

## 5 Пример расчета и подбора оборудования производства железобетонных изделий

### 5.1 Бетонорастворосмесительные заводы, цеха и установки

Основной задачей бетоносмесительных цехов и установок заводов сборного железобетона является производство бетонной (растворной) смеси с высокими качественными показателями.

В состав бетоносмесительных и раствороосмесительных цехов и отделений входят: транспортное и распределительное оборудование; обеспыливающие аппараты и устройства; расходные бункера, дозаторы, смесители, бункера выдачи готовой смеси; станции управления и грузоподъемные машины.

Производительность бетонорастворосмесительных цехов и отделений рассчитывается по максимальной часовой потребности в бетонных и растворных смесях.

Количество смесителей определенной емкости  $Z_{см}$  (шт) для заводов и установок циклического действия определяется по формуле:

$$Z_{см} = \frac{1000 \cdot \Pi_{г}}{V_{см} \cdot n_3 \cdot K_B \cdot K_H \cdot T_{г}}, \quad (5.1)$$

где  $\Pi_{г}$ , - годовая производительность по заданию  $m^3$  в год;

$V_{см}$  - емкость по загрузке выбранного смесителя,  $m^3$ ;

$n_3$ - число замесов в час, шт;

$K_B$ - коэффициент выхода готовой смеси;

$K_H$  - коэффициент неравномерности выдачи готовой смеси;

$T_{г}$ - расчетный годовой фонд времени работы оборудования, ч.

Значения параметров, входящих в формулу можно принять из учебно-методической или справочной литературы в зависимости от задания на проектирование.

Если расчетное количество смесителей отличается от количества, принятого в типовых проектах, то следует выбрать другую емкость смесителей из расчета их оптимального количества или изменить годовой фонд рабочего времени.

Количество смесителей  $Z$  (шт) для заводов и установок, непрерывного действия определяется по формуле

$$Z = \frac{1,05 \cdot \Pi_{ч}}{\Pi}, \quad (5.2)$$

где 1,05 - коэффициент запаса;

$P_{\text{ч}}$  - расчетная заданная часовая производительность, м<sup>3</sup> в час;

$P$  - паспортная часовая производительность выбранного смесителя непрерывного действия, м<sup>3</sup> в час.

Расчет сырьевых материалов и оборудования бетонорасворосмесительных заводов и установок производится по методике, изложенной в литературе. [3,13,32,33]

Компоновку оборудования в вертикальной плоскости и в плане следует заполнять, пользуясь типовыми проектами или справочной литературой.

Расчет смесительных машин и их сборочных единиц может быть выполнен по методике, изложенной в литературе.[3,7,14]

При проектировании смесительных машин и их сборочных единиц рекомендуется использовать литературу.[22,32]

## **5.2 Формовочные установки (линии)**

Для производства железобетонных изделий и конструкций в настоящее время широко применяют поточно-агрегатные, полуконвейерные, конвейерные, кассетные и стендовые технологические линии, ориентированные на выпуск панелей покрытий и перекрытий, наружных и внутренних стеновых панелей, лестничных маршей и площадок, перегородок, ригелей, колонн, балок, ферм, труб, объемных элементов, доборных и других изделий.

Количество и тип технологических линий назначают в зависимости от заданной номенклатуры изделий и мощности (производительности). Для большинства изделий учитывают вид и марку бетона, форму изделий и характер сечения, геометрические размеры и допустимые отклонения от них, массу изделий, чистоту поверхности, вид армирования, насыщенность арматурой и закладными деталями.

После выбора номенклатуры изделий определяют возможные способы производства, варианты технологических линий и технико-экономические показатели. На основе полученных данных окончательно выбирают технологическую линию и определяют годовую производительность.

### **5.2.1 Поточно-агрегатное производство**

Поточно-агрегатный способ производства (приложение Г) заключается в том, что технологические операции последовательно осуществляются на отдельных рабочих постах. Часть операций обычно выполняют одновременно, например, операции распалубки изделий, осмотра и подготовки форм совмещают с формованием изделий. Формование производится на виброплощадках в одиночных и групповых формах; на виброплощадках в одиночных формах с пустотообразователями без вибромеханизмов; на формовочных установках с использованием пустотообразователей, оснащенных вибромеханизмами; на роликовых и ременных центрифугах, в

разъемных и неразъемных формах; на специальном оборудовании для вибропрессования; на ударных столах в металлических формах; на агрегатах вибрационного действия при помощи вакуумирования и т.д.

В состав технологической линии входят формовочный агрегат с бетоноукладчиком, установки для натяжения арматуры, формоукладчик, камеры твердения, участки распалубки, остывания изделия, их отделки и технического контроля, пост чистки и смазки форм, площадки под запас арматуры, закладных деталей, утеплителя, складирования форм, их оснастки и текущего ремонта; стенд для испытания готовых изделий.

Количество формовочных установок или агрегатов  $Z_y$  определяется по формуле

$$Z_y = \frac{P_r \cdot T_\phi}{60 \cdot V_n \cdot Z_n \cdot T_r}, \quad (5.3)$$

где  $P_r$  - годовая расчетная производительность, м<sup>3</sup>/год, принимается из задания;

$T_\phi$  - продолжительность цикла формования изделий, из таблицы 3, или из справочной литературы;

$V_n$  - объем изделия, м<sup>3</sup>, определяется расчетом или из справочной литературы;

$Z_n$  - количество одновременно формируемых изделий, шт, задается из условий рациональной технологии производства;

$T_r$  - расчетный годовой фонд времени работы установки или агрегата, ч, определяется расчетом (формула. 5.5) или справочной литературой.

Таблица 3 - Продолжительность ритма работы поточно-агрегатных и конвейерных линий

Формуемые изделия	Продолжительность цикла $T_\phi$ (мин), при объеме бетона, м <sup>3</sup>		
	До 1,5	1,5 - 3,5	3,5 - 5
Однослойные изделия несложной конфигурации	12/10	16/12	25/33
Однослойные изделия сложной формы, несколько изделий в одной форме	15/10	22/20	35/30
Многослойные или офактуренные изделия	25/18	32/24	40/30

Примечание: - В числителе приведены значения продолжительности цикла для поточно-агрегатной линии, в знаменателе - для конвейерных линий.

Фактическая продолжительность цикла формования изделий  $T_{\phi}$  (мин) рассчитывается по формуле:

$$T_{\phi} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = t_1 + L/V + (L_1/V_1) \cdot N_{\text{пр}} + t_4 + t_5, \quad (5.4)$$

где  $t_1$  - продолжительность установки и снятия формы с виброплощадки, мин,  $t_1 = 1-2$ ;

$t_2$  - продолжительность холостого хода бетоноукладчика, мин,  $t_2 = 3-10$ ;

$t_3$  - продолжительность рабочего хода бетоноукладчика, мин,  $t_3 = 3-15$ ;

$t_4$  - продолжительность уплотнения смеси, мин,  $t_4 = 2-10$ ;

$t_5$  - продолжительность дополнительных неучтенных рабочих операций мин,  $t_5 = 1-3$ ;

$L$  - длина холостого хода бетоноукладчика, берется из чертежа;

$V$  - скорость холостого хода бетоноукладчика, берется из технического паспорта;

$L_1$  - длина формуемого изделия, берется из задания;

$V_1$  - скорость рабочего хода бетоноукладчика, берется из технического паспорта;

$N_{\text{пр}}$  - число проходов бетоноукладчика для полного заполнения форм смесью.

Далее рассчитанное по формуле (5.4) фактическое значение продолжительности цикла формования изделия следует сопоставить со значением продолжительности цикла, принятым при предварительных расчетах на основании норм проектирования.

Расчетный годовой фонд времени работы установок определяется по формуле:

$$T_{\Gamma} = D_p \cdot Z_{\text{см}} \cdot t_{\text{см}} \cdot K_v, \quad (5.5)$$

где  $D_p$  - расчетное число рабочих суток (дней) в году,  $D_p = 253 - 255 (305)$ ;

$Z_{\text{см}}$  - количество рабочих смен в сутки,  $Z_{\text{см}} = 2,34$ ;

$t_{\text{см}}$  - число часов в смену,  $t_{\text{см}} = 8,2 (6,83)$ ;

$K_v$  - коэффициент использования оборудования по времени,  $K_v = 0,9$  0,85.

Количество форм  $Z_{\phi}$  (шт) определяется по формуле:

$$Z_{\phi} = 1,05 \cdot \frac{60}{24} \cdot \frac{t_c \cdot t_{o,\phi} \cdot Z_y}{T_{\phi}}, \quad (5.6)$$

где 1,05 - коэффициент запаса (учитывающий ремонт форм);

$t_c$  - количество рабочих часов в сутки, ч;

$t_{o.ф}$ - среднее время одного оборота формы, ч, определяется расчетом.

$$t_{o.ф} = t_{o.к} + \frac{T_{ф}}{60} + \frac{t_{ф}}{60}, \quad (5.7)$$

где  $t_{o.к}$ - среднее время оборота тепловой камеры, ч,  $t_{o.к}=15-22$ ;

$t_{ф}$ - продолжительность операций не вошедших в цикл формования (распалубка, чистка, смазка, установка арматуры и других неучтенных работ), мин,  $t_{ф}=9-15$ ;

$Z_y$ -количество формовочных установок (линий), шт;

$T_{ф}$ - продолжительность цикла формования изделий, мин.

Коэффициент оборачиваемости форм в сутки  $K_{o.ф}$  вычисляется по формуле:

$$K_{o.ф} = \frac{24}{t_{o.ф}}, \quad (5.8)$$

Масса форм  $m_{ф}$  приблизительно определяется из выражения:

$$m_{ф}=(0,8-1,2) \cdot m_{и}, \quad (5.9)$$

где  $m_{и}$ - масса изделия.

Пользуясь техническими характеристиками оборудования, далее подбираются типы машин, соответствующие расчетному формовочному посту или линии.

Для укладки бетонной смеси в формы применяют самоходные бункера, бетонораздатчики и бетоноукладчики (таблица 4).

При выборе бетоноукладчиков необходимо, чтобы полезный объем бункера при периодическом заполнении составлял не менее 1,1-1,2 объема формуемого изделия, а при непрерывном формовании - не менее  $1м^3$ .

Бетоноукладчик СМЖ-162 входит в комплект оборудования поточно-агрегатных линий по изготовлению конструкций для промышленных зданий. Бетоноукладчик имеет вибронасадок для укладки, распределения и уплотнения смеси.

Бетоноукладчик СМЖ-3507 предназначен для специализированных линий по производству плитных конструкций.

Универсальный бетоноукладчик СМЖ-156А предназначен для линий формования плитных изделий с проемами и отверстиями, а также линейных изделий.

Бетоноукладчик СМЖ 69А используется на постах формования многпустотных панелей перекрытий и других плитных изделий шириной до 2 м.

Бетоноукладчик СМЖ-168 предназначен для подачи смеси в узкие формы линейных конструкций: опор ЛЭП, освещения и связи, свай, шпал и других подобных изделий.

Бетоноукладчик 10-36С СКТБ Главмоспромстройматериалов входит в комплект оборудования линий формования пустотных панелей шириной 1 м.

Бетонораздатчик СМЖ-306А предназначен для подачи и укладки смеси в отсеки кассетных установок.

Бетонораздатчик консольный СМЖ- 71А используется для укладки смеси на линейных стендах.

Бетонораздатчик СМЖ-364 предназначен для подачи смеси при изготовлении труб виброгидропрессованием (смесь из бункера подается шнеком).

Ленточные питатели СМЖ-354 и СУЖ-425 используются при изготовлении центрифугированных труб диаметром соответственно 500 -900 и 1000 - 1500 мм.

Количество выбранных бетоноукладчиков определяется числом технологических линий (формовочных установок), рассчитанных по формуле (5.3).

Таблица 4-Технические характеристики серийно выпускаемого оборудования для укладки бетонной смеси

Показатель	Бетоноукладчики				
	СМЖ-166А	СМЖ-162	СМЖ-3507	СМЖ-69А	СМЖ-168
1	2	3	4	5	6
Ширина колеи, м	4,5	4,5	4,5	2,8	2,93
Число бункеров, шт	2	3	1	1	1
Емкость бункеров, м <sup>3</sup>	2,1+1	3+1+1	2,3/3,5/	2	2
Ширина ленты питателя, м	0,9	1,4;0,65	1,4	2	0,65
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	-	-	-	-	-
Скорость передвижения, м/мин	1,6-29,7	1,8-11,6	1,8-11,6	12 и 18	14
Скорость питателя, м/мин	8	6;10;9	6	10	-
Установленная мощность электродвигателя, кВт	20	23,5	16,1	6,3	2,3
Уровень формования относительно головок рельс, м:					
нижний	0,3	0,3	0,3	0,35	0,5
верхний	0,86	0,91	0,85	1,1	1,165
Продолжительность формования, мин	12-30	12-25	12-25	8-12	10-18

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6
Механизм распределения	Воронка	Виброна садок	-	Воронка	-
Устройство для заглаживания поверхности изделий	Реечное				
Габаритные размеры, м:					
длина	5,2	5,2	3,36	2,6	2,8
ширина	6,3	6,02	6,3	4	3,8
высота	3,1	3,1	3,1	2,9	2,6
Масса, т	11	14,5	10,5	4,2	3,6

При выборе типа или модели виброплощадки обращают внимание на вид и количество одновременно формируемых изделий, их размеры и максимальную массу бетонной смеси. Подбирают виброплощадки по грузоподъемности (таблица Т 2), для чего определяют массу вибрируемых частей по формуле.

$$m_{в.ч} = m_k + m_{\phi} + km_{б.см} + k_1 m_{пр} \leq m_{гр} , \quad (5.10)$$

где  $m_k$  - масса колеблющихся частей Виброплощадки, т;

$m_{\phi}$  - масса формы, т;

$k$  – коэффициент присоединения массы бетонной смеси;  $k=0,20-0,40$

$m_{б.см}$  - масса бетонной смеси в форме, т;

$k_1$  – коэффициент присоединения массы пригруза,  $k_1=0,05-0,08$ ;

$m_{пр}$  – масса пригруза, т.

В большинстве случаев произведение  $k_1 m_{пр}$  при расчете не учитывается.

Количество выбранных виброплощадок определяется числом технологических линий (формовочных установок) рассчитывается по формуле (5.3). Формовочные машины, центрифуги, установки для виброгидропрессования, работающие по поточно-агрегатной технологии, рассчитываются и подбираются по вышеупомянутой методике.

Вспомогательное оборудование, участвующее в технологическом процессе, пригрузы, виброщиты самоходные порталы, мостовые краны, отделочные машины, установки для распалубки и сборки форм и т.п. – подбираются исходя из расчетной производительности, типа изделий и принятой технологии производства (таблица 5,6,7,8.).

Выбранное оборудование рекомендуется свести в таблицу, необходимую для расчета технико-экономических показателей формовочной машины (установки).

Далее на основании принятой технологической схемы производства следует выполнять монтажный чертеж формовочной установки.



Расчет или проектирование указанной в задании машины или сборочной единицы производится по методике, изложенной в учебно-методической, учебной и технической литературе (приложение С).

Таблица 5 –Технические характеристики оборудования для формования пустотных изделий

Показатели	Тип(модель)		
	СМЖ 227Б	СМЖ 286Б	СМЖ271
Формуемое изделие	Многopустотные панели		Вентиляционные блоки
Размеры изделия, м:			
длина	6	260	0,88
ширина	0,99	1,19-1,59	0,3
высота	0,22	0,22	2,78
Статистический момент, Н·м	1(одного)	-	1,84(общий)
Скорость извлечения вкладышей, м/с	0,15	-	0,6
Мощность двигателя, кВт	33	11,7	24
Габаритные размеры, м:			
длина	12,54	7,25	4,84
ширина	2,33	3,95	3,68
высота	0,994	3,07	5,1
Масса, т	9,45	14,8	13,2

Таблица 6 –Технические характеристики виброформ для изготовления труб виброгидропрессованием

Показатели	Тип (модель)				
	СМЖ-93А	275/1А	2750/1А	2750/3	2750/4
Внутренний диаметр трубы, мм					
Расход бетона, м <sup>3</sup>	0,53	0,756	0,99	1,42	1,98
Наибольший диаметр формы, мм	916	1066	1278	1510	1786
Длина формы, мм	5640	5638	5640	5640	5640
Число вибраторов ВП-5	4	4	4	6	6
Масса, т	2,2	3	3,9	5,2	7,4