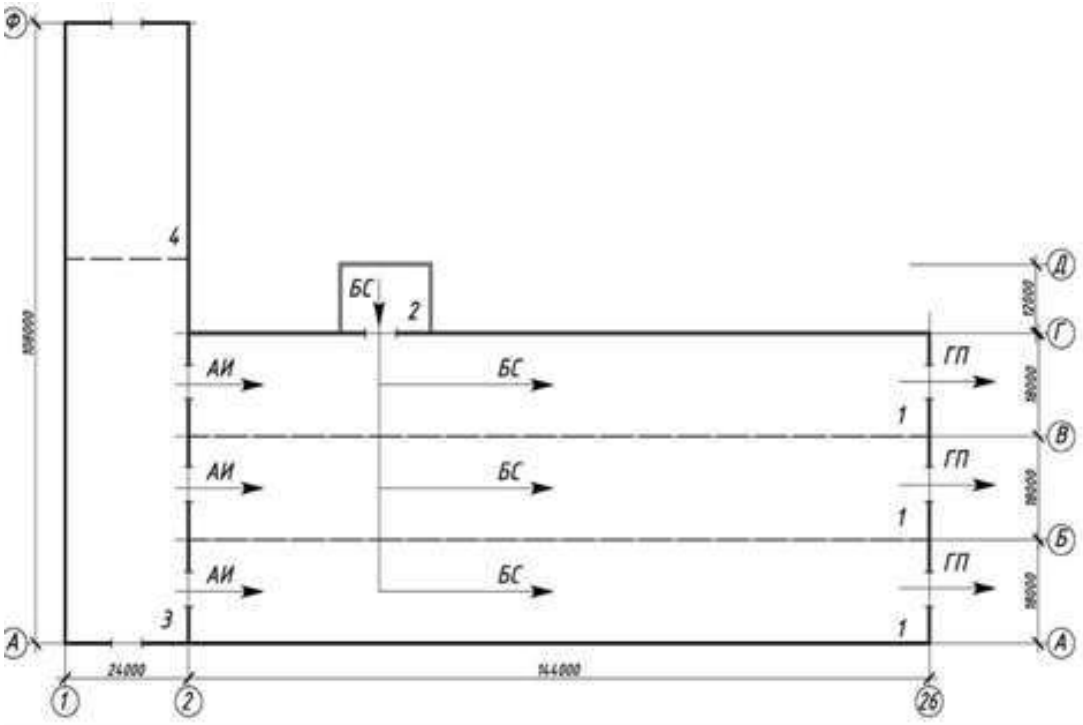
II и III вар.

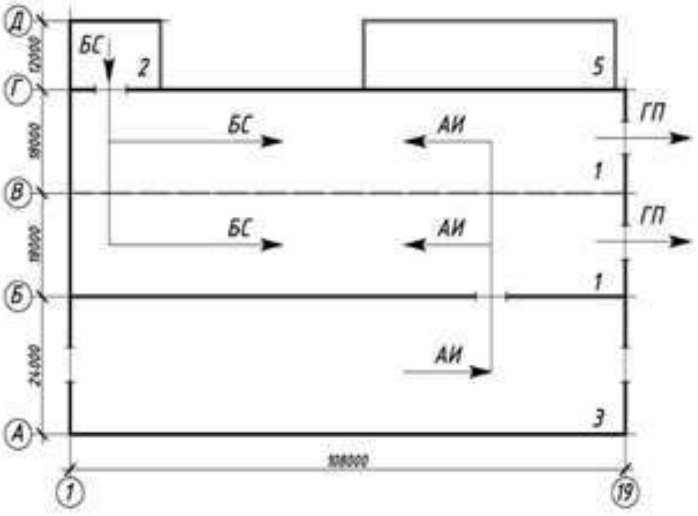




Компоновочные схемы главного производственного корпуса заводов сборного железобетона:

IV и V вар.





Завод сборного железобетона производительностью

I вариант: более 100 тыс. $м^3$;

II и III варианты: от 50 до 100 тыс. $м^3$;

IV и V варианты: менее 50 тыс. $м^3$.

1 – формовочный цех; 2 – бетоносмесительный цех; 3 – арматурный цех;

БС – бетонная смесь; АИ – арматурные изделия; ГП – готовая продукция.

ЛЕКЦИЯ 5

СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Содержание

1 Агрегатно-поточный способ производства ЖБИ. Схемы производства

2 Технологические расчеты

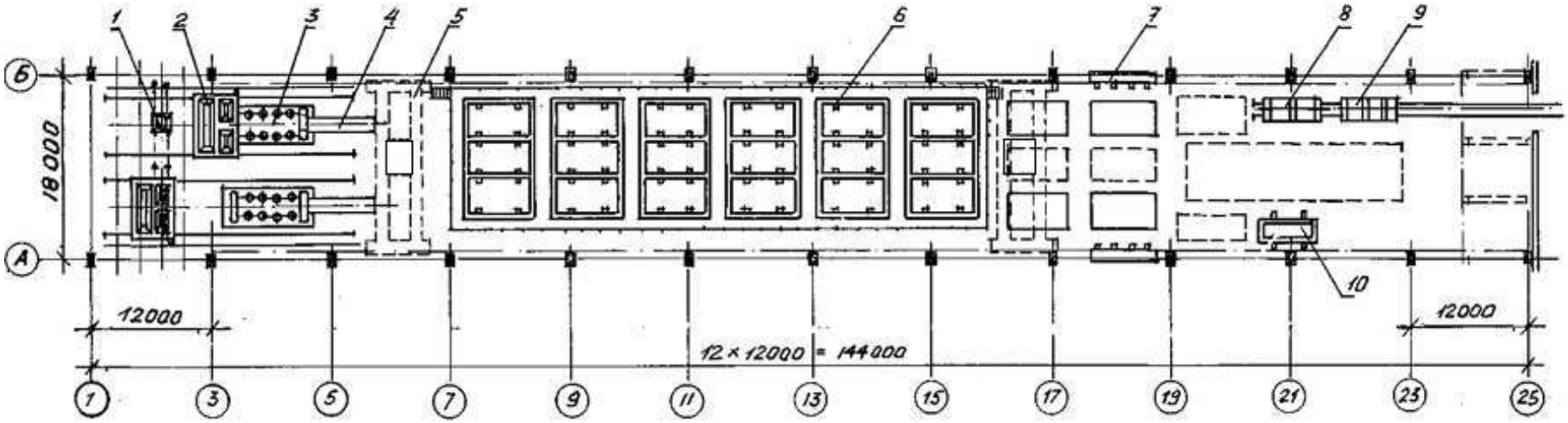
1 Агрегатно-поточный способ производства

Агрегатно-поточный способ производства сборных железобетонных изделий и конструкций является самым распространенным.

При таком способе производство ЖБИ организовано на специализированных постах, тепловая обработка бетона осуществляется в камерах ямного типа, а формы перемещаются от одного поста к другому с помощью кранов.

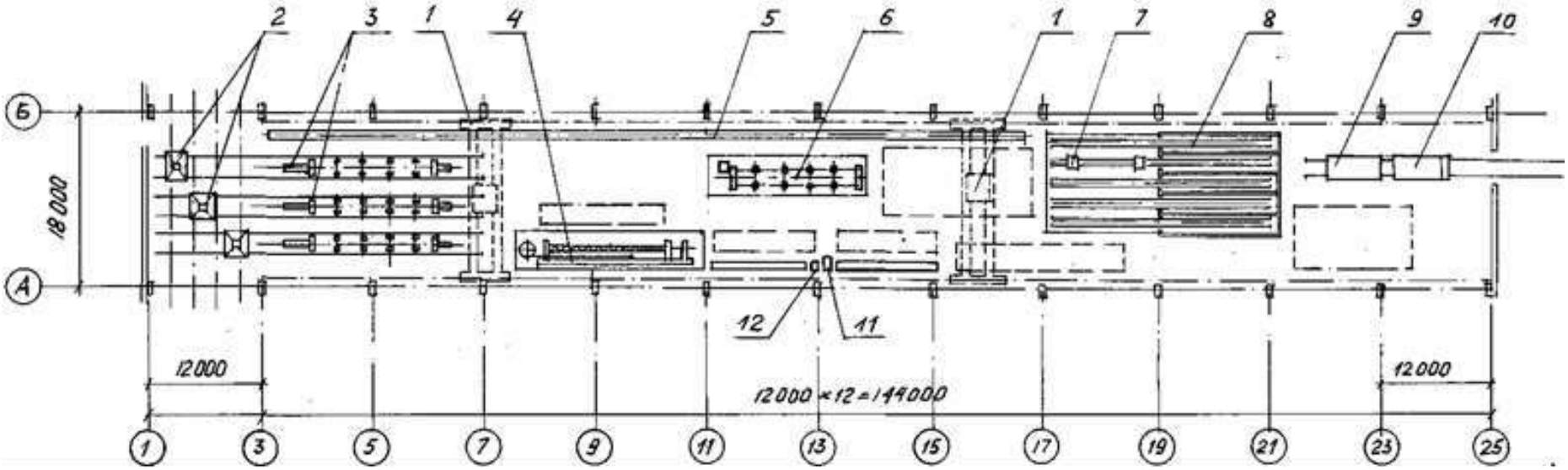
Технологические посты работают независимо друг от друга, с произвольным интервалом. Этот способ позволяет использовать различное технологическое оборудование, различные по размерам формы, изготовлять широкую номенклатуру изделий.

Схема агрегатно-поточного производства изделий размерами 3×6 м



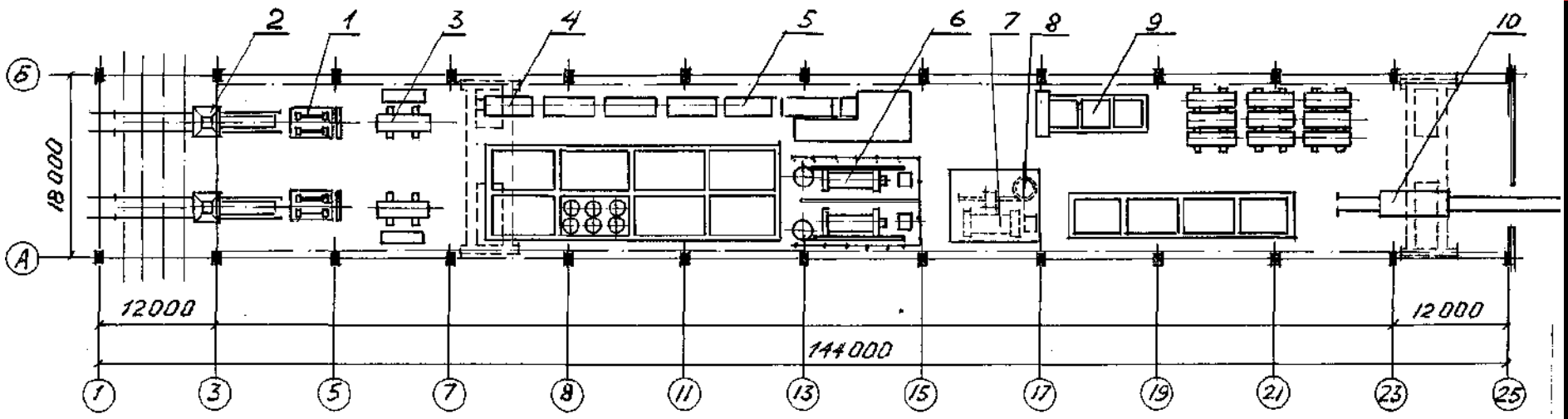
1 - бункер раздаточный СМЖ-2В; 2 - бетоноукладчик СМЖ-162Б;
3 - виброплощадка грузоподъемностью 20 т, СМЖ-200Г;
4 - формоукладчик продольный грузоподъемностью 10 т, СМЖ-35А;
5 - кран мостовой электрический грузоподъемностью 15 т;
6 - пакетировщик для форм СМЖ-293А;
7 - установка для электронагрева стержней СМЖ-I29В;
8 - тележка-прицеп грузоподъемностью 20 т, СМЖ-I54Б;
9 - самоходная тележка грузоподъемностью 20 т, СМЖ-151Б;
10 - стенд для контроля и ремонта изделий

Агрегатно-поточная линия по производству стоек опор линий электропередачи и контактной сети методом центрифугирования



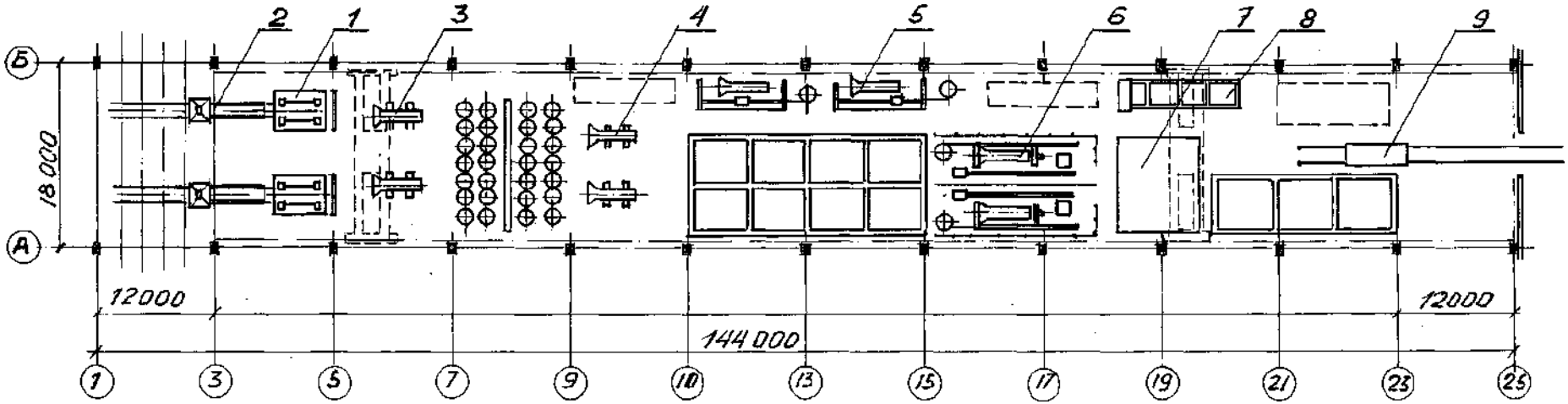
1 - кран мостовой электрический грузоподъемностью 20 т; 2 - бетоноукладчик СМЖ-168; 3 - стенд для натяжения арматуры и подготовки форм; 4 - установка для изготовления арматурных каркасов; 5 - конвейер пластинчатый для передачи полуформ; 6 - центрифуга роликовая СМЖ-169В; 7 - тележка-контейнер для подачи форм в камеру тепловой обработки; 8 - электроиндукционные камеры тепловой обработки бетона; 9 - тележка-прицеп СМЖ-154Б; 10 - тележка самоходная СМЖ-151Б грузоподъемностью 20 т; 11 - машина для образования анкеров СМЖ-128В; 12 - станок для резки арматурной стали СМЖ-133А.

Агрегатно-поточное производство напорных труб со стальным сердечником



1 - центрифуга; 2 - ложковый питатель;
3 - стенд для кантования;
4 - установка для сварки и контроля шва;
5 - машина для изготовления цилиндров;
6 - арматурно-навивочный станок;
7 - установка для нанесения защитного слоя;
8 - цемент-пушка;
9 - установка для гидравлического испытаний труб;
10 - тележка для вывоза готовой продукции;
11 - мостовой кран.

