



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технологии вяжущих веществ, бетонов
и строительной керамики»

Методические указания
к практическим занятиям по дисциплине
«Проектирование предприятий
строительных изделий и конструкций»

**«Расчет длительности
элементных циклов на
постах агрегатно-поточной
линии»**

Автор
Касторных Л.И.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Методические указания регламентируют порядок и правила технологического проектирования процесса производства железобетонных изделий и конструкций, выполняемого обучающимися очной и заочной формы обучения по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» профиля «Производство строительных материалов, изделий и конструкций».

Приводится пример расчета длительности элементных процессов, операционного графика и циклограммы работы комплекса по агрегатно-поточной технологии.

Автор

к.т.н., доцент кафедры «Технологии вяжущих веществ, бетонов и строительной керамики»
Касторных Л.И.





Оглавление

Введение	4
1 Продукция технологического комплекса.....	5
2 Функциональная технологическая схема	7
3 Расчет длительности элементного цикла	11
4 Расчет производительности и трудоемкости процесса изготовления изделий	16
Библиографический список	19

ВВЕДЕНИЕ

Основными расчетными величинами технологического процесса являются длительности операций и элементных циклов. Продолжительность выполнения операций определяет качество технологической обработки. По длительности элементных циклов устанавливают производственную мощность технологической линии, подбирают оборудование, назначают число исполнителей процесса.

Важным этапом в изучении и освоении принципов проектирования предприятий по производству сборных бетонных и железобетонных изделий и конструкций является организация технологического процесса. При технологическом проектировании необходимо в полной мере использовать современное оборудование, организационные решения, обеспечивающие строгое выполнение режимов обработки, высокие технико-экономические показатели производственной деятельности, т.е. максимальную экономию трудовых, материальных и энергетических ресурсов.

Цель настоящих методических указаний – освоение методов расчета производственного процесса на агрегатно-поточных технологических линиях по выпуску железобетонных изделий и конструкций.

1 ПРОДУКЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

В качестве базового изделия принимаются плиты железобетонные ребристые предварительно напряженные по ГОСТ 22701.0-77 [1].

Плиты применяются для отапливаемых и неотапливаемых производственных зданий в качестве элементов покрытия.

Марка плиты ПГ 6.3-6А-VIT-H,
где ПГ – плита без проема в полке для глухих участков покрытия;

6.3 – размеры плиты (длина, ширина), м;

6 – шестая несущая способность;

А-VI – класс напрягаемой арматурной стали;

Т – из тяжелого бетона;

Н – предназначена для работы при слабоагрессивной степени воздействия газовой среды.

Чертеж изделия представлен на рисунке 1.

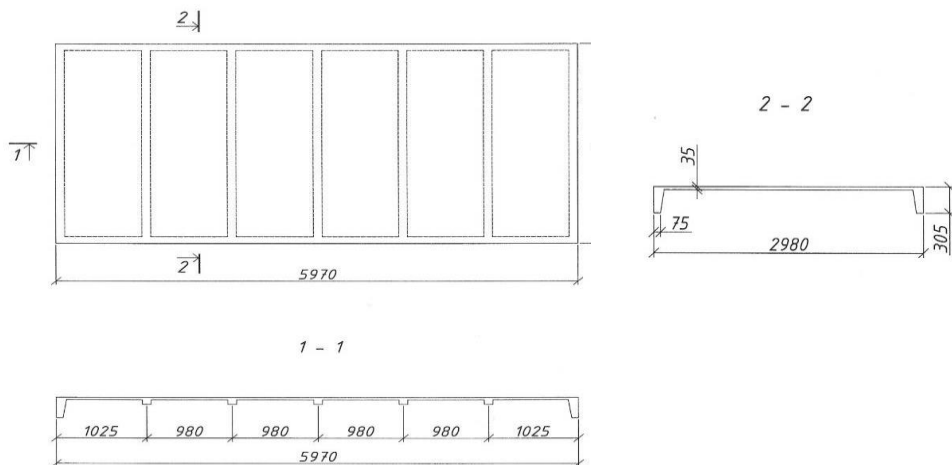


Рисунок 1 – Плита покрытия ребристая ПГ 6.3-6А-VIT-H

Характеристика изделия представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика изделия

