



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»

**«Методика расчета  
длительности элементных  
циклов»**

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 методика расчета и оптимизации выполнения элементных процессов, операционных графиков и циклограмм работы технологического комплекса.

## Автор

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





## Оглавление

<b>Введение .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Содержание практических занятий .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Методика решения задач проектирования.....</b>	<b>8</b>
<b>3 Правила оформления отчета по практическим работам .....</b>	<b>19</b>
<b>Библиографический список.....</b>	<b>21</b>



## ВВЕДЕНИЕ

Уровень эффективности производства определяется комплексом факторов, среди которых важнейшим является совершенная организация работ по соблюдению параметров технологического процесса.

Основными величинами для расчета технологического процесса являются длительности операций и элементных циклов. Продолжительность выполнения технологических операций определяет качество обработки. По длительности элементных циклов устанавливают производственную мощность технологической линии, подбирают транспортное 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 технологических линиях по выпуску железобетонных изделий и конструкций.

## 1 СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практические занятия предусматривают расчет длительности работы на постах агрегатной, конвейерной линии и технологического цикла на стенде.

Расчеты элементных циклов агрегатной и конвейерной технологической линий и цикла работы стенда выполняются раздельно. При этом предусмотрено, что часть расчетов учебная подгруппа выполняет в аудитории и часть – в виде домашних заданий.

Итогом практических занятий должны явиться: операционный график и графоаналитическая модель работы агрегатно-поточной, конвейерной линии и ведомость трудозатрат с расчетной циклограммой выполнения операций на длинном стенде.

Производственные расчеты процесса изготовления сборных железобетонных конструкций выполняют после разработки функциональной технологической схемы и определения режимов обработки.

Функциональная технологическая схема (рисунок 1) служит основанием для выбора основного оборудования, выявления состава операций, переходов и числа постов агрегатной или конвейерной линии, количества стендовых установок. Технологические режимы устанавливаются при условии, что в результате обработки будут достигнуты требуемые свойства предмета труда (максимальная плотность свежееотформованного бетона, заданное предварительное напряжение в арматуре, отпускная прочность бетона после ускоренного твердения и др.).

Производственный процесс рассчитывают в следующей последовательности:

- разрабатываются компоновочные схемы постов с размещением в плане (в необходимых случаях и вертикальной проекции) основного технологического и транспортного оборудования. Габариты оборудования и объектов производства, формы с изделием вместе с принятыми расстояниями между ними вычерчиваются в определенном масштабе;

- устанавливаются необходимые расчетные параметры – объемы работы по операциям, длины рабочих и холостых ходов машин, высота и дальность перемещения материала, форм и пр., уточняются нормы времени на ручные операции, технические характеристики механизмов, состав рабочих;

- рассчитываются длительности механизированных и ручных операций, и составляется первый вариант операционного графика или ведомости трудо- затрат.