Агрегатно-поточное производство низконапорных железобетонных труб



1 - центрифуга;

2 - ложковый питатель;

3 - кантователь;

4 - установка для кантования форм;

5 - агрегат для изготовления арматурных каркасов;

6 - арматурно-навивочный станок;

7 - установка для нанесения защитного слоя;

8 - установка для гидравлического испытания труб;

9 - тележка для вывоза готовой продукции;

10 - кран мостовой

Технологические расчеты

Для агрегатно-поточной технологической линии при расчете производительности основным параметром является длительность цикла формования $t_ф$.

Годовая производительность линии $P_{а.п.}$, м^3, (в случае установки одного формующего агрегата):

$$P_{а.п.} = \frac{60 \cdot h \cdot B_р}{t_ф} \cdot V_ф$$

где $P_{а.п.}$ – годовая производительность линии в выбранных единицах;

h – число рабочих часов в сутки;

$B_р$ – расчетный годовой фонд работы оборуд., сут;

$V_ф$ – объём одновременно формуемых изделий в выбранных единицах;

$t_ф$ – цикл формования, мин.

Максимальная продолжительность цикла работы агрегатно-поточных линий принимается по нормам технологического проектирования ОНТП 07-85

Характеристика формуемых изделий	Максимальный ритм работы агрегатно-поточной линии, мин, при длине изделий			
	до 6 м		более 6 м	
	при объеме бетона в формовке, $м^3$			
	до 1,5	1,5 – 3,5	до 3,5	3,5 – 5,0
Изделия однослойные несложной конфигурации	12	15	20	25
То же, сложной конфигурации, в одной форме	15	20	30	35
Изделия многослойные, крупногабаритные сложного профиля	20	30	35	40

Потребное количество камер тепловой обработки ямного типа, шт.:

$$M_к = (60 \cdot T_к \cdot h)/(24 \cdot t_ц \cdot m),$$

где $T_к$ – время оборота камеры тепловой обработки, ч;

$t_ц$ – цикл загрузки камеры ТО, мин, определяемый при загрузке с одного поста:

$t_ц = t_ф$; при загрузке с двух постов: $t_ц = 0{,}5t_ф$;

m – количество форм, размещаемых в одной камере, шт.

Время оборота камеры тепловой обработки, ч, устанавливается либо по суточному графику, либо по условию:

$$T_к = t_{заг} + t_в + t_{то} + t_{разг},$$

где $t_{заг}$, $t_{разг}$ – длительность загрузки и разгрузки камеры соответственно, ч;

$t_в$ – длительность периода предварительного выдерживания бетона, ч;

$t_{то}$ – длительность тепловой обработки бетона, ч.

Потребное количество форм на технологической линии, шт.:

$$N_Ф = j(M_К \cdot m + a),$$

где j – коэффициент, учитывающий резервное число форм (1,05);

a – число форм, находящихся на постах технологической линии.

РАСЧЕТ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДЕЙ

Площадь для выдерживания ЖБИ после распалубки в цехе, м²:

$$F_{ви} = \frac{60 \cdot V_{изд} \cdot \tau_{н/х}}{t_ц \cdot V^н_{изд}}$$

$V_{изд}$ - объем бетона изделий, м³;

$\tau_{н/х}$ – нормативн. время выдерживания изделий (4 – 12 ч по ОНТП 07-85);

$t_ц$ - цикл формования, мин;

$V_{изд}^н$ - нормат. объём бетона ЖБИ, хранящихся в гориз. положении, м³/м².

Площадь складирования готовой продукции на полигоне, м²:

$$F_c = \frac{V_{изд} \cdot \tau_{н/х} \cdot k_1 \cdot k_2}{V^н_{изд}}$$

$V_{изд}$ - объем бетона изделий, поступающих на площадку за сутки, м³/сут;

$\tau_{н/х}$ – нормативн. время хранения изделий (10 – 14 сут. по ОНТП 07-85);

k_1 – коэффициент, учитыв. увеличение площади склада для проходов;

k_2 – коэффициент, учитывающий зоны обслуживания крана.

Площадь складиров. арматурных сеток и каркасов в цехе, м^2:

$$F_{са} = \frac{60 \cdot \tau_з \cdot q_а}{1000 \cdot t_ц \cdot q_{хн}}$$

$\tau_з$ – нормативный запас арматурн. изделий в цехе, ч (4 ч по ОНТП 07-85);

$q_а$ - расход арматуры в изделии, кг/изделие;

$q_{хн}$ - усреднённая масса арматурных изделий, размещаемых горизонтально на 1 м^2 площади, т/м^2 (0,01 – 0,05 т/м^2 по ОНТП 07-85);

$t_ц$ - цикл формования, мин.

Площадь складиров. арматурных сеток и каркасов на полигоне, м^2:

$$F_с = \frac{V_{изд} \cdot q_а \cdot n}{q_{хн}}$$

$V_{изд}$ - объем бетона изделий, формуемых за смену, м^3;

$q_а$ - расход арматуры в изделии, т/м^3;

n - количество изделий, формуемых за смену;

$q_{хн}$ - усреднённая масса арматур. изделий, размещ. на 1 м^2 площади, т/м^2.

Площадь для складирования резервного запаса форм в цехе, м^2:

$$F_{сф} = \frac{N_ф \cdot q_ф \cdot f_ф}{100}$$

$N_ф$ – количество форм на линии, шт.;

$q_ф$ – масса формы, т;

$f_ф$ – площадь для складирования 100 т форм, находящихся в эксплуатации, м^2/100 т.

Площадь для текущего ремонта форм и оснастки в цехе, м^2:

$$F_{рф} = \frac{N_ф \cdot q_ф \cdot f_{рф}}{100}$$

$N_ф$ – количество форм на линии, шт.;

$q_ф$ – масса формы, т;

$f_{рф}$ – площадь для текущего ремонта 100 т форм, находящихся в эксплуатации, м^2/100 т.

ЛЕКЦИЯ 6

ПОЛУКОНВЕЙЕРНЫЙ СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Содержание

1 Полуконвейерный способ производства ЖБИ. Схемы производства

2 Технологические расчеты

1 Полуконвейерный способ производства ЖБИ

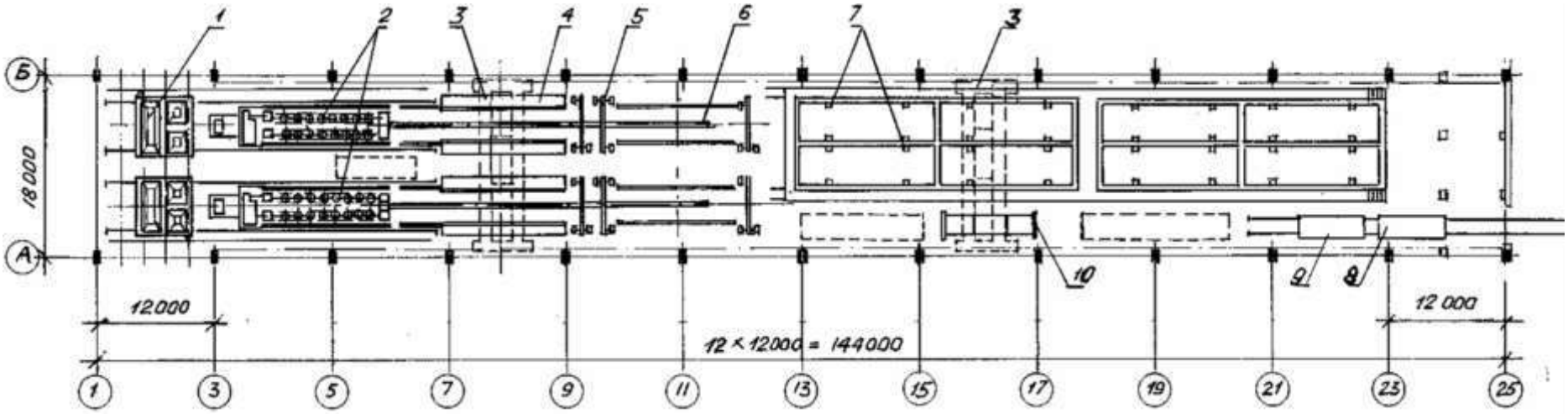
Полуконвейерный способ производства сборных железобетонных изделий и конструкций является наиболее рациональным.

При таком способе производство ЖБИ организовано на постах операционного конвейера, а тепловая обработка бетона осуществляется в камерах ямного или другого типа.

На постах операционного конвейера формы с заданным интервалом перемещаются с помощью привода. От операционного конвейера к камерам ТО формы перемещаются с помощью мостовых кранов.

Этот способ позволяет использовать различное технологическое оборудование, различные по размерам формы, изготовлять широкую номенклатуру изделий.

Схема полуконвейерного производства изделий размерами 3×12 м



1 - бетоноукладчик СМЖ-162Б;

2 - виброплощадка грузоподъемностью 24 т, СМЖ-I99А;

3 - кран мостовой электрический грузоподъемностью 30/5 т;

4 - стол для арматуры; 5 - установка для натяжения арматуры;

6 - рольганг поста 3×12 м, СМЖ-12А;

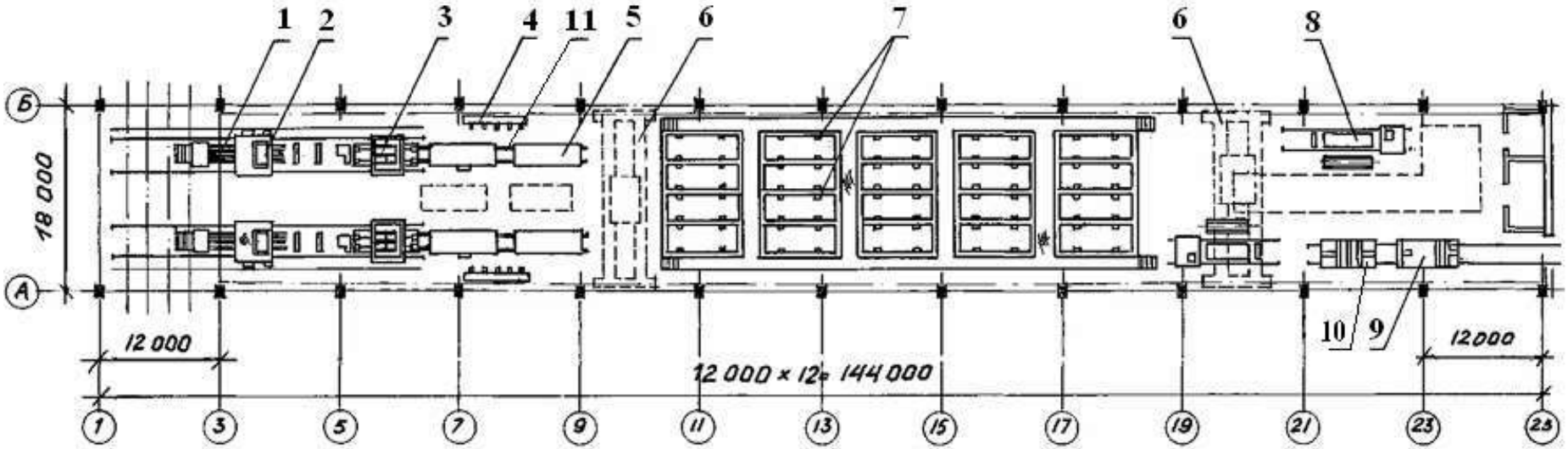
7 - пакетировщик для форм СМЖ-294А;

8 - самоходная тележка грузоподъемностью 20 т, СМЖ-151Б;

9 - тележка-прицеп грузоподъемностью 20 т, СМЖ-154Б;

10 - стенд для контроля и ремонта изделий

Производство многопустотных плит перекрытий на полуконвейерной линии



1 - машина формовочная СМЖ-227В; 2 - бетоноукладчик СМЖ-69В;

3 - портал самоходный СМЖ-228В; 4 - установка для электронагрева СМЖ-129В;

5 - поддон силовой СМЖ-548; 6 - кран мостовой электрический;

7 - пакетировщик для форм СМЖ-293А;

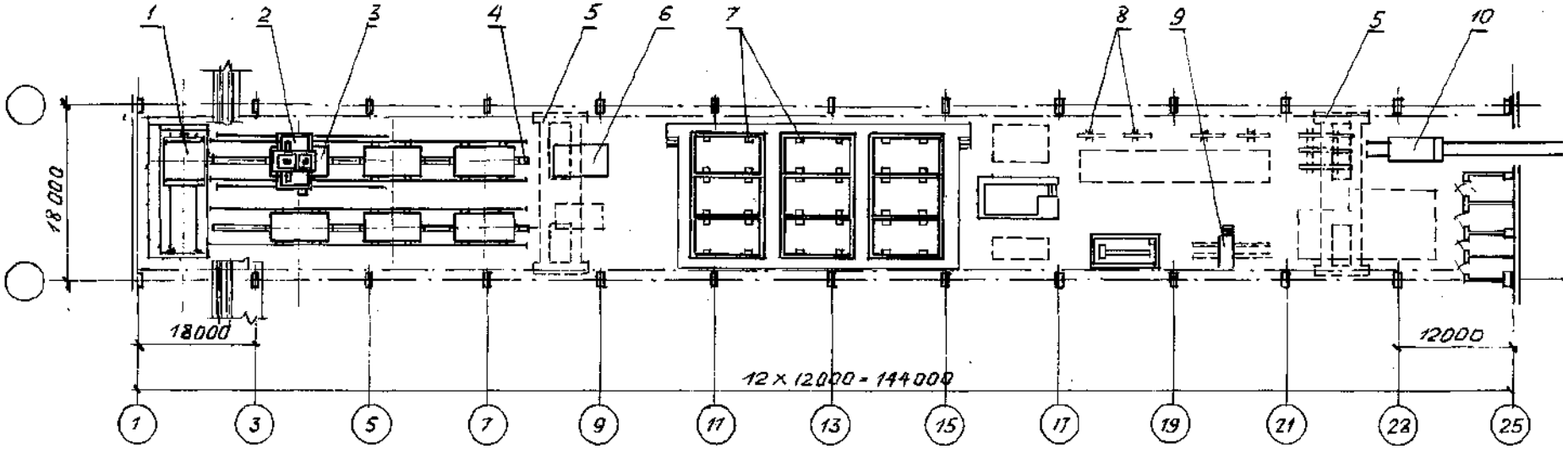
8 - машина шпаклевочная СМЖ-3232Б;

9 - тележка самоходная СМЖ-151Б;

10 - тележка-прицеп СМЖ-I54Б;

11 - роликовый конвейер

Схема производства изделий на двухветвевом полуконвейере



1 - тележка передаточная СМЖ-553А; 2 - бетоноукладчик СМЖ-166В;

3 - виброплощадка грузоподъемностью 15 т СМЖ-200Г;

4 - привод конвейерной линии СМЖ-3005;

5 - кран мостовой электрический грузоподъемностью 20/5 т;

6 - ударная установка для изготовления изделий;

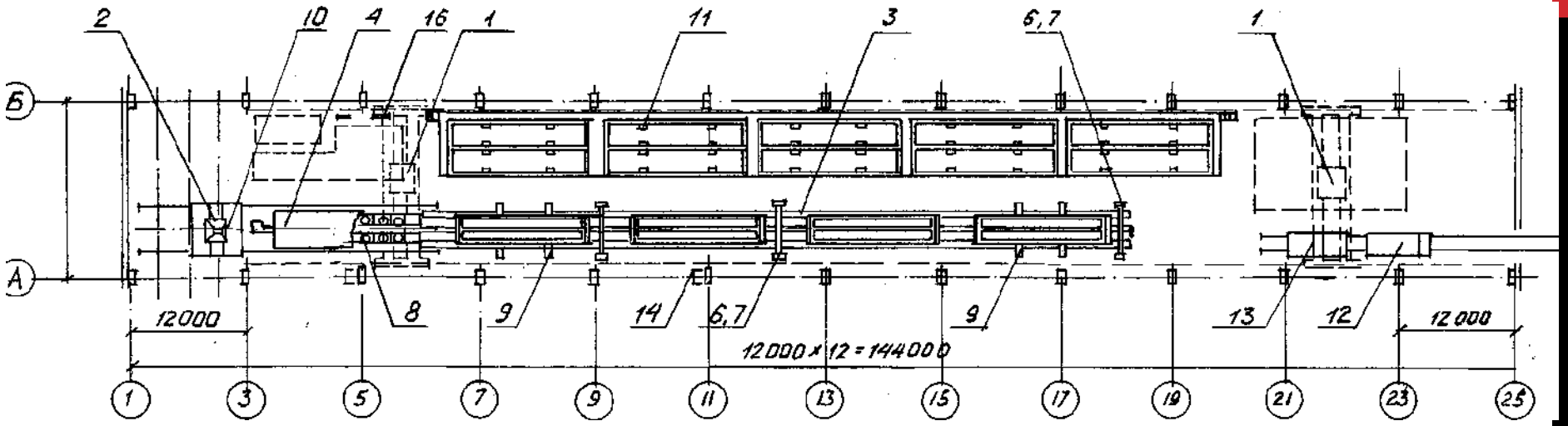
7 - пакетировщик для форм СМЖ-293А-5;

8 - стойки для ремонта изделий;

9 - секция двухрядная для складирования изделий;

10 - самоходная тележка грузоподъемностью 20 т СМЖ-151Б.