Показатель	Величина
Класс по прочности на сжатие	B30
Расход бетона, м ³	1,16
Расход стали, кг	123
Масса плиты, т	2,9
Диаметр и класс напрягаемой арматуры	20A _т 1000
Величина напряжения в арматуре, МПа	784,5
Передаточная прочность, МПа	27,5

2 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА

На первом этапе технологического проектирования разрабатывается функциональная технологическая схема производства, предусматривающая характер организации будущего производства, вид технологического оборудования, перечень технологических операций.

Предусматривается уплотнение бетонных смесей на виброплощадке.

Марка бетонной смеси БСТ В30 П1.

Способ ускоренного твердения – пропаривание в камерах ямного типа по режиму: $t = 14 ((2)+3+6+3)$ ч.

Способ напряжения арматурной стали – электротермический.

Функциональная технологическая схема представлена на рисунке 2.

Функциональная технологическая схема служит основанием для выбора оборудования, выявления состава операций, переходов и постов технологической линии.

На следующем этапе проектирования осуществляется выбор технологического оборудования (по каталогам и справочникам) [2, 3, 5].

Кран мостовой К16_т-25-16,5:

- грузоподъемность – 16 т;

- масса – 17,6 т;

- мощность – 39,1 кВт.

Бетоноукладчик СМЖ-162Б:

- ширина колеи – 4500 мм;

- число бункеров – 3;

- вместимость бункеров, м³ - 2,5+1,25+1,25;

- скорость передвижения, м/мин – 1,8 - 1,16;

- мощность – 27,36 кВт;

- устройство для заглаживания поверхности – реечное;

- габариты, м – 5,6×6,3×3,1;

- масса – 12,6 т.

Виброплощадка СМЖ-200Г:

- грузоподъемность – 15 т;

- масса – 6,6 т;

- мощность – 92 кВт;

- габариты, м – 10,3×3×0,7.

Установка для электронагрева стержней СМЖ-129В:

Расчет длительности элементных циклов на постах агрегатно-
поточной линии

- масса – 0,87 т;
- мощность – 40 кВА;
- длина нагреваемых стержней – 6200 мм;
- число одновременно нагреваемых стержней – 2.

Тележка самоходная СМЖ-151Б:

- грузоподъемность – 20 т;
- скорость передвижения – 40 м/мин;
- ширина колеи – 1524 мм;
- масса – 3,45 т;
- мощность – 6,5 кВт.

После выбора оборудования выполняется его компоновка на плане (рисунок 3).