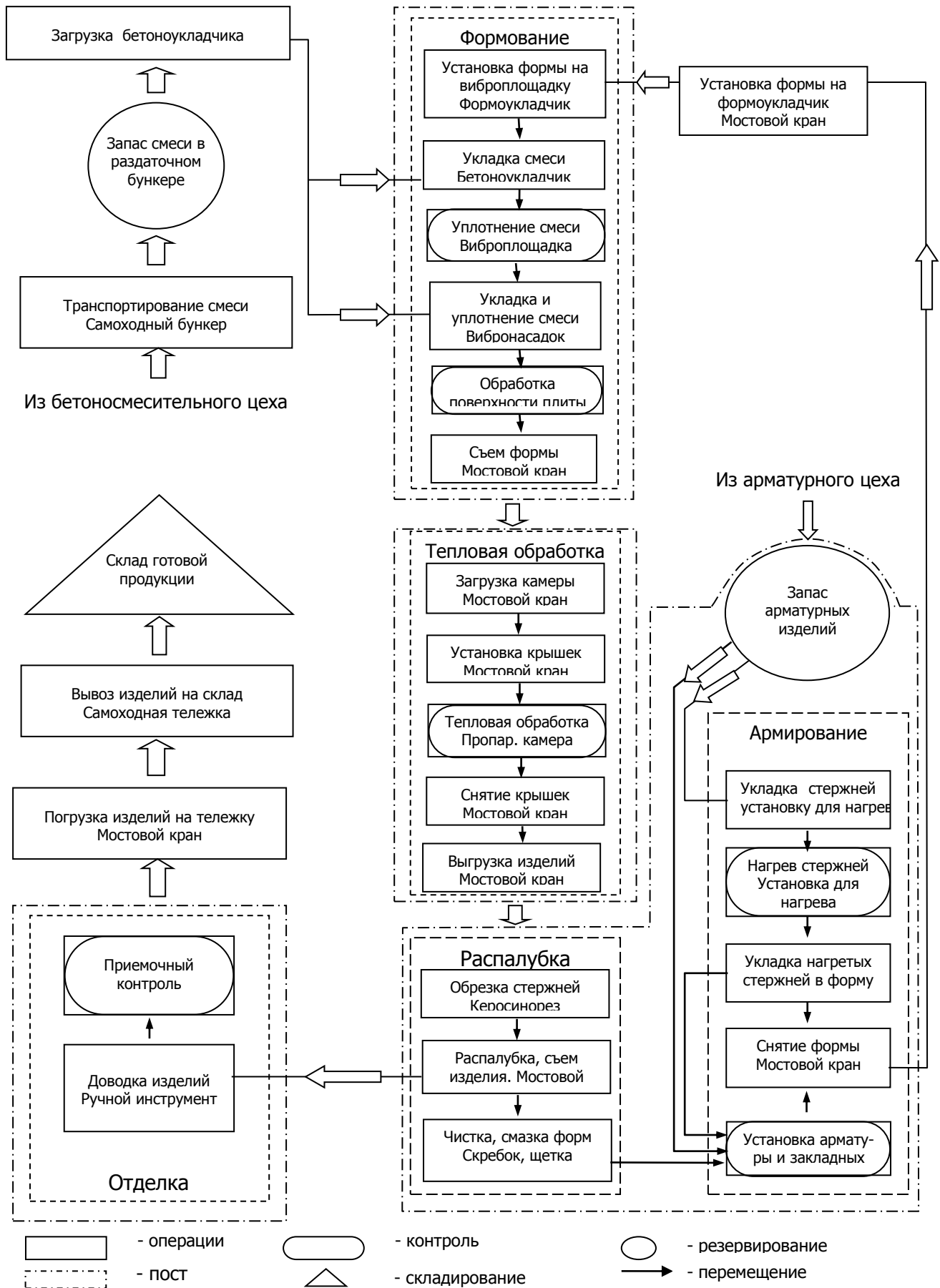


Рисунок 1 – Функциональная технологическая схема производства плит

## Методика расчета длительности элементных циклов

Полученные нормали операций на постах технологической линии подлежат согласованию между собой. Необходимо подтвердить реальность выполнения запланированных операций на нескольких постах одновременно. Возможность выполнения операций во времени и пространстве устанавливается построением графоаналитической модели процесса – циклограммы.

При моделировании производства изделий на стенде, по циклограмме выявляют продолжительность совмещенных операций и устанавливают общее несовмещенное время производственного процесса.

На основании проведенных производственных расчетов технологических линий студенты учебной группы составляют индивидуальные отчеты, которые подлежат защите после окончания практических занятий.

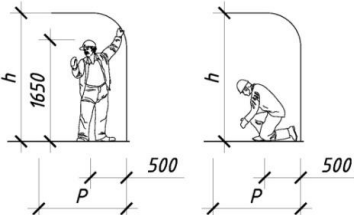
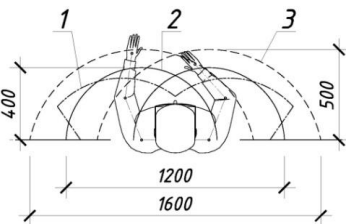
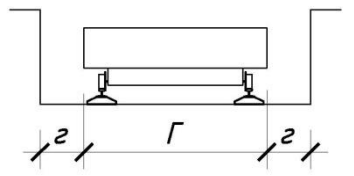
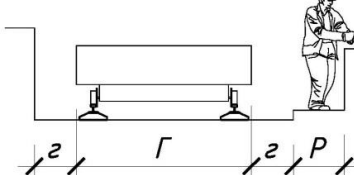
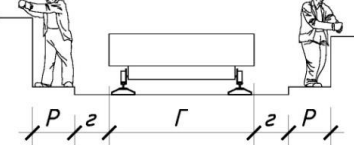
## **2 МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Планировочную компоновку постов технологической линии, предусмотренных функциональной схемой, начинают с вычерчивания основного агрегата. Помимо агрегата, на плане должны быть предусмотрены необходимые вспомогательные площади для размещения арматурных изделий на посту армирования, для текущего ремонта форм, хранения приспособлений и инструмента и т.д. Пример компоновочной схемы поста формования приводится на рисунке 2. Ширина проездов и проходов в плане, высота перемещения грузов должны удовлетворять требованиям по технике безопасности и производственной санитарии (рисунки 3 и 4). При размещении технологического оборудования и постов следует стремиться создавать четко специализированные зоны: подготовки форм, армирования, формования, тепловой обработки.