Схема производства железобетонных балок, колонн, ригелей длиной до 12 м на полуконвейерной линии



1 - кран мостовой, электрический грузоподъемностью 32/5 т;

2 - бетоноукладчик СМЖ-528А;

3 - рольганг с толкателем; 4 - звукоизолирующий кожух СМЖ-763;

5 - захват автоматический грузоподъемностью 25 т, СМЖ-380Б;

6 - металлоконструкция для подвески гидродомкрата;

7 - установка для натяжения арматуры;

8 - виброплощадка грузоподъемностью 24 т, СМЖ-199А;

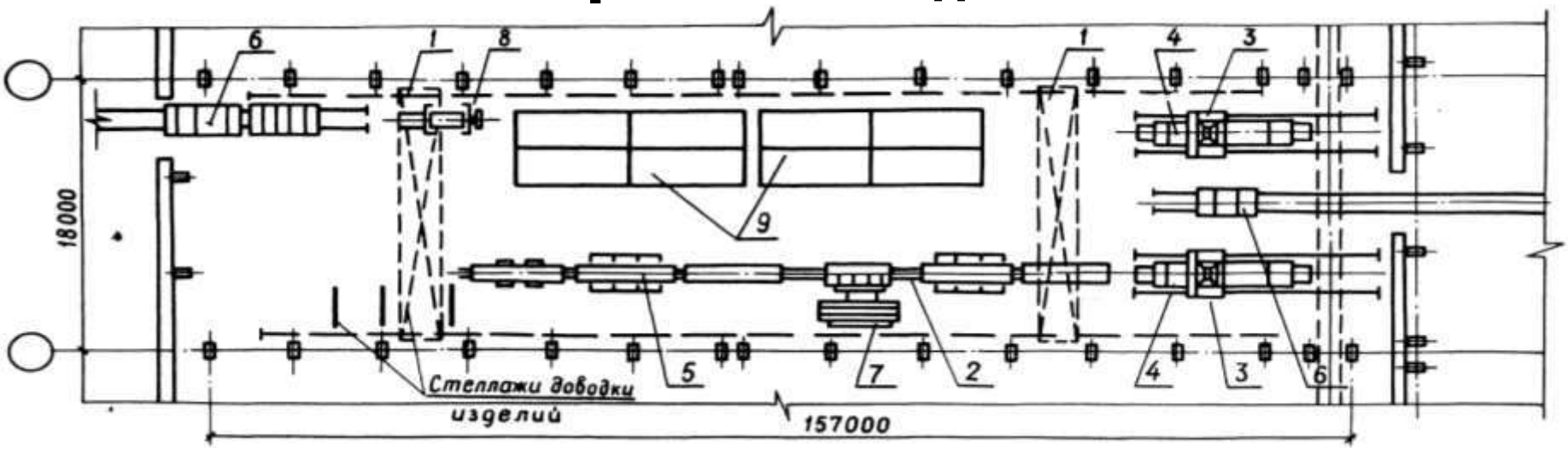
9 - машина для открывания и закрывания бортов СМЖ-513А;

10 - бункер раздаточный СМЖ-2Б; 11 - пакетировщик для форм СМЖ-294А-4;

12 - самоходная тележка СМЖ-151Б; 13 - тележка-прицеп СМЖ-154Б;

14 - насосная станция СМЖ-3003Б; 16 - подставка под траверсу

Полуконвейерная линия по изготовлению предварительно-напряженных изделий



1 - кран мостовой, электрический грузоподъемностью 20 т;

2 - рольганг с толкателем;

3 - бетоноукладчик;

4 - виброплощадка грузоподъемностью 20 т;

5 - распалубщик;

6 - самоходная тележка СМЖ-151Б;

7 - установка для электронагрева арматурных стержней;

8 - кантователь;

9 - камеры тепловой обработки ямного типа

Для полуконвейерной технологической линии при расчете производительности основным параметром является длительность цикла формования $t_ф$.

Годовая производительность линии $P_{пк.}$, м^3, (для одного полуконвейера):

$$P_{а.п.} = \frac{60 \cdot h \cdot B_р}{t_ф} \cdot V_ф$$

где $P_{пк.}$ – годовая производительность линии в выбранных единицах;

h – число рабочих часов в сутки;

$B_р$ – расчетный годовой фонд работы оборуд., сут;

$V_ф$ – объём одновременно формуемых изделий в выбранных единицах;

$t_ф$ – цикл формования, мин.

Максимальная продолжительность цикла работы полуконвейерных линий принимается по нормам технологического проектирования ОНТП 07-85

Характеристика формуемых изделий	Максимальный ритм работы линии, мин, при длине изделий			
	до 6 м		более 6 м	
	при объеме бетона в формовке, $м^3$			
	до 1,5	1,5 – 3,5	до 3,5	3,5 – 5,0
Изделия однослойные несложной конфигурации	12	15	20	25
То же, сложной конфигурации, в одной форме	15	20	30	35
Изделия многослойные, крупногабаритные сложного профиля	20	30	35	40

Потребное количество камер тепловой обработки ямного типа, шт.:

$$M_к = (60 \cdot T_к \cdot h)/(24 \cdot t_ц \cdot m),$$

где $T_к$ – время оборота камеры тепловой обработки, ч;

$t_ц$ – цикл загрузки камеры ТО, мин, определяемый при загрузке с одного поста:

$t_ц = t_ф$; при загрузке с двух постов: $t_ц = 0{,}5t_ф$;

m – количество форм, размещаемых в одной камере, шт.

Время оборота камеры тепловой обработки, ч, устанавливается либо по суточному графику, либо по условию:

$$T_к = t_{заг} + t_в + t_{то} + t_{разг},$$

где $t_{заг}$, $t_{разг}$ – длительность загрузки и разгрузки камеры соответственно, ч;

$t_в$ – длительность периода предварительного выдерживания бетона, ч;

$t_{то}$ – длительность тепловой обработки бетона, ч.

Потребное количество форм на технологической линии, шт.:

$$N_Ф = j(M_К \cdot m + a),$$

где j – коэффициент, учитывающий резервное число форм (1,05);

a – число форм, находящихся на постах технологической линии.

РАСЧЕТ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДЕЙ

Площадь для выдерживания ЖБИ после распалубки в цехе, м²:

$$F_{ви} = \frac{60 \cdot V_{изд} \cdot \tau_{н/х}}{t_ц \cdot V^н_{изд}}$$

$V_{изд}$ - объем бетона изделий, м³;

$\tau_{н/х}$ – нормативн. время выдерживания изделий (4 – 12 ч по ОНТП 07-85);

$t_ц$ - цикл формования, мин;

$V_{изд}^н$ - нормат. объём бетона ЖБИ, хранящихся в гориз. положении, м³/м².

Площадь складирования готовой продукции на полигоне, м²:

$$F_c = \frac{V_{изд} \cdot \tau_{н/х} \cdot k_1 \cdot k_2}{V^н_{изд}}$$

$V_{изд}$ - объем бетона изделий, поступающих на площадку за сутки, м³/сут;

$\tau_{н/х}$ – нормативн. время хранения изделий (10 – 14 сут. по ОНТП 07-85);

k_1 – коэффициент, учитыв. увеличение площади склада для проходов;

k_2 – коэффициент, учитывающий зоны обслуживания крана.

Площадь складиров. арматурных сеток и каркасов в цехе, м^2:

$$F_{са} = \frac{60 \cdot \tau_з \cdot q_а}{1000 \cdot t_ц \cdot q_{хн}}$$

$\tau_з$ – нормативный запас арматурн. изделий в цехе, ч (4 ч по ОНТП 07-85);

$q_а$ - расход арматуры в изделии, кг/изделие;

$q_{хн}$ - усреднённая масса арматурных изделий, размещаемых горизонтально на 1 м^2 площади, т/м^2 (0,01 – 0,05 т/м^2 по ОНТП 07-85);

$t_ц$ - цикл формования, мин.

Площадь складиров. арматурных сеток и каркасов на полигоне, м^2:

$$F_с = \frac{V_{изд} \cdot q_а \cdot n}{q_{хн}}$$

$V_{изд}$ - объем бетона изделий, формуемых за смену, м^3;

$q_а$ - расход арматуры в изделии, т/м^3;

n - количество изделий, формуемых за смену;

$q_{хн}$ - усреднённая масса арматур. изделий, размещ. на 1 м^2 площади, т/м^2.

Площадь для складирования резервного запаса форм в цехе, м^2:

$$F_{сф} = \frac{N_ф \cdot q_ф \cdot f_ф}{100}$$

$N_ф$ – количество форм на линии, шт.;

$q_ф$ – масса формы, т;

$f_ф$ – площадь для складирования 100 т форм, находящихся в эксплуатации, м^2/100 т.

Площадь для текущего ремонта форм и оснастки в цехе, м^2:

$$F_{рф} = \frac{N_ф \cdot q_ф \cdot f_{рф}}{100}$$

$N_ф$ – количество форм на линии, шт.;

$q_ф$ – масса формы, т;

$f_{рф}$ – площадь для текущего ремонта 100 т форм, находящихся в эксплуатации, м^2/100 т.

ЛЕКЦИЯ 7

КОНВЕЙЕРНЫЙ СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Содержание

1 Конвейерный способ производства ЖБИ. Схемы производства

2 Технологические расчеты

1 Конвейерный способ производства

При конвейерном способе производства изделий формы по всем постам технологической линии перемещаются с принудительным ритмом специальными транспортными устройствами.

По принципу действия конвейерные линии могут быть периодического и непрерывного действия.

По размещению камер ТО относительно ветви операционного конвейера линии проектируют горизонтально-, вертикально- и наклонно-замкнутыми.

Число постов конвейерной линии и количество камер тепловой обработки следует определять графическим способом путем построения суточного графика работы.

На конвейерных линиях периодического действия применяют тепловые агрегаты как периодического, так и непрерывного действия.

К агрегатам периодического действия относятся горизонтальные и многоярусные щелевого типа, а к агрегатам непрерывного действия – вертикальные башенного типа и горизонтальные щелевого и туннельного типа.

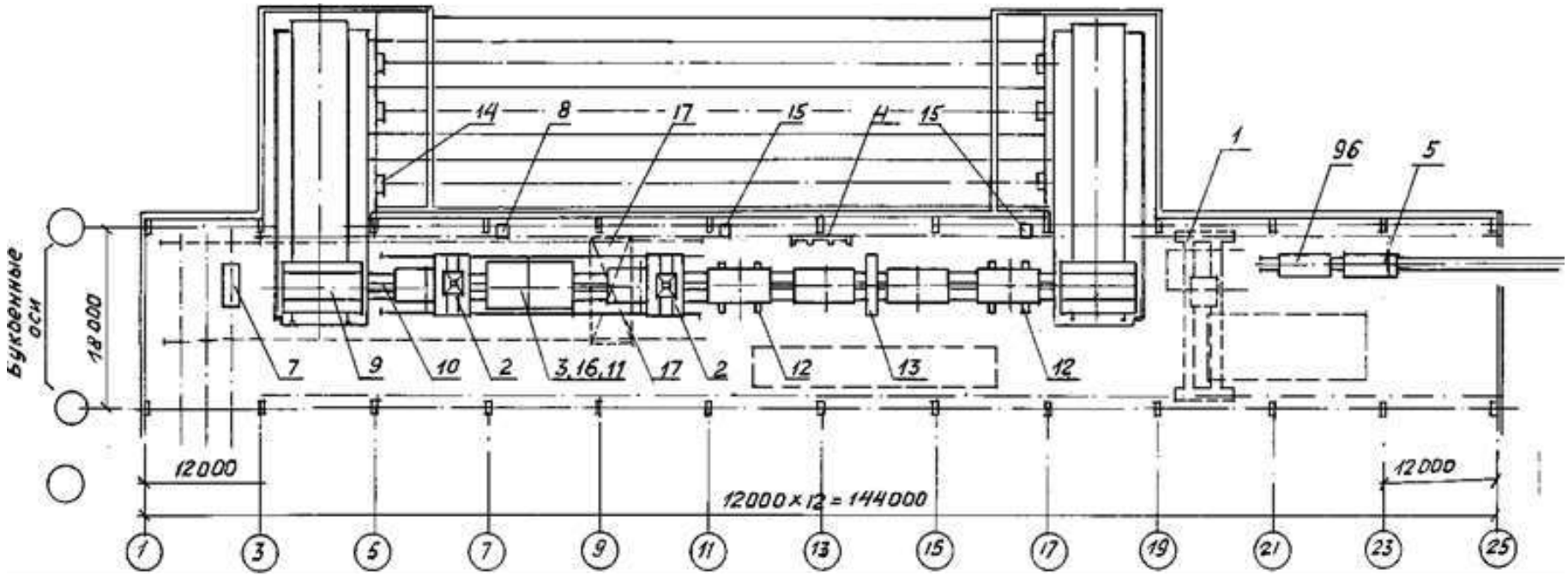
Производительность конвейера периодического действия определяется длительностью ритма работы линии t_p:

$$P_к^n = \frac{60 \cdot h \cdot B_p \cdot \alpha}{t_p} \cdot V_ф$$

Максимальная продолжительность ритма работы конвейерных линий принимается по нормам технологического проектирования ОНТП 07-85