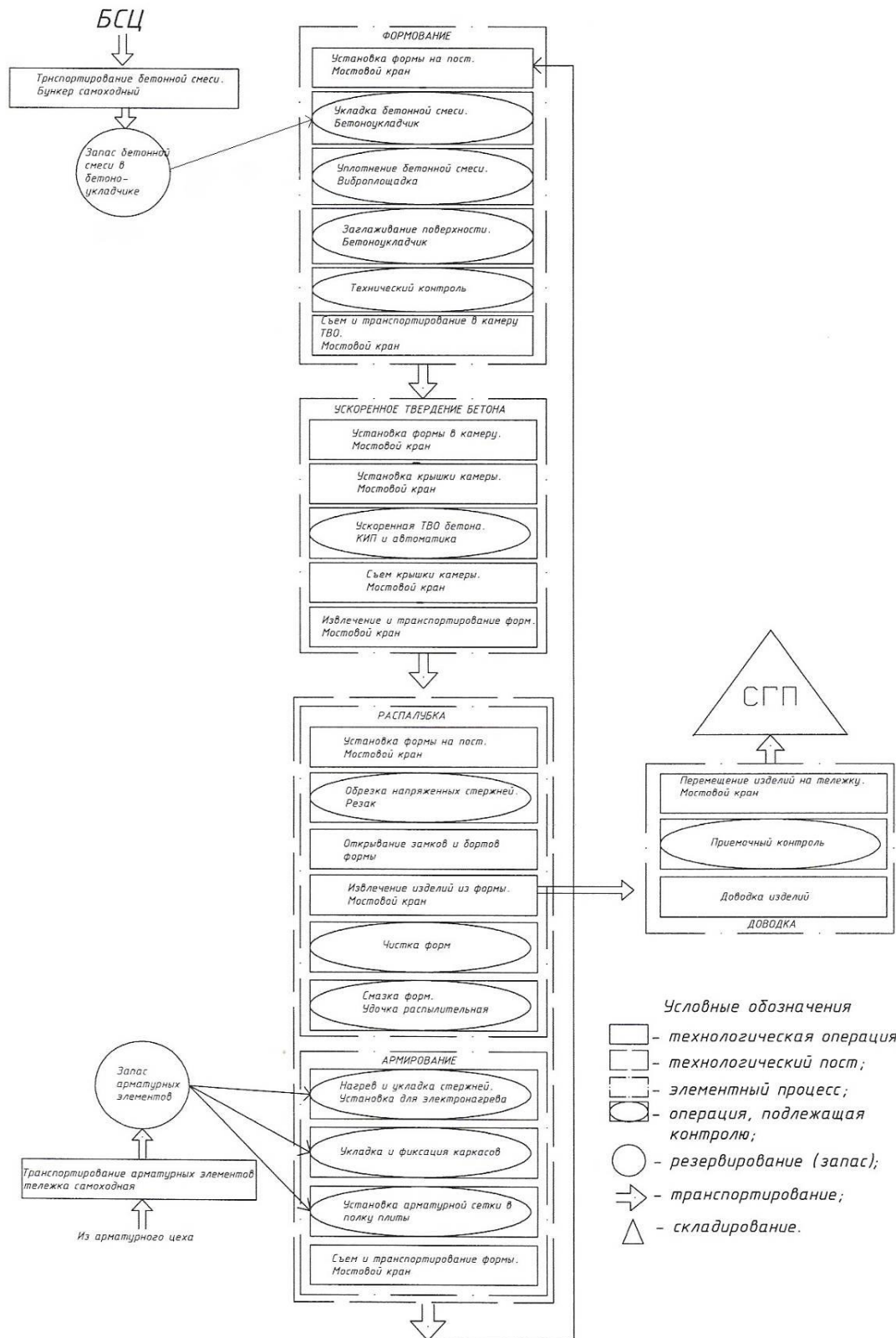
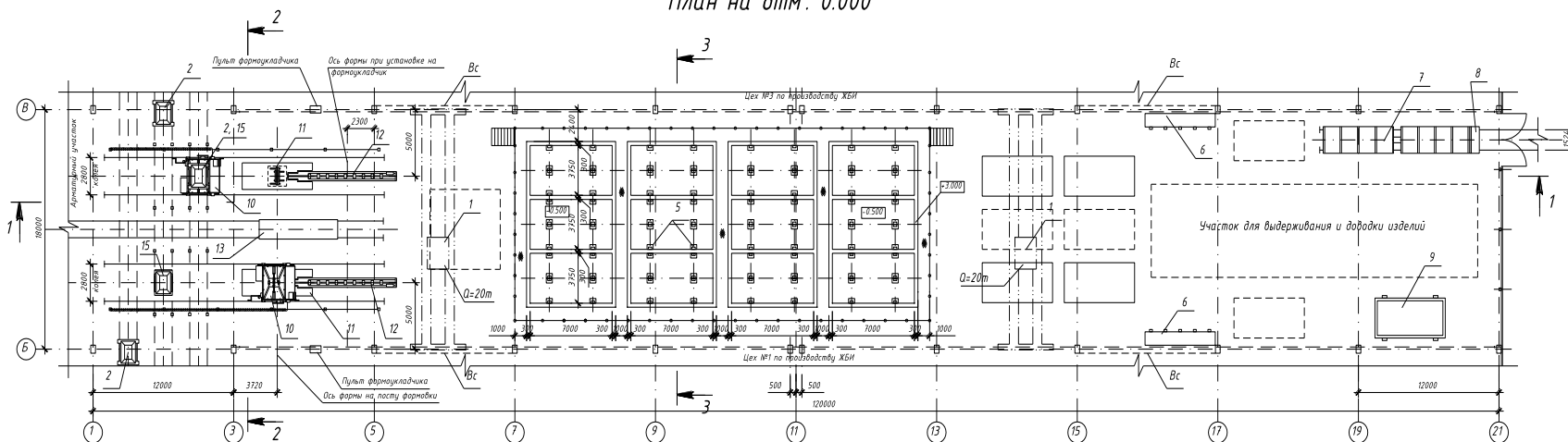