Назначение зоны, прохода	Схема	Определение величин
Рабочая зона – необходимое пространство, в котором может производиться работа		Пространство высотой до 2,0 м над уровнем пола или площадки ( $h$ ), на которой находится рабочее место шириной не менее 0,8 м ( $P$ )
Рабочее место – часть рабочей зоны, в которой размещены органы управления, инструменты, приспособления, материалы		Пространство в пределах рабочей зоны, определяемое величиной зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости: 1 – оптимальная зона; 2 – нормальная; 3 – минимальная
Проезд цехового транспорта – зона для движения наземных подъемно-транспортных средств		Ширина проезда определяется максимальным габаритом
Проезд (проход) при расположении в нем рабочего места с одной стороны		габаритов грузенных транспортных средств ( $Г$ ) и габаритом приближения ( $г$ ) не менее 0,5 м.
Проезд (проход) при расположении в нем рабочих мест с двух сторон		Ширина рабочего места ( $P$ ) не менее 0,8 м

Магистральный цеховой проход		Ширина магистрального прохода ( $П$ ) не менее 1,5 м.
Проход между оборудованием, между оборудованием и стенами здания, второстепенный проход		Проход между оборудованием не менее 1,2 м. Проход к оборудованию для его ремонта и обслуживания не менее 0,7 м. Проход между оборудованием с стенами здания не менее 1,0 м

Рисунок 4 – Определение ширины проездов и проходов

Зоны и оборудование на плане следует располагать так, чтобы создавалась прямоточность технологических потоков, не было их пересечения, перемещения изготавливаемых изделий и форм происходили кратчайшим путем, без встречных и возвратных движений.

Принимаемые компоновочные решения должны подчиняться требованиям блокировки как строительных, так и технологических решений. В каждом технологическом комплексе должны быть унифицированы места подачи бетонной смеси, арматурных изделий, вывоза готовой продукции, расположения технологических коммуникаций, зоны размещения агрегатов и установок.

Функциональную технологическую схему группа принимает в результате анализа существующих способов производства базового изделия.

Расчетные объемы работ при выполнении операций, запланированных в функциональной технологической схеме, устанавливаются из характеристик объекта производства (объем бетона в формуемом изделии, масса укладываемой арматуры, смазываемая поверхность формы и т.п.). Требуемые величины перемещений оборудования определяются из компоновочной схемы поста и технологической линии.

Технические характеристики оборудования: скорость рабочего и холостого ходов, скорость перемещения поршня домкрата,

объем бункера бетоноукладчика и т.д. принимаются по паспортным данным [1, 2]. Длительность выполнения крановых операций устанавливается по нормам технологического проектирования [3].

Время и состав исполнителей при выполнении ручных операций принимаются по нормативам [3], устанавливаются по типовым проектам и технологическим картам аналогичных производств. При проектировании могут быть приняты средние продолжительности выполнения ручных операций, так как проектирование ведется при условии выпуска усредненной номенклатуры продукции. Средняя продолжительность операций при изготовлении отдельных видов продукции приводится в [1, 2, 4]. Пример операционного графика производства железобетонных изделий приведен на рисунке 5.