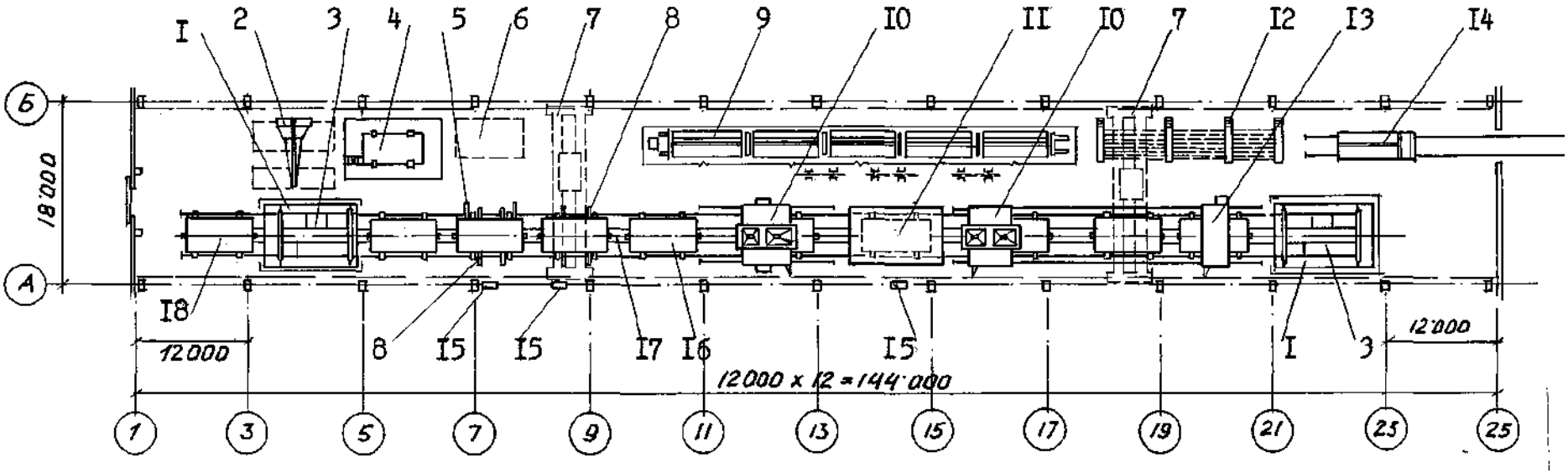
Характеристика формуемых изделий	Максимальная продолжительность ритма работы конвейерной линии, мин, при объеме бетона в одной формовке, $м^3$	
	до 3,5	от 3,5 до 5,0
Изделия однослойные несложной конфигурации	12	22
То же, сложной конфигурации, несколько изделий в одной форме	18	28
Изделия многослойные, крупногабаритные сложного профиля	25	35

Конвейерная линия периодического действия по производству преднапряженных плит перекрытий размерами 3х6 м:



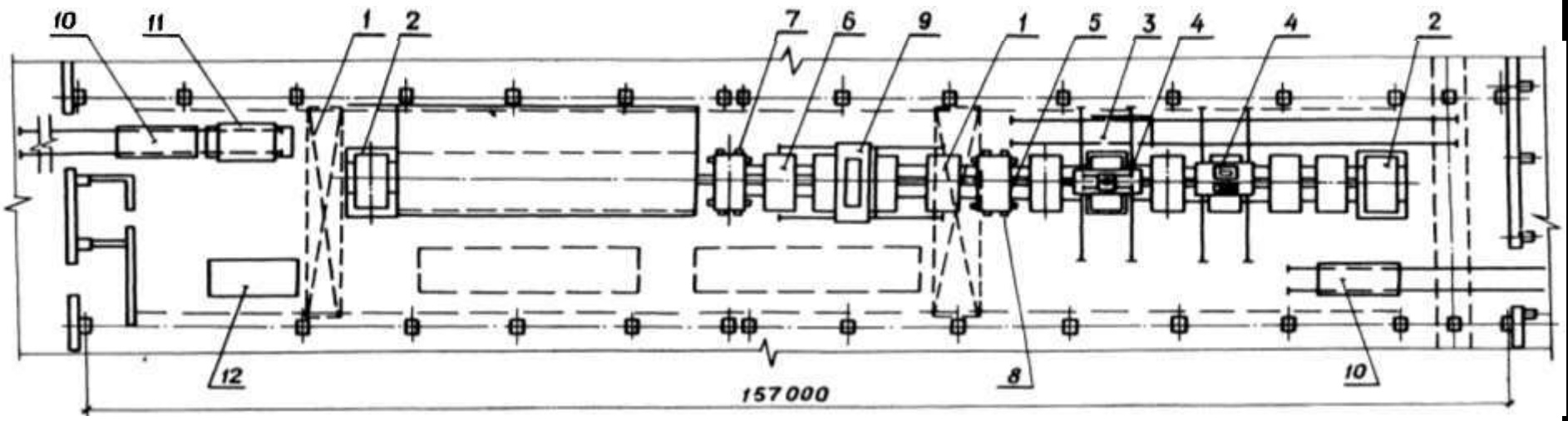
1 - кран мостовой грузоподъемностью 10 т; 2 - бетоноукладчик СМЖ-3507Б; 3 - виброплощадка СМЖ-200Г; 4 - установка для электронагрева стержней СМЖ-129В; 5 - самоходная тележка СМЖ-151Б; 6 - тележка-прицеп СМЖ-154Б; 7 - бункер раздаточный СМЖ-2Б; 8 - установка насосная СМЖ-3003Б; 9 - тележка передаточная СМЖ-444; 10 - привод конвейера СМЖ-3005Б; 11 - рельсы подъемные СМЖ-510А; 12 - машина для открывания и закрывания бортов СМЖ-513А; 13 - установка для смазки СМЖ-518А; 14 - оборудование щелевых камер СМЖ-445А; 15 - установка насосная СМЖ-3333-02В; 16 - кожух звукоизолирующий СМЖ-653А; 17 - портал самоходный 2980/31.

Конвейерная линия периодического действия по изготовлению однослойных панелей наружных стен



1 - подъемник грузоподъемностью 30 т, СМЖ-438А; 2 - кран консольный передвижной грузоподъемностью 3,2 т; 3 - тележка передаточная грузоподъемностью 20 т, СМЖ-444.02; 4 - пост переоснастки форм; 5 - кантователь грузоподъемностью 20 т, СМЖ-439А; 6 - место для установки форм; 7 - кран мостовой электрический грузоподъемностью 16 т; 8 - устройство для открывания/закрывания бортов СМЖ-453Б; 9 - линия отделки и комплектации панелей; 10 - бетоноукладчик СМЖ-166В; 11 - кожух звукоизолирующий СМЖ-653А; 12 - секция двухрядная; 13 - машина отделочная СМЖ-461А; 14 - тележка самоходная с пирамидой СМЖ-151Б; 15 - установка насосная; 16 - форма; 17 - привод конвейерной линии СМЖ-3005В; 18 - выставочный пост

Конвейерная линия периодического действия по изготовлению железобетонных изделий с поперечным размещением форм



1 - кран мостовой электрический г/п 16 т; 2 - подъемник-снижатель г/п 30 т, СМЖ-438А;

3 - виброплощадка г/п 15 т; 4 - бетоноукладчик;

5 - механизм передвижения форм-вагонеток;

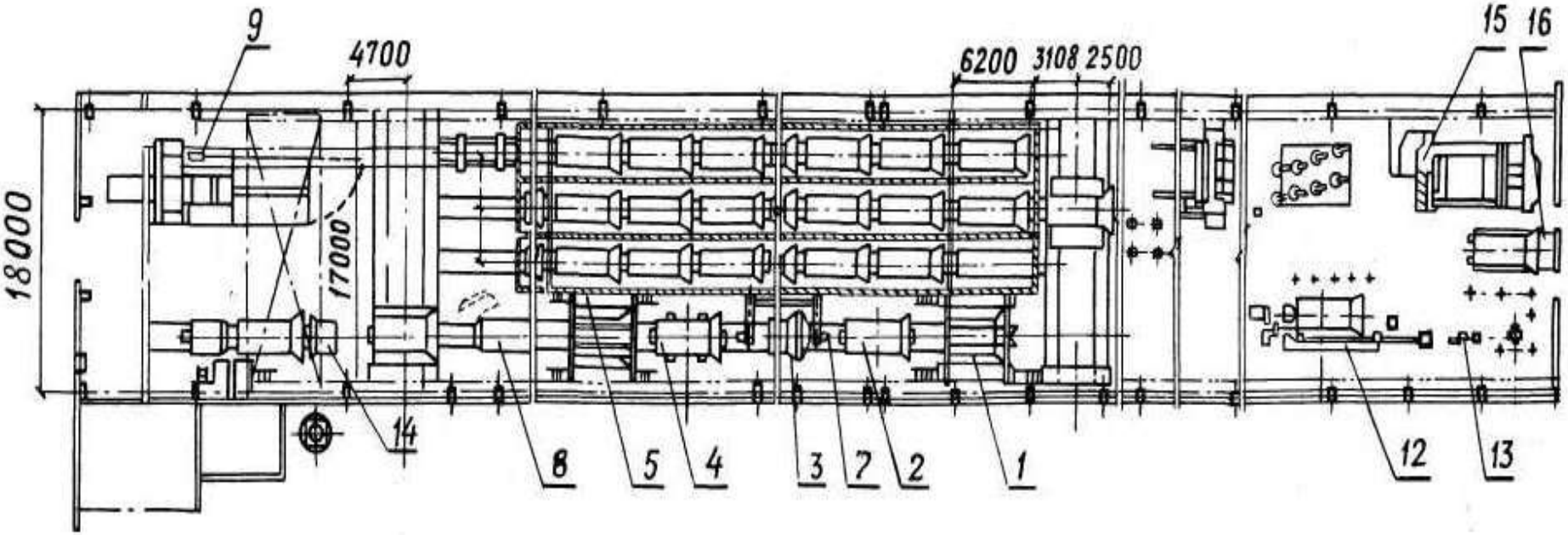
6 - форма-вагонетка; 7 - устройство для открывания бортов СМЖ-453Б;

8 - механизм закрывания бортов; 9 - установка для электронагрева стержней;

10 - тележка самоходная г/п 20 т, СМЖ-151Б; 11 - штабелер;

12 - стенд сборочно-контрольный

Конвейерная линия для изготовления железобетонных напорных труб методом центробежного проката

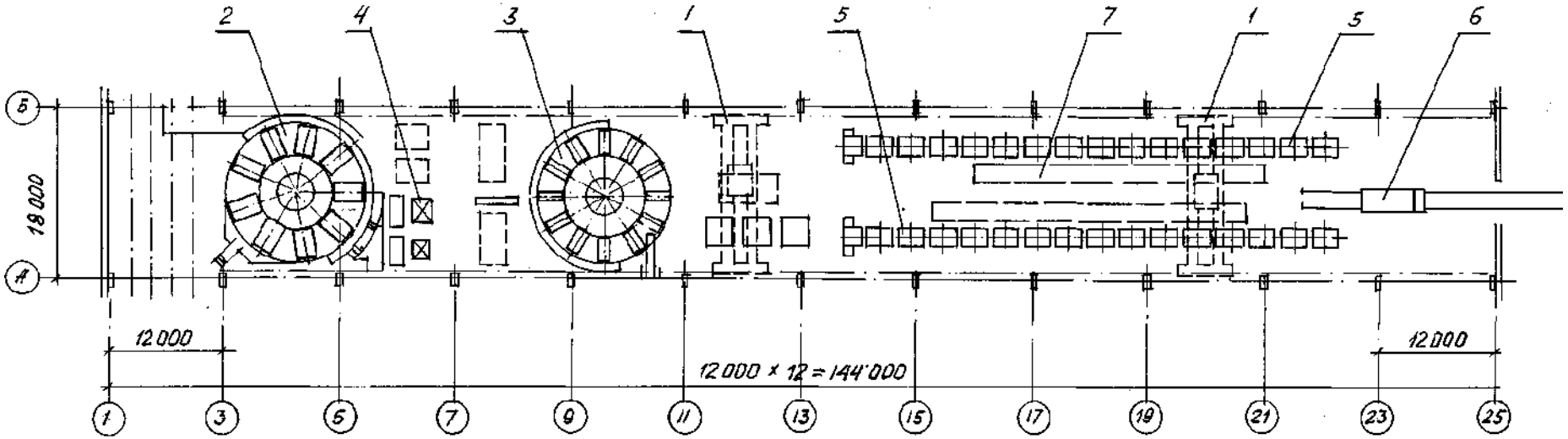


1 - пост распалубки форм; 2 - пост чистки и смазки нижней полуформы; 3 - пост установки и преднапряжения арматуры; 4 - пост чистки и смазки верхней полуформы; 5 - пост сборки форм; 6 - кран мостовой; 7 - гидродомкрат; 8 - механизм передвижения форм; 9 - пост формования;

10 - передаточная тележка; 11 - герметичные затворы; 12 - станок для намотки спиральной арматуры; 13 - машина для стыковой сварки; 14 - установка для нанесения защитного слоя;

15 - стенд для гидроиспытания; 16 - тележка для вывоза готовой продукции

Конвейерное производство объемных элементов санитарно-технических кабин и шахт лифтов на карусельных установках



1 - кран мостовой электрический г/п 16 т;

2 - карусельная установка объемных элементов;

3 - карусельная установка поддонов сантехкабин;

4 - кондуктор объемных арматурных каркасов;

5 - конвейер сборки, отделки и комплектации объемных элементов;

6 - самоходная тележка СМЖ-151Б;

7 - складирование комплектующих и отделочных материалов для сантехкабин

Конвейерная линия непрерывного действия (вибропрокатный стан Н.Я. Козлова) представляет собой движущийся конвейер, состоящий из непрерывной формующей ленты, натяжной и приводной станций, формующей и калибрующей секций и секции тепловой обработки.

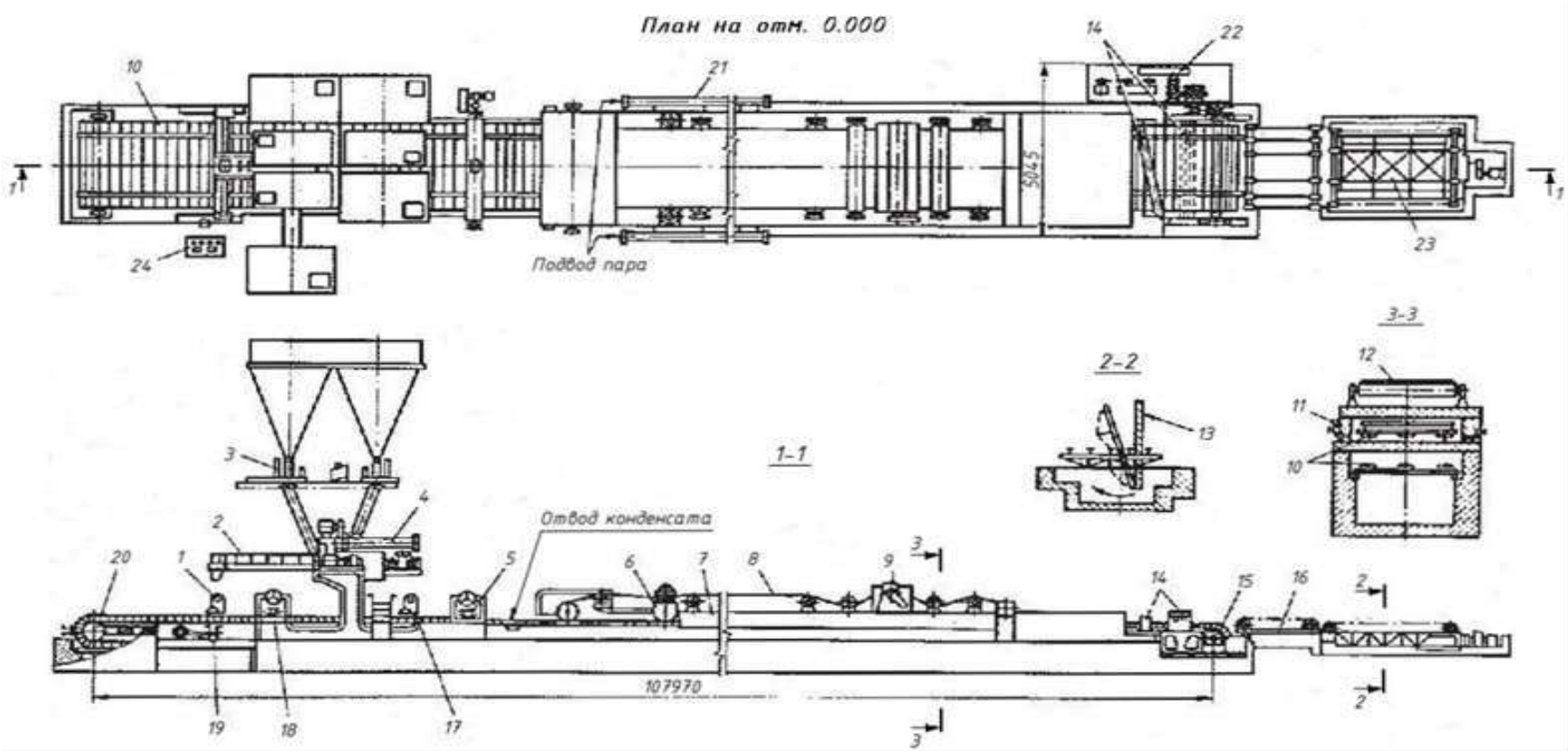
Длина конвейера может достигать 100 м, рабочая скорость движения ленты в зависимости от вида формуемого бетона составляет от 15 до 30 м/ч.

Производительность конвейера непрерывного действия:

$$P_к^н = \frac{h \cdot B_p \cdot \alpha \cdot v}{L + \Delta l} \cdot V_ф$$

где *L + Δl* – расстояние между осями двух смежных изделий, включая толщину разделительных перегородок, м.

Вибропрокатный конвейер непрерывного действия по производству панелей перекрытий



1, 17 - бетоноукладчики; 2 - бетоносмеситель двухвальный; 3 - дозаторы; 4 - бетоносмеситель одновальный; 5, 18 - вибрационное устройство; 6 - пригрузочные валики; 7 - камера ТО; 8 - лента; 9 - очиститель; 10 - лента формующая непрерывная; 11 - трубопровод; 12 - ролики; 13 - изделие; 14 - шпаклевочная установка; 15 - приводная звездочка; 16 - обгонный рольганг; 19 - вибрационная балка; 20 - натяжная станция; 21 - коллектор; 22 - привод; 23 - кантователь; 24 - пульт

Технологические расчеты

Степень загрузки постов конвейерной линии:

$$k_{загр.} = \sum T_{эц}/(m \cdot t_р)$$

$\sum T_{эц}$ - суммарная длительность элементных циклов (без ТО), мин;

m - количество постов конвейерной линии;

$t_р$ - ритм работы линии.

Количество форм на конвейерной линии:

$$N_ф = 1{,}05(m + N_{ф\ то} + q)$$

q - количество форм, находящихся на передаточных постах;

$N_{ф\ то}$ - количество форм, находящихся в камерах тепловой обработки:

$$N_{ф\ то} = 2{,}5 \cdot h \cdot T_к/t_{ц.ф.}$$

$T_к$ - средняя продолжительность пребывания формы в камере, ч;

$t_{ц.ф.}$ - продолжительность цикла формования, мин.

ЛЕКЦИЯ 8

СТЕНДОВЫЙ СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Содержание

1 Стендовый способ производства ЖБИ. Схемы производства

2 Технологические расчеты

Стендовый способ производства ЖБИ

При стендовом способе производства формование изделий производится в стационарных неперемещаемых формах-стендах (или на специальных металлических основаниях), а технологическое оборудование и рабочие перемещается от одной формы к другой.

По способу организации работы стенды делят на:

- пакетные,
- протяжные,
- короткие.

Пакетные стенды используют для изготовления изделий с небольшим поперечным сечением,

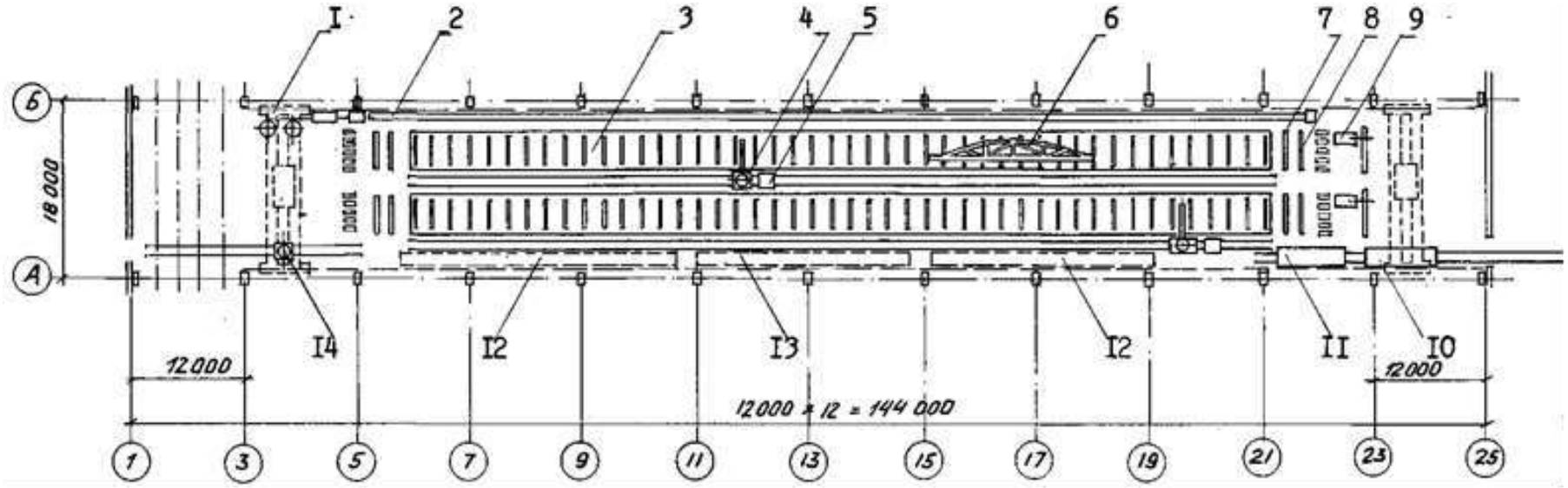
протяжные – для длинномерных с большим поперечным сечением и большой высотой.

Короткий стенд – это стационарный формовочный пост в виде силовой формы, в которой изготовляются предварительно-напряженные железобетонные изделия.

Тепловая обработка на стендах может быть организована:

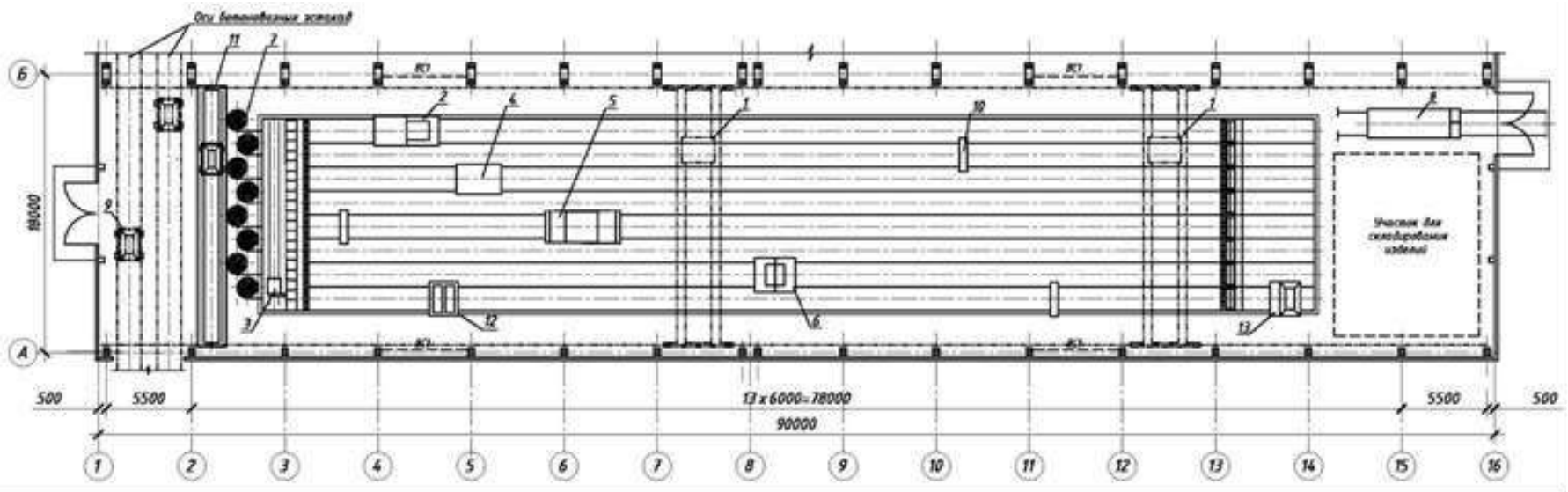
- в индивидуальных формах с «паровыми рубашками» (термоформах);
- под колпаками;
- в низкозаглубленных камерах ямного типа, в которых размещаются стационарные формы;
- на стационарных поворотных столах контактным обогревом,
- на универсальном термостенде с обогреваемым основанием.

Производство предварительно напряженных изделий на длинном пакетном стенде



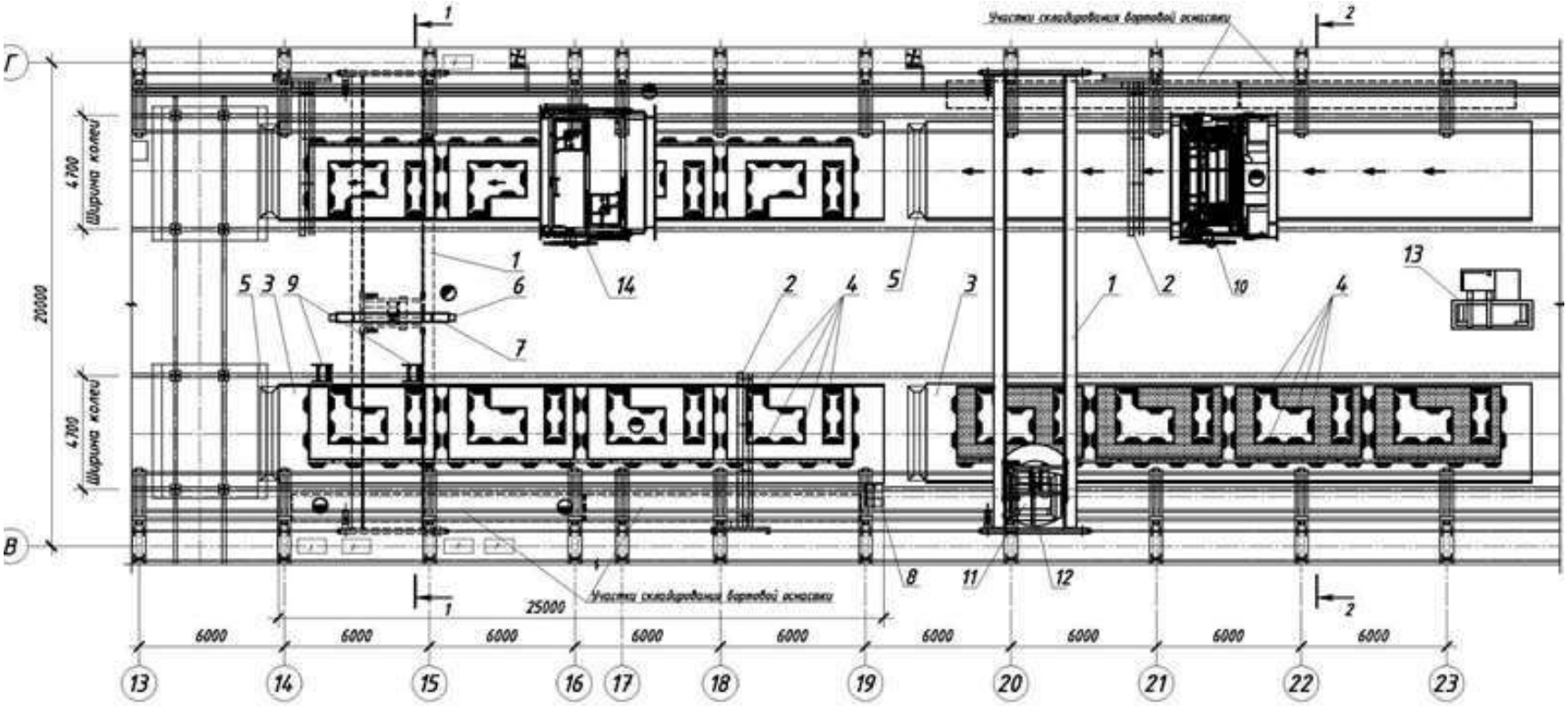
1 - кран мостовой электрический; 2 - линия заготовки проволочной и прядевой арматуры СМЖ-213Б; 3 - полоса стенда; 4 - консольный бетоноукладчик СМЖ-71Б; 5 - тележка для питания виброинструмента; 6 - форма для изготовления ферм длиной 18 м; 7 - распределительная диафрагма; 8 - направляющая диафрагма; 9 - гидродомкрат Q = 1000 кН; 10 - тележка для вывоза готовой продукции СМЖ-151Б; 11 - тележка-прицеп СМЖ-154Б; 12 - место складирования армокаркасов; 13 - место складирования форм; 14 - бадья для подачи бетонной смеси.

Производство многопустотных плит перекрытия по безопалубочной технологии на протяжном стенде



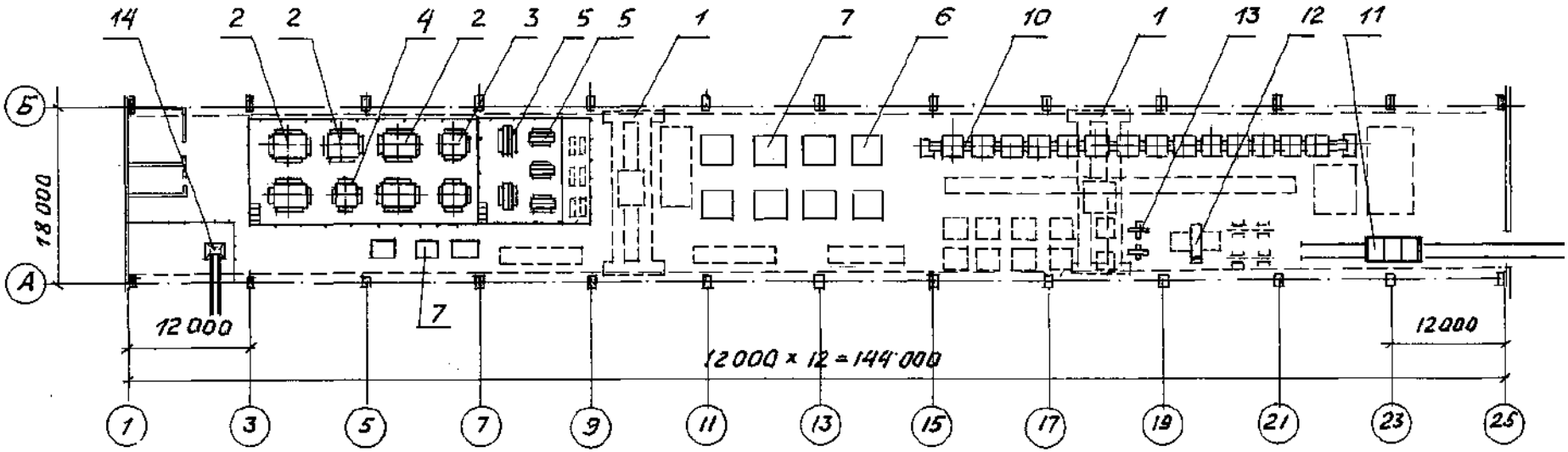
1 - кран мостовой электрический грузоподъемностью 20 т; 2 - машина для раскладки проволоки ТРП-1; 3 - гидравлическая группа натяжения УНА; 4 - машина для поперечной резки Т9S100; 5 - формовочная машина (экструдер Resimart); 6 - устройство для раскладки теплоизолирующего покрытия 025600-00-09-00; 7 - бухтодержатель Б-00.000; 8 - тележка самоходная Q=20 т СМЖ-151Б; 9 - раздаточный бункер Б-00.000; 10 - переходной мостик; 11 - самоходный портал с бадьей для бетонной смеси СН-89-24/1200; 12 - установка для чистки и смазки дорожек Т-9; 13 - установка для мойки

Производство наружных стеновых панелей на стационарных поворотных столах с магнитной опалубкой



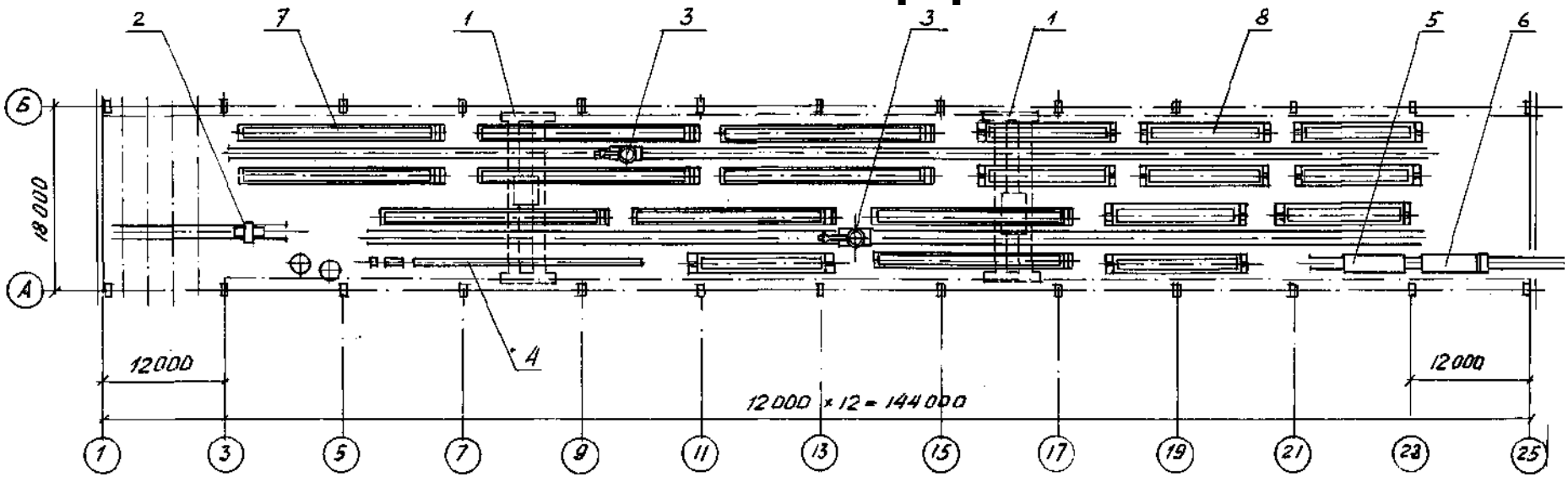
1 - кран мостовой электрический т; 2 - кран консольный передвижной; 3 - стол формовочный поворотный; 4 - магнитная бортоснастка; 5 - бункер для остатков бетона; 6 - перемещаемая панель; 7 - траверса; 8 – ступени инвентарные; 9 - лестница-стремянка; 10 - машина для чистки, смазки и разметки REPM-4000; 11 - ковш-вагонетка адресной подачи смеси; 12 - бетонораздатчик подвесной; 13 - автопогрузчик; 14 - заглаживающая машина

Стендовое производство объемных элементов для крупнопанельных домов



1 - кран мостовой электрический г/п 16 т; 2 - установка СМЖ-340Б для формования сантехкабин СК13, 14; 3 - установка СМЖ-341Б для формования сантехкабин СК15, СК16; 4 - то же, шахт лифтов, СМЖ-343Б; 5 - форма для вентиляционных блоков, СМЖ-344А; 6 - форма для панелей перекрытий; 7 - форма для плит ленточных фундаментов; 8 - форма для вентиляционных шахт; 9 - форма для вентиляционных блоков; 10 - транспортная линия отделки сантехкабин СМЖ-474А; 11 - тележка самоходная г/п 20 т, СМЖ-151Б; 12 - секция двухрядная для хранения изделий; 13 - секция для хранения изделий; 14 - бункер для раздачи бетонной смеси

Стендовое производство преднапряженных железобетонных балок в силовых формах



1 - кран мостовой электрический грузоподъемностью 20/5 т;

2 - бункер выдачи бетона на самоходной тележке;

3 - бетоноукладчик СМЖ-71Б;

4 - линия заготовки арматуры;

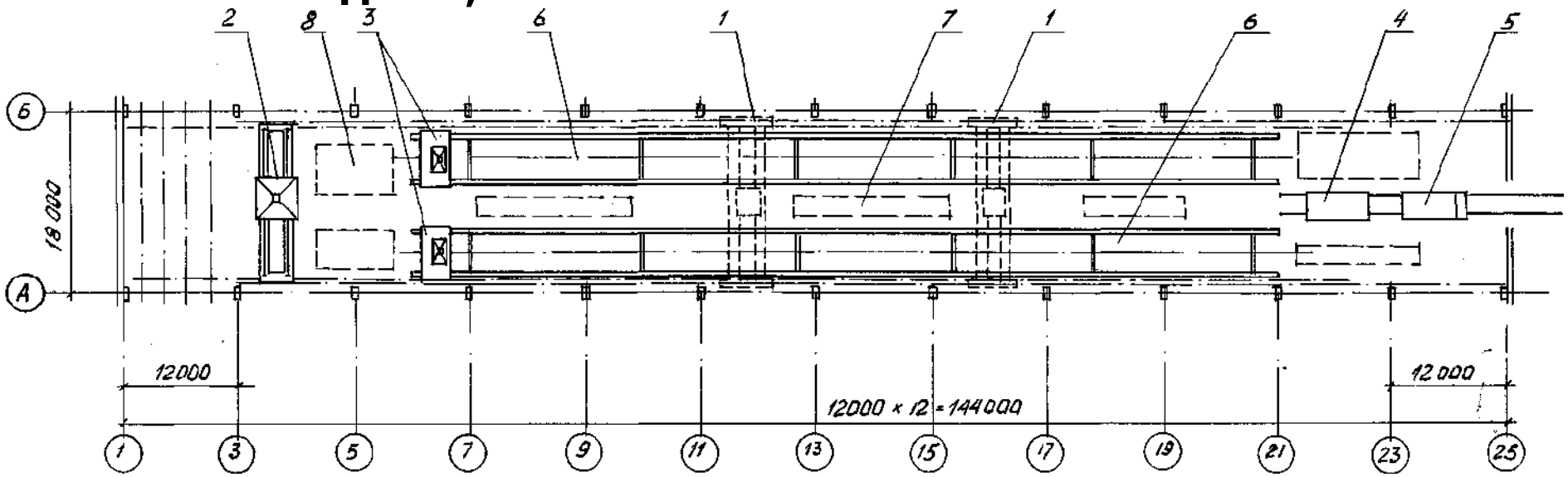
5 - тележка-прицеп СМЖ-154Б;

6 - самоходная тележка грузоподъемностью 20 т, СМЖ-151Б;

7 - силовые формы подкрановых балок;

8 - силовые формы балок покрытий

Стендовое производство железобетонных колонн длиной до 14,8 м в металлобетонной оснастке



1 - кран мостовой электрический грузоподъемностью 20 т;

2 - бетонораздатчик;

3 - бетоноукладчик стендовый;

4 - тележка-прицеп СМЖ-154Б;

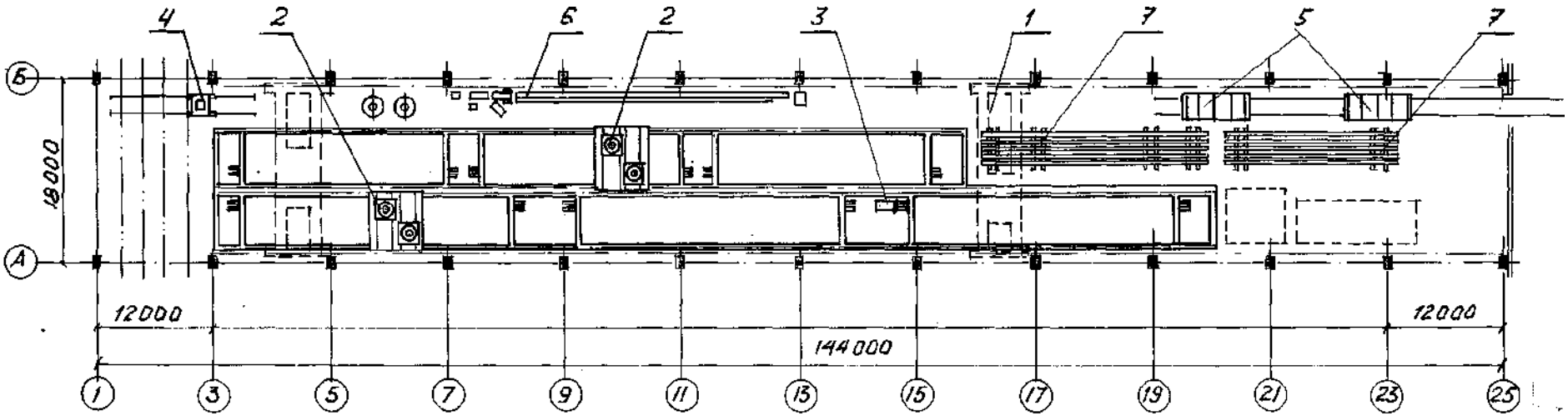
5 - самоходная тележка грузоподъемностью 20 т, СМЖ-151Б;

6 - стенд для установки оснастки и изготовления колонн;

7 - места складирования арматурных каркасов;

8 - места хранения металлобетонной оснастки

Стендовое производство железобетонных ферм с монолитными поясами и закладной решеткой



1 - мостовой кран;

2 - бетоноукладчик;

3 - гидродомкрат;

4 - бадья для подачи бетонной смеси;

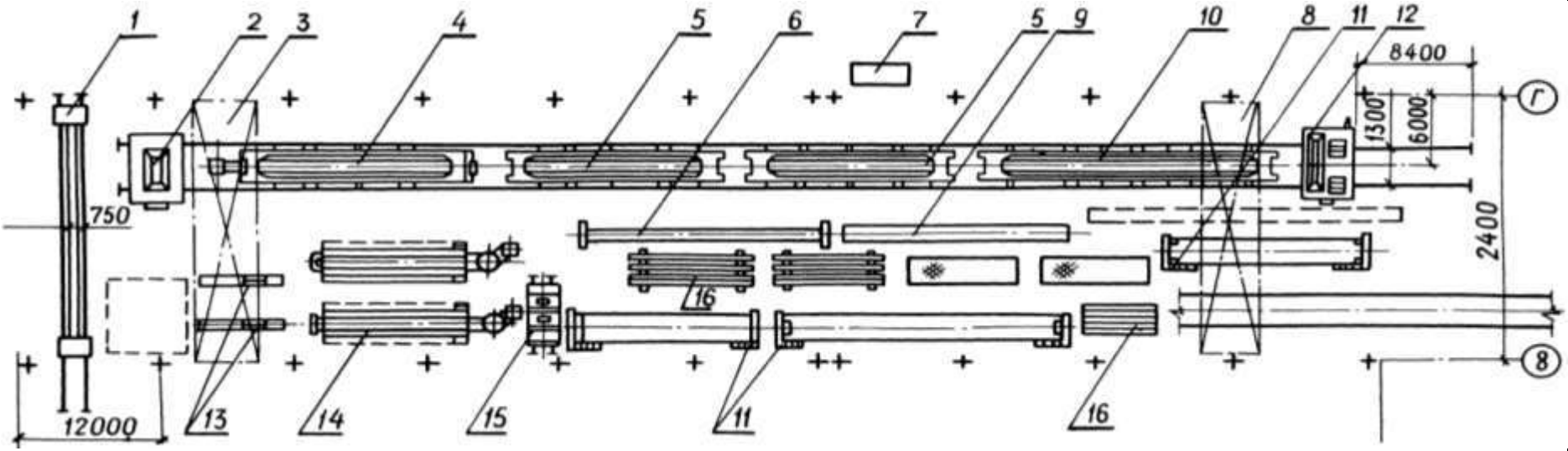
5 - тележка с прицепом для вывоза готовой продукции;

6 - установка для заготовки напряженной арматуры;

7 - кассеты для складирования ферм;

8 - формы.

Стендовое производство железобетонных балок и панелей сводчатого типа



1 - тележка подачи напрягаемой арматуры; 2 - укладчик утеплителя;

3 - кран мостовой; 4 - установка для изготовления панелей КЖС 3×18 м;

5 - форма для панелей КЖС 3×12 м; 6 - траверса универсальная;

7 - передвижная кровельная установка; 8 - мостовой кран; 9 - контейнер для стержней; 10 - форма для панелей КЖС 3×24 м; 11 - стойки для складирования; 12 - бетоноукладчик; 13 - формы для балок длиной 6 м;

14 - формы для балок длиной 12 м; 15 - самоходная тележка; 16 - секция для складирования балок

Технологические расчеты

Годовая производительность длинного/короткого стенда, м³:

$$P_{ст} = B_p \cdot D_c \cdot V_ф \cdot n,$$

где D_c – количество оборотов стенда в сутки;

n – число изделий, одновременно формуемых на стенде.

Оборачиваемость стендовой линии за сутки:

$$D_c = 24/T_{ст},$$

где $T_{ст}$ – длительность всего технологического цикла изготовления изделий на стенде, включая тепловую обработку, ч.

Технологические расчеты

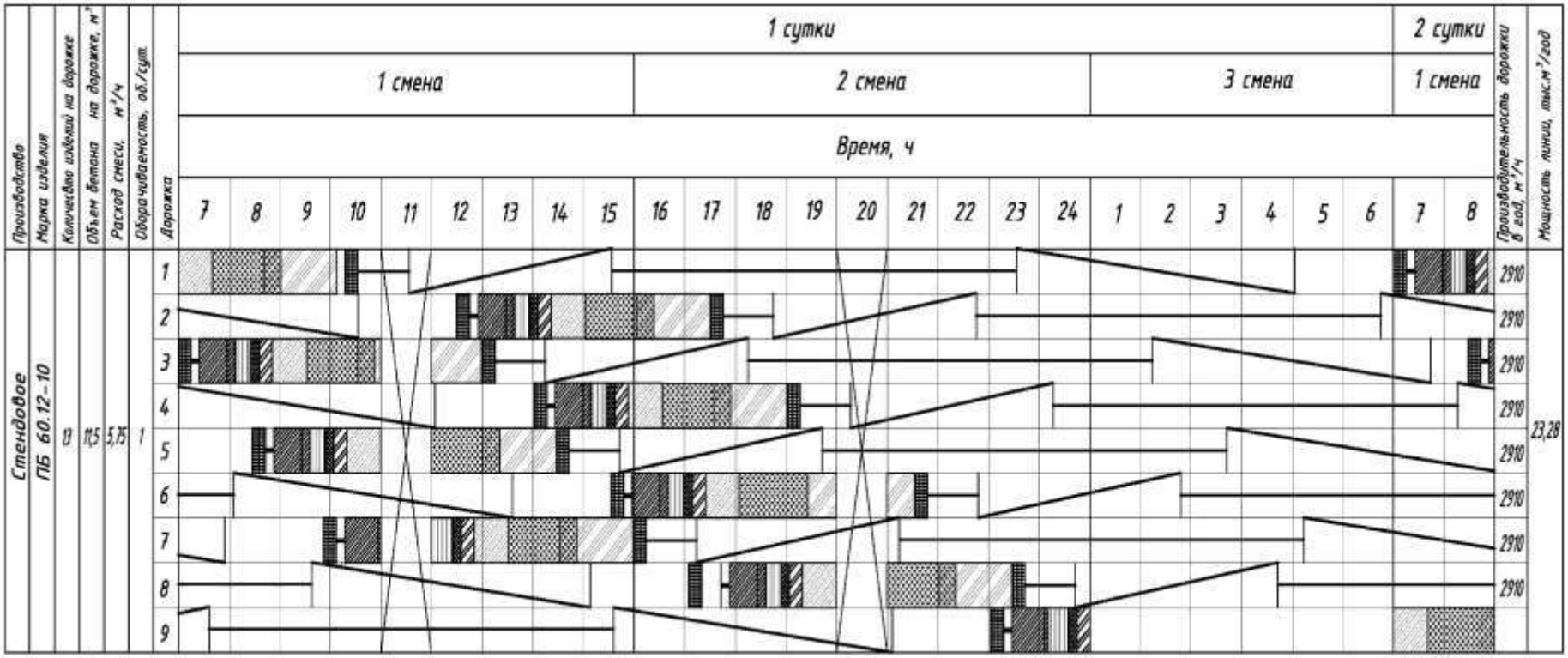
Нормы технологического проектирования для стендового производства изделий по ОНТП 07-85

Наименование показателей	Норма
Оборачиваемость стендов длиной до 100 м при изготовлении предварительно-напряженных балочных конструкций, сут.	1
То же, коротких стендов и силовых форм, сут.	1

Технологические расчеты

Фактическую производительность стендовой линии следует определять графическим методом, путем построения суточного линейного графика работы.

Суточный линейный график работы стендовой линии безопалубочного производства плит перекрытия



ЛЕКЦИЯ 9

КАССЕТНЫЙ И КАССЕТНО-КОНВЕЙЕРНЫЙ СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Содержание

1 Кассетный способ производства ЖБИ. Схемы производства

2 Кассетно-конвейерный способ производства ЖБИ

3 Технологические расчеты

Кассетный способ производства

При кассетном способе производства изделия изготовляют в вертикальном положении в неподвижных кассетно-формующих установках.

Кассетная установка представляет собой ряд отсеков, разделенных стальными стенками, в каждом из которых формуется одно изделие.

Бетонная смесь в отсеки подается ленточным транспортером, бетоноукладчиком консольного типа либо насосом по бетоноводу.

Уплотнение смеси производится навесными и глубинными вибраторами.

Кассетные установки периодического действия работают по стендовой схеме и их оборачиваемость не превышает 1,5–2 формовок в сутки.

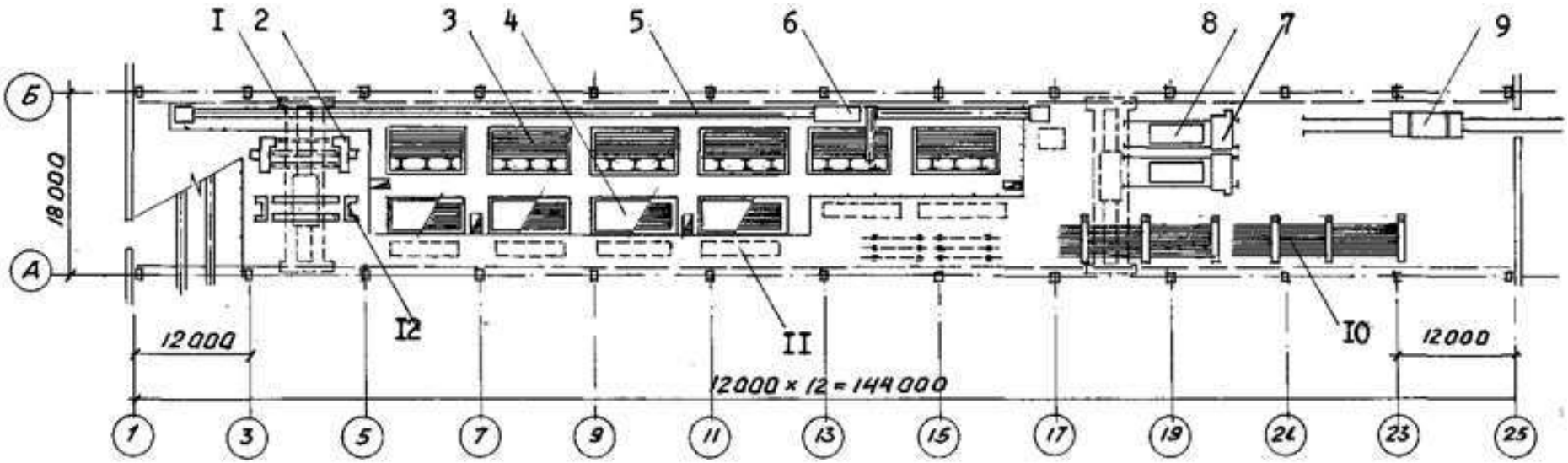
Для тепловой обработки в кассетных установках имеются тепловые отсеки, в которые подается теплоноситель.

Повысить оборачиваемость кассетных установок можно применяя двухстадийную ТО:

1 стадия твердения в кассете заканчивается после достижения бетоном 40 – 45 % проектной прочности,

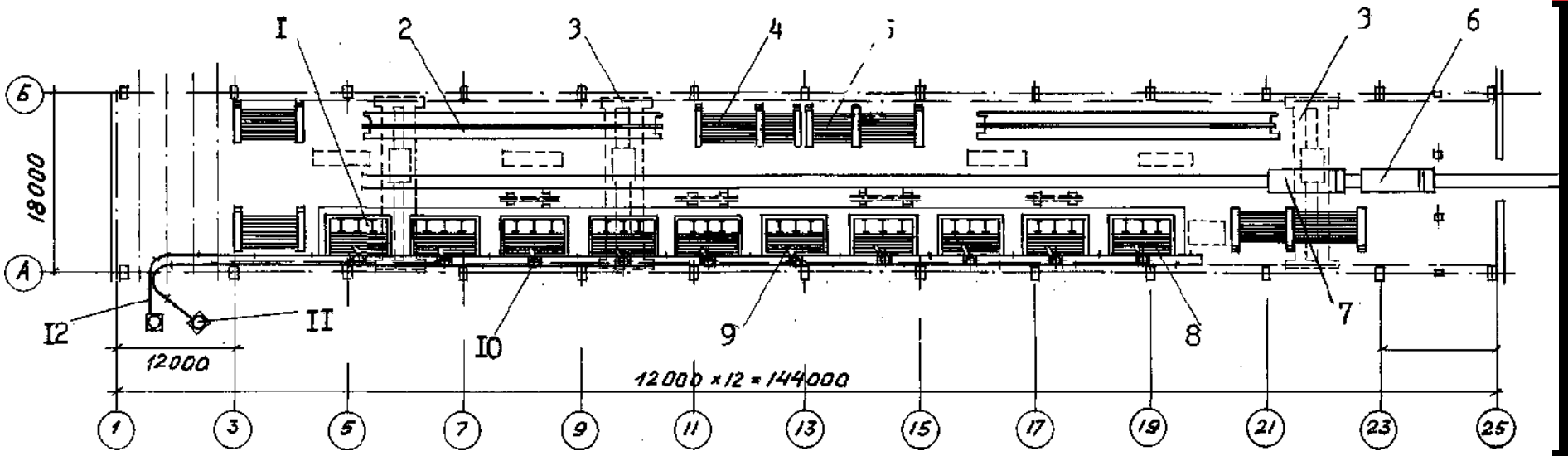
2 стадия – изделия извлекают и перемещают в камеры дозревания для дальнейшего набора требуемой прочности.

Производство панелей внутренних стен и перегородок в кассетно-формующих установках с двухстадийной ТО



1 - кран мостовой электрический; 2 - пост переоснастки кассетных листов; 3 - кассета для панелей внутренних стен СМЖ-3302А; 4 - камера дозревания; 5 - линия подачи бетонной смеси; 6 - бетоноукладчик консольный СМЖ-306Б; 7 - машина шпаклевочная СМЖ-3232Б; 8 - кантователь СМЖ-3333Б; 9 - самоходная тележка СМЖ-151Б; 10 - секция двухрядная; 11 - место складирования арматуры; 12 - площадка подъемная (для поста переоснастки кассетных листов СМЖ-3101).

Производство панелей внутренних стен и перекрытий в кассетно-формующих установках



1 - кассетно-формовочная установка для панелей ВС СМЖ-3302;

2 - транспортная линия для отделки панелей;

3 - кран мостовой электрический грузоподъемностью 15 т;

4 - стеллаж для выдержки панелей размером до 540 см;

5 - стеллаж для выдержки панелей размером до 320 см; 6 - самоходная тележка грузоподъемностью 20 т, СМЖ-151Б; 7 - тележка-прицеп;

8 - кассетная установка для панелей перекрытий СМЖ-3302А;

9 - течка поворотная; 10 - передвижной гаситель; 11 - камерный питатель; 12 - бетоновод

Кассетно-конвейерный способ производства

На кассетно-конвейерных линиях изделия формуют в вертикальном положении в одиночных или спаренных формах, перемещаемых по технологическим постам с заданным ритмом.

Организация производства по конвейерной схеме дает возможность максимально механизировать трудоемкие процессы на постах комплектации, распалубки, переоснастки щитов и производить ремонт щитов без остановки работы.

Кассетно-конвейерный способ производства

Кассетно-конвейерные линии в зависимости от перемещения форм и размещения в пролете цеха бывают:

– со сборно-разборным и неразборным пакетом;

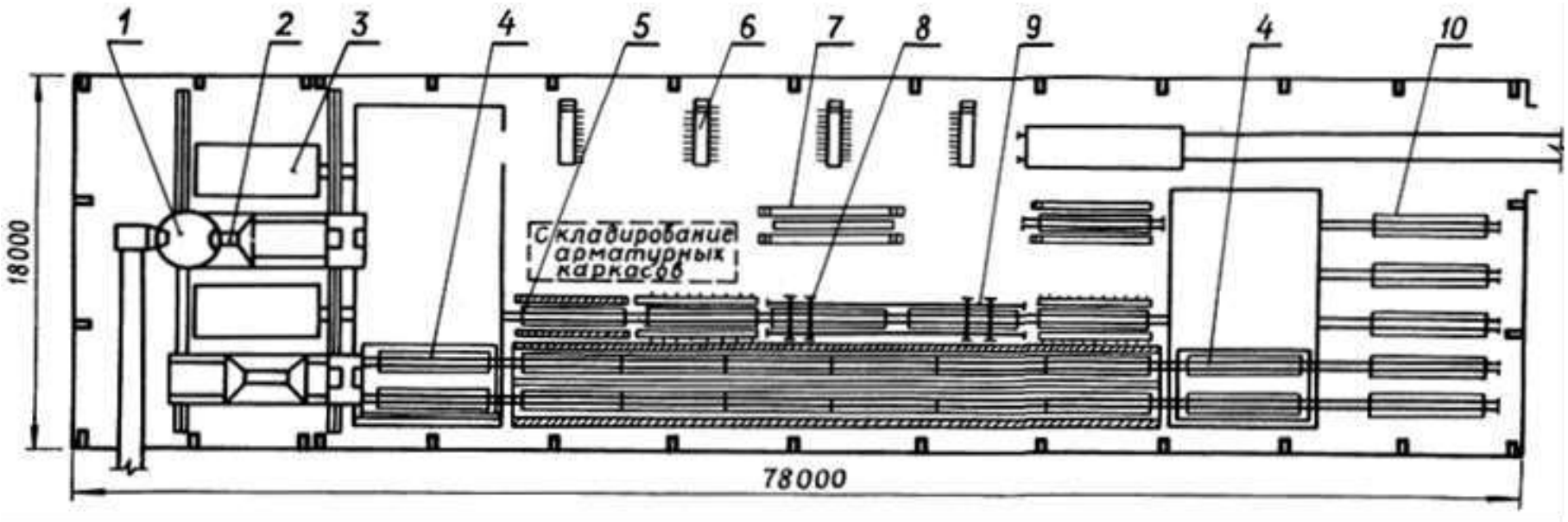
– с поступательным и возвратно-поступательным (челночным) перемещением пакета;

– горизонтально и вертикально замкнутые;

– продольно и поперечно расположенные;

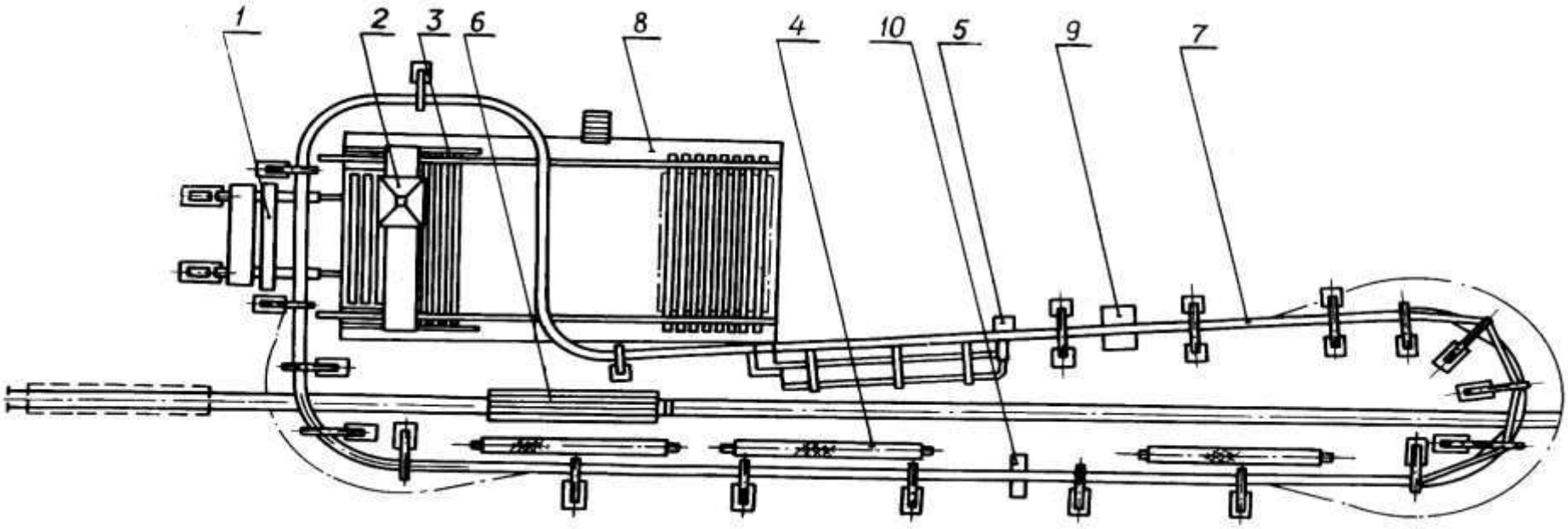
– с одно- и двусторонним формованием (в зависимости от крепления оснастки).

Кассетно-конвейерная линия для производства панелей внутренних стен и перекрытий в спаренных формах



1 - бетоносмеситель для пароразогрева смеси; 2 - бетоноукладчик портального типа; 3 - формующая установка; 4 - передаточная тележка; 5 - теплоизолирующий кожух; 6 - секции выдерживания; 7 - акустический стенд; 8 - машина для смазки; 9 - машина для чистки; 10 - магазин вертикальных форм.

