

3.7. Автоматизация процессов формования и уплотнения

3.7.1. Классификация установок и процессов формования и уплотнения

При изготовлении железобетонных изделий бетонная смесь уплотняется и изделиям придается определенная геометрическая форма. Такие процессы выполняются с помощью формовочного оборудования. При этом основными способами уплотнения бетонной смеси являются вибрирование, центрифугирование и прессование. Последний способ получил распространение при изготовлении короткомерных труб малых и средних диаметров.

Для уплотнения бетонной смеси и формования изделий вибрированием используют вибраторы, виброплощадки, а также формовочные машины и установки с вибрационными механизмами. Режим виброуплотнения характеризуется амплитудой и частотой колебаний, продолжительностью вибрирования. На уплотнение бетонной смеси влияет направление колебаний и способ их передачи от источника вибрирования.

Уплотнение бетонной смеси центрифугированием применяют при изготовлении длинномерных, симметричных относительно продольной оси изделий, например труб. Основным формовочным оборудованием являются центрифуги, работающие по отстойному способу. В этом случае бетонная смесь уплотняется при вращении формы на заданных скоростях. Затем скорость центрифуги снижается, она останавливается, и отжатая вода (шлам) сливается из формы.

Установки для прессования бетона устроены так, что через вертикально стоящую или медленно вращающуюся форму, которая сверху заполняется бетонной смесью, проходит вращающийся шток с прессующими насадками. Различают вертикальное и горизонтальное прессования. Станки, работающие по принципу вертикального прессования, могут обеспечивать послойное прессование бетона в теле трубы или одновременное формование всего тела трубы. Станки для послойного прессования бетонной смеси делятся на радиальные и осевые.

В станках радиального прессования бетонная смесь прижимается усилиями, направленными перпендикулярно к внутренним стенкам формы. В станках осевого прессования каждый последний слой бетона прижимается к предыдущему усилиями, направленными по вертикали. Транспортируется бетонная смесь от места ее разгрузки к формовочному посту и укладывается в форму бетонораздатчиками или

бетоноукладчиками. Бетонораздатчики выдают бетонную смесь из бункера в форму без разравнивания, а бетоноукладчики не только выдают бетонную смесь, но и разравнивают ее.

3.7.2. Автоматическое управление установкой для центрифугирования труб

Основным технологическим оборудованием формовочного поста при центрифугированном способе уплотнения бетонной смеси является центрифуга (роликовая, осевая или ременная) и ложковый питатель (рис. 3.81). С помощью ложки питателя 2 порция бетонной смеси загружается в медленно вращающуюся форму 4. Затем скорость центрифуги увеличивается. При этом процесс уплотнения бетонной смеси состоит из двух этапов: предварительного и окончательного. При автоматическом управлении установкой для центрифугирования труб выполняются рабочие операции, указанные в табл. 3.11.

Таблица 3.11

Характеристика рабочих операций при центрифугированном формовании труб

№ п/п	Рабочая операция	Начало операции	Конец операции
1	Перемещение питателя вперед	$(0 \rightarrow 1)p$	$(0 \rightarrow 1)s_1$
2	Загрузка бетонной смеси в форму	$(0 \rightarrow 1)s_1$	В функции времени
3	Разгон формы до загрузочной скорости		
4	Перемещение питателя назад	При окончании операций 2 и 3	В функции времени $(0 \rightarrow 1)s_1$
5	Предварительное уплотнение бетонной смеси		
6	Переходный режим	При окончании операции 5	В функции времени
7	Окончательное уплотнение бетонной смеси	При окончании операции 6	В функции времени

Автоматизированная установка для центрифугирования труб работает следующим образом. После установки формы с арматурой 4 на центрифуге и заполнения бетонной смесью ложки питателя 2 подается пусковой импульс p . При этом включается двигатель $МП$, и тележка 1 питателя перемещается вперед. Когда ложка питателя достигает опоры 3, т. е. займет рабочее положение, появляется сигнал s_1 путевого выключателя $ВП1$, на который воздействует тележка 1. В этом случае двигатель $МП$ отключается, одновременно включаются механизм загрузки $МЗ$ и двигатель центрифуги $МЦ$, работающий в режиме минимальной скорости. В течение определенного интервала времени происходит загрузка во вращающуюся форму порции бетонной смеси и ее распределение.

После окончания загрузки двигатель *МП* включается в направлении назад и тележка питателя перемещается в исходное положение до срабатывания путевого выключателя *ВП2*, по сигналу s_2 которого двигатель *МП* отключается. Одновременно с перемещением тележки питателя двигатель *МЦ* переключается в режим средней скорости. При этом в течение определенного интервала времени происходит предварительное уплотнение бетонной смеси.

После предварительного уплотнения двигатель *МЦ* переключается в режим переходной, а затем в режим максимальной скорости, при которой бетонная смесь окончательно уплотняется. По истечении интервала времени, необходимого для окончательного уплотнения, цикл формирования заканчивается.

При автоматическом управлении двигателем привода центрифуги регулирование скорости осуществляется по системе «генератор – двигатель» или с использованием тиристорного преобразователя. На основании анализа зависимости интервалов включения исполнительных механизмов от сигналов пускового элемента и путевых выключателей, а также регламентированной во времени последовательности включений можно записать алгоритмы формирования командных сигналов автоматического управления установкой для центрифугирования труб (табл. 3.12).

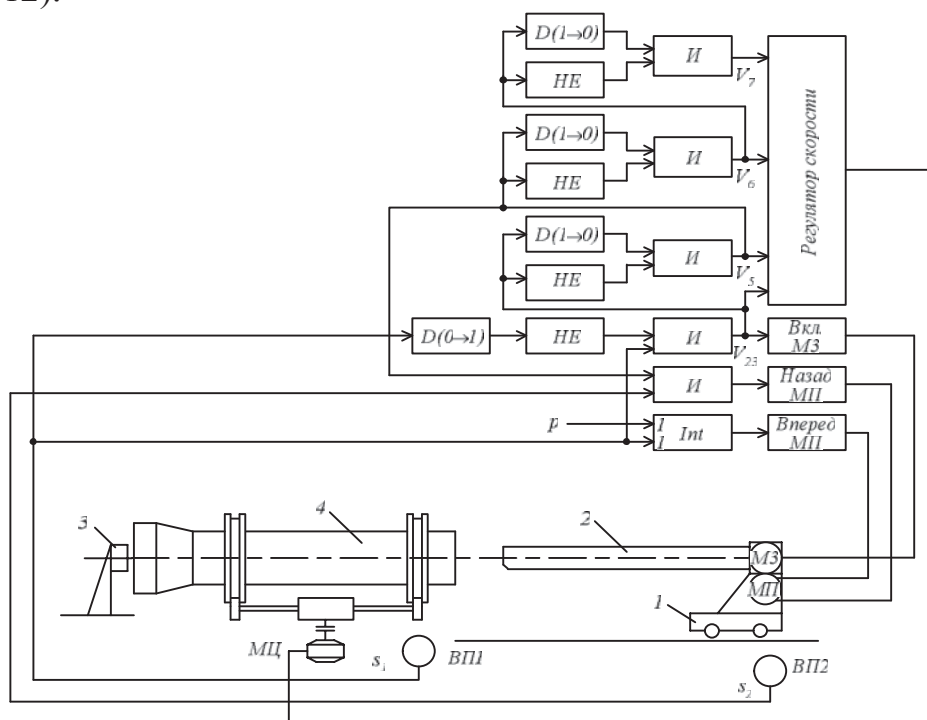


Рис. 3.81. Структурная схема автоматического управления установкой для центрифугирования труб

**Алгоритмы формирования командных сигналов при центрифугированном
формовании труб**

Циклограмма включения исполнительных механизмов	Исполнительный механизм	Обозначение ИМ	Алгоритм формирования КС	
	Двигатель перемещения питателя	МП(вперед)	$Int[(0 \rightarrow 1)p - (0 \rightarrow 1)s_1]$	
	Механизм загрузки	МЗ	$V_{23} = s_1 \cdot \overline{D(0 \rightarrow 1)s_1}$	
	Двигатель привода центрифуги	МЦ(минимальная скорость)		
		МЦ(средняя скорость)		$V_5 = \overline{V_{23}} \cdot D(0 \rightarrow 1)V_{23}$
		МЦ(переходная скорость)		$V_6 = \overline{V_5} \cdot D(0 \rightarrow 1)V_5$
		МЦ(максимальная скорость)		$V_7 = \overline{V_6} \cdot D(0 \rightarrow 1)V_6$
Двигатель перемещения питателя	МЦ(назад)		$V_5 \overline{s_2}$	

Примечание. Цифры на циклограмме соответствуют рабочим операциям, указанным в табл. 3.11.

3.7.3. Автоматическое управление установкой для радиального прессования труб

В установку для радиального прессования труб (рис. 3.82) входят поворотный стол 3 с электромагнитными фиксаторами 1 и 2, на который ставится форма 4, бункер 5 со шнековым питателем, роликовая головка 8 и траверса 6, которая перемещается с помощью гидроцилиндра 9 по направляющим 7 в вертикальной плоскости.

Из исходного положения *A* форма 4 перемещается вместе с поворотным столом 3 в рабочее положение *B*, и роликовая головка 8 опускается до нижнего торца формы. Бетонная смесь из бункера 5 подается в форму шнековым питателем и уплотняется роликовой головкой при движении ее до верхнего торца формы.

При автоматическом управлении установкой для радиального прессования труб выполняются рабочие операции, указанные в табл. 3.13.

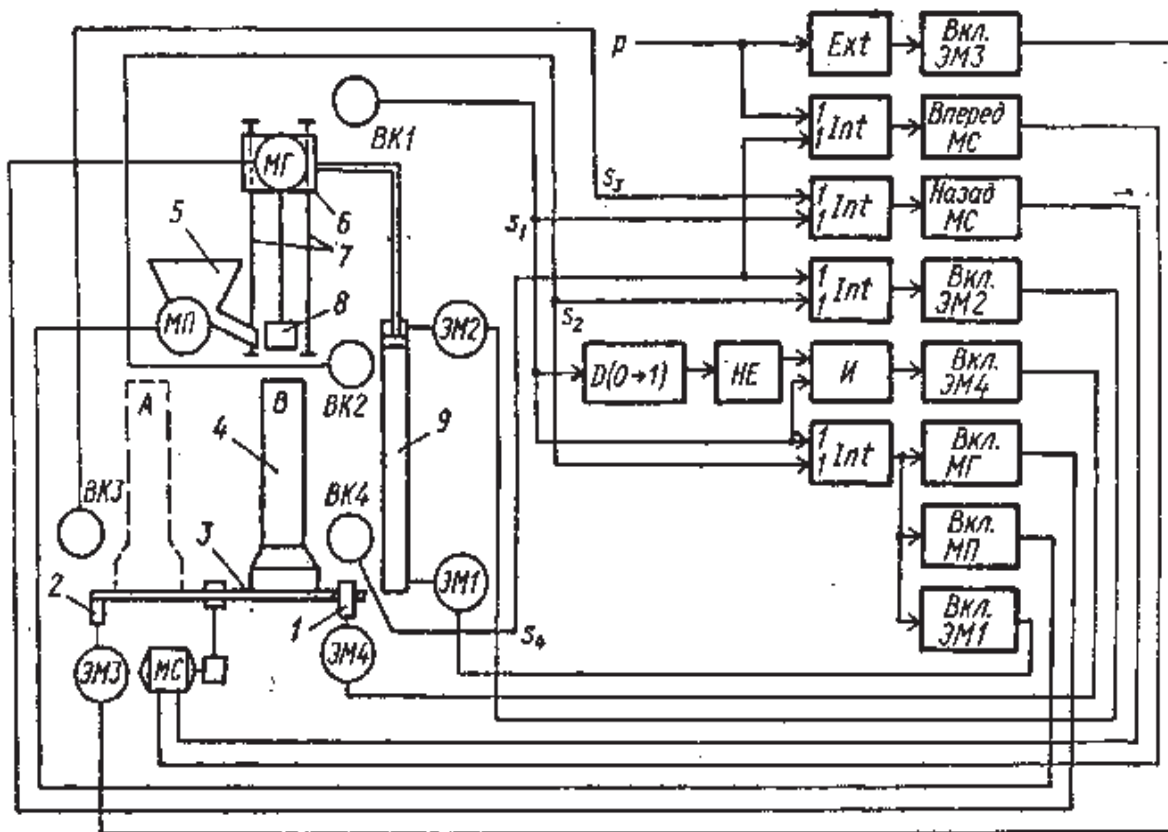


Рис. 3.82. Структурная схема автоматического управления станком для радиального прессования труб

Таблица 3.13

Характеристика рабочих операций при радиальном прессовании труб

№ п/п	Рабочая операция	Начало операции	Конец операции
1	Освобождение фиксатора 2 поворотного стола	$(0 \rightarrow 1)p$	В функции времени
2	Поворот стола вперед	$(0 \rightarrow 1)p$	$(0 \rightarrow 1)s_4$
3	Опускание траверсы с роликовой головкой	$(0 \rightarrow 1)s_4$	$(0 \rightarrow 1)s_2$
4	Загрузка бетонной смеси в форму	$(0 \rightarrow 1)s_2$	$(0 \rightarrow 1)s_1$
5	Прессование бетонной смеси		
6	Подъем траверсы с роликовой головкой		
7	Освобождение фиксатора 1 поворотного стола	$(0 \rightarrow 1)s_1$	В функции времени
8	Поворот стола назад	$(0 \rightarrow 1)s_1$	$(0 \rightarrow 1)s_3$

Автоматизированная установка для радиального прессования труб работает следующим образом. После установки формы 4 на поворотном

столе в исходное положение A подается пусковой импульс p . При этом кратковременно включается электромагнит $\text{ЭМ}3$, втягивающий фиксатор 2. Одновременно двигатель поворотного стола MC включается в направлении вперед. Когда форма 4 займет рабочее положение B , срабатывает фиксатор 1 и появляется сигнал s_4 конечного выключателя $BK4$. В этом случае двигатель MC отключается и включается электромагнит $\text{ЭМ}2$, открывающий клапан опускания траверсы с роликовой головкой, которая доходит до нижнего торца формы. В нижнем положении траверсы появляется сигнал s_2 конечного выключателя $BK2$ и электромагнит $\text{ЭМ}2$ отключается. Одновременно включаются двигатель питателя $МП$, двигатель головки $МГ$ и электромагнит $\text{ЭМ}1$, открывающий клапан подъема траверсы; начинается процесс уплотнения бетонной смеси, поступающей непрерывно в форму.

Когда траверса достигнет верхнего положения, появляется сигнал s_1 конечного выключателя $BK1$ и кратковременно включается электромагнит $\text{ЭМ}4$, втягивающий фиксатор 1. Одновременно отключаются двигатели $МП$, $МГ$ и электромагнит $\text{ЭМ}1$, а двигатель MC включается в направлении назад, поворачивая стол.

Таблица 3.14

Алгоритмы формирования командных сигналов при радиальном прессовании труб

Циклограмма включения исполнительных механизмов	Исполнительный механизм	Обозначение ИМ	Алгоритм формирования КС
	Электромагнит фиксатора 2 стола	$\text{ЭМ}3$	$\text{Ext}(p)$
	Двигатель поворотного стола	MC (вперед)	$\text{In}[(0 \rightarrow 1)p - (0 \rightarrow 1)s_4]$
	Электромагнитный клапан	$\text{ЭМ}2$	$\text{In}[(0 \rightarrow 1)s_4 - (0 \rightarrow 1)s_2]$
	Двигатель питателя	$МП$	$\text{In}[(0 \rightarrow 1)s_2 - (0 \rightarrow 1)s_1]$
	Двигатель роликовой головки	$МГ$	
	Электромагнитный клапан	$\text{ЭМ}1$	
	Электромагнит фиксатора 1 стола	$\text{ЭМ}4$	$s_1 \cdot \overline{D(0 \rightarrow 1)s_1}$
	Двигатель поворотного стола	MC (назад)	$\text{In}[(0 \rightarrow 1)s_1 - (0 \rightarrow 1)s_3]$

Когда форма с уплотненной бетонной смесью займет исходное положение A , срабатывает фиксатор 2 и появляется сигнал s_3 конечного выключателя $BK3$. При этом двигатель MC отключается и заканчивается цикл формования трубы. На основании анализа зависимости интервалов включения исполнительных механизмов от сигналов пускового элемента и конечных выключателей можно записать алгоритмы формирования командных сигналов автоматического управления станком для радиального прессования труб (табл. 3.14).

3.7.4. Автоматическое управление установкой для формования плит

Полигон для формования крупных облицовочных плит гидротехнических сооружений (рис. 3.83) имеет бункер 1 с бетонной смесью, бункер 2 с камнем, виброплощадку 3, самоходную тележку 4 с подъемной платформой 5, на которой устанавливается форма 6.

Технологический процесс протекает следующим образом. После установки пустой формы на платформе тележка направляется к бункеру 1, где загружается нижний слой бетонной смеси. Затем тележка следует к бункеру 2, где загружается слой камня, после чего тележка снова направляется к бункеру 1 для загрузки верхнего слоя бетонной смеси. Заполненная форма от бункера 1 перемещается к виброплощадке, где платформа опускается, форма закрепляется на виброплощадке и начинается процесс виброуплотнения бетонной смеси. По окончании виброуплотнения форма освобождается, поднимается на платформе и тележкой возвращается в исходный пункт.

При автоматическом управлении установкой для формования плит выполняются рабочие операции, указанные в табл. 3.15.

На протяжении одного цикла работы установки сигналы между точных путевых выключателей $ВП2$ – $ВП5$ появляются неоднократно. Для выделения активных сигналов, требуемых для управления исполнительными механизмами, необходимо использовать характерные рабочие операции или разделить цикл работы на определенные фазы. Например, для выделения активных сигналов путевого выключателя $ВП4$ целесообразно использовать рабочие операции, где происходит перемещение тележки вперед (табл. 3.16). Цикл работы делится на фазы с помощью коммутатора, который переключается сигналами определенных путевых выключателей.

Цикл работы делится на фазы с помощью коммутатора который переключается сигналами определенных путевых выключателей. Если для переключения коммутатора использовать сигналы путевых выключателей $ВП2$ и $ВП5$, то цикл работы можно разделить на четыре фазы, φ_0 – φ_1 – φ_2 – φ_3

причем φ_0 является в данном случае вспомогательной фазой, обусловленной чередованием переключающих сигналов s_2 и s_5 .

Автоматизированная установка для формования плит работает следующим образом.

При подаче пускового импульса p двигатель привода самоходной тележки MT включается в направлении вперед. Одновременно коммутатор устанавливается в положение, соответствующее вспомогательной фазе φ_0 .

Когда флажок 7, закрепленный на тележке, пройдет рабочую зону путевого выключателя $ВП2$, формируется импульс, переключающий коммутатор на один шаг, в результате чего появляется сигнал φ_1 первой фазы цикла.

Таблица 3.15

Характеристика рабочих операций при формовании плит

№ п/п	Рабочая операция	Начало операции	Конец операции
1	Перемещение вперед	$(0 \rightarrow 1)p$ $(0 \rightarrow 1)\varphi_2 s_2$	$(0 \rightarrow 1)\varphi_2 s_2$ $(0 \rightarrow 1)s_1$
2	Загрузка бетонной смеси	$(0 \rightarrow 1)s_4$ При выполнении операции 1	В функции времени
3	Перемещение тележки назад	$(0 \rightarrow 1)\varphi_1 s_5$ При окончании операций 5, 6 и 7	$(0 \rightarrow 1)\varphi_2 s_2$ $(0 \rightarrow 1)s_1$
4	Загрузка камня в форму	$(0 \rightarrow 1)\varphi_2 s_3$	В функции времени
5	Опускание формы на виброплощадке	С задержкой после включения $ВП6$	
6	Захват формы на виброплощадке	С задержкой после начала операции 5	
7	Виброуплотнение бетонной смеси	С задержкой после начала операции 6	

При воздействии тележки на путевого выключатель $ВП4$ появляется сигнал s_4 и включается на определенное время двигатель питателя $МП1$, подающего бетонную смесь из бункера 1 в движущуюся форму.

Когда сработает путевого выключатель $ВП5$, появляется сигнал s_5 , двигатель MT включается в направлении назад и тележка направляется к бункеру 2. При этом после снятия сигнала s_5 формируется импульс, переключающий коммутатор еще на один шаг. В результате этого изменяются значения выходных сигналов коммутатора: сигнал первой фазы цикла φ_1 становится равным нулю, а сигнал второй фазы цикла φ_2 – единице.

После срабатывания путевого выключателя *ВПЗ* появляется сигнал s_3 и включается на определенное время двигатель питателя *МП2*, подающего камень из бункера 2 в движущуюся форму.

При срабатывании путевого выключателя *ВП2* появляется сигнал s_2 , двигатель *MT* включается вперед и тележка снова направляется к бункеру 1. Когда снимается сигнал s_2 , формируется импульс, переключающий коммутатор в положение, соответствующее последней фазе φ_3 цикла.

Таблица 3.16

Алгоритмы формирования командных сигналов при формировании плит

Циклограмма включения исполнительных механизмов	Исполнительный механизм	Обозначение ИМ	Алгоритм формирования КС
	Двигатель привода тележки	<i>MT</i> (вперед)	$V_1 = Int[(0 \rightarrow 1)X_1 - (0 \rightarrow 1)Y_1]$ $X_1 = pV\varphi_2s_2$ $Y_1 = s_6V\varphi_1s_5$
	Двигатель питателя 1	<i>МП1</i>	$Exp(s_4V_1)$
	Двигатель питателя 2	<i>МП2</i>	$Exp(\varphi_2s_3)$
	Двигатель привода тележки	<i>MT</i> (назад)	$V_3 = Int[(0 \rightarrow 1)X_3 - (0 \rightarrow 1)Y_3]$ $X_3 = \varphi_1s_5V\bar{V}_5$ $Y_3 = s_1V\varphi_2s_2$
	Механизм опускания платформы	<i>МО</i>	$V_5 = D(0 \rightarrow 1)Z$ $Z = s_6 \cdot \overline{D(0 \rightarrow 1)s_6}$
	Механизм захвата формы	<i>МЗ</i>	$V_6 = D(0 \rightarrow 1)V_5$
	Двигатель привода вибратора	<i>МВ</i>	$V_7 = D(0 \rightarrow 1)V_6$

Примечания:

1. *A* – начало циклограммы; *Б* – продолжение циклограммы.
2. Цифры на циклограмме соответствуют рабочим операциям, указанным в табл. 3.15.
3. Активные сигналы путевых выключателей *ВП2* – *ВП5* выделены на циклограмме диагоналями.

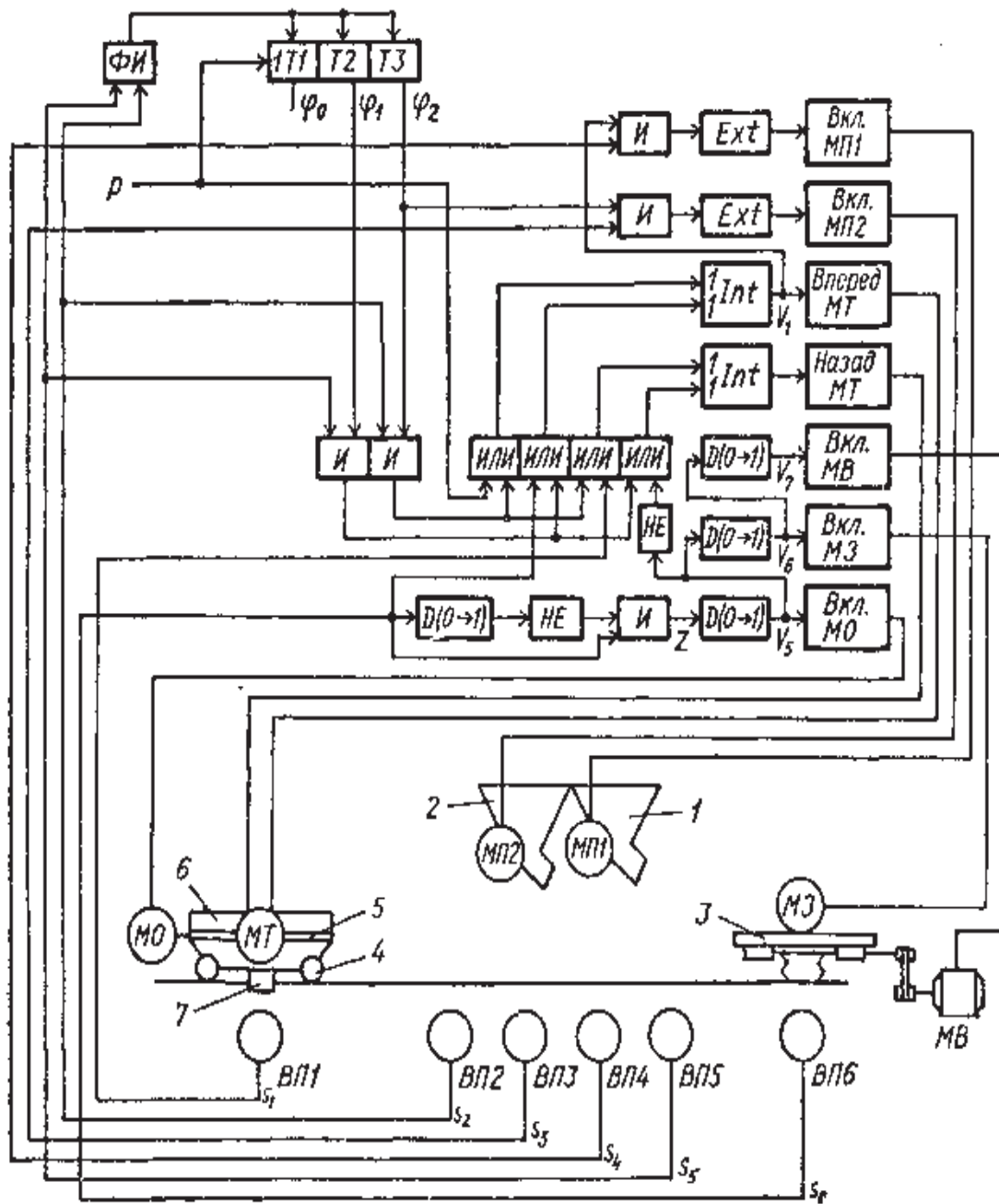


Рис. 3.83. Структурная схема автоматического управления установкой для формирования плит

После срабатывания путевого выключателя *ВП4* снова включается на определенное время двигатель *МП1* и в движущуюся форму укладывается второй слой бетонной смеси.

Когда платформа тележки окажется над виброплощадкой, срабатывает путевого выключатель *ВП6* и появляется сигнал s_6 . При этом с задержкой во времени последовательно включаются механизмы опускания платформы *МО*, захвата формы *МЗ* и двигатель привода вибратора *МВ*.

По истечении интервала времени, необходимого для окончания процесса виброуплотнения бетонной смеси, исполнительные механизмы

МО, *МЗ* и *МВ* отключаются, а двигатель *МТ* включается в направлении назад. Теперь тележка транспортирует отформованную плиту в исходный пункт, где срабатывает путевой выключатель *ВП1* и появляется сигнал s_1 , вследствие чего двигатель *МТ* отключается и тележка останавливается.

На основании анализа зависимости интервалов включения исполнительных механизмов от сигналов пускового элемента и путевых выключателей, а также регламентированной во времени последовательности включений можно записать алгоритмы формирования командных сигналов автоматического управления установкой для формирования плит (табл. 3.16).

3.7.5. Автоматическое управление оборудованием для формирования многопустотных панелей

В состав комплекта оборудования для формирования многопустотных панелей (рис.3.84) входят формовочная машина *1* вибрационного действия, бетоноукладчик *3* и самоходный портал *8* с виброщитом *7*.

Пустоты образуются за счет вибровкладышей *5*, которые вводятся в торцевые отверстия формы *6*. Бетонная смесь, подаваемая из бункера *2*, укладывается в два слоя. Бетонная смесь, подаваемая из бункера *2*, укладывается в два слоя. Нижний слой бетонной смеси уплотняется с помощью вибровкладышей, верхний слой – при совместной работе вибровкладышей и виброщита *7*, который опускается на форму лебедкой в рабочем положении портала.

При автоматическом управлении оборудованием для формирования многопустотных панелей выполняются рабочие операции, указанные в табл. 3.17.

Автоматическое управление оборудованием осуществляется следующим образом. При подаче пускового импульса p двигатель каретки *МК* формовочной машины включается в направлении вперед и вибровкладыши *5* вводятся в торцевые отверстия формы *6*. Когда каретка займет рабочее положение, появляется сигнал s_2 путевого выключателя *ВП2*; при этом двигатель *МК* отключается, а двигатель бетоноукладчика *МБ* включается в направлении вперед. Когда направляющее устройство *4* окажется над формой, появляется сигнал s_4 путевого выключателя *ВП4*, в результате чего включаются двигатели шнека питателя *МШ* и вибровкладышей *МВ1*. Теперь по мере передвижения бетоноукладчика бетонная смесь подается из бункера *2* и распределяется в форме направляющим устройством. При подходе последнего к заднему борту снастки появляется сигнал s_6 путевого выключателя *ВП6*. В этом случае двигатель *МШ* отключается, а двигатель *МБ* включается в направлении назад и бетоноукладчик возвращается в исходное положение, которое

контролируется путевым выключателем *ВПЗ*. Когда появляется сигнал s_3 путевого выключателя *ВПЗ*, двигатель *МБ* отключается.

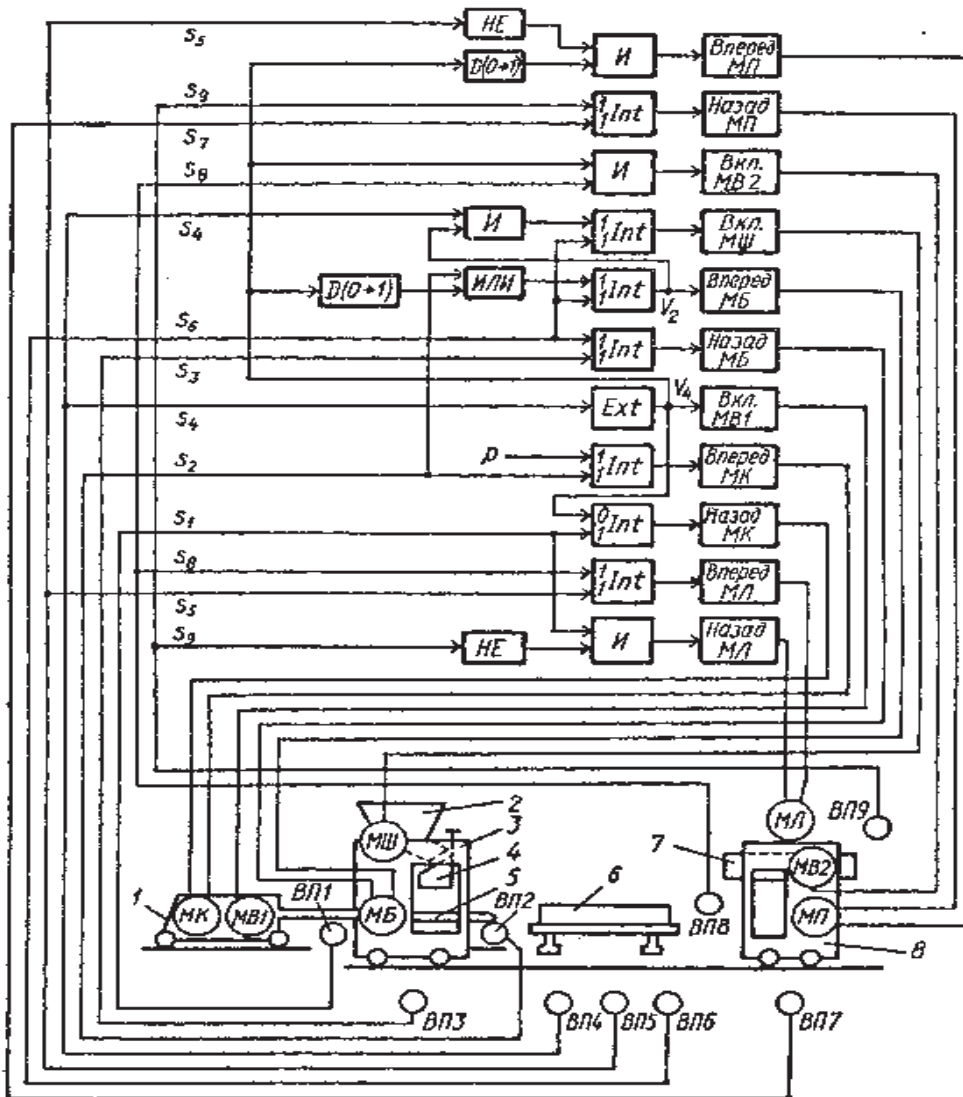


Рис. 3.84. Структурная схема автоматического управления оборудованием для формирования панелей

По истечении времени, требуемого для распределения и уплотнения нижнего слоя бетонной смеси, в форму укладывается верхний слой, после чего бетоноукладчик возвращается в исходное положение.

По истечении времени, необходимого для распределения и предварительного уплотнения верхнего слоя бетонной смеси, двигатель портала *МП* включается в направлении вперед. Когда самоходный портал достигнет рабочего положения, появится сигнал s_5 конечного выключателя *ВП5*, отключающий двигатель *МП*. Одновременно двигатель лебедки *МЛ* включается в направлении вперед и виброшита опускается на форму. После опускания виброшита появляется сигнал s_8 путевого выключателя *ВП8*;

при этом двигатель *МЛ* отключается и включается двигатель вибраторов щита *МВ2*.

Таблица 3.17

Характеристика рабочих операций при формировании многопустотных панелей

№ п/п	Рабочая операция	Начало операции	Конец операции
1	Перемещение каретки формовочной машины вперед	$(0 \rightarrow 1)p$	$(0 \rightarrow 1)s_2$
2	Перемещение бетоноукладчика вперед	$(0 \rightarrow 1)s_2$ С задержкой после начала операции 4	$(0 \rightarrow 1)s_6$
3	Укладка бетонной смеси	$(0 \rightarrow 1)s_4$ при выполнении операции 2	
4	Виброуплотнение нижнего слоя бетонной смеси	$(0 \rightarrow 1)s_4$	В функции времени
5	Перемещение бетоноукладчика назад	$(0 \rightarrow 1)s_6$	$(0 \rightarrow 1)s_3$
6	Перемещение портала вперед	С задержкой после начала операции 4	$(0 \rightarrow 1)s_5$
7	Опускание виброщита	$(0 \rightarrow 1)s_5$	$(0 \rightarrow 1)s_8$
8	Виброуплотнение верхнего слоя бетонной смеси	$(0 \rightarrow 1)s_8$	При окончании операции 4
9	Перемещение каретки формовочной машины назад	При окончании операции 4	$(0 \rightarrow 1)s_1$
10	Подъем виброщита	$(0 \rightarrow 1)s_1$	$(0 \rightarrow 1)s_9$
11	Перемещение портала назад	$(0 \rightarrow 1)s_9$	$(0 \rightarrow 1)s_7$

При истечении времени, необходимого для окончания процесса уплотнения бетонной смеси, двигатель *МВ1* и *МВ2* отключаются, а двигатель *МК* включается в направлении назад и каретка формовочной машины возвращается в исходное положение, которое контролируется путевым выключателем *ВП1*.

Когда появится сигнал s_1 путевого выключателя *ВП1*, двигатель *МК* отключается, а двигатель *МЛ* включается в направлении назад и виброщит поднимается.

После подъема виброщита появляется сигнал s_9 путевого выключателя *ВП9*, отключающий двигатель *МЛ*. Одновременно двигатель *МП* включается в направлении назад. Когда самоходный портал займет исходное положение, появляется сигнал s_7 путевого выключателя *ВП7*. При этом двигатель *МП* отключается и цикл работы формовочного оборудования заканчивается.

**Алгоритмы формирования командных сигналов при формировании
многопустотных панелей**

Циклограмма включения исполнительных механизмов	Исполнительный механизм	Обозначение ИМ	Алгоритм формирования КС
	Двигатель привода каретки	<i>МК</i> (вперед)	$Int[(0 \rightarrow 1)p - (0 \rightarrow 1)s_2]$
	Двигатель привода бетоноукладчика	<i>МБ</i> (вперед)	$V_2 = Int[(0 \rightarrow 1)Y - (0 \rightarrow 1)s_6]$ $Y = s_2 \vee D_1(0 \rightarrow 1)V_4$
	Двигатель шнека питателя	<i>МШ</i>	$Int[(0 \rightarrow 1)V_2s_4 - (0 \rightarrow 1)s_6]$
	Двигатель привода бетоноукладчика	<i>МБ</i> (назад)	$Int[(0 \rightarrow 1)s_6 - (0 \rightarrow 1)s_3]$
	Двигатель вибровкладышей	<i>МВ1</i>	$V_4 = Ext(s_4)$
	Двигатель привода портала	<i>МП</i> (вперед)	$[D_2(0 \rightarrow 1)V_4]\bar{s}_5$
	Двигатель привода лебедки	<i>МЛ</i> (вперед)	$Int[(0 \rightarrow 1)s_5 - (0 \rightarrow 1)s_8]$
	Двигатель привода щита	<i>МВ2</i>	s_8V_4
	Двигатель привода каретки	<i>МК</i> (назад)	$Int[(0 \rightarrow 1)V_4 - (0 \rightarrow 1)s_1]$
	Двигатель привода лебедки	<i>МЛ</i> (назад)	$s_1\bar{s}_9$
	Двигатель привода портала	<i>МП</i> (назад)	$Int[(0 \rightarrow 1)s_9 - (0 \rightarrow 1)s_7]$

Примечания:

1. *A* – начало циклограммы; *B* – продолжение циклограммы.
2. Цифры на циклограмме соответствуют рабочим операциям, указанным в табл. 3.17.