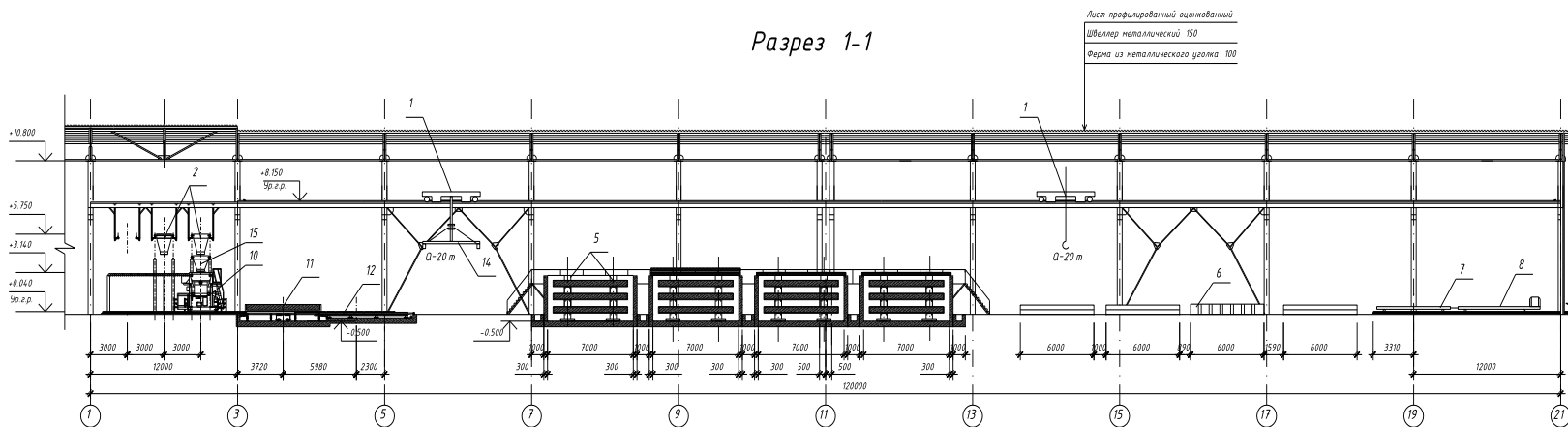