Элементарный процесс	Операции	Оборудование, инструмент	Состав звена рабочих				Текущее время, мин.																
			Профессия	Разряд	Количество	Трудоемкость, чел.·мин	ритм. = 15 мин.																
							1	3	5	7	9	11	13	15	2	4	6	8	10	12	14	16	
Распалубка	Установка плиты на пост	Мостовой кран	Формовщик	3	2	2	1,0	-															
	Обрезка напряженных стержней	Газорезн. аппарат	Резчик	4	2	6	3,0	-----															
	Распалубка и съём изделий	Мостовой кран	Формовщик	3	2	6	3,0	-----															
	Чистка форм	Скребок, щетка	Формовщик	3	2	10	5,0	-----															
	Смазка форм	Механич. распылитель	Формовщик	3	2	4	2,0	-----															
Армирование	Установка сеток и закладных деталей	Ручной инструмент	Арматурщик	4	2	4	2,0	-----															
	Нагрев и установка стержней арматуры	Установка эл. нагрева	Арматурщик	4	2	11	2,0+ 3,5	-----															
	Установка продольных каркасов	Ручной инструмент	Арматурщик	4	2	5	2,5	-----															
	Установка верхних сеток	Ручной инструмент	Арматурщик	4	2	3	1,5	-----															
	Установка монтажных петель	Ручной инструмент	Арматурщик	4	2	4	2,0	-----															
	Сборка формы	Мостовой кран	Формовщик	4	2	3	1,5	-----															
	Снятие и транспортирование форм	Мостовой кран	Формовщик	4	2	2	1,0	-----															
Формование	Установка формы на формоукладчик	Мостовой кран	Стропальщик	4	2	1	0,5	-----															
	Установка формы на виброплощадку	Формоукладчик	Формовщик	3	1	1	1,0	-----															
	Укладка бетонной смеси в форму	Бетоноукладчик	Оператор	4	1	5	5,0	-----															
	Уплотнение смеси в форме	Виброплощадка	Оператор	4	1	2	2,0	-----															
	Установка верхних сеток	Ручной инструмент	Формовщик	3	1	2	2,0	-----															
	Обработка поверхности, очистка поста	Ручной инструмент	Оператор, Формовщик	4 3	1 1	4	2,0	-----															
	Съём формы с поста и транспортирование	Мостовой кран	Стропальщик	4	2	1	0,5	-----															
ТО	Ускоренное твердение бетона	Пропарочная камера	Термист	4	1		600	-----															
Длительность элементарных циклов, мин.	Распалубка						-----																
	Армирование						-----																
	Формование						-----																
Занятость в течение ритма, мин/η	Формовщик (3 разр.) - 2 чел.		11,0/0,19				-----																
	Арматурщик (4 разр.) - 2 чел.		13,5/1,0				-----																
	Оператор (4 разр.) - 1 чел.		9,0/0,63				-----																
	Формовщик (3 разр.) - 1 чел.		5,0/0,42				-----																
	Резчик (4 разр.) - 2 чел.		3,0/0,21				-----																
Стропальщик (4 разр.) - 2 чел.		1,0/0,08				-----																	