Кассетно-конвейерная линия с перемещением форм по монорельсу



1 - тележка заталкивающая; 2 - бетоноукладчик;

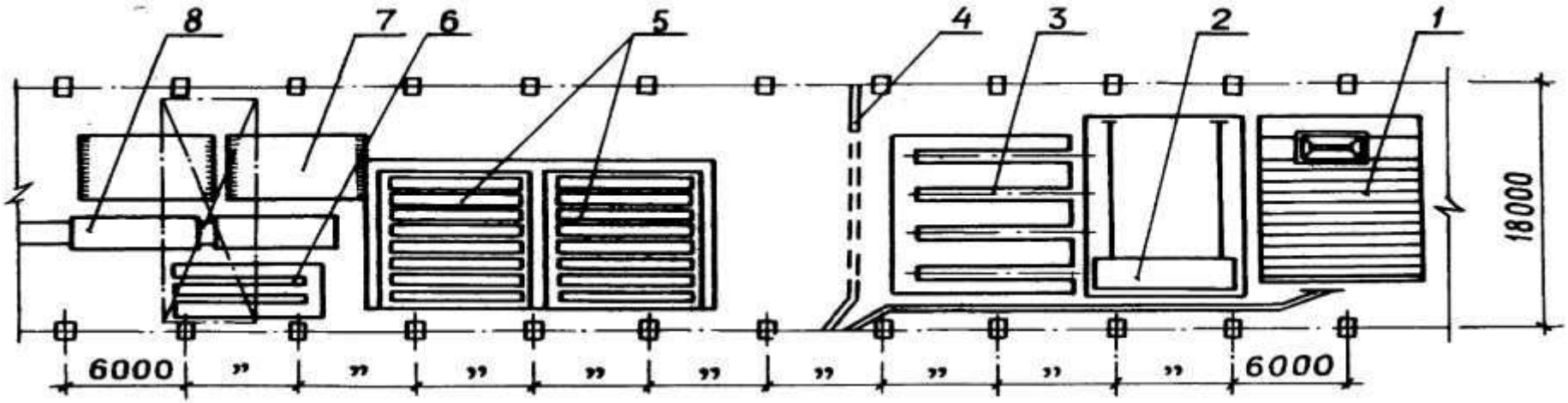
3 - пакет разделительных щитов; 4 - площадка подъемная;

5 - тележка снимающая; 6 - тележка самоходная;

7 - монорельс; 8 - эстакада;

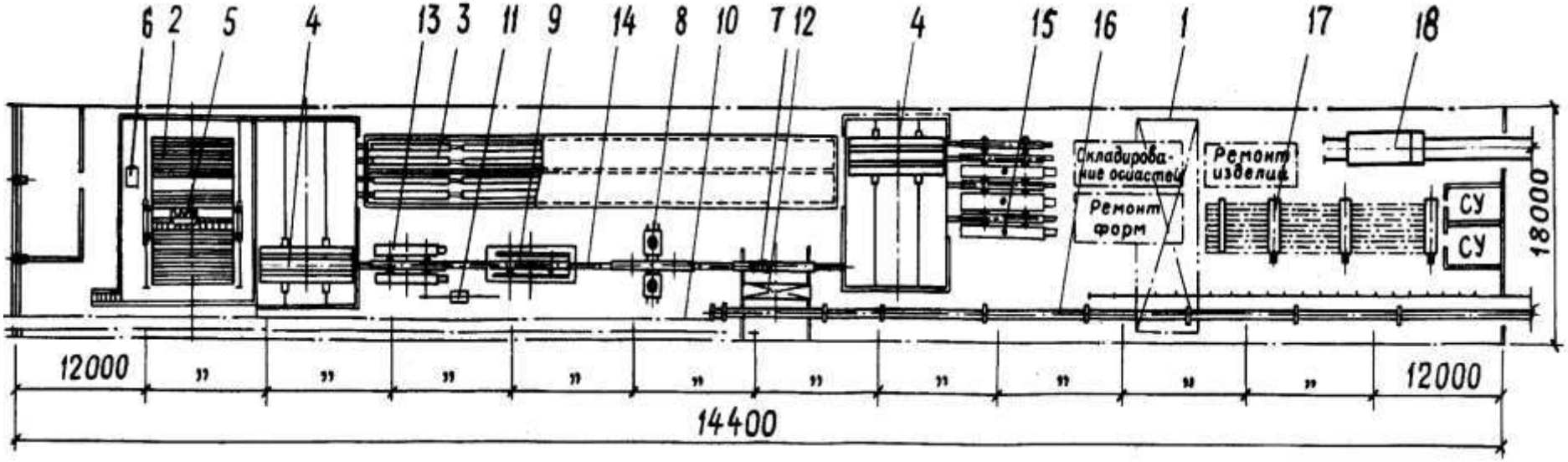
9 - машина чистки; 10 - машина смазки

Кассетно-конвейерная линия с клиновидными формами



1 - пакет клиновидных щитов;
2 - передаточная тележка;
3 - посты распалубки и подготовки;
4 - бетоновод для подачи бетонной смеси;
5 - камера дозревания;
6 - посты приема и ремонта изделий;
7 - стеллаж для изделий;
8 - тележка для вывоза изделий

Кассетно-конвейерная линия со спаренными формовочными установками



1 - кран мостовой электрический г/п 40 т; 2 - стенд формования; 3 - форма вертикальная; 4 - тележка передаточная г/п 40 т; 5 - бетоноукладчик с глубинными вибраторами; 6 - машина чистки формовочной установки;

7 - устройство распалубки изделий; 8 - машина для чистки, форм; 9 - установка для смазки; 10 - манипулятор-арматуроукладчик; 11 - пульт управления;

12 - манипулятор для установки изделий на линию выдержки и отделки панелей ВС; 13 - площадка подъемная; 14 - линия подготовки форм; 15 - пост переоснастки; 16 - линия выдержки панелей ВС; 17 - секция двухрядная;

18 - тележка самоходная г/п 60 т

Технологические расчеты

Годовая производительность одной кассетной установки:

$$P_{кас} = B_р \cdot D_К \cdot V_ф \cdot m \cdot k_з ,$$

где $D_К$ – количество оборотов кассетной установки в сутки;

m – количество формовочных отсеков в кассетной установке;

$k_з$ – коэффициент заполнения формовочных отсеков (0,85…0,9).

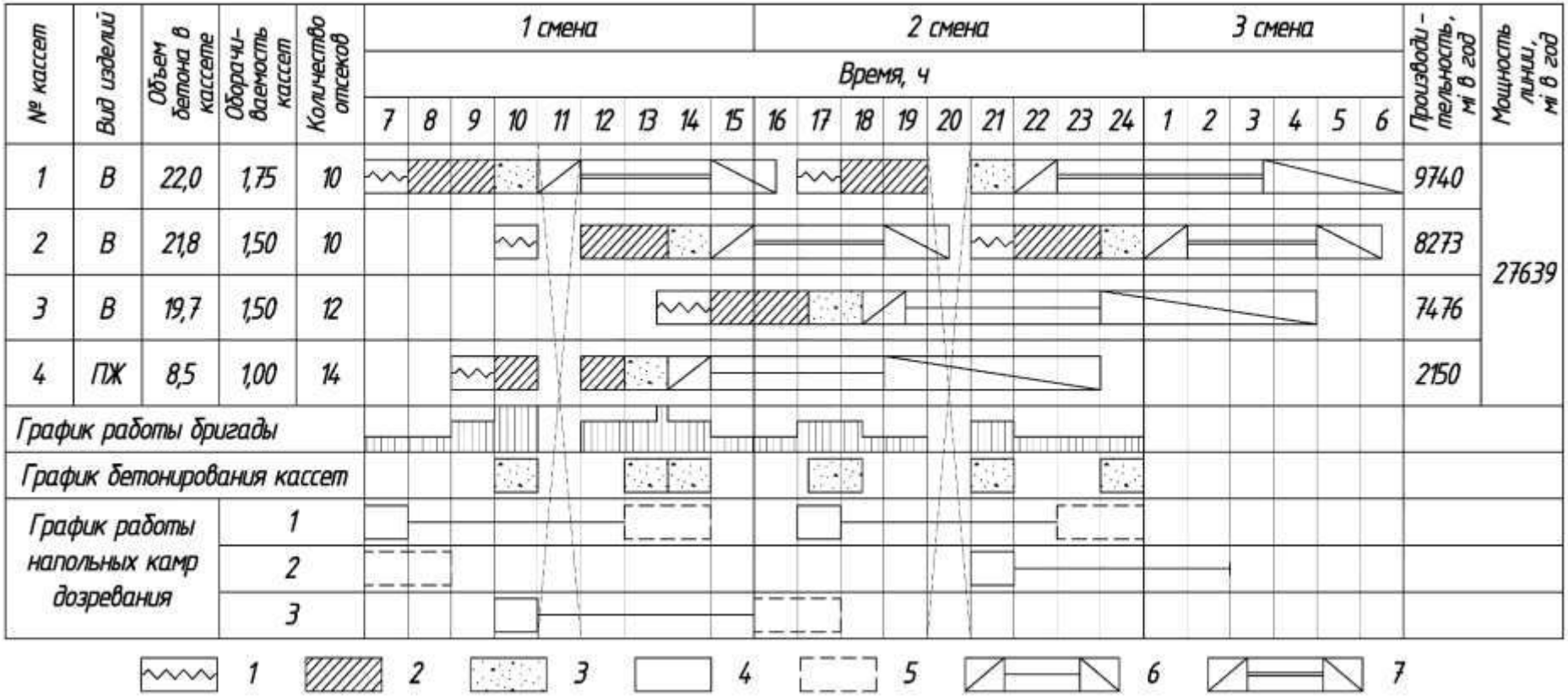
Оборачиваемость кассетной установки:

$$D_К = 24/T_{кас},$$

где $T_{кас}$ – длительность всего технологического цикла изготовления изделий в кассетной установке, ч.

Наиболее удобно определять оборачиваемость кассет путем построения суточных графиков работы технологического комплекса

Суточный график изготовления изделий в кассетных установках



1 - распалубка кассеты; 2 - чистка, смазка и сборка кассеты; 3 - бетонирование; 4 - загрузка напольных камер; 5 - разгрузка напольных камер; 6 - тепловая обработка в кассете (одностадийная); 7 - то же, с последующей повторной обработкой в напольных камерах (двухстадийная)

Технологические расчеты

Продолжительность технологических операций для кассетного производства принимается по нормам проектирования ОНТП

Наименование показателей	Норма
Количество отсеков в кассете при изготовлении панелей, шт.	8 – 14
Максимальная продолжительность операций для 10-отсечной кассеты, мин: - распалубка (разборка кассеты и извлечение изделий) - подготовка кассеты (чистка, смазка, установка арматуры и закладных деталей, сборка кассеты) - укладка и уплотнение бетонной смеси вибрированием	 60 120 60
Среднее количество оборотов кассет в сутки при двухсменном формовании, оборотов в сутки	не менее 1

ЛЕКЦИЯ 10

ВЫБОР СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Содержание

1 Выбор способа производства железобетонных изделий

2 Сравнение технологических схем производства ЖБИ

Выбор способа производства ЖБИ

По принципу организации производственного процесса технологические схемы изготовления железобетонных изделий и конструкций подразделяются на:

- **стендовую (производство изделий в горизонтальном положении),**
- **кассетно-стендовую (производство изделий в вертикальном положении);**
    - **поточную:**
        - **агрегатно-поточную,**
        - **полуконвейерную,**
        - **конвейерную,**
        - **кассетно-конвейерную.**

При выборе способа производства следует учитывать:

- мощность проектируемого предприятия;

- номенклатуру изделий;

- экономический эффект применения технологической схемы;

- необходимую степень заводской готовности изделий;

- наличие серийно выпускаемого оборудования;

- фактические данные по применению того или иного способа производства.

Сравнение технологических схем производства ЖБИ

Показатели	Технологическая схема			
	1 - Конвейерная	2 - Агрегатная	3 - Стендовая	4 - Кассетная
Мощность проектируемого предприятия и номенклатура изделий	Заводы КПД и ССК производительностью более 100 тыс. м^3 в год (панели наружных стен, плиты перекрытия, доборные изделия и др.)	Заводы ЖБИ и ЖБК производительностью от 50 до 100 тыс. м^3 в год (сваи, колонны, ригели, балки, плиты перекрытия, лестничные марши и др.)	Заводы ЖБК производительностью до 50 тыс. м^3 в год (фермы, объемные блоки, сан.-тех. кабины, шахты лифта, пролетные строения мостов и др.)	Заводы КПД производительностью до 50 тыс. м^3 в год (панели внутренних стен, панели перегородок, лестничные площадки и др.)

Сравнение технологических схем производства ЖБИ

	1	2	3	4
Рациональная область применения	Изготовление большого количества однотипных изделий по долговременной схеме	Производство широкой номенклатуры изделий, где необходима гибкая технологическая схема	Изготовление в небольшом количестве специфических крупногабаритных линейных и объемных элементов	Изготовление большого количества однотипных плоскостных изделий в вертикальном положении

Сравнение технологических схем производства ЖБИ

	1	2	3	4
Получение изделий высокого качества	Возможно, благодаря максимальной степени механизации и расчленению операций	Уступает 1-ой из-за необходимости перемещения свежеотформованных изделий мостовым краном	Неподвижность формы исключает деформации бетона после уплотнения, но качество уплотнения и равномерность ТО не всегда гарантируются. Затруднен операционный контроль	Получение ровной и гладкой поверхности изделий с обеих сторон без затирки и калибровки. Качество уплотнения не всегда гарантируется, поэтому не всегда достигается одинаковая прочность изделий по высоте

Сравнение технологических схем производства ЖБИ

	1	2	3	4
Степень механизации и автоматизации	Максимальная, т. к. операции четко закреплены за постами конвейера	Приближается к 1-ой, если предусмотрен операционный полуконвейер, но ниже, чем для 1-ой, т.к. отсутствует механизм передачи форм в камеры ТО	Ниже, чем для 1-ой и 2-ой, т.к. машины и механизмы должны перемещаться от поста к посту. Некоторые операции нельзя механизировать	Приближается к 1-ой, если предусмотрена кассетно-конвейерная схема. Ниже, чем для 1-ой, т.к. транспорт смеси к кассетным установкам более сложный

Сравнение технологических схем производства ЖБИ

	1	2	3	4
Организация труда	Жесткий ритм замкнутого конвейера и закрепление операций за постами обеспечивают условия для соблюдения правил техники безопасности и достижение высокой производительности труда	Приближается к 1-ой, если предусмотрен операционный полуконвейер. Незамкнутость линии не гарантирует ритмичность работы, а участие мостового крана в процессе ухудшает условия по технике безопасности	Наиболее низкая, т.к. ритм работы свободный, рабочие вынуждены перемещаться от поста к посту. Условия по технике безопасности самые низкие	Выше, чем для 3-ей, но ниже, чем для 1-ой и 2-ой. Ритмичность достигается при переходе к кассетно-конвейерной схеме

Сравнение технологических схем производства ЖБИ

	1	2	3	4
Транспортные связи и промышленные проводки	Наиболее рациональные, т.к. выполняются только к специальным постам	Сложнее, чем для 1-ой, из-за крановых операций по обслуживанию камер тепловой обработки	Наиболее сложные, т.к. необходимо подавать полуфабрикаты и вывозить готовые изделия от всех постов. Промпроводки должны быть подведены к каждому стенду	Для кассетно-формующих установок такие же, как для 3-ей. При переходе к кассетно-конвейерной схеме такие же, как для 1-ой