Рисунок 2 – Функциональная технологическая схема производства плит покрытий

План на отм. 0.000



Разрез 1-1



Разрез 2-2

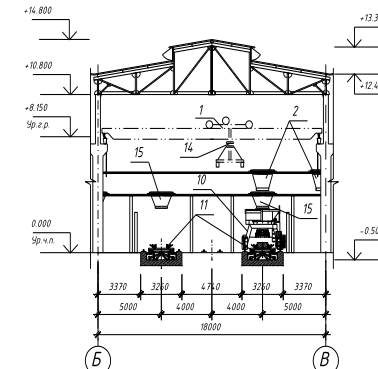


Рисунок 3 – Компановочная схема агрегатно-поточной линии по производству плит

3 РАСЧЕТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО ЦИКЛА

Длительность механизированной операции определяется двумя видами затрат машинного времени – техническим и режимным.

Длительность механизированной операции рассчитывают по формуле:

$$t_{o.m.} = \frac{l \cdot \alpha}{V \cdot \beta} + t_p, \quad (1)$$

где $t_{o.m.}$ – длительность механизированной операции, мин;
 l – расчетная длина (расстояние) рабочего или транспортного хода машины, м;

V – расчетная скорость рабочего или холостого хода машины, м/мин;

α – расчетное число проходов машины;

t_p – режимное машинное время, не совмещенное с техническим, мин;

β – коэффициент использования скорости передвижения механизма (при расчете крановых операций принимается по нормам технологического проектирования [4]).

Длительность ручных операций определяется по формуле:

$$t_{p.o.} = p \cdot t_o \cdot \frac{N_o}{N} \cdot \alpha, \quad (2)$$

где $t_{p.o.}$ – длительность ручной операции, мин;

p – объем работ по операции в натуральных единицах;

t_o – норма времени на единицу объема работ, мин;

N_o – число исполнителей, для которого установлена норма времени;

N – принятое число исполнителей;

α – коэффициент, учитывающий уменьшение длительности операций за счет сокращения нормы времени – при $N > N_o$, $\alpha = 0,9 \dots 0,95$, и увеличение продолжительности – при $N < N_o$, $\alpha = 1,05 \dots 1,1$.

Расчет операций рекомендуется выполнять в табличной форме (таблица 2).

Таблица 2 – Расчет операций цикла формования

Операции	Расчетные параметры							Расчетная формула	Длительн. операции, мин
	l	V	t_p	t_o	p	N_o/N	α, β		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Установка формы на пост:									
- перемещение крана к виброплощадке	100 м	80 м/мин					1	$t_{1.1}=100/80$	1,25
- опускание крюка крана с формой	5 м	40 м/мин					1	$t_{1.2}=5/40$	0,125
- расстроповка				0,25 мин	4	2/2	1	$t_{1.3} = 4 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 1$	1,0
- подъем крюка	5 м	40 м/мин					1	$t_{1.4}=5/40$	0,125
Итого:									2,5
2 Загрузка бетоноукладчика смесью			1,0					$t_{2.1}=1,0$	1,0
- перемещение бетоноукладчика к виброплощадке	10 м	6 м/мин					1	$t_{2.2}=10/6$	1,7
3 Укладка смеси:									
- в ребра плиты	6 м	2 м/мин					1	$t_{3.1}=6/2$	3,0
- в ковер плиты	6 м	2 м/мин					1	$t_{3.2}=6/2$	3,0

Продолжение таблицы 2

Операции	Расчетные параметры							Расчетная формула	Длительн. операции, мин
	l	V	t_p	t_o	p	N_o/N	a, β		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4 Уплотнение бетонной смеси - 1-го слоя - 2-го слоя			1,5 1,5					$t_{4.1}=1,5$ $t_{4.2}=1,5$	1,5 1,5
5 Заглаживание поверхности бетона	6 м	2 м/мин					1	$t_5=6/2$	3,0
6 Перемещение бетоноукладчика к посту загрузки	16 м	10 м/мин					1	$t_6=16/10$	1,6
7 Очистка формы от бетона			1,0					$t_7=1,0$	1,0
8 Съем и транспортирование формы в камеру ТО: - опускание крюка крана - строповка формы - подъем крюка	5 м 5 м	40 м/мин 40 м/мин		0,25 мин	4	2/2	1 1 1	$t_{8.1}=5/40$ $t_{8.2}=4 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 1$ $t_{8.3}=5/40$	0,125 1,0 0,125
9 Перемещение крана к камере ТО	74 м	80 м/мин					1	$t_9=74/80$	~ 1,0
Итого									~ 18,0

Расчет длительности элементных циклов на постах агрегатно-поточной линии

Ориентировочно длительность одного цикла формования – 18 мин.