Рисунок 5 – Операционный график производства плитных конструкций

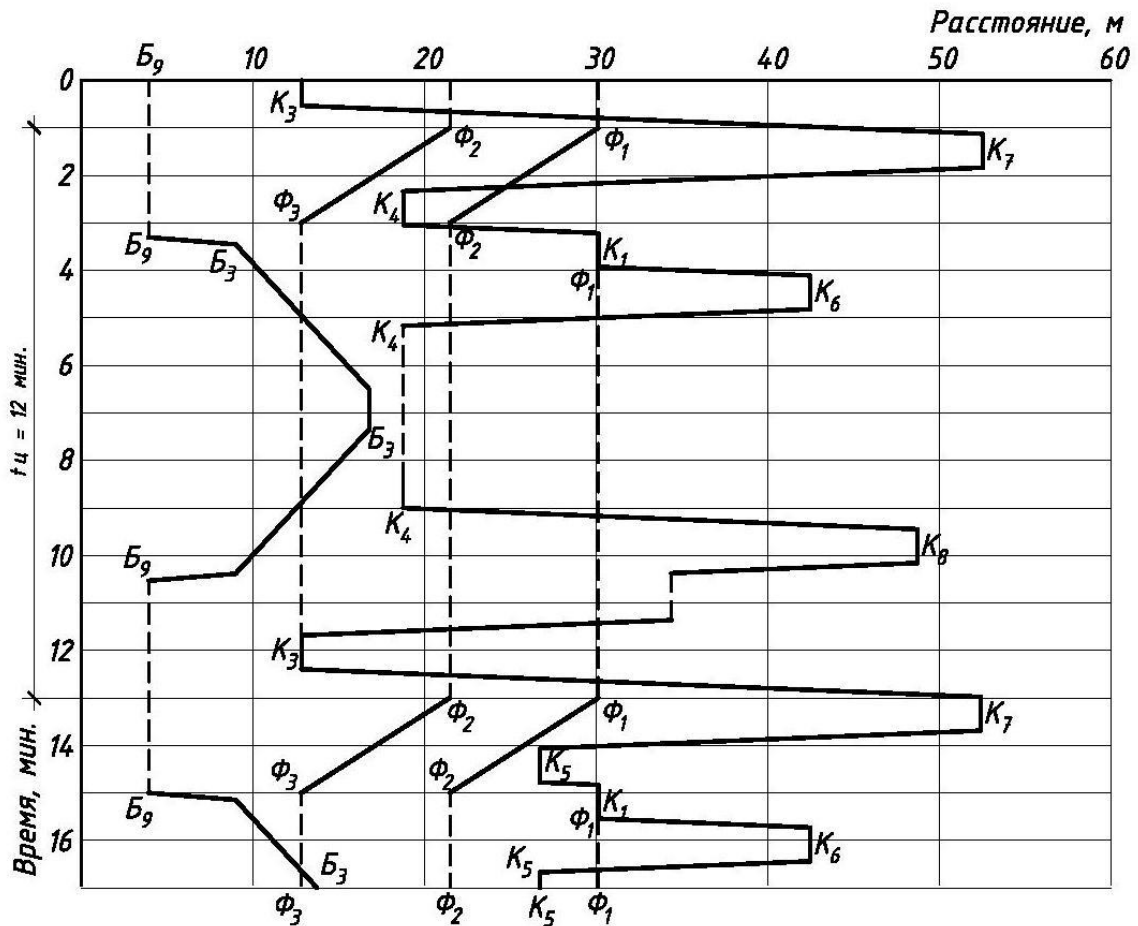
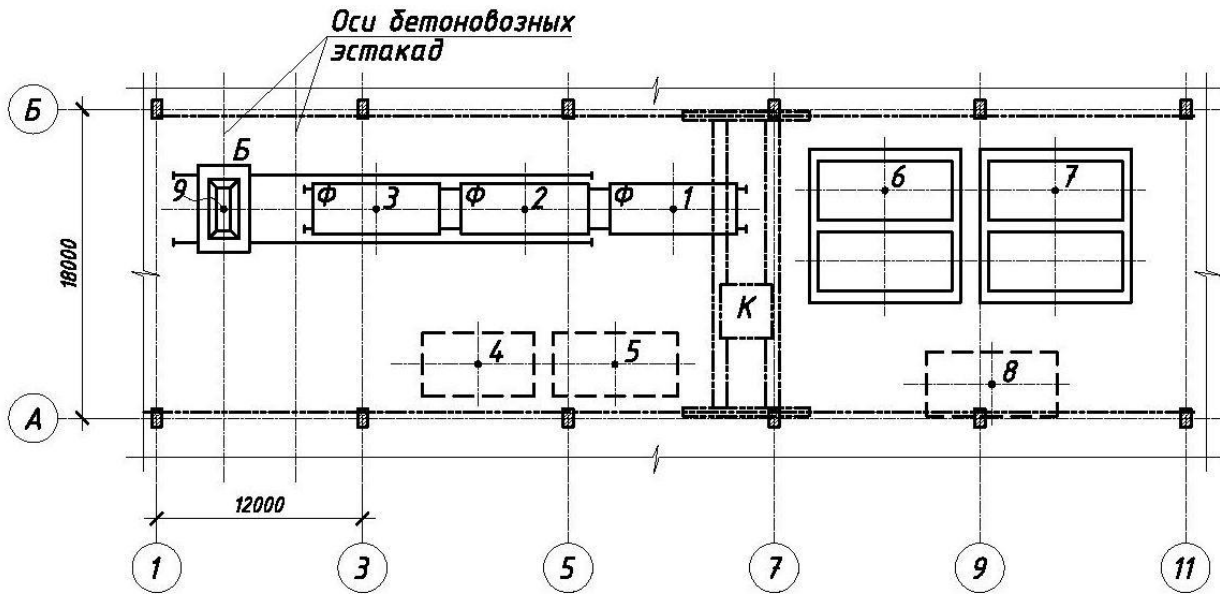
В процессе разработки операционного графика необходимо обеспечить технологическую синхронизацию элементарных циклов и организационную синхронизацию производственного процесса в целом. Технологически синхронизированным является такой элементарный процесс, длительность которого равна или кратна ритму выпуска продукции. Необходимо стремиться так распределить операции по отдельным постам, чтобы все элементарные циклы были равны между собой. Для технологической синхронизации элементарных процессов возможны: передача отдельных операций в состав смежных элементарных процессов, объединение нескольких постов в один, изменение числа исполнителей. В отдельных случаях может оказаться целесообразной замена принятого оборудования, изменение количества механизмов или разработка специальных приспособлений.

Технологический процесс признается организационно синхронизированным, когда его исполнители заняты в период рабочего ритма полностью. О достигнутой синхронизации судят по длительности элементарных циклов и занятости рабочих в течение ритма, которые приводятся в операционном графике.

В технологических процессах, как правило, принимают участие несколько машин, зоны действия которых расположены в одной плоскости. В процессе проектирования необходимо обеспечить четкое взаимодействие всех механизмов. Для согласования работы оборудования технологической линии во времени и пространстве наиболее удобен способ графоаналитического моделирования. Четкого взаимодействия в работе механизмов и звеньев рабочих при этом достигают в процессе построения и оптимизации циклограммы – графической модели работы проектируемого технологического процесса (рисунок 6).

**Построение циклограммы работы основного оборудования** технологической линии производится по определенным правилам и выполняется в следующей последовательности.

Вычерчивается расчетная схема – план технологической линии. Если в пролете расположено несколько линий, и они обслуживаются одним механизмом, например, мостовым краном, то циклограмму строят для всего пролета.



1, 2, 3 - посты формирования изделий; 4, 5 - то же, подготовки форм; 6, 7 - камеры тепловой обработки; 8 - пост контроля готовой продукции; 9 - пост загрузки бетоноукладчика бетонной смесью; Б - бетоноукладчик; К - мостовой кран; Ф - формы.

Рисунок 6 – Циклограмма работы технологического и транспортного оборудования



## Методика расчета длительности элементарных циклов

На начальном этапе используются компоновочные схемы постов, их размещают в пролете и вычерчивают в масштабе.

На плане линии каждый центр поста обозначается расчетной точкой, которой присваивается определенный номер, все механизмы на циклограмме обозначаются буквами (см. рисунок 6). Под планом цеха располагают циклограмму. По оси абсцисс откладывают расстояние в метрах, а по оси ординат – время в минутах. При вычерчивании циклограммы следует предусмотреть масштаб оси ординат, обеспечивающий возможность построения работы механизмов в течение более одного цикла работы технологической линии.

Работа машины на циклограмме изображается линией, которая фиксирует местонахождение механизма в каждый момент времени. Аналогично проецируется перемещение и объектов производства – форм, готовых изделий и др. Проекция любой линии на ось абсцисс показывает, какое расстояние проходит машина. Если линия циклограммы проецируется на ось абсцисс в точку, следовательно, машина стоит или работает, не перемещаясь по длине цеха. Проекция линии на ось ординат показывает время работы или простоя механизма. Все линии на циклограмме должны начинаться на оси абсцисс и не прерываться до конца циклограммы. Линии циклограммы имеют определенный угол наклона к оси ординат. Тангенс угла наклона выражает скорость движения и, следовательно, чем больше угол, тем выше скорость и меньше времени затрачивается на перемещение объекта.

Для построения циклограммы из расчетных точек проводят линии, параллельные оси ординат. Полученные ранее расчетные длительности операций откладывают на линиях соответствующего поста в определенном масштабе времени и последовательно, регламентированной операционным графиком. Точки начала и конца механизированной операции обозначают буквами и индексом, соответствующим машине, которая должна выполнять работу, и номер поста, на котором выполняется работа. Например: Б<sub>3</sub> – бетоноукладчик на посту № 3.