Полученные в результате расчетов длительности операций служат основой для составления операционного графика (рисунок 4).

В результате построения операционного графика установлено, что самым загруженным постом является пост формования. Длительность цикла определяется по этому посту – 20 мин.

Операционный график является основанием для определения состава производственных рабочих (таблица 3).

Таблица 3 – Состав производственной бригады

Профессия	Квалификационный разряд	Количество по сменам			Итого
		1	2	3	
Крановщик	5	2	2	-	4
Строповщик	5	1	1	-	2
Формовщик	3	2	2	-	4
	4	4	4	-	8
Арматурщик	4	6	6	-	12
Резчик	4	1	1	-	2
Оператор	4	2	2	-	4
Термист	4	1	1	1	3
Рабочий по исправлению дефектов	3	1	1	-	2
Всего		20	20	1	41

Элемен. процесс	Операции	Оборудование, инструменты	Состав звена рабочих			Трудо-емк., чел·мин	Длит., мин	Текущее время, мин															
			Профессия	Разр.	Кол.																		
ФОРМОВАНИЕ	Установка формы на пост	Мостовой кран	Крановщик	5	1	5,0	2,5																
			Формовщик	4	1																		
	Загрузка бетоноукладчика смесью	Самоходный бункер	Оператор	4	1	1,0	1,0																
	Перемещение бетоноукладчика к виброплощадке	Бетоноукладчик	Оператор	4	1	1,7	1,7																
	Укладка бетонной смеси	Бетоноукладчик	Оператор	4	1	6,0	3+3																
	Уплотнение бетонной смеси	Виброплощадка	Формовщик	4	1	3,0	1,5+1,5																
	Заглаживание поверхности	Бетоноукладчик	Оператор	4	1	3,0	3,0																
	Перемещение бетоноукладчика к посту загрузки	Бетоноукладчик	Оператор	4	1	1,6	1,6																
	Очистка формы от бетонной смеси		Формовщик	4	1	1,0	1,0																
Технический контроль		Инж. ОТК				2,0																	
Съем и транспортирование формы в камеру ТО	Мостовой кран	Крановщик	5	1	2,25	2,25																	
УСКОР. ТВЕРДЕН.	Загрузка форм в камеру	Мостовой кран	Крановщик																				
	Установка крышки на камеру	Мостовой кран	Крановщик																				
	Ускоренное твердение бетона	Система КИГПиА	Термист																				
	Съем крышки с камеры	Мостовой кран	Крановщик																				
	Извлечение форм из камеры	Мостовой кран	Крановщик																				
РАСПАЛУБКА	Установка формы на пост	Мостовой кран	Крановщик	5	1	2,0	1,0																
			Формовщик	4	1																		
	Обрезка преднапряженных стержней	Резак	Резчик	4	1	3,0	3,0																
	Съем и транспортирование плиты	Мостовой кран	Крановщик	5	1	4,0	2,0																
			Строповщик	5	1																		
	Чистка формы	Пневмоскребок	Формовщик	3	1	5,0	5,0																
Смазка формы	Удочка распылитель.	Формовщик	4	1	3,0	3,0																	
АРМИ-РОВАНИЕ	Нагрев и укладка стержней	Устан. для электронагр.	Арматурщик	4	2	12,0	6,0																
	Укладка и фиксация каркасов		Арматурщик	4	2	12,0	6,0																
	Установка сетки в полку плиты		Арматурщик	4	2	8,0	4,0																
	Съем и перемещение формы	Мостовой кран	Крановщик	5	1	2,0	2,0																
Длительность элементных циклов	Формование					19,25																	
	Распалубка					14,0																	
	Армирование					18,0																	
Занятость рабочих в течение цикла, мин/η	Крановщик (5 разряд) – 2 человека					5/0,25																	
	Формовщик (4 разряд) – 1 человек					5,5/0,275																	
	Оператор (4 разряд) – 1 человек					12,3/0,615																	
	Резчик (4 разряд) – 1 человек					2/0,1																	
	Строповщик (5 разряд) – 1 человек					2/0,1																	
	Арматурщик (4 разряд) – 2 человека					6/0,3																	

4 РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ТРУДОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ

Ритмичность работы технологической линии определяется после построения графоаналитической модели производственного процесса (рисунок 5).

Синхронизация работы оборудования и производственных рабочих на постах линии, выполненная в ходе разработки циклограммы, позволила установить ритм агрегатно-поточной линии – 20 мин.

На заводах сборного железобетона расчеты годовой производительности одного формовочного поста агрегатно-поточной линии выполняются по формуле:

$$P = \frac{60h \cdot B_p \cdot V}{T_{ц}}, \quad (3)$$

где P – годовая производительность линии, натуральные единицы (m^3 , m^2 , шт. и т.д.);

h – количество рабочих часов в сутки (устанавливается согласно [4, 5] в зависимости от числа рабочих смен n (2 или 3) при 8-часовой продолжительности рабочей смены);

B_p – расчетное число рабочих суток в году (для агрегатно-поточной линии – 253 сут.);

V – объем одновременно формуемых изделий в выбранных натуральных единицах (m^3 , m^2 , шт. и т.д.);

$T_{ц}$ – продолжительность цикла формования, мин.

Для двух формовочных постов годовая производительность составит:

$$P_{a.n.} = 2 \cdot \frac{60 \cdot 253 \cdot 16}{20} \cdot 1,16 = 28174 \text{ м}^3.$$

Затраты труда на единицу формуемой продукции (трудоемкость), чел.·ч, рассчитывают по формуле:



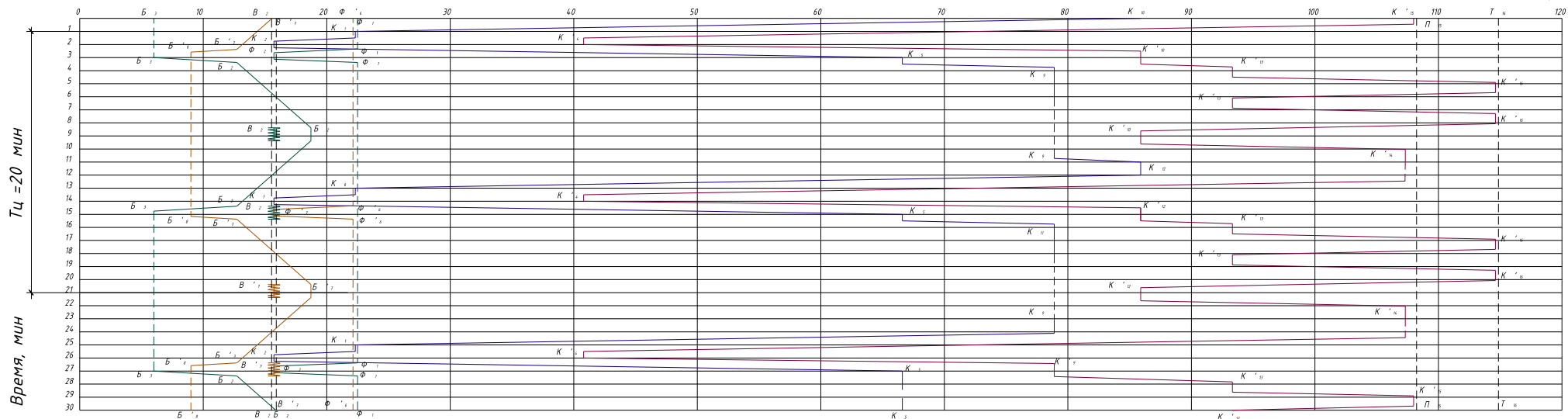
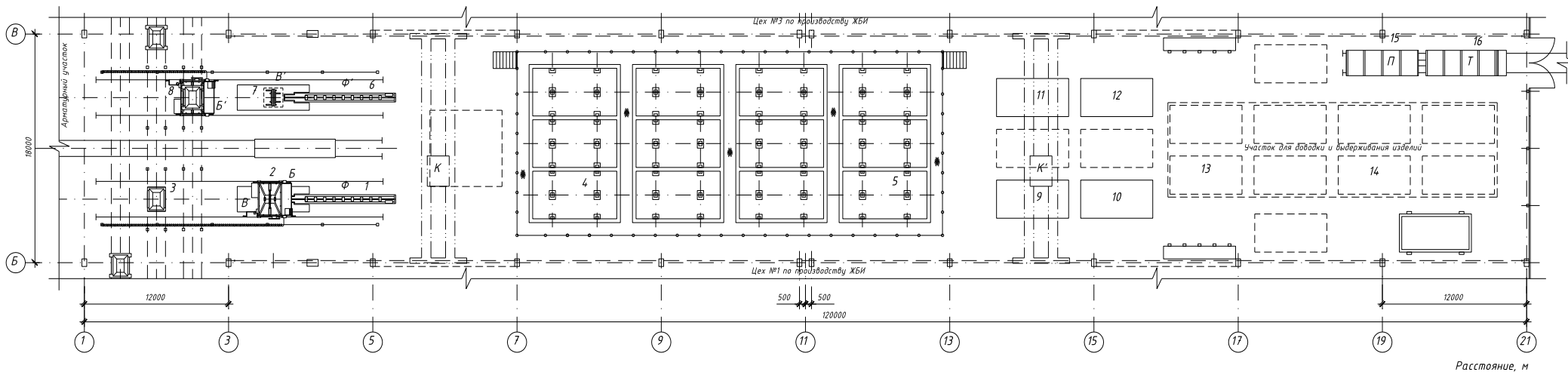
Расчет длительности элементных циклов на постах агрегатно-
поточной линии

$$r = \frac{R \cdot h \cdot B_p}{P \cdot n}, \quad (4)$$

где R – явочное число рабочих в бригаде в сутки, чел.;
 n – число смен в сутки.

$$r = \frac{41 \cdot 16 \cdot 253}{28174 \cdot 2} = 2,94 \text{ чел} \cdot \text{ч} / \text{м}^3.$$

План на отм. 0.000



Условные обозначения

Ф, Ф' - формукладчик;
 К, К' - кран мостовой;
 В, В' - виброплощадка;

Б, Б' - бетоноукладчик;
 Т - тележка самоходная;
 П - тележка-прицеп

1, 6 - пост установки формы на формукладчик;
 2, 7 - пост формования;
 3, 8 - пост загрузки бетоноукладчика;
 4, 5 - посты тепловой обработки;

9-12 - посты распалубки и подготовки форм;
 13, 14 - посты доводки и выдерживания изделий;
 15, 16 - посты отгрузки продукции

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 ГОСТ 22701.0-77 Плиты железобетонные ребристые предварительно напряженные размерами 6×3 м для покрытий производственных зданий. Технические условия.

2 Касторных Л.И. Проектирование предприятий по производству товарного бетона и сборного железобетона. Часть I: учебное пособие. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2014. – 130 с.

3 Касторных Л.И. Проектирование предприятий по производству товарного бетона и сборного железобетона. Часть II: учебное пособие. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2014. – 171 с.

4 Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий сборного железобетона. ОНТП 07-85 / Минстройматериалов СССР. – М.: Стройиздат, 1986. – 51 с.

5 Производство сборных железобетонных изделий: справочник / Г. И. Бердичевский [и др.] / под ред. К. В. Михайлова, К. М. Королева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1989. – 447 с.