Линии, соединяющие точки, фиксирующие время и место нахождения механизма, отражают работу машины. На циклограмме последовательно, начиная с оси абсцисс, соединяют все точки, относящиеся к одному механизму. При вычерчивании линий, обозначающих перемещение механизма, следят, чтобы угол наклона их к оси ординат соответствовал технической возможности скорости движения этого механизма. Линии, обозначающие движение механизмов, работающих в одной плоскости, не должны нахо-

## Методика расчета длительности элементарных циклов

даться друг от друга на расстоянии меньшем, чем это позволяют габариты машины.

Таким способом изображают работу всех механизмов с учетом выполнения ручных операций.

В процессе построения циклограммы производится увязка работы механизмов и звеньев рабочих. При этом возможны случаи, когда предусмотренная операционным графиком работа не может быть выполнена в планируемый момент. Например, сьем изделия с помощью мостового крана на данном посту нельзя осуществить, так как в это время кран выполняет работу на другом посту. В этих случаях изменяют первоначальный вариант операционного графика. Согласованные операционный график и циклограмма работы механизмов представляют окончательную модель проектируемого технологического процесса.

Циклограмма позволяет получить наиболее целесообразную схему организации процесса, учитывающую все условия производства. Оптимизированная, увязывающая работу механизмов и звеньев рабочих, циклограмма обеспечивает минимальную продолжительность технологического процесса.

По полученной циклограмме определяют длительность ведущего элементарного цикла и необходимое количество машин, что позволяет приступить к следующему этапу технологического проектирования – расчету проектной производительности технологической линии, потребности в ресурсах, сырье и комплектующих материалах.

### **3 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ**

3.1 Индивидуальный отчет по выполненной работе составляется на стандартных листах писчей бумаги формата А4.

Оформление текстовой части отчета должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.105-95 [5], а графической части – ГОСТ Р 21.1101-2013 [6].

Текстовая часть отчета компоуется в соответствии с рекомендациями, приведенными в п. 3.3. Отчет должен иметь титульный лист установленной формы, после титульного листа помещается оглавление с указанием номера страниц каждого раздела.

3.2 Отчет излагается сжатыми и четкими формулировками без лишних подробностей и повторений. Все принятые в расчетах данные (характеристики оборудования, коэффициенты, размеры) должны обосновываться ссылками на источники, которые приводятся в перечне использованной литературы.

Текст разделов разделяется на подразделы и пункты. Разделы должны быть пронумерованы арабскими цифрами в пределах всего отчета. Подразделы следует нумеровать арабскими цифрами в пределах каждого раздела. Номер подраздела должен состоять из номера раздела и номера подраздела, разделенных точкой.

Пункты нумеруются арабскими цифрами в пределах подраздела.

Например: 3.2.4 - четвертый пункт второго подраздела третьего раздела.

Рисунки, схемы нумеруются последовательно в пределах всего отчета арабскими цифрами.

Каждая таблица должна иметь содержательный заголовок, который помещается под словом "Таблица". Таблицы нумеруются в пределах всего отчета.

В отчете после основной текстовой части приводится библиографический список, куда включаются все использованные источники. Источники следует помещать в порядке появления ссылок в тексте. При ссылке в тексте на источник документальной информации следует приводить порядковый номер по списку литературы, заключенный в квадратные скобки.

3.3 Индивидуальный отчет по практической работе составляется по следующему плану:

Введение

1 Продукция технологического комплекса

## Методика расчета длительности элементных циклов

2 Функциональная технологическая схема

3 Расчет длительности элементного цикла

4 Расчет длительности производственного процесса изготовления железобетонных изделий

Во введении определяется цель работы, приводятся сроки выполнения, оценивается её актуальность и связь с учебным процессом.

При описании продукции, принятой к производству, излагают основные характеристики базовых изделий и технологические условия их производства.

Во втором разделе приводятся функциональные схемы и краткое описание технологического процесса. Характеризуется основное технологическое оборудование, призванное выполнить установленные технологические режимы обработки.

В разделах 3 и 4 помещают все расчеты и схемы, используемые при определении длительности технологического процесса. Итоговым документом в третьем разделе является операционный график, в четвертом – циклограмма работы технологического оборудования.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 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.

2 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.

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

4 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.

5 ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.

6 ГОСТ Р 21.1101-2009 СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации.