

Установа адукацыі
«БЕЛАРУСКІ ДЗЯРЖАЎНЫ
ТЭХНАЛАГІЧНЫ ЎНІВЕРСІТЭТ»

**МАШЫНЫ І АБСТАЛЯВАННЕ
ПРАДПРЫЕМСТВАЎ
БУДАЎНІЧЫХ МАТЭРЫЯЛАЎ**

У 2-х частках

**Ч. 2. Спецыяльныя машыны
і абсталяванне**

**У 2-х кнігах
Кніга 1**

Датушчана

*Міністэрствам адукацыі Рэспублікі Беларусь
у якасці вучэбнага дапаможніка для студэнтаў
устаноў вышэйшай адукацыі па спецыяльнасці
«Машыны і апараты хімічных вытворчасцей
і прадпрыемстваў будаўнічых матэрыялаў»*

Мінск 2021

УДК 691:621.7/.9(075.8)

ББК 38.3я73

М38

А ў т а р ы :

П. Я. Вайцяховіч, В. С. Францкевіч, П. С. Грэбянчук, Д. М. Бароўскі

Р э ц е н з е н т ы :

дырэктар навукова-даследчага

і праектна-вытворчага РУП «Інстытут НДІБМ»

В. І. Лабачэўскі;

кафедра «Будаўнічыя і дарожныя машыны» БНТУ

(загадчык кафедры доктар тэхнічных навук,

прафесар *А. У. Вавілаў*)

Усе правы на дадзенае выданне абаронены. Узнаўленне ўсёй кнігі або яе часткі не можа быць ажыццёўлена без дазволу ўстановы адукацыі «Беларускі дзяржаўны тэхналагічны ўніверсітэт»

Машыны і абсталяванне прадпрыемстваў будаўнічых матэрыялаў. У 2 ч. Ч. 2, кн. 1. Спецыяльныя машыны і абсталяванне : вучэб. дапам. для студэнтаў устаноў вышэйшай адукацыі па спецыяльнасці «Машыны і апараты хімічных вытворчасцей і прадпрыемстваў будаўнічых матэрыялаў» / П. Я. Вайцяховіч [і інш.]. – Мінск : БДТУ, 2021. – 195 с.
ISBN 978-985-530-870-7.

Першая частка вучэбнага дапаможніка выйшла ў свет у 2018 г. У другой частцы, падзеленай на дзве кнігі, абсталяванне класіфікавана па галіновай прыкмеце. У першай кнізе разглядаюцца машыны і аграгаты для вытворчасці вяжучых матэрыялаў, азбестацэментных і жалезабетонных вырабаў. Па кожнай тэме спачатку прыводзіцца спрошчаная тэхналагічная схема, а затым апісваецца тыповае і перспектыўнае абсталяванне. Шмат увагі надаецца разліку машын і абсталявання спецыяльнага прызначэння.

Выданне можа выкарыстоўвацца студэнтамі інжынерна-тэхнічных і хіміка-тэхналагічных спецыяльнасцей, якія звязаны з вытворчасцю будаўнічых матэрыялаў і сумежнымі галінамі.

УДК 691:621.7/.9(075.8)

ББК 38.3я73

ISBN 978-985-530-870-7 (Ч. 2)

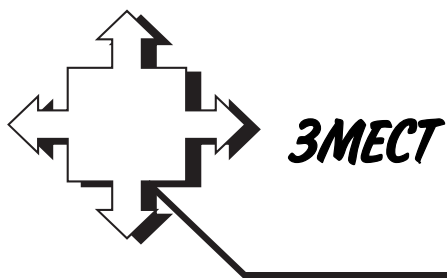
ISBN 978-985-530-626-0

© УА «Беларускі дзяржаўны

тэхналагічны ўніверсітэт», 2021

© Вайцяховіч П. Я., Францкевіч В. С.,

Грэбянчук П. С., Бароўскі Д. М., 2021



Прадмова	6
1. Абсталяванне для вытворчасці вяжучых матэрыялаў	8
1.1. Абсталяванне для вытворчасці цэменту	8
1.1.1. Тэхналагічныя комплексы для вытворчасці цэменту	8
1.1.2. Агрэгаты для падрыхтоўкі сыравіннай сумесі	13
1.1.3. Агрэгаты для карэкціроўкі і гамагенізацыі сыравіннай сумесі	16
1.1.4. Печы для атрымання клінкеру	19
1.1.5. Асновы разліку вярчальнай печы	26
1.1.6. Шляхі інтэнсіфікацыі цеплаабмену пры абпале шлікеру	31
1.1.7. Халадзільнікі клінкеру	39
1.1.8. Агрэгаты для памолу клінкеру	43
1.2. Абсталяванне для вытворчасці вапны	44
1.3. Абсталяванне для вытворчасці гіпсу	47
1.3.1. Тэхналагічныя комплексы для вытворчасці гіпсу	47
1.3.2. Дэгідратары гіпсавай сыравіны	50
2. Машыны і абсталяванне для вытворчасці азбестацэментных вырабаў	54
2.1. Тэхналагічныя комплексы для фармавання азбестацэментных вырабаў	54
2.2. Агрэгаты для распушкі азбесту і прыгатавання азбестацэментнай сумесі	57
2.3. Канструкцыя лістафармавальнай машыны і яе асноўных вузлоў	62
2.4. Разлік лістафармавальнай машыны	68
2.5. Канструкцыя і прынцып дзеяння хваліравальніка	72

2.6. Спецыяльныя пад'ёмна-транспартныя механізмы ў вытворчасці азбестацэментных лістоў	74
2.7. Трубафармавальныя машыны	77
3. Абсталяванне для вытворчасці жалезабетонных вырабаў	82
3.1. Тэхналагічныя комплексы для вытворчасці жалезабетонных вырабаў	82
3.1.1. Агульныя звесткі пра бетон і жалезабетон	82
3.1.2. Спосабы вытворчасці жалезабетонных вырабаў	82
3.1.3. Формы для жалезабетонных вырабаў	87
3.2. Абсталяванне для нарыхтоўкі арматуры	90
3.2.1. Арматура для жалезабетонных вырабаў	90
3.2.2. Правільна-адразныя станкі	91
3.2.3. Разлік правільна-адразных станкоў	97
3.2.4. Станкі для рэзкі арматуры	101
3.2.5. Станкі для згінання арматуры	102
3.2.6. Абсталяванне для вырабу арматурных сетак і каркасаў	104
3.2.7. Абсталяванне для ўкладкі і нацяжэння папярэдне напружанай арматуры	107
3.2.8. Разлік арматурна-намотачнай машыны	112
3.3. Абсталяванне для прыгатавання, транспартавання і ўкладкі бетоннай сумесі	114
3.3.1. Характарыстыка бетонных сумесей	114
3.3.2. Транспартаванне бетоннай сумесі да месца ўкладкі	117
3.3.3. Абсталяванне для ўкладкі бетоннай сумесі	120
3.3.4. Разлік бетонаўкладчыкаў	123
3.4. Ушчыльненне бетоннай сумесі вібраваннем	125
3.4.1. Тэарэтычныя асновы вібрацыйнага ўшчыльнення	125
3.4.2. Вібрапабуджальнікі	129
3.4.3. Устаноўкі для ўшчыльнення бетоннай сумесі з гарманічнымі ваганнямі	132
3.4.4. Разлік вібрапляцовак	138
3.4.5. Ударна-імпульсныя ўстаноўкі для ўшчыльнення бетоннай сумесі	141
3.5. Ушчыльненне бетоннай сумесі прасаваннем	144
3.5.1. Асноўныя заканамернасці прасавання	144
3.5.2. Прасавальнае абсталяванне для фармавання плоскіх і фасонных вырабаў	150

3.5.3. Прасавальнае абсталяванне для фармавання труб.....	153
3.5.4. Агрэгаты для фармавання малагабарытных вырабаў метадам дынамічнага прасавання.....	155
3.6. Ушчыльненне бетоннай сумесі цэнтрыфугаваннем	158
3.6.1. Тэарэтычныя асновы цэнтрыфугавання	158
3.6.2. Канструкцыі цэнтрыфуг	161
3.7. Спецыяльныя фармавальныя ўстаноўкі	166
3.7.1. Устаноўкі для фармавання шматпустотных вырабаў.....	166
3.7.2. Касетныя фармавальныя ўстаноўкі	170
3.7.3. Устаноўкі для фармавання аб'ёмна-блочных вырабаў.....	173
3.8. Абсталяванне для аздабы бетонных паверхняў	176
3.8.1. Спосабы аздабы паверхняў у заводскіх умовах	176
3.8.2. Машыны для загладжвання бетонных паверхняў	177
3.8.3. Характарыстыка якасці загладжвання	185
3.8.4. Разлік магутнасці прываду загладжвальных рабочых органаў	189
3.8.5. Машыны для канчатковай аздабы бетонных паверхняў.....	191



У другой частцы вучэбнага дапаможніка, выдадзенага ў дзвюх кнігах, разгледжана абсталяванне спецыяльнага прызначэння. Гэта ў асноўным агрэгаты для фармавання розных вырабаў будаўнічай індустрыі. Увесь комплекс машын і абсталявання такога прызначэння звычайна класіфікуецца па галіновай прыкмеце. У вытворчасці будаўнічых матэрыялаў можна вылучыць некалькі спецыфічных падгалін, якія адрозніваюцца выкарыстоўваемым у іх абсталяваннем і камплектацыяй тэхналагічных ліній.

Істотныя адрозненні маюць вытворчасці вяжучых матэрыялаў, азбестацэментных, жалезабетонных і сілікатных вырабаў, будаўнічых вырабаў з керамікі і шкла. Сюды, як асобнай падгаліной, можна аднесці яшчэ і вытворчасць цеплаізаляцыйных матэрыялаў. Менавіта з арыентацыяй на ўказаныя вытворчасці разглядалася і абсталяванне ў папярэдніх выданнях. Такая накіраванасць прынята і аўтарамі дадзенай кнігі. Аднак у апошні час адбыліся карэнныя змяненні ў прамысловасці будаўнічых матэрыялаў. Значная частка састарэлага абсталявання заменена на новае, больш эфектыўнае, заснаванае на другіх прынцыпах. Таму аўтары не маглі ігнараваць гэты працэс. У нашым вучэбным дапаможніку разгледжаны асноўныя мадыфікацыі новых узораў тэхнікі, што прынцыпова адрознівае яго ад ранейшых выданняў.

Асаблівае выкладання матэрыялу ў гэтым выданні заключаецца ў тым, што ў пачатку кожнага раздзела прыведзена агульная характарыстыка тэхналагічнага комплексу з невялікім экскурсам у тэхналогію. Тут указаны спецыфіка размяшчэння абсталявання ў тэхналагічнай лініі, транспартныя аперацыі паміж асноўнымі агрэгатамі і прыведзена характарыстыка механізмаў для іх ажыццяўлення. Толькі пасля гэтага пачынаецца разгляд будовы

і прынцыпу дзеяння асноўных тэхналагічных агрэгатаў, іх кінематыкі, асаблівасцей прываду.

Спецыяльнае абсталяванне для вытворчасці будматэрыялаў адрозніваецца значна большай разнастайнасцю, чым агульнае, паводле віду механізмаў, выкарыстоўваемых для іх стварэння, па кампаноўцы і складанасці кінематычных схем. Тут вельмі часта выкарыстоўваецца гідра- і пнеўмапрывад. Вядома, што такое ўскладненне накладвае свой адбітак і на методыку разліку асобных узораў машын і агрэгатаў. Па аналогіі з першай часткай дапаможніка будуць разгледжаны методыкі разліку, заснаваныя ў асноўным на лагічным вывадзе разліковых залежнасцей. Усе параметры ў канчатковых формулах будуць адпавядаць Міжнароднай сістэме адзінак вымярэння (Сі).

У цэлым лічым, што вучэбны дапаможнік будзе карысным для студэнтаў механічнага і тэхналагічнага профілю, а таксама інжынера-тэхнічных работнікаў вытворчасці будаўнічых матэрыялаў і сумежных галін.

Аўтары выказваюць вялікую падзяку супрацоўніцы кафедры машын і апаратаў хімічных і сілікатных вытворчасцей Жданені П. А. за тэхнічную дапамогу пры падрыхтоўцы аўтарскага арыгінала вучэбнага дапаможніка.



АБСТАЛЯВАННЕ ДЛЯ ВЫТВОРЧАСЦІ ВЯЖУЧЫХ МАТЭРЫЛАЎ

Асноўнымі вяжучымі матэрыяламі пры вытворчасці розных вырабаў для будаўнічай галіны з'яўляюцца цэмент, вапна і гіпс. Гэта парашкападобныя рэчывы, якія ў сумесі з запаўняльнікамі ў прысутнасці вады пры адпаведных умовах цвярдзення даюць магчымасць атрымаць вырабы рознай формы з патрабуемымі трываласнымі характарыстыкамі. Тэхналогіі атрымання ўсіх вяжучых матэрыялаў на асноўных стадыях вытворчасці даволі падобныя. Яны заключаюцца ў здрабненні і перамешванні сыравінных кампанентаў, тэрмічнай апрацоўцы і памале атрыманага пасля яе прадукту.

1.1. Абсталяванне для вытворчасці цэменту

1.1.1. Тэхналагічныя комплексы для вытворчасці цэменту

Цэмент з'яўляецца асноўным вяжучым матэрыялам у будаўнічай індустрыі. Гэта гідраўлічнае вяжучае, якое цвярдзее ў вадзе і на паветры. Ён атрымліваецца шляхам сумеснага памолу клінкеру і гіпсу. Клінкер, у сваю чаргу, уяўляе сабой сплаў аксідаў: CaO – 62–67%; SiO_2 – 20–24%; Al_2O_3 – 4–7%; Fe_2O_3 – 2–5%; MgO – 0,5–4,5%.

У якасці сыравінных матэрыялаў для вытворчасці цэменту выкарыстоўваюцца карбанатныя, карбанатна-гліністыя і гліністыя пароды. Найбольш распаўсюджаным сыравінным кампанентам, які забяспечвае ўтрыманне ў клінкеры пераважнага аксиду кальцыю, з'яўляецца мел. Гэта кальцытавая парода з утрыманнем 98–99% CaCO_3 . У якасці карбанатна-гліністага кампанента выкарыстоўваецца мергель, які ўключае 50–80% кальцыту і 20–50% глініста-пясчаных часцінак. Гліністыя пароды забяспечваюць у сыравіннай сумесі неабходную колькасць кіслотных аксідаў: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 .

Такім чынам, зыходзячы з сыравінных кампанентаў і складу клінкеру, відавочна, што першыя дзве стадыі вытворчасці цэменту заключаюцца ў падрыхтоўцы сыравінных кампанентаў і іх тэрмічнай апрацоўцы. Пры тэрмаапрацоўцы адбываецца дэкарбанізацыя CaCO_3 і спяканне ўсіх аксідаў з атрыманнем клінкеру. На трэцяй, заключнай стадыі працэсу ажыццяўляецца яго памол сумесна з дабаўкамі. Гэта ў асноўным гіпс (да 5%) і іншыя прыродныя і штучныя дабаўкі. Да прыродных адносяцца дыятаміт, трэпел, да штучных – доменны шлак.

Цэмент у прамысловых умовах атрымліваюць двума асноўнымі спосабамі: мокрым і сухім. Яны адрозніваюцца, перш за ўсё, стадыяй падрыхтоўкі сыравінных кампанентаў. Пры мокрым спосабе іх разбаўляюць вадой з утварэннем шламу. Сыравінныя кампаненты ў выглядзе шламу падаюцца на тэрмічную апрацоўку.

Адметнай асаблівасцю сухога спосабу з'яўляецца папярэдняе падсушка сыравінных кампанентаў. Затым праводзіцца іх памол з атрыманнем тонкадысперснай сыравіннай мукі. У такім стане сыравіна падаецца ў цеплавы аграгат.

Схема традыцыйнага мокрага спосабу прадстаўлена на рыс. 1.1.

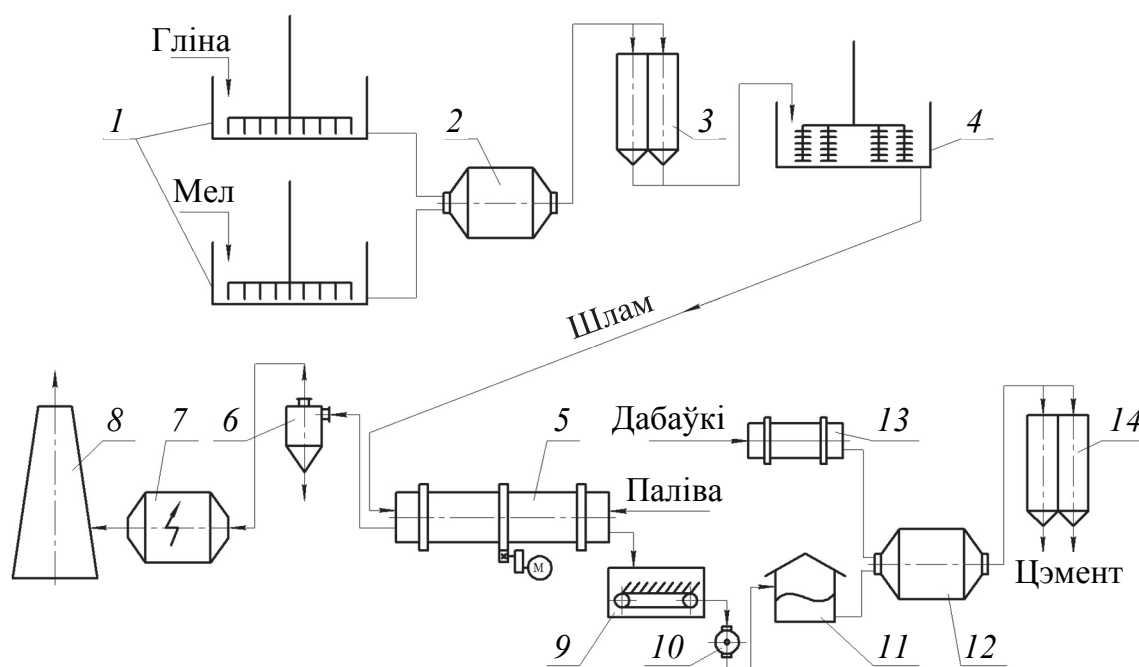


Рис. 1.1. Техналогічна схема мокрого способу вытворчасці цэменту

Вільготнасць глінянага шламу знаходзіцца ў межах 60–70%, мелавога – 35–45%. Яна ў агульным выпадку вызначаецца па формуле

$$w = \frac{m_{\text{в}}}{m_{\text{ц}} + m_{\text{в}}} 100\%, \quad (1.1)$$

дзе $m_{\text{в}}$ і $m_{\text{ц}}$ – маса вадкасці і цвёрдай фазы.

Па вільготнасці можна вызначыць утрыманне ў шламе цвёрдай фазы:

$$m_{\text{ц}} = \frac{m_{\text{в}}(100 - w)}{w}, \quad (1.2)$$

або вадкасці

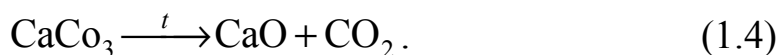
$$m_{\text{в}} = \frac{m_{\text{ц}} w}{100 - w}. \quad (1.3)$$

Паколькі сыравінныя кампаненты ў нашай краіне маюць высокую вільготнасць (да 30%), то першай тэхналагічнай машынай у гэтай схеме з'яўляецца боўталка 1. У ёй матэрыял разбаўляецца вадой у сярэднім да 50% і ажыццяўляецца першая стадыя дыспергавання ў мокрым стане.

Другая стадыя памолу праводзіцца ў барабанным млыне 2. Затым атрыманы шлам карэктіруецца па аксідах у вертыкальным 3 і гарызантальным 4 шламбасейнах, апошні выконвае функцыі ёмістасці-запасніка. Адтуль шлам падаецца ў вярчальную печ 5. Супрацьтокам яму рухаюцца высокатэмпературныя топачныя газы, якія атрымліваюцца пры спальванні паліва ў супрацьлеглым канцы печы. Адпрацаваныя топачныя газы праходзяць ачыстку ў цыклонах 6 і электрафільтры 7 і выкідваюцца ў выхляпную трубу 8. Атрыманы ў вярчальнай печы клінкер паступае ў халадзільнік клінкеру 9. Там ён ахаладжваецца паветрам і праходзіць першасную стадыю драбнення ў малаткавай драбілцы 10. Здробнены клінкер адпраўляецца на склад 11, дзе вытрымліваецца нейкі час. Заключная стадыя вытворчасці цэменту – гэта памол клінкеру, звычайна ў барабанным млыне 12, сумесна з гіпсам і дабаўкамі. Дабаўкі, пры неабходнасці, здрабняюцца і падсушваюцца ў барабаннай сушыльцы 13. З млына 12 выгружаецца ўжо гатовы цэмент, які захоўваецца ў сіласах 14 і адгружаецца з іх спажывцам.

Прыхільнікі мокрага спосабу вытворчасці цэменту доўгі час адстойвалі сваю ідэю і адмаўляліся пераходзіць на сухі спосаб. Асноўнымі аргументамі пры гэтым былі: магчымасць дасягнення больш тонкага памолу ў вадкім асяроддзі з-за адсутнасці агламерацыі часцінак і прадухіленне пылавыхіду на стадыі падрыхтоўкі

ў рукаўным фільтры 4 і выкідваюцца праз трубу 5. Сыравінны матэрыял у выглядзе сухой тонкадысперснай мукі збіраецца ў прамежкавых бункерах 6. Гамагенізацыя і карэкціроўка сыравіннай мукі ажыццяўляюцца ў сіласе 7 з інтэнсіўнай аэрацыяй. З сіласаў сыравіна падаецца ў верхнюю зону цыклонна-каскадных цеплаабменнікаў 8. Рухаючыся паслядоўна па цыклонах зверху ўніз, часцінкі сыравіны кантактуюць з гарачымі газамі, якія рухаюцца насустрач. У цыклонных цеплаабменніках яны падаграваюцца і пападаюць у дэкарбанізатар 9. Гэта апарат ёмістага тыпу, у якім устаноўлены гарэлкі і падаецца адпаведная частка паліва. Пры яго згаранні часцінкі сыравіны дасягаюць тэмпературы, дастатковай для дэкарбанізацыі мелу з атрыманнем аксиду кальцыю:



З дэкарбанізатара 9 сыравіна пападае ў вярчальную печ 10, дзе адбываецца канчатковы абпал і ўтварэнне клінкеру. Печ, як і пры мокрым спосабе, працуе ў рэжыме супрацьтоку. У ёй таксама ўстаноўлены гарэлкі і спальваецца большая доля паліва. Тэмпература ў вярчальнай печы павінна быць большая, чым у дэкарбанізатары. Абпалены прадукт на выхадзе з печы 10 пападае ў халадзільнік клінкеру 11. Там ён ахаладжваецца паветрам і праходзіць папярэдняе здрабненне ў малатковай драбілцы 12, скампанаванай разам з халадзільнікам. Здробнены клінкер падаецца на склад 13.

На сучасных цэментных заводах пачалі выкарыстоўваць цвёрдае паліва (вугаль, торф). Перад падачай у печ яно патрабуе адпаведнай падрыхтоўкі. Так, вугаль спачатку здрабняецца ў малатковай драбілцы 14 і падаецца для захоўвання на склад 15. Яго патрэбная колькасць збіраецца са склада і прапускаецца праз валковы сярэдняходны млын 16. На выхадзе атрымліваецца пылападобная фракцыя, якая праз прамежкавыя бункеры 17 падаецца на гарэлкі дэкарбанізатара 9 і вярчальнай печы 10. Пры выкарыстанні вадкага або газападобнага паліва гэта стадыя вытворчасці не патрэбная.

Клінкер са склада 13 набіраецца ў расходныя бункеры 18. У такіх бункерах назапашваюцца і дабаўкі. Сумесны іх памол ажыццяўляецца ў барабанных млынах 19, якія, часцей за ўсё, працуюць у замкнёным цыкле. На некаторых вытворчасцях могуць выкарыстоўвацца і другія, больш прагрэсіўныя схемы памолу.

Атрыманы ў выніку памолу цэмент перадаецца на склад, дзе захоўваецца ў сіласах 20 з абавязковай аэрацыяй. З сіласаў, як гатовы прадукт, ён адгружаецца спажывецам.

Эксплуатацыя тэхналагічных ліній сухога спосабу ў вытворчасці цэменту паказала, што яны забяспечваюць значна большую прадукцыйнасць у параўнанні з мокрым. Пры гэтым істотна зніжаюцца адносныя энергазатраты на тону гатовай прадукцыі, што можна лічыць асноўнай перавагай сухога спосабу. Аднак пры пераходзе на сухі спосаб павялічваюцца патрабаванні да якасці сыравіны, яе вільготнасці, утрымання камяністых уключэнняў. Таму распрацоўка тэхналогіі і выбар абсталявання для стадыі падрыхтоўкі сыравінных кампанентаў павінны праходзіць праз сур'ёзнае абмеркаванне і аналіз, абгрунтоўваюцца тэхніка-эканамічнымі разлікамі.

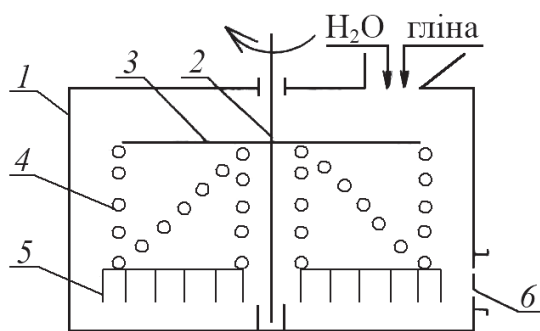
У некаторых выпадках больш эканамічна выгадным можа аказацца камбінаваны спосаб вытворчасці цэменту. Ён адрозніваецца тым, што сыравінныя кампаненты падрыхтоўваюцца па мокрым спосабе, а ўсе астатнія стадыі праводзяцца па сухім. Папярэдняе абязводжванне сыравіны пры гэтым рэалізуецца метадам фільтравання.

1.1.2. Агрэгаты для падрыхтоўкі сыравіннай сумесі

З агульнай характарыстыкі тэхналагічных комплексаў вытворчасці цэменту бачна, што стадыя падрыхтоўкі сыравінных кампанентаў заключаецца, перш за ўсё, у іх здрабненні ад нейкіх пачатковых да канцавых размераў. Канцавы размер часцінак сыравіны павінен знаходзіцца ў межах 200–240 мкм.

Спецыфіка тэхналагічнага працэсу падрыхтоўкі абсталявання для яго правядзення абумоўлена ў асноўным вільготнасцю сыравінных кампанентаў і выбарам у сувязі з гэтым спосабу вытворчасці цэменту. Паколькі камбінаваны спосаб не знайшоў шырокага выкарыстання, то выбар звычайна робіцца паміж мокрым і сухім. Па гэтай прычыне і абсталяванне для падрыхтоўчай стадыі будзе разглядацца для двух указаных спосабаў.

Мокры спосаб. Традыцыйна першая стадыя здрабнення рэалізавалася ў боўталках (рыс. 1.3). Гэта агрэгат цыклічнага дзеяння, які ўяўляе сабой шматгранны бетонны рэзервуар 1. У папярочным сячэнні ён дасягае 12 м, у вышыні – 5,5 м. На вертыкальным прывадным вале 2 боўталкі замацавана траверса 3, да якой на ланцугах 4 падвешаны бароны 5.



Рыс. 1.3. Боўталка

Кожная з барон звычайна забяспечана двума радамі стрыжняў (зубоў) дыяметрам 60–80 мм. Такі своеасаблівы рабочы орган круціцца з лінейнай хуткасцю па знешнім дыяметры да 5 м/с.

Пры яго руху адбываецца дыспергаванне, або, інакш, роспуск, гліны і мелу за кошт механічнага і гідрадынамічнага

ўздзеяння і адначасова іх перамешванне з вадой. Па заканчэнні працэсу дробныя часцінкі выдаляюцца ў выглядзе шламу праз каласніковую рашотку 6 з размерам адтулін 5–6 мм. Камяністыя ўключэнні застаюцца на дне боўталкі і выдаляюцца перыядычна грэйферам праз верхнія люкі ці праз ніжні люк, а затым выгружаюцца на ваганеткі. Ланцуговая падвеска барон якраз выконвае функцыі перасцерагальнай прылады пры сутыкненні яе зубоў з камянямі. Агульная прадукцыйнасць боўталкі на гліна-мелавым шламе дасягае 100 т/гадз.

Другая стадыя здрабнення праводзіцца ў двухкамерных барабанных млынах з гумавай футроўкай. Тыповы размер такіх млыноў (4×13,5) м. Яго прадукцыйнасць можа дасягаць 150 т/гадз пры магутнасці прываду рухавіка да 3200 кВт. На выхадзе з млына атрымліваецца шлам з размерам часцінак не больш як 240 мкм.

Больш перспектыўным на першай стадыі памолу можна лічыць выкарыстанне млыноў «Гідрафол». Так, прадукцыйнасць такога млына размерам (7,2×2,3) м пры здрабненні гліна-мелавага шламу можа дасягаць 400 т/гадз. Прычым млыны «Гідрафол» працуюць у няспынным рэжыме і яны менш адчувальныя да ўтрымання ў зыходнай сыравіне камяністых уключэнняў. Наогул, упамянуты вышэй млын можа прымаць кавалкі зыходнага матэрыялу размерам да 800 мм. А ў канцавым прадукце на выхадзе з яго да 80% часцінак маюць размер менш за 240 мкм. Пры арганізацыі класіфікацыі часцінак пасля млына «Гідрафол» можна значна знізіць нагрузку на другую стадыю памолу ў барабанным млыне. Але эфектыўна ажыццявіць яе, калі шлам мае высокую вязкасць, праблематычна. Спробы выкарыстаць агрэгаты з перфараванай паверхняй аказаліся няўдалымі з-за забіўкі перфараванай паверхні і яе высокага абразіўнага зносу. Адзіным простым і эфектыўным агрэгатам для выканання гэтай задачы застаецца гідрацыклон. Ад абразіўнага зносу ён засцерагаецца футроўкай з каменнага ліцця ці поліўрэтану.

Сухі спосаб. Пры гэтым спосабе вытворчасці цэменту падрыхтоўка сыравінных кампанентаў заключаецца ў здрабненні і сушцы. З улікам высокай вільготнасці і наяўнасці камяністых уключэнняў у першых тэхналагічных лініях гэта стадыя рэалізоўвалася ў двух паслядоўна ўстаноўленых агрэгатах: млыне «Аэрафол» і шахтным млыне. Млын «Аэрафол», як і «Гідрафол», можа ўстойліва працаваць з камяністай сыравінай. Камяні дадаткова выконваюць функцыю здрабняльных цел і павышаюць эфектыўнасць працэсу здрабнення. Абодва тэхналагічныя агрэгаты ў адзначаных лініях працавалі ў замкнёным цыкле з падачай у іх топачных газаў і наступнай класіфікацыяй матэрыялаў. Такім чынам, праводзілася здрабненне і адначасова падсушка сыравінных кампанентаў. І трэба зазначыць, што такая кампаноўка тэхналагічнага працэсу на стадыі падрыхтоўкі сыравінных кампанентаў аказалася даволі ўдалай і эфектыўна функцыянавала доўгі час. Аднак тэхніка-эканамічны аналіз паказаў, што энергазатраты на гэтай стадыі, асабліва з-за выкарыстання млына «Аэрафол», вялікія. Таму на сучасных заводах сухога спосабу працэс падрыхтоўкі сыравіны рэалізуецца ў больш энергаэфектыўных агрэгатах (рыс. 1.2). Папярэдняе здрабненне ажыццяўляецца ў зубчастых валковых драблках, а канчатковы памол з адначасовай падсушкай – у сярэдняходным млыне. Прадукцыйнасць усяго тэхналагічнага модуля на падрыхтоўцы сыравіны складае 450 т/гадз. Прычым на айчынных заводах выкарыстоўваецца выключна сярэдняходны валковы млын фірмы «Пфайфер» з топрападобнымі размольнымі валкамі. Тут трэба зазначыць, што лідарам у распрацоўцы такіх памольных агрэгатаў і выкарыстанні іх у цэментнай вытворчасці з'яўляецца фірма «Лёшэ». Увогуле прынятая схема падрыхтоўкі сыравінных кампанентаў эфектыўна працуе на сухой сыравіне з вільготнасцю да 20% і без камяністых уключэнняў.

Пры выбары такога абсталявання для нашых цэментных заводаў з іх спецыфічнай сыравінай указаныя асаблівасці не былі ўлічаны. Па гэтай прычыне эксплуатацыя новага абсталявання суправаджаецца тэхнічнымі праблемамі і дадатковымі эканамічнымі затратамі.

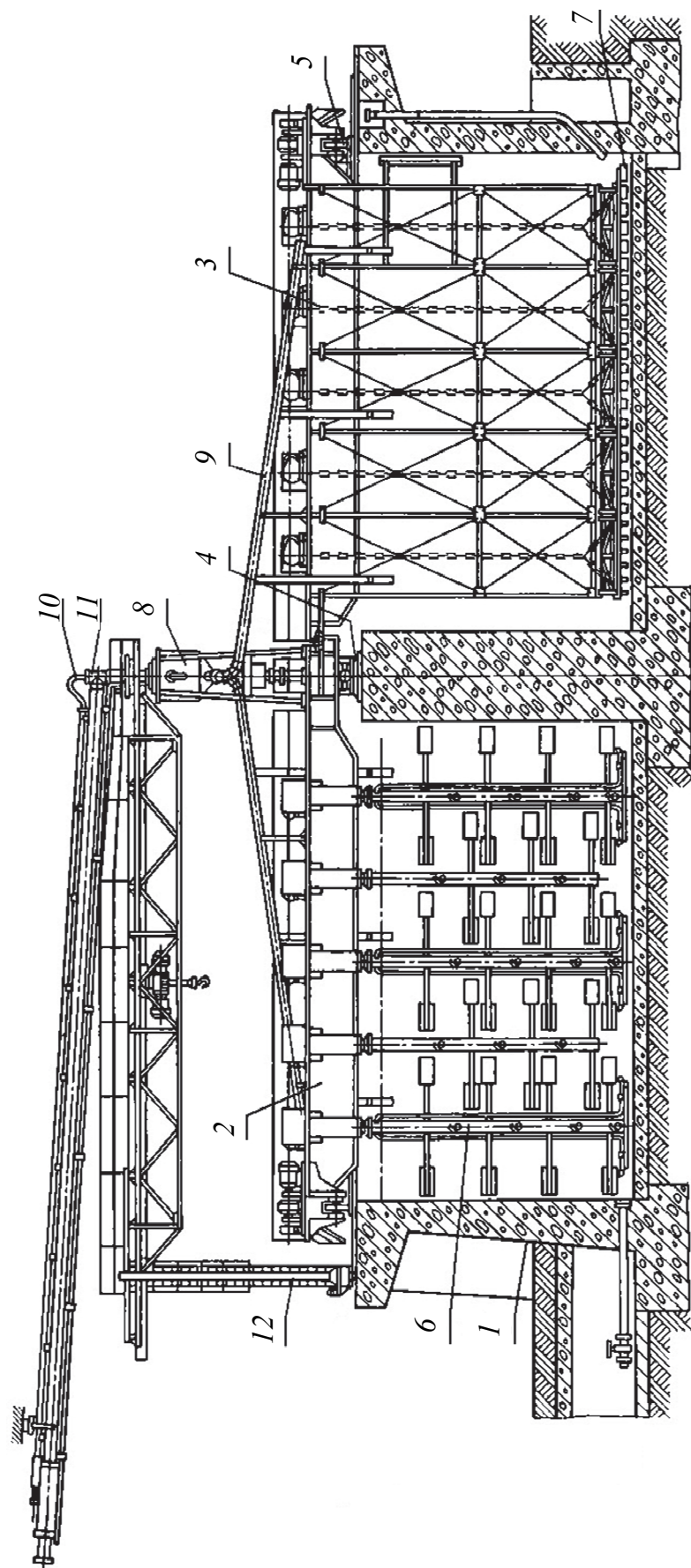
Больш удалым можна лічыць вяртанне да шахтнага млына і выкарыстанне яго ў якасці агрэгата для памолу і падсушкі сыравінных кампанентаў. Нягледзячы на вядомыя недахопы ударных млыноў у параўнанні з сярэдняходнымі, у дадзеным выпадку пры эксплуатацыі ў вытворчых умовах яны паказалі сябе больш прыдатнымі для нашай сыравіны.

1.1.3. Агрэгатy для карэкціроўкі і гамагенізацыі сыравіннай сумесі

У працэсе падрыхтоўкі сыравіннай сумесі ўзнікаюць адхіленні яе хімічнага складу ад патрабуемага. Гэта звязана з ваганнямі складу асобных кампанентаў, недакладнасцямі пры іх дазіроўцы. Таму перад падачай у цеплавы агрэгат шлам павінен быць адкарэкціраваны да патрэбнага хімічнага складу, які забяспечыць утрыманне ў клінкеры адпаведнай долі кожнага з асноўных аксідаў. Адначасова з карэкціроўкай праводзіцца і гамагенізацыя сумесі. Яна заключаецца ў раўнамернасці размеркавання асобных кампанентаў па аб'ёме сумесі перад падачай на абпал. Сыравінная сумесь пры мокрым і сухім спосабах вытворчасці цэменту характарызуецца рознымі ўласцівасцямі. Таму ўказаныя вышэй працэсы для іх маюць свае асаблівасці і адрозніваюцца па выкарыстоўваемым абсталяванні.

Мокры спосаб. Карэкціроўка шламу ажыццяўляецца ў вертыкальных шламбасейнах. Гэта звычайна бетонны рэзервуар з камбінаванай (пнеўматычнай і цыркуляцыйнай) сістэмай перамяшвання. Дыяметр рэзервуара – 6–12 м, вышыня – 10–22 м, аб'ём – да 1200 м³. Па яго восі ўстаноўлена вертыкальная труба дыяметрам 100–150 мм з бакавымі адтулінамі. У трубу падаецца сціснутае паветра, якое пры выхадзе праз адтуліны забяспечвае пнеўматычнае перамяшванне. Для яго інтэнсіфікацыі з дапамогай шламавай цэнтрабежнай помпы па знешнім трубаправодзе арганізуецца цыркуляцыя шламу па замкнёным контуры. Звычайна побач устанаўліваецца некалькі шламбасейнаў, з якіх адбіраюцца пробы для кантролю складу кампанентаў. Карэкціроўка і выраўноўванне сумесі па іх утрыманні ажыццяўляецца шляхам перапампоўвання нейкай часткі шламу з аднаго шламбасейна ў другі.

Адкарэкціраваны шлам зліваецца ў гарызантальны шламбасейн. Ён выконвае функцыі ёмістасці-запасніка і змяшальніка. Шламбасейн забяспечаны камбінаванай пнеўма механічнай сістэмай перамяшвання. Перамяшвальны орган размешчаны на двух мастах, падобных на элементы маставога пад'ёмнага крана. Таму ён часта называецца кранавым пнеўма механічным змяшальнікам. Яго канструкцыя паказана на рыс. 1.4.



Рыс. 1.4. Гарызантальны шламбасейн

Гарызантальны шламбасейн уяўляе сабой бетонную ёмістасць 1 дыяметрам да 50 м і вышынёй да 8 м. Умяшчальнасць такога басейна да 8000 м³. Шламбасейн забяспечаны кранавай мяшалкай, якая ўключае асноўны 2 і дадатковы 3 масты, выстаўленыя ў адну лінію. Адным канцом масты насаджаны на паваротную ўтулку, устаноўленую на цэнтральнай апоры 4, а другім абাপіраюцца на хадавыя каляскі 5, якія перамяшчаюцца асобным прывадам на манарэйцы, укладзенай на сценах басейна 1. На асноўным мосце 2 устаноўлены шмат'ярусныя лопасцевыя мяшалкі 6, звычайна ў колькасці 5 шт. Мяшалкі могуць мець індывідуальны прывад або прыводзіцца ў вярчэнне ад аднаго рухавіка праз прамежкавы гарызантальны вал і канічныя зубчастыя перадачы. Часціня вярчэння мяшалак да 10 аб/хвіл. На дадатковым мосце замацавана статычная рама з размешчаным ў яе ніжняй частцы скрабкамі 7. Яны перамяшваюць шлам у ніжняй частцы і не даюць яму асядаць на дне. Шлам падаецца спачатку ў прамежкавы бак 8, з якога на шламаправодах 9 раўнамерна размяркоўваецца на паверхні басейна. Дадатковае перамяшванне шламу ажыццяўляецца сціснутым паветрам, якое падаецца па трубаправядзе 10 праз калектар 11 да соплаў, размешчаных на лопасцевых мяшалках і скрабках. Камбінаванае перамяшванне па ўсім аб'ёме басейна не дае магчымасці часцінкам асаджацца і садзейнічае гамагенізацыі сыравіннай сумесі. Для правядзення работ у шламбасейне прадугледжаны кран-бэлька 12.

З-за ўнушальных размераў такія басейны звычайна ўстанаўліваюцца за межамі вытворчых памяшканняў.

Сухі спосаб. Карэкціроўка і гамагенізацыя зыходных кампанентаў пры сухім спосабе вытворчасці цэменту праводзіцца ў сіласах сыравіннай мукі, забяспечаных адпаведнай сістэмай аэрацыі. Асноўнымі з іх з'яўляюцца квадрантная, паласавая і кальцавая (гейзерная). Прычым у якасці паветраразмеркавальнікаў выкарыстоўваюцца пераважна аэрацыйныя каробкі з металакерамічнымі пласцінкамі. Іх размер ад 250×250 да 250×400 мм пры таўшчыні 20–30 мм. Дыяметр пор 70–90 мкм забяспечвае паветрапранікальнасць 0,5 м³/м²·хвіл.

Існуюць розныя схемы размяшчэння як паветраразмеркавальнікаў унутры сіласаў, так і саміх сіласаў у тэхналагічнай лініі. Так, побач можа быць устаноўлена некалькі сіласаў, у якіх спачатку пад уздзеяннем інтэнсіўнай аэрацыі праводзіцца гамагенізацыя і вызначаецца хімічны склад сумесі. Затым у кожны з сіласаў дадаецца неабходная колькасць дабаўкі і перамяшванне паўтараецца.

Пры дасягненні зададзенага хімічнага складу сумесь перамяшчаецца ў сілас-запаснік, а затым у цеплавы аграгат. Сыравінныя сіласы могуць быць выкананы двух'яруснымі. Перамешаная сумесь у верхніх ярусах прапускаецца ў патрэбнай колькасці ў любы сілас ніжняга яруса. Пасля такой карэкціроўкі яна захоўваецца ў гэтых сіласах да падачы на тэрмаапрацоўку. Размеры сіласаў ніжняга і верхняга ярусаў прыкладна аднолькавыя і дасягаюць 10–12 м у дыяметры і 20–30 м у вышыню.

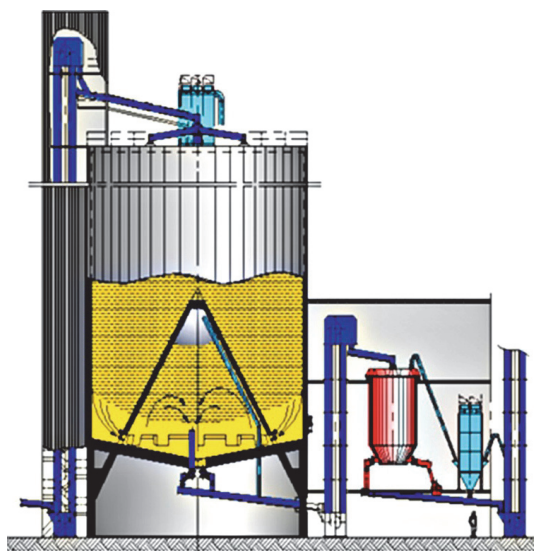


Рис. 1.5. Сілас сыравіннай мукі

Прыклад канструкцыйнага выканання сіласа сыравіннай мукі, выкарыстоўваемага на нашых цэментных заводах, паказаны на рыс. 1.5.

Гатовая сыравінная сумесь пры мокрым спосабе вытворчасці цэменту ў выглядзе шламу падаецца непасрэдна ў вярчальную печ, а пры сухім – у выглядзе тонкадысперснай парашкападобнай масы ў верхнюю ступень цыклонна-каскаднага цеплаабменніка.

1.1.4. Печы для атрымання клінкеру

Утварэнне клінкеру з сыравіннай сумесі – гэта высокатэмпературны працэс, які ў вытворчасці называецца абпалам. Ён ажыццяўляецца пры тэмпературы 1400–1500°C. Традыцыйна з моманту з'яўлення вытворчасці цэменту і да цяперашняга часу абпал праводзіцца ў вярчальных печах. Канструкцыйна (рыс. 1.6) яны ўяўляюць сабой полы вярчальны барабан 1, у якога даўжыня значна перавышае дыяметр. Унутраная паверхня яго футравана вогнетрывалай цэглай. З процілеглых бакоў унутр барабана 1 супрацьтока падаюцца сыравіна і топачныя газы. Для забеспячэння руху сыравіны адзін канец барабана 1 падняты адносна другога. Яго нахіл складае 3–4%. Відавочна, што з паднятага канца, называемага халодным, падаюцца сыравінныя кампаненты, а з процілеглага (гарачага) – топачныя газы.

Звонку на корпус насаджаны бандажы 2, якія абাপіраюцца на апорныя ролікі 3. Для фіксацыі печы ў восевым напрамку на адной з апор устаноўлены кантрольныя ролікі, на другой – гідраўпоры. Прывад печы складаецца з электрарухавіка, рэдуктара, выхадны вал якога злучаны з падвянцовай шасцярнёй. Вярчальны момант ад яе перадаецца на вянцовую шасцярню 4, замацаваную на корпусе 1.

У халодным канцы печ можа быць абсталявана фільтрам-падгравальнікам 5, ланцуговай завесай 6 і цеплаабменнай прыладай 7. Іх прызначэнне – павышэнне цеплавога ККДз і зніжэнне пылавыхіду. З гарачага канца ў печ устаноўлена гарэлка 8 для спальвання паліва. Для зніжэння страт цяпла халодны і гарачы канцы печы ўшчыльняюцца. У зоне гарэння полымя корпус печы перагравяецца нават пры наяўнасці футроўкі. Таму гэта яго частка ахалоджваецца шляхам арашэння вадой або абдзімання паветрам. Для забеспячэння далейшай магчымасці выкарыстання гэтага нізкапатэнцыяльнага цяпла ахалоджваемы ўчастак печы закрываецца кажухом 9.

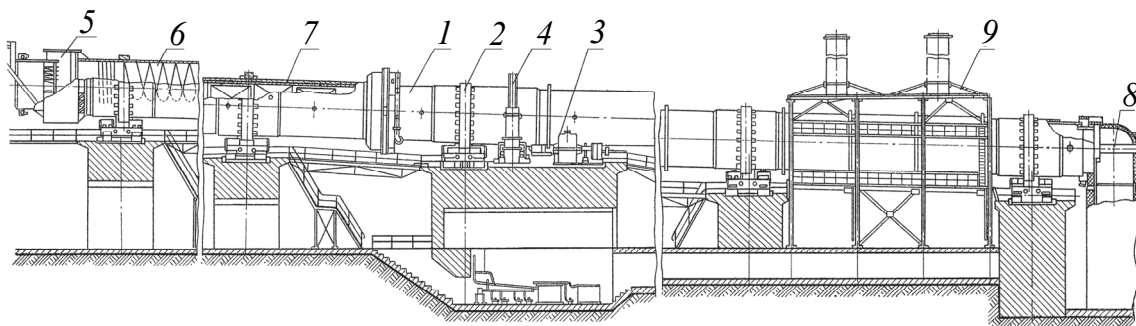


Рис. 1.6. Вярчальная печ

Корпус печы выконваецца зварным з ліставой сталі таўшчынёй звычайна 20–40 мм. Пасадачныя месцы пад бандажы і вянцовую шасцярню маюць большую таўшчыню, якая дасягае да 100 мм. Дыяметр печы D можа быць 3–7 м. Даўжыня L і суадносіны L / D істотна залежаць ад спосабу вытворчасці цэменту. Пры мокрым спосабе даўжыня корпуса складае 80–230 м і суадносіны $L / D = 29–43$. Дарэчы, у печы замежных фірм гэтыя суадносіны больш стабільныя: $L / D = 30–35$. Навогул, за мяжой прыйшлі да высновы, што для мокрага спосабу аптымальнымі можна лічыць суадносіны $L / D = 33$. Найбольш распаўсюджаная печ на айчынных заводах мокрага спосабу мае габарыты 5×185 м і забяспечвае прадукцыйнасць па клінкеры 1800 т/сут. Самая габарытная печ 7×230 м выдае за суткі 3000–3500 т.

Пры сухім спосабе вытворчасці цэменту даўжыня вярчальных печаў значна меншая і змяняецца ў інтэрвале 40–80 м.

Адзін з напрамкаў інтэнсіфікацыі цеплаабмену ў вярчальнай печы заключаўся ў змяненні па даўжыні яе ўнутранага дыяметра. Аднак вопыт эксплуатацыі такіх печаў паказаў, што пры гэтым з’явіліся дадатковыя праблемы: ускладнілася ўкладка футроўкі, месца змянення дыяметра стала дадатковай перашкодай для руху матэрыялу, пераходны ўчастак корпуса стаў зонай узнікнення дадатковых напружанняў. Усе ўказаныя недахопы перакрылі эффект ад прапанаванай мадэрнізацыі, і распрацоўшчыкі вярнуліся да корпуса з нязменным унутраным дыяметрам.

Характэрным параметрам, звязаным з дыяметрам барабана, з’яўляецца каэфіцыент загрузкі. Ён змяняецца ў межах 5–17%. Пры гэтым вугал сектара, які абмяжоўвае сегмент загрузкі, павялічваецца адпаведна з 70° да 110°. Павышэнне ступені загрузкі больш за 17% не прыводзіць да росту цеплавой эфектыўнасці і прадукцыйнасці.

З мэтай павелічэння паверхні кантакту сыравіны з топачнымі газаў ў халодным канцы печы былі ўсталяваны фільтры-падагравальнікі, ланцуговыя завесы, розныя тыпы ўнутраных ячэйкавых цеплаабменнікаў. Аднак сваё права на існаванне ў печах мокрага спосабу пацвердзілі толькі ланцуговыя завесы. Усе астатнія прылады хутка забіваюцца вільготнай ліпкай сыравінай, пылам, што прыводзіць да змяншэння хуткасці топачных газаў і парушэння цеплага рэжыму печы.

Важнымі механічнымі складовымі пячнага аграгата, якія кантактуюць непасрэдна з корпусам, з’яўляюцца апорныя і прыкладныя элементы, бандаж, апорныя ролікі, гідраўлічны ўпор, вянцовая шасцярня, ушчыльненне корпуса.

Бандаж. Корпус печы абапіраецца на апорныя ролікі праз бандажы. Бандаж – гэта літое кальцо прамавугольнага сячэння.

Пры насадцы бандажна на корпус неабходна ўлічыць іх нераўнамернае цеплавое расшырэнне і прадугледзець кампенсацыйны зазор. Яго можна разлічыць наступным чынам:

$$\delta = \Delta D_k - \Delta D_b = \alpha [(t_k - t_a) D_k - (t_b - t_a) D_b], \quad (1.5)$$

дзе ΔD_k і ΔD_b – павелічэнне дыяметра корпуса і бандажна, а α – каэфіцыент лінейнага пашырэння; t_k , t_a , t_b – сярэдняя тэмпература корпуса, навакольнага асяроддзя, бандажна.

Гэтая розніца ў рэальных умовах можа дасягаць 5–6 мм.

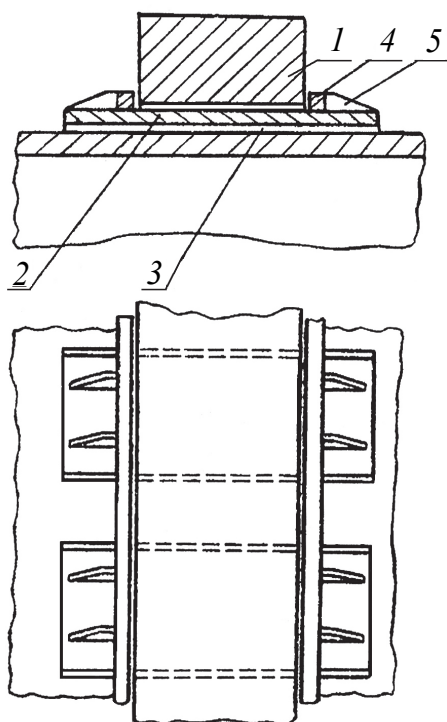


Рис. 1.7. Пасадка бандажа на корпус

Пасадка бандажа на корпус ажыццяўляецца часцей за ўсё з выкарыстаннем башмакоў (рыс. 1.7).

Пад бандаж 1 падбіваюць башмакі 2. Пакладкамі 3 выраўноўваюць зазор паміж імі і прыварваюць башмак. Затым з двух бакоў ад бандажа прыварваюць кольца 4 для яго восевай фіксацыі і ўмацоўваюць іх упорамі 5.

Апорныя ролікі. Апорная станцыя пад кожным бандажом уключае два ролікі. Яны разведзены ў радыяльнай плоскасці так, што вугал паміж імі адносна восі печы складае прыкладна 60° . Ролікаапора – гэта высоканагружаны вузел, які ўспрымае як радыяльныя нагрузкі ад вагі печы, так і восевыя з-за яе нахілу.

Таму апорныя вузлы ўкамплектаваны здвоенымі двухраднымі ролікавымі падшыпнікамі (рыс. 1.8). Асноўнымі яго элементамі з'яўляюцца вось 1, ролік 2, падшыпнікі 3, якія ўстаноўлены ў корпусе 4, замацаваным на раме 5.

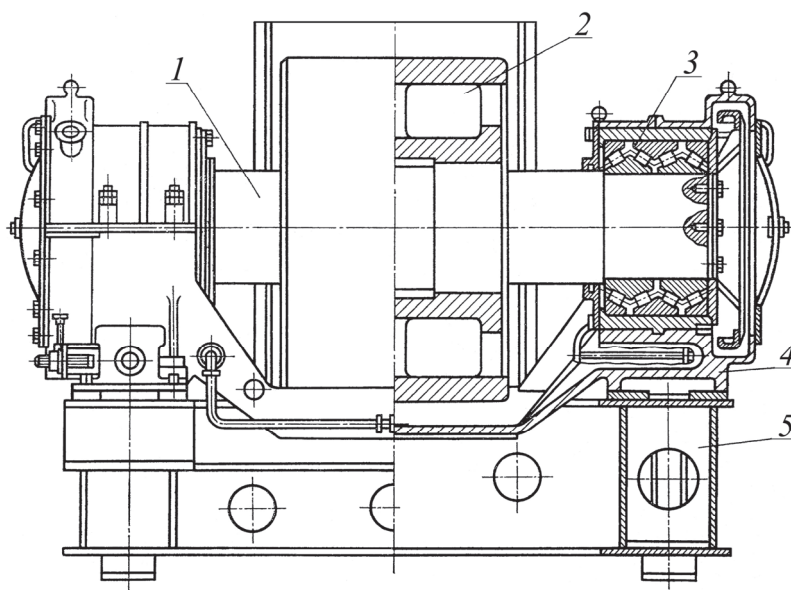
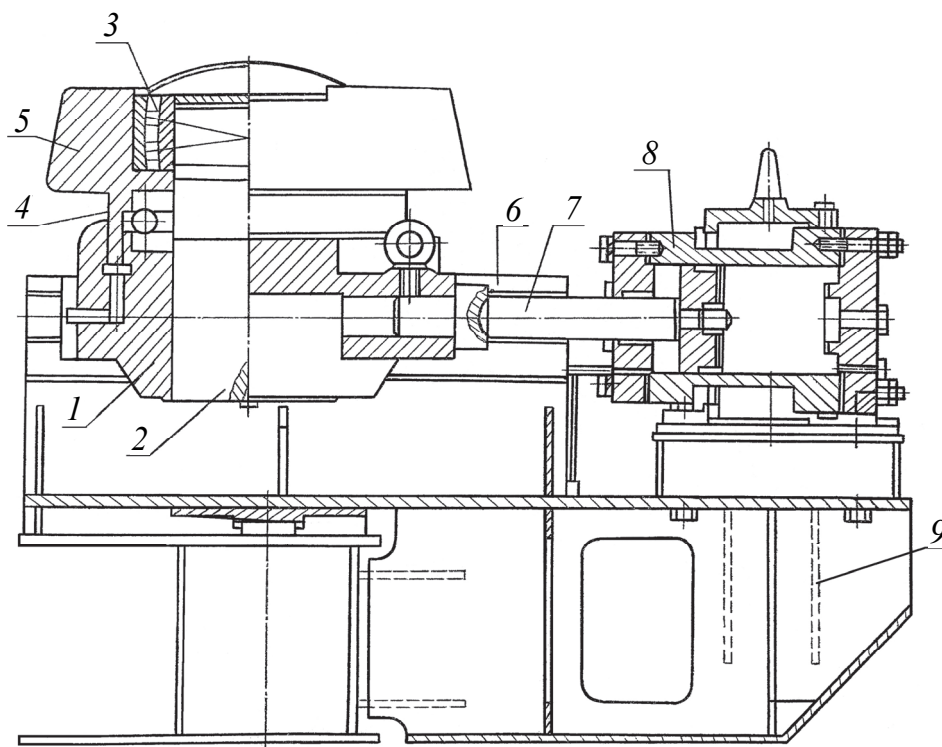


Рис. 1.8. Ролікаапора вярчальнай печы

Гідраўлічны ўпор забяспечвае перамяшчэнне печы ўздоўж яе восі. Ён вяртае печ у зыходнае становішча пры яе спаўзанні ўніз па роліках пад уздзеяннем восевай складовай сілы цяжару. Гідраўлічны ўпор (рыс. 1.9) складаецца з корпуса 1, у якім замацавана вось 2.



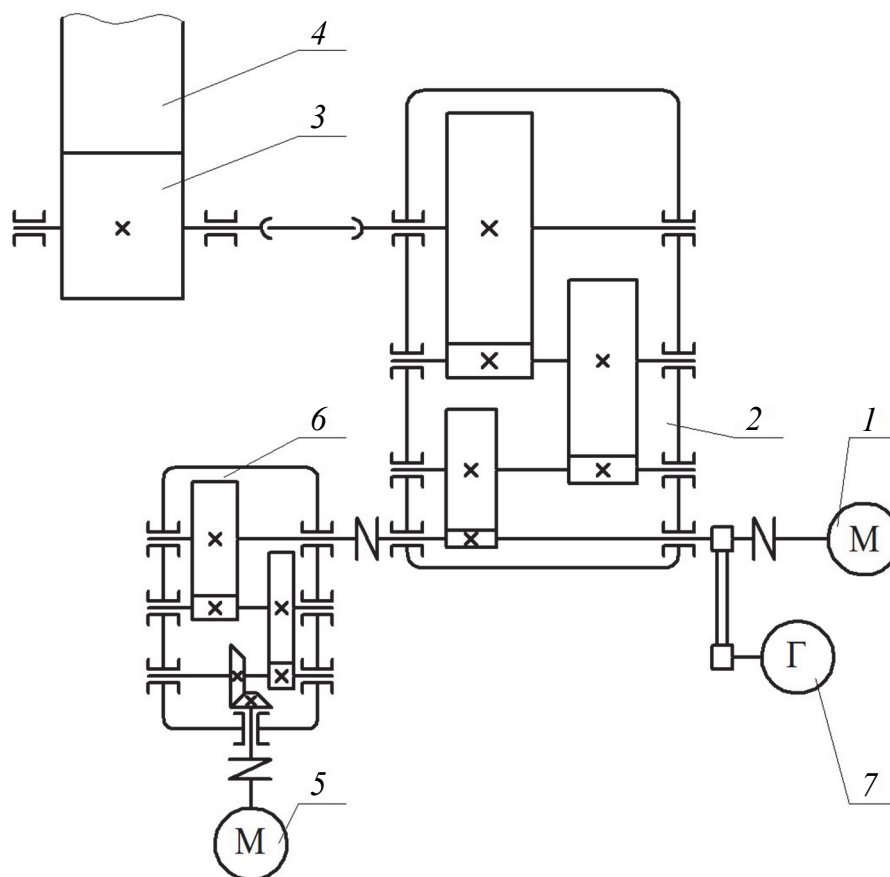
Рыс. 1.9. Гідраўлічны ўпор

На восі праз радыяльны 3 і ўпорны 4 падшыпнікі ўстаноўлены ўпорны ролік 5. Корпус з ролікам можа перамяшчацца па накіравальніку 6 з дапамогай штока 7 гідрацыліндра 8, які ўстаноўлены на раме 9.

Прывад печы. Усе вярчальныя печы забяспечаны так званым перыферычным прывадам праз вянцовую шасцярню. Ён можа быць адна- і двухбаковым. У любым выпадку акрамя асноўнага печ мае яшчэ і дапаможны прывад, выкарыстоўваемы пры правядзенні рамонтных і мантажных работ.

Кінематычная схема аднабаковага прываду паказана на рыс. 1.10.

Прывад уключае асноўны рухавік 1 і рэдуктар 2, вярчэнне ад якога перадаецца праз шарнірны (карданны) вал на падвянцовую шасцярню 3 і вянцовае кола 4. Дапаможны прывад складаецца з рухавіка 5 і рэдуктара 6. Для кантролю часціні вярчэння корпуса печы прадугледжаны тахагенератар 7.



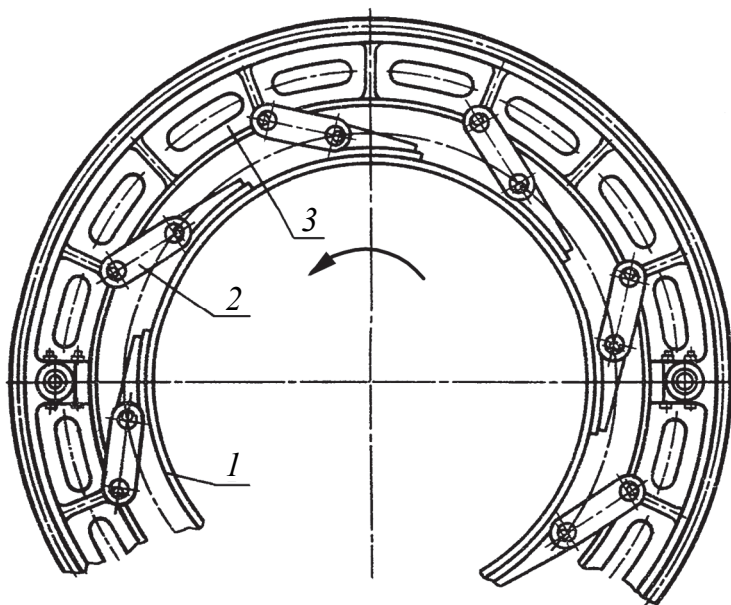
Рыс. 1.10. Кінематычная схема аднабакавога прывада печы

Пры замацоўцы зубчастага вянца да корпуса млына трэба ўлічваць магчымае цеплавое павелічэнне яго дыяметра і прадугледзець кампенсацыйны зазор паміж імі. Найбольш распаўсюджаным з'яўляецца варыянт з выкарыстаннем шарнірных плосказвяно-вых падвесак (рыс. 1.11).

Па гэтым варыянце да корпуса 1 замацоўваюцца кранштэйны з адтулінамі. Падобныя адтуліны прадугледжаны і ў вянцовой шасцярні 3. У адтуліны ўстаўляюцца восі і з двух бакоў на іх насаджваюцца і фіксуюцца прамежкавыя пласціны 2. Такая замацоўка гарантуе наяўнасць зазору і адначасова забяспечвае рухомасць і дастатковую жорсткасць злучэння.

Ступень загрузкі і вугал займаемага ёй сегмента паказваюць, што яна размяшчаецца ў адным квадранце. А гэта, у сваю чаргу, сведчыць аб каскадным рэжыме руху матэрыялу ў вярчальнай печы. Прывад, кінематычная схема якога паказана на рыс. 1.10, забяспечвае такую невысокую хуткасць, якая адпавядае гэтаму рэжыму. Звесткі аб часціні вярчэння барабана некалькі супярэчлівыя. Дыяпазон, у якім яна можа змяняцца, паводле айчынных крыніц інфармацыі, знаходзіцца

ў даволі шырокіх межах $0,6\text{--}3,5 \text{ хвіл}^{-1}$, але часцей за ўсё не перавышае $1,24 \text{ хвіл}^{-1}$. І гэта зразумела па той прычыне, што са змяненнем дыяметра корпуса павінна змяняцца і часціня вярчэння. Таму ў замежнай практыцы прыняты іншы параметр – акружная хуткасць. Для эканамічнай эксплуатацыі печаў яе значэнне рэкамендуецца прымаць $v = 0,35 \text{ м/с}$. Па вядомай формуле $v = \pi n D$ можна лёгка перайсці да часціні вярчэння барабана.



Рыс. 1.11. Замацоўка зубчастага вянца да корпуса печы

Што датычыць часціні вярчэння корпуса печы ад дапаможнага прываду, то тут няма рознагалосся. Яна складае ўсяго $4,0\text{--}4,5 \text{ гадз}^{-1}$.

Канешне, разгледжаная схема прываду (рыс. 1.10) з'яўляецца састарэлай, з грувацкімі трохступеннымі рэдуктарамі. Таму ў сучасных варыянтах прываду выкарыстоўваюцца больш кампактныя планетарныя рэдуктары.

Ушчыльненне корпуса вярчальнай печы. Для прадухілення зацягвання ў печ халоднага паветра, а адпаведна, парушэння цеплавога рэжыму печы, магчымых выкідаў пылу яе гарачы і халодны канцы ўшчыльняюцца. На гарачым канцы ўстанаўліваецца звычайна лабірынтнае ўшчыльненне. У халоднага канца яно яшчэ прасцейшае і надзейнейшае. Гэта кавалак гумавай стужкі, адзін край якой абгорнуты вакол корпуса і слізгае па ім, а другі – замацаваны да нерухомага кальца.

Нягледзячы на мноства варыянтаў мадэрнізацыі вярчальнай печы і нават наогул адмову ад яе, яна застаецца асноўным цеплавым аграгатам у вытворчасці цэменту.

1.1.5. Асновы разліку вярчальнай печы

Гэта першае разліковае пытанне ў другой частцы вучэбнага дапаможніка. Аўтарам хацелася б яшчэ раз засяродзіць увагу на сваіх прынцыпах у адносінах да такіх пытанняў:

- у дапаможніку прыводзяцца у асноўным тыя методыкі, разліковыя формулы, якія маюць лагічны вывад;

- пры вывадзе разліковых формул, залежнасцей мы выкарыстоўваем тыя падыходы, якія сфармуляваны ў пачатку першай часткі дапаможніка;

- большасць формул, за выключэннем невялікай часткі эмпірычных, атрыманы ў выглядзе, прыгодным для падстаноўкі параметраў з адзінкамі вымярэння ў сістэме СІ, без пераводных каэфіцыентаў.

Калі вярнуцца да вярчальнай печы, то асноўнымі яе параметрамі з'яўляюцца прадукцыйнасць і магутнасць прываду.

Паколькі корпус уяўляе сабой трубчасты нахілены барабан, то прадукцыйнасць печы вызначаецца яго прапускной здольнасцю, як і любога транспартнага аграгата. І толькі пасля гэтага разлічваецца колькасць цяпла, неабходнага для абпалу сыравіны і атрымання клінкеру. З улікам адзначанага вышэй масавая прадукцыйнасць печы вызначаецца па формуле

$$Q = \mu S v \rho, \text{ кг/с}, \quad (1.6)$$

дзе μ – каэфіцыент разрыхлення; S – плошча папярочнага сячэння сегмента загрузкі; v – хуткасць матэрыялу; ρ – шчыльнасць матэрыялу.

Каэфіцыент разрыхлення будзе змяняцца па даўжыні печы з-за фізіка-хімічных пераўтварэнняў пры абпале. Таму для разліку можна прымаць яго сярэдняе значэнне $\mu = 0,5$. Тое самае будзе адбывацца і са шчыльнасцю. Але прадукцыйнасць печы звычайна ацэньваецца па клінкеры, шчыльнасць якога $\rho = 3000 \text{ кг/м}^3$.

Плошча папярочнага сячэння, займаемага матэрыялам,

$$S = k_3 \pi R^2, \text{ кг/с}, \quad (1.7)$$

дзе k_3 – каэфіцыент загрузкі печы; R – унутраны радыус печы.

У вярчальным нахіленым барабане печы сыпучы матэрыял рухаецца зігзагападобна, аналагічна як і ў барабаным грохаце. Таму яго восевую хуткасць можна вызначыць па той жа формуле:

$$v = \omega R \operatorname{tg} 2\beta, \text{ м/с}, \quad (1.8)$$

дзе ω – вуглавая хуткасць барабана; β – вугал нахілу барабана.

З улікам формул (1.7) і (1.8) разліковая залежнасць (1.6) для прадукцыйнасці прыме выгляд

$$Q = \mu k_3 \omega \pi R^3 \rho \operatorname{tg} 2\beta, \text{ кг/с.} \quad (1.9)$$

Як было адзначана ў першай частцы вучэбнага дапаможніка, разлік магутнасці прываду любога аграгата пачынаецца з аналізу карыснага дзеяння і супраціўлення руху рабочага органа. Калі ацаніць з гэтага пункту гледжання вярчальную печ, то магутнасць, затрачваемую на вярчэнне барабана, можна паказаць у выглядзе трох складовых:

$$N = N_M + N_6 + N_B, \text{ Вт,} \quad (1.10)$$

дзе N_M – пад'ём і перамяшчэнне матэрыялу; N_6 – перакочванне бандажа на роліках; N_B – трэнне ў падшыпніках апорных ролікаў.

Вопыт эксплуатацыі печаў паказаў, што ўсе астатнія затраты, напрыклад ад трэння ва ўшчыльненнях, зусім невялікія і іх можна не ўлічваць.

Вярчальныя печы працуюць у каскадным рэжыме. Таму матэрыял размяркоўваецца ў выглядзе сегмента ў ніжнім квадранце (рыс. 1.12).

Цэнтр цяжару матэрыялу пры пад'ёме яго па паверхні барабана адхіляецца на нейкі вугал ад восі. Гэты вугал у сярэднім можна прыняць $\alpha = 45^\circ$. Магутнасць, затрачваемая на пад'ём,

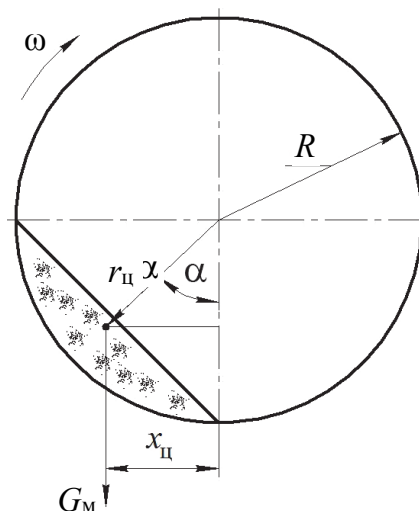
$$N_M = M \omega = G_M x_{\text{ц}} \omega, \quad (1.11)$$

дзе G_M – сіла цяжару матэрыялу; $x_{\text{ц}}$ – адлегласць ад восі да цэнтра цяжару сегмента.

Сіла цяжару загрузкі

$$G_M = k_3 \pi R^2 L \mu \rho g, \quad (1.12)$$

дзе k_3 – каэфіцыент загрузкі; R і L – радыус і даўжыня печы; μ – каэфіцыент разрыхлення; ρ – шчыльнасць матэрыялу.



Рыс. 1.12. Размеркаванне матэрыялу ў вярчальнай печы

Апошнія два параметры прымаюцца такімі, як пры разліку прадукцыйнасці. Каэфіцыент загрузкі ў дадзеным выпадку можна прымаць не завышаным і больш рэальным: $k_3 = 0,1$.

Адлегласць $x_{\text{ц}} = r_{\text{ц}} \sin \alpha$, дзе $r_{\text{ц}}$ – радыус да цэнтра цяжару сегмента. Ён вызначаецца па формуле

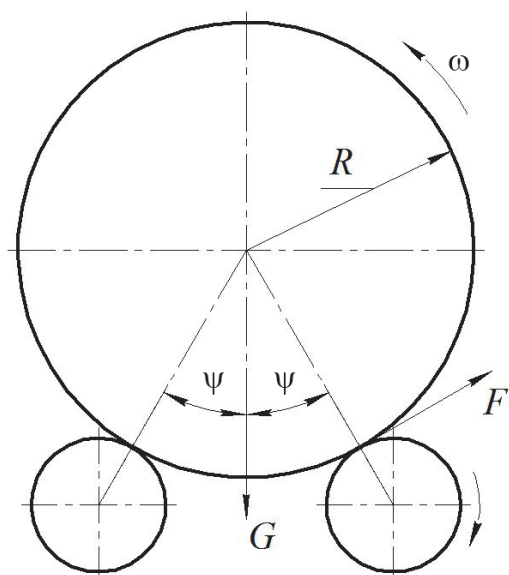
$$r_{\text{ц}} = \frac{b^3}{12S_{\text{м}}}, \quad (1.13)$$

дзе b – даўжыня хорды сегмента; $S_{\text{м}}$ – плошча сегмента.

Калі, а ў нашым выпадку $2\alpha = 90^\circ$, хорда сегмента з'яўляецца стараной упісанага ў акружнасць квадрата, то яе даўжыня $b = R\sqrt{2} = 1,41R$.

Плошчу сегмента можна разлічыць праз каэфіцыент загрузкі: $S_{\text{м}} = k_3 \pi R^2$.

Правёўшы паслядоўна разлікі параметраў па формулах (1.12) і (1.13), вызначым складовую магутнасці (1.11), затрачваемай на пад'ём матэрыялу.



Рыс. 1.13. Кантактныя сілы ў пункце сутыкнення банджа з ролікам

Для аналізу супраціўлення вярчэння пачы ў месцы сутыкнення банджа з ролікам неабходна вызначыць кантактныя сілы. Пры гэтым трэба мець на ўвазе, што ўсе апоры раўнамерна размеркаваны па даўжыні пачы і ролікі кожнай з іх размешчаны сіметрычна адносна яе восі пад вуглом $\psi = 30^\circ$. Больш за тое, геаметрычныя размеры ўсіх банджоў і ролікаў аднолькавыя. З улікам гэтага кантактныя сілы, і ў наступным затраты магутнасці, можна вызначаць для адной пары бандаж – ролік, на якую ўздзейнічае ўся вага пачы з загрузкай.

Пры такіх умовах сіла ціску банджа на ролік (рыс. 1.13) будзе роўная $G \cos \psi$, дзе G – агульная вага барабана.

Тангенцыяльная рухальная сіла ў месцы кантакту затрачваецца на пераадоленне трэння качэння банджа па роліку і роліка па бандажы:

$$F = F_{\text{б}} + F_{\text{р}}. \quad (1.14)$$

Кожная з гэтых складовых вызначаецца па аднолькавай метадыцы з улікам роўнасці рухальнага моманту і моманту супраціўлення. Згодна з рыс. 1.14, можна запісаць:

$$F_{\text{б}} R_{\text{б}} = f_k N, \quad (1.15)$$

дзе $N = G \cos \psi$ – нармальная рэакцыя; f_k – каэфіцыент трэння качэння ў месцы кантакту. Для дадзенай задачы прымаецца $f_k = 5 \cdot 10^{-4}$ м.

Аналагічная формула можа быць атрымана і для роліка:

$$F_{\text{б}} R_{\text{р}} = f_k G \cos \psi. \quad (1.16)$$

Тады агульная тангенцыяльная сіла

$$F = f_k G \cos \psi \left(\frac{1}{R_{\text{б}}} + \frac{1}{R_{\text{р}}} \right) \quad (1.17)$$

або

$$F = f_k G \cos \psi \left(\frac{R_{\text{б}} + R_{\text{р}}}{R_{\text{б}} R_{\text{р}}} \right). \quad (1.18)$$

Паколькі вярчэнне перадаецца праз барабан, то для вызначэння вярчальнага моманту тангенцыяльную сілу (1.18) трэба памножыць на радыус банджа, а для магутнасці – яшчэ і на вуглавую хуткасць. У выніку магутнасць, якая затрачваецца на трэнне качэння банджа па роліку, вызначаецца па формуле

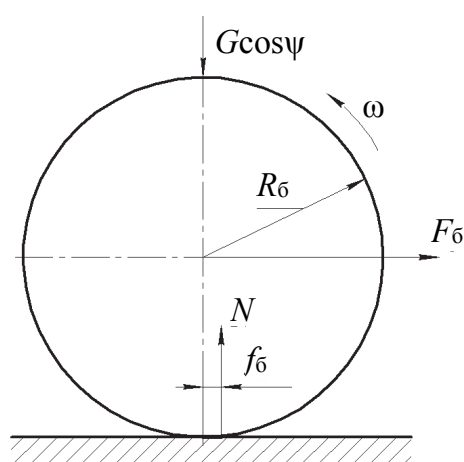
$$N_{\text{б}} = \frac{f_k G \cos \psi (R_{\text{б}} + R_{\text{р}})}{R_{\text{р}}} \omega. \quad (1.19)$$

Пры разліку гэтай складовай радыус роліка прымаецца $R_{\text{р}} = 0,25 R_{\text{б}}$.

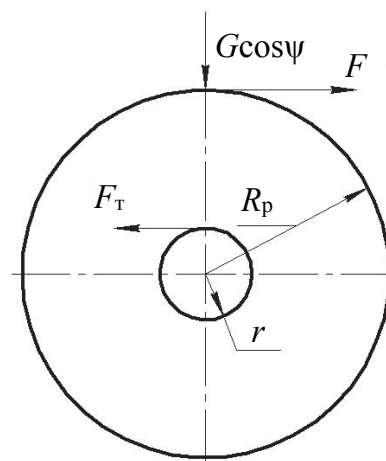
Апорнаму роліку яшчэ дадаткова прыходзіцца пераадолюваць супраціўленне ў падшыпнікавых апорах. Яно таксама можа быць вызначана з роўнасці цягавага моманту і моманту супраціўлення. Згодна з рыс. 1.15, лічым, што

$$F R_{\text{р}} = F_{\text{т}} r, \quad (1.20)$$

дзе $F_{\text{т}}$ – сіла трэння ў падшыпніку; r – радыус цапфы восі роліка.



Рыс. 1.14. Схема для вызначэння супраціўлення качэнню



Рыс. 1.15. Схема для вызначэння супраціўлення ў апорным падшыпніку

Сіла трэння роўна

$$F_t = f_n G \cos \psi, \quad (1.21)$$

дзе f_n – прыведзены каэфіцыент трэння падшыпнікавай апоры.

Значэнні гэтага каэфіцыента розныя для падшыпнікаў качэння і слізгацення, залежаць ад умоў змазкі і іх тыпаў. Для папярэдніх разлікаў рэкамендуецца прымаць яго велічыню $f_n = 0,008-0,010$.

З ураўнення (1.20) цягавое намаганне для пераадолення сілы трэння ў падшыпнікавай апоры

$$F = \frac{f_n G r \cos \psi}{R_p}. \quad (1.22)$$

Цягавы момант пры гэтым $M = F R_p$. Тады магутнасць, якая затрачваецца на пераадоленне трэння ў апорных вузлах роўка,

$$N_p = f_n G r \omega \cos \psi. \quad (1.23)$$

Вуглавая хуткасць роўка можа быць вызначана як

$$\omega_p = \omega_b \frac{R_b}{R_p}. \quad (1.24)$$

Па сумарных затратах магутнасці, атрыманых па формуле (1.10), разлічваецца магутнасць устаноўленага рухавіка: $N_{рух} = N / \eta$, дзе η – ККДз прываду. Яго звычайна прымаюць $\eta = 0,85-0,90$ і з выкарыстаннем сучасных элементаў кінематыкі імкнуцца павысіць.

1.1.6. Шляхі інтэнсіфікацыі цеплаабмену пры абпале шлікеру

Вярчальная печ, як механічная сістэма, – гэта даволі прасты агрэгат. Таму ўдасканаленне яе складовых часта не мае вялікіх перспектыв. А вось павышэнне цеплавога каэфіцыента карыснага дзеяння печы можа даць значны эканамічны эфект.

Па сваёй сутнасці вярчальная печ з’яўляецца крайне неэфектыўным цеплавым агрэгатам. Топачныя газы ў ёй кантактуюць з цвёрдай фазай толькі на межах сегмента загрузкі.

Прааналізаваць асноўныя напрамкі інтэнсіфікацыі цеплаабмену можна па асноўным ураўненні цеплаперадачы:

$$Q = kS\Delta t, \text{ Вт}, \quad (1.25)$$

дзе Q – колькасць цяпла, перадаванага ў адзінку часу; k – каэфіцыент цеплаперадачы; S – паверхня цеплаабмену; Δt – рознасць тэмператур.

Рознасць тэмператур у печы змяніць (павялічыць) нельга, таму што яна абумоўлена тэхналагічным рэгламентам. Каэфіцыент цеплаперадачы можна некалькі павысіць за кошт дадатковай турбулізацыі газавай плыні. Асноўным і найбольш дзейсным напрамкам інтэнсіфікацыі застаецца павелічэнне паверхні кантакту цепланосьбіта з цвёрдай фазай.

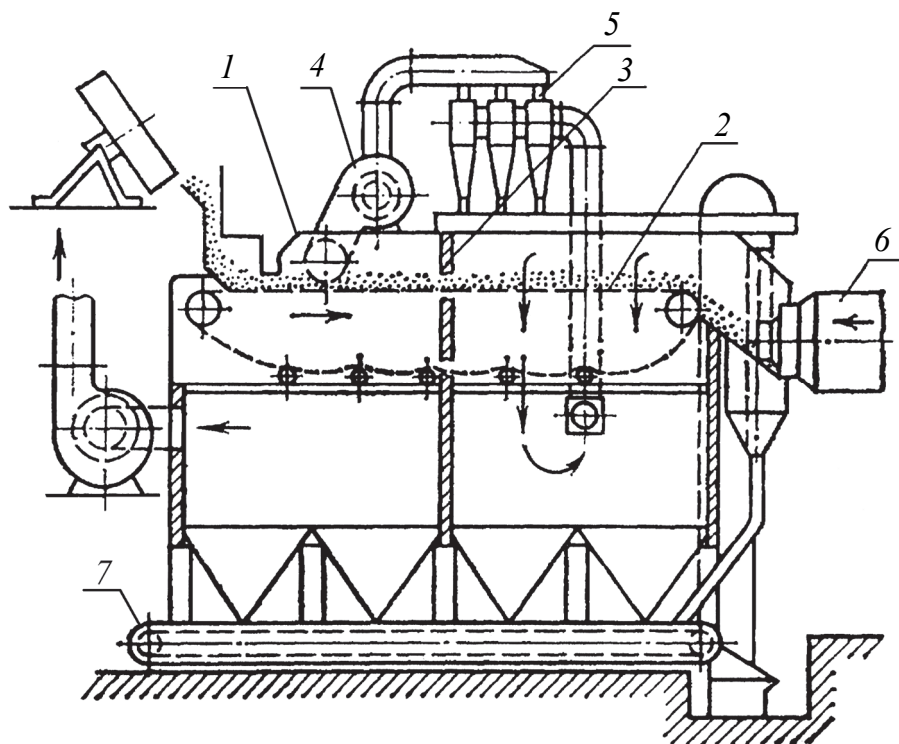
Рэалізацыя гэтага напрамку ў самой печы за кошт устаноўкі дадатковых унутраных цеплаабменнікаў, ланцуговых завес не дала належнага эфекту. Значна павысіць паверхню цеплаперадачы можна шляхам вынасу асобных зон печы за яе межы і правядзення такіх стадый, як сушка, падагрэў, дэкарбанізацыя ў больш эфектыўных агрэгатах. Відавочна, што ў залежнасці ад спосабу вытворчасці цэменту будуць адрознівацца і іх канструкцыі.

Мокры спосаб. Адным з першых такіх агрэгатаў з’яўляўся канцэнтратар шламу. Гэта полы вярчальны барабан з цэламі напайнення, у якім адыходзячымі топачнымі газамі праводзілася падсушка шламу. Агрэгат нізкапрадукцыйны і таму на сучасных печах не ўстанаўліваецца.

Большы эфект быў дасягнуты пры ўстаноўцы перад печчу дэкарбанізатара, выкананага па прынцыпе распыляльнай сушылкі з дадатковымі гарэлкамі. У ім праводзіліся падсушка, падагрэў і нават дэкарбанізацыя сыравіны. Аднак высокія энергазатраты на падачу шламу на вялікую вышыню і значны абразіўны знос фарсунак сталі прычынай, па якой такія агрэгаты не атрымалі ў цэментнай вытворчасці шырокага выкарыстання.

Камбінаваны спосаб. Трэба напамніць, што гэты спосаб рэалізуецца пры папярэднім абязводжванні шламу метадам фільтравання або пры выкарыстанні вільготнай сыравіны (да 30%) без яе разбаўлення вадой.

Для апрацоўкі такой спецыфічнай сыравіны выкарыстоўваецца канвеерны кальцынатар (рыс. 1.16).



Рыс. 1.16. Схема канвеернага кальцынатора

У корпусе 1 кальцынатора ўстаноўлены транспарцёр 2, набраны з літых металічных каласнікоў, злучаных восьмі. Рабочая зона кальцынатора раздзелена перагародкай 3 на дзве камеры. З дапамогай вентылятара 4 унутры кальцынатора ствараецца перацёк газу з адной камеры ў другую з прамежкавай ачысткай у цыклонах 5.

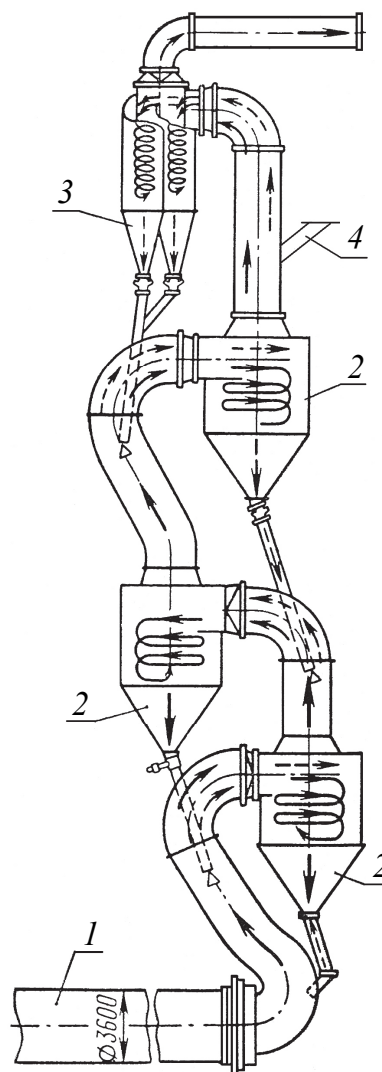
На транспарцёр 2 падаецца пласт сыравіннага матэрыялу таўшчынёй 100–150 мм, які паступова рухаецца ад месца загрузкі ў бок вярчальнай печы 6. Гарачыя топачныя газы з вярчальнай печы праходзяць праз пласт і адтуліны каласнікоў другой па ходзе матэрыялу камеры. Пры непасрэдным кантакце адбываецца інтэнсіўны нагрэў сыравінных кампанентаў. Топачныя газы, якія аддалі значную частку цяпла з ніжняй зоны гэтай камеры, уведзяцца зверху над пластом матэрыялу першай камеры. У ёй рэалізуецца падобны працэс цеплаабмену з той розніцай, што тут ажыццяўляецца

падсушка вільготнай зыходнай сыравіны. Адпрацаваныя топачныя газы выводзяцца з кальцынатара на дадатковую ачыстку. Для выдалення прасыпанага праз каласнікі цвёрдага матэрыялу прадугледжаны транспарцёр 7.

У кальцынатар звычайна паступаюць топачныя газы з тэмпературай да 1000°C , а выходзяць з яго – $170\text{--}200^{\circ}\text{C}$. Матэрыял пры гэтым на ўваходзе ў печ падаграваецца да $800\text{--}900^{\circ}\text{C}$. Асноўны недахоп такой канструкцыі кальцынатара – гэта забіўка каласніковай рашоткі і, як вынік, павышэнне гідраўлічнага супраціўлення, зніжэнне расхода газу і парушэнне цеплавога рэжыму печы.

Сухі спосаб. Гэты спосаб вытворчасці цэменту больш распаўсюджаны, чым камбінаваны. Ён з'яўляецца асноўнай альтэрнатывай мокраму спосабу і паспяхова яго замяняе. Таму інтэнсіфікацыя цеплаабмену пры сухой тэхналогіі вытворчасці з'яўляецца найбольш актуальнай і напямкі яе рэалізацыі больш разнастайнымі. Паколькі зона падсушкі пры сухім спосабе адсутнічае, то больш эфектыўныя цеплавыя агрэгаты прызначаны для правядзення працэсаў падагрэву і дэкарбанізацыі сыравіны.

Першым агрэгатам для падагрэву сыравіннай мукі стаў цыклонна-каскадны цеплаабменнік. Ён упершыню быў запатэнтаваны ў Чэхіі ў 1934 г. Аднак практычная рэалізацыя гэтай ідэі ажыццёўлена толькі ў 1951 г. нямецкай фірмай «Гумбальдт». У склад цыклоннага цеплаабменніка ўваходзілі чатыры цыклоны, размешчаныя адзін над другім. Прычым для лепшай сепарацыі часцінак самы верхні цыклон выкананы ў выглядзе батарэйнага, які ўключае два цыклоны меншага дыяметра. Такі цыклонна-каскадны цеплаабменнік паказаны на рыс. 1.17.



Рыс. 1.17. Цыклонна-каскадны цеплаабменнік

Топачныя газы з вярчальнай печы 1 паслядоўна праходзяць праз тры ступені адзінарных цыклонаў 2 і чацвёрты здвоены цыклон 3, з якога выдаляюцца на ачыстку. Сыравінная сумесь падаецца сілкавальнікам 4 у газаход перад верхняй, чацвёртай ступенню. Хуткасць у ім, як і ва ўсіх другіх газаходах, падбіраецца такой, каб забяспечваўся праматочны рух часцінак разам з газавай плыню. У цыклонах жа пад уздзеяннем інерцыйнай цэнтрабежнай сілы ажыццяўляецца вылучэнне цвёрдых часцінак з яе. Адзеленая ад газу, сыравінная мука з канічнай часткі цыклонаў па трубаправодзе пападае ў ніжэйразмешчаны газаход.

Для забеспячэння яе свабоднага выхаду на канцах гэтага трубапровода ўстаноўлены спецыяльныя засаўкі. Такім чынам, пры частковым праматочным руху, у агульным па цыклонна-каскадным цеплаабменніку, забяспечваецца супрацьточны рух топачных газаў і сыравіны. Падагрэтая сыравінная мука з ніжняга цыклона ўводзіцца непасрэдна ў вярчальную печ. Для стабільнай работы цыклоннага цеплаабменніка колькасць падаваемага газу пры разліку на нармальныя ўмовы павінна складаць 1,4–1,5 м³/кг клінкеру. Хуткасць газу ў газаходах пры гэтым складае 20–25 м/с. Калі прадукцыйнасць па клінкеры перавышае 2000 т/сут, то цыклонныя цеплаабменнікі выконваюцца ў выглядзе дзвюх паралельных ліній, якія працуюць з адной вярчальнай печчу. Дыяметр цыклонаў звычайна абмяжоўваецца 5 м, а агульная вышыня цеплаабменніка дасягае 50 м.

Прааналізаваць цеплавую эфектыўнасць цыклонных цеплаабменнікаў можна па асноўным ураўненні цеплаперадачы (1.25). У іх газавай плыню абдуваецца кожная асобная часцінка, і таму ў параўнанні з вярчальнай печчу паверхня цеплаабмену значна вышэйшая. Акрамя таго, у цыклонах інтэнсіўна турбулізуецца газавая плынь і дасягаюцца высокія лакальныя хуткасці пры яе закрутцы. За кошт гэтага павялічваецца каэфіцыент цеплаперадачы. У выніку цыклонныя цеплаабменнікі характарызуюцца самым высокім цеплавым ККДз, які складае 55–60%. Пры гэтым сыравінная сумесь падаграваецца да 700–800°C за кароткі прамежак часу (20–25 с). На падагрэў у вярчальнай печы да такой тэмпературы затрачваецца 2–3 гадз. Топачныя газы на выхадзе з цыклонна-каскадных цеплаабменнікаў маюць тэмпературу 250–350°C.

З пераваг гэтых цеплаабменнікаў можна адзначыць прастату канструкцыі, высокія цеплавыя ККДз. Аднак істотным іх недахопам

з'яўляецца высокае аэрадынамічнае супраціўленне (5–6 кПа), на пераадоленне якога затрачваецца значная колькасць энергіі.

Пазбавіцца ад указанага недахопу можна пры выкарыстанні шахтнага цеплаабменніка (рыс. 1.18).

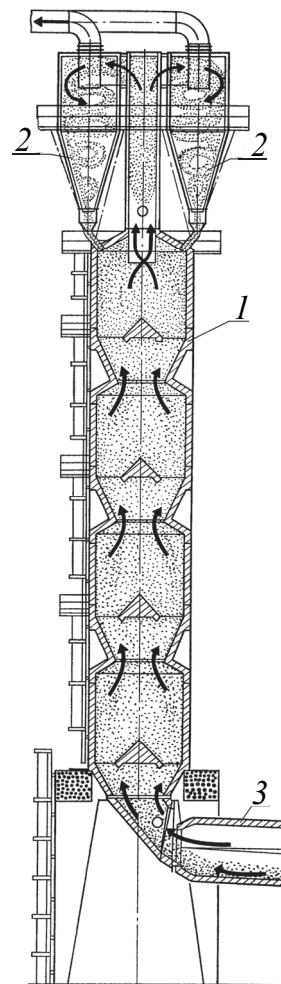
Гэта супрацьточны каскадны цеплаабменнік, у якім кантакт топачных газаў з часцінкамі сыравіны ажыццяўляецца ва ўзвжаным стане. Корпус шахты 1 выкананы з некалькімі звужэннямі па вышыні. Хуткасць газу падбіраецца такой, каб у вузкім сячэнні яна была блізкай да хуткасці лунання.

Таму, нягледзячы на агульны супрацьток, у месцах звужэння будзе адбывацца падвісанне цвёрдых часцінак і павялічвацца час іх кантакту з топачнымі газамі. У верхняй частцы шахты для сепарацыі часцінак устаноўлены цыклоны 2. Сыравіна ўводзіцца ў газаход перад цыклонамі. Падагрэты матэрыял з ніжняй зоны шахты 1 паступае ў вярчальную печ 3. Дыяметр шахты цеплаабменніка прадукцыйнасцю 1000 т/сут складае 7 м, вышыня – 47 м.

З-за адсутнасці закруткі газавай плыні аэрадынамічнае супраціўленне шахтных цеплаабменнікаў прыкладна ўдвая меншае, чым цыклонных, і не перавышае 300 мм вадз. сл. Праўда, у іх вельмі вузкі дыяпазон устойлівай работы па газавай фазе, абумоўлены хуткасцю лунання, што можна лічыць недахопам дадзенай канструкцыі.

Тэрмічная апрацоўка сыравінных кампанентаў ва ўсіх разгледжаных цеплаабменніках заканчваецца стадыяй падагрэву. Ступень дэкарбанізацыі ў іх не перавышае 10%. Таму значная частка вярчальнай печы выкарыстоўваецца як дэкарбанізатар. Задача інтэнсіфікацыі цеплаабмену заключаецца ў вынасе і гэтай стадыі за межы вярчальнай печы.

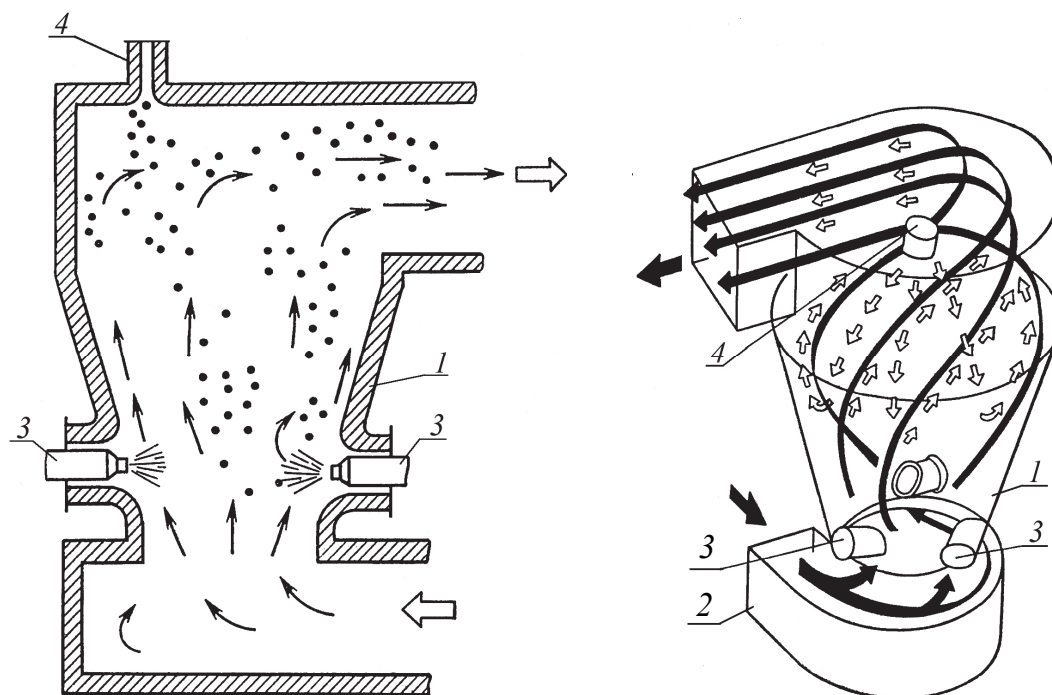
Указаная задача ў цяперашні час паспяхова выконваецца за кошт устаноўкі паміж печчу і цыклонна-каскадным цеплаабменнікам дадатковага дэкарбанізатара (кальцынатара). Гэта, звычайна,



Рыс. 1.18. Шахтны цеплаабменнік

ёмісты агрэгат з устаноўленымі ў ім гарэлкамі. І прыкладна палова паліва, ад падаваемага раней у печ, спальваецца ў дэкарбанізатары, а астатняя частка непасрэдна ў вярчальнай печы.

Адной з найпрасцейшых канструкцый дэкарбанізатара з'яўляецца так званы флэш-кальцынатар (рыс. 1.19).



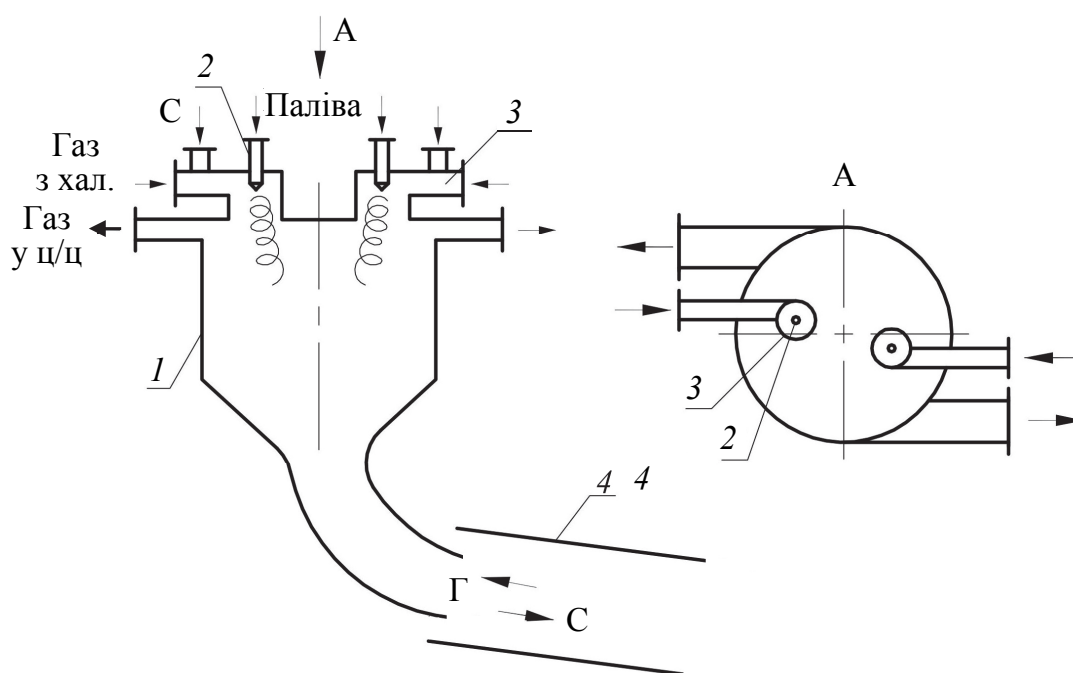
Рыс. 1.19. Флэш-кальцынатар

Ён уключае цыклонную камеру 1 з тангенцыяльным уводам 2, у канічнай частцы якой устаноўлены гарэлкі 3. У верхняй частцы камеры размешчаны патрубак 4 для падачы падагрэтай сыравіннай мукі з цыклонных цеплаабменнікаў. Асноўная частка топочных газаў выходзіць з вярчальнай печы праз тангенцыяльны ўвод. Паветра на гарэнне з тэмпературай 600–650°C падаецца з халадзільніка клінкеру, устаноўленага пасля печы.

Па сваёй сутнасці прынцып дзеяння разгледжанага дэкарбанізатара і цыклоннага цеплаабменніка падобны. Тут таксама забяспечваецца вялікая паверхня кантакту цвёрдай і газавай фаз і эфектыўны цеплаабмен. Але з-за ўстаноўкі дадатковых гарэлак у дэкарбанізатары павышаецца тэмпература і ступень дэкарбанізацыі сыравіны даводзіцца да 90–95%. Яе тэмпература на ўваходзе ў печ дасягае 900°C. Габарыты таксама некалькі адрозніваюцца ад цыклонных цеплаабменнікаў. Дыяметр флэш-кальцынатара прадукцыйнасцю 3500 т/сут роўны 7,4 м.

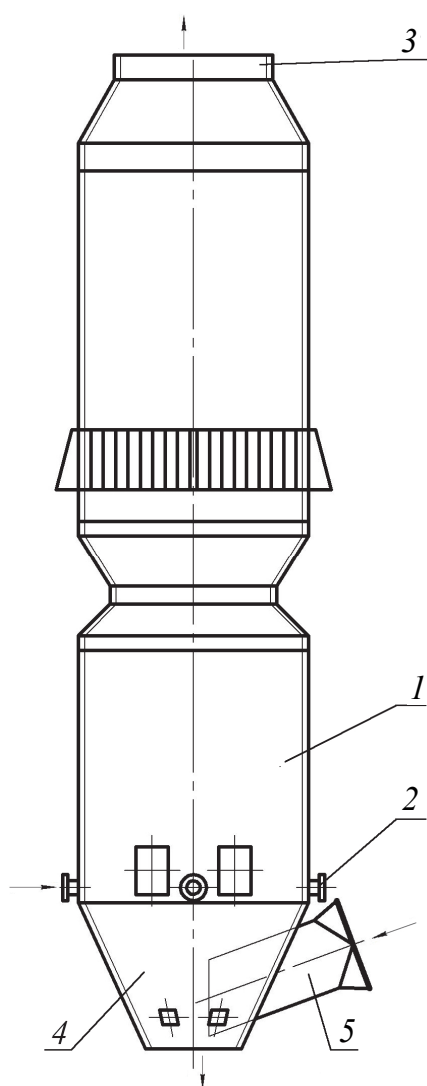
Яшчэ адна асаблівасць разгледжанага дэкарбанізатара раскрываецца ў яго назве. Слова «флэш» з англійскай мовы перакладаецца як успышка. Паліва ў гарэлкі тут падаецца цыклічна, і суцэльны факел не назіраецца. Цеплаабмен пры гэтым рэалізуецца не выпраменьваннем, а канвекцыяй, што дае магчымасць скараціць расход паліва.

Арыгінальнай і высокаэфектыўнай канструкцыяй можна лічыць дэкарбанізатар з дадатковай закруткай газу, падаваемага на гарэнне (рыс. 1.20).



Рыс. 1.20. Дэкарбанізатар

Зверху над корпусам 1 устаноўлены дадатковыя цыклонныя камеры 3 з тангенцыяльным патрубкам для ўводу паветра на гарэнне. Па восі гэтых камер перпендыкулярна да яго замацаваны гарэлкі 2 для спальвання паліва. Сыравінная мука падаецца зверху ў тангенцыяльны патрубак. У выніку размеркаваная ў высакахуткаснай закручанай паветранай плыні, яна адразу пападае ў зону высокатэмпературнага факела. Такім чынам, згодна з асноўным ураўненнем цеплаперадачы (1.25), павялічваецца ўсе яго складовыя: рознасць тэмператур, паверхня і каэфіцыент цеплаперадачы. Наяўнасць дзвюх цыклонных камер і двух сіметрычна размешчаных патрубках для выхаду газу сведчаць аб тым, што дэкарбанізатар прызначаны для агрэгавання з двума паралельна устаноўленымі цыклоннымі цеплаабменнікамі.



Рыс. 1.21. Дэкарбанізатар
айчыннай вытворчасці

На новых айчынных цэментных заводах устаноўлены дэкарбанізатар больш простаї канструкцыі (рыс. 1.21).

Ён канструкцыйна і па прынцыпе дзеяння падобны на шахтны цеплаабменнік (рыс. 1.18). Футраваны ўнутры корпус 1 тут таксама мае звужэнне па дыяметры, праўда, у адным месцы, эфект дасягаецца падобны. Цвёрдыя часцінкі завісаюць у вузкім сячэнні, за кошт гэтага павялічваецца час іх кантакту з топачнымі газамі.

Прынцыповае адрозненне шахтнага дэкарбанізатара ад цеплаабменніка ў тым, што ў яго ніжняй частцы ўстаноўлены чатыры гарэлкі 2. Дэкарбанізатар працуе ў рэжыме супрацьтоку. Сыравінная сумесь падаецца праз загрузачны патрубак 3, а выгружаецца праз цечку 4, адкуль пападае ў вярчальную печ. Падагрэтае ў халадзільніку клінкеру паветра ўводзіцца ў дэкарбанізатар праз газаход 5.

Мадэлей дэкарбанізатараў і схем іх разнастайнай устаноўкі даволі шмат. Але ўсе яны выконваюць дзве важныя задачы: падагрэў і дэкарбанацыя сыравіны. Заключная стадыя тэхналагічнага працэсу – абпал з утварэннем вадкай фазы застаецца ў вярчальнай печы.

Спробы замяніць яе на нейкі другі агрэгат, напрыклад перфараваны транспарцёр, аказаліся няўдалымі з-за яго забіўкі. Трэба значыць, што нейкі ўчастак печы яшчэ неабходны для папярэдняга ахаладжэння клінкеру. Таму на дзве аперацыі, якія засталіся, дастаткова даўжыні печы не 180 м, як пры мокрым спосабе, а ўсяго 40–80 м. Гэтая даўжыня залежыць ад прадукцыйнасці пяхнога агрэгата, эфектыўнасці стадыі першаснай тэрмаапрацоўкі сыравінных кампанентаў.

1.1.7. Халадзільнікі клінкеру

Нават пры папярэднім ахаладжэнні ў вярчальнай печы клінкер выгружаецца з яе з тэмпературай каля 1000°C . Пры прадукцыйнасці тысяча тон клінкеру ў суткі ён з такой тэмпературай мае вялізарны энергетычны патэнцыял. Таму адна з найважнейшых задач ахаладжэння клінкеру – зварот яго цеплавой энергіі ў тэхналагічны працэс. Адзін з варыянтаў такога звароту быў разгледжаны пры вывучэнні канструкцый дэкарбанізатараў, у якіх на гарэнне падаецца паветра з халадзільніка, падагрэтае цяплом клінкеру. Другая задача ахаладжэння клінкеру заключаецца ў зніжэнні тэмпературы да магчымасці яго далейшай перапрацоўкі ў абсталяванні, выкананым з таных негараचाўстойлівых матэрыялаў. Ну і, канешне, пры хуткім ахаладжэнні ў клінкеры ўзнікаюць тэмпературныя напружанні і, як вынік, з'яўляюцца шматлікія дэфекты і шчыліны. А гэта садзейнічае павышэнню яго размоладольнасці і зніжэнню энергатадат на працэс памолу на заключнай стадыі вытворчасці цэменту.

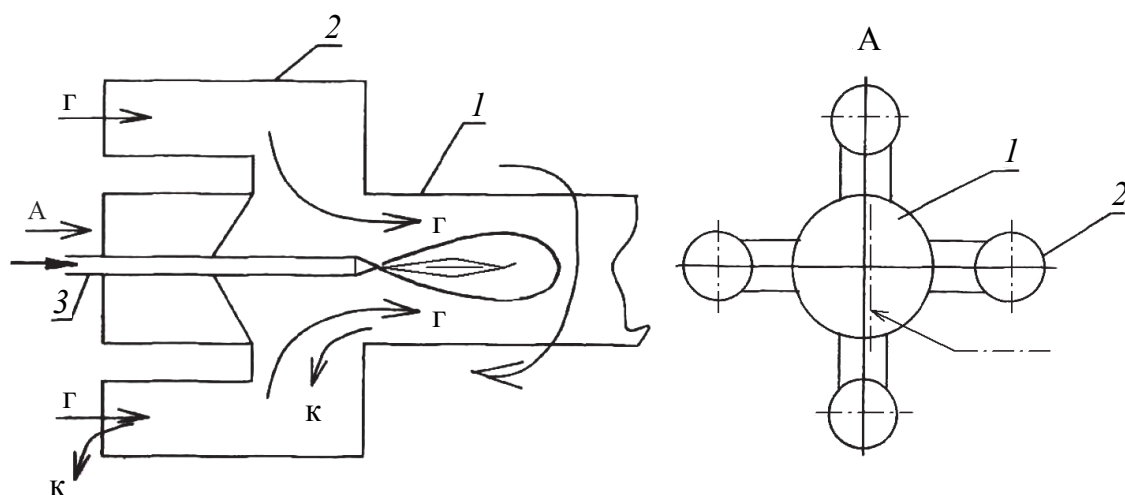
Канструкцыйна сярод халадзільнікаў клінкеру можна вылучыць чатыры асноўныя мадыфікацыі: барабанны, рэкуператарны, планетарны, каласніковы, шахтны. Характэрнай абагульняючай прыкметай для ўсіх варыянтаў з'яўляецца тое, што ў якасці халад-агенту выкарыстоўваецца паветра, якое затым падаецца на працэс гарэння ў якасці так званага другаснага паветра.

Халадзільнік барабаннага тыпу – адна з першых і найпростейшых канструкцый. Гэта полы вярчальны барабан, у якім супрацьтокам рухаюцца клінкер і халоднае паветра. Дыяметр барабана – 2–5 м, суадносіны $L / D = 10\text{--}12$. Пры такіх габарытах барабан усталяваецца на двох апорах. Ён, звычайна, размяшчаецца пад печчу, пад яе гарачым канцом з нахілам 4–7% у бок, адваротна нахілу самой печы. Часціня вярчэння барабана – да 8 хвіл^{-1} .

Для эфектыўнай цеплаперадачы хуткасць паветра па сячэнні барабана складае 3,8–4,3 м/с. Пры гэтым клінкер ахаладжваецца да $150\text{--}300^{\circ}\text{C}$, а паветра награвецца да $400\text{--}750^{\circ}\text{C}$. У агульным з пункту гледжання цеплаперадачы гэты халадзільнік, як і любы барабанны аграгат, з'яўляецца малаэфектыўным. Таму ў сучаснай цэментнай вытворчасці ён, практычна, не выкарыстоўваецца. А вось у вытворчасці вапны – гэта асноўны ахаладжальны аграгат.

Планетарны рэкуператарны халадзільнік выкарыстоўваецца на вярчальных печах прадукцыйнасцю да 800 т/сут. Ён уяўляе сабой (рыс. 1.22) некалькі барабанаў 2, жорстка замацаваных на вонкавай

паверхні корпуса печы 1 у зоне папярэдняга ахаладжэння клінкеру за гарэлкай 3. Уваходны канец рэкуператараў злучаны з печчу з'ёмнымі патрубкамі. Працэс ахаладжэння ў рэкуператары ажыццяўляецца таксама, як і ў вярчальнай печы ці барабанным халадзільніку. Яго асноўная перавага заключаецца ў павелічэнні паверхні кантакту за кошт выкарыстання некалькіх барабанаў на адным участку печы. Слова «планетарны» ў назве паявілася з-за таго, што барабаны і матэрыял у іх удзельнічаюць у больш складаным руху, падобным на планетарны. Звычайна колькасць барабанаў па акружнасці складае 8–12 шт., іх дыяметр – 1,0–1,2 м, даўжыня – 10–15 м. Клінкер ахаладжваецца ў такіх халадзільніках да 120–150°C, а паветра падаграваецца да 600–900°C і паступае непасрэдна ў печ.

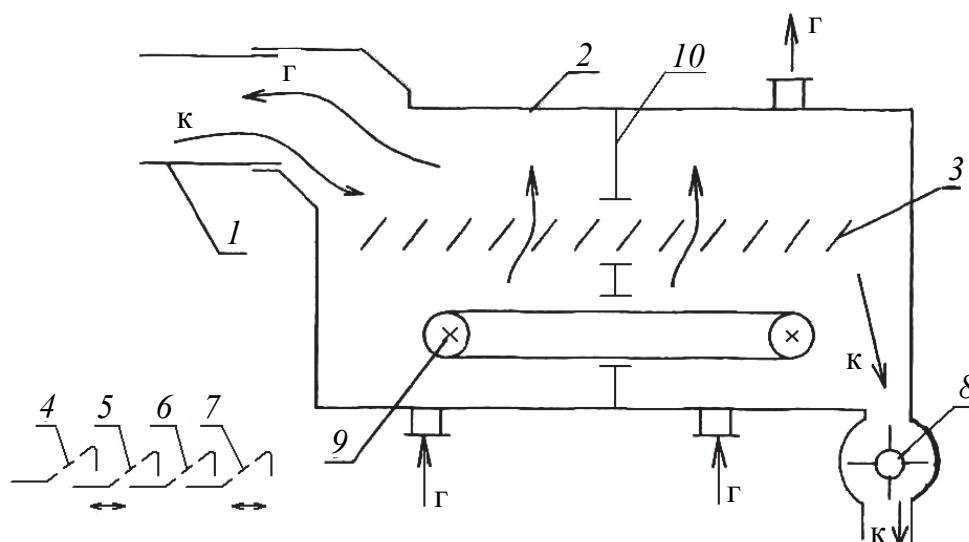


Рыс. 1.22. Планетарны рэкуператарны халадзільнік

На высокапрадукцыйных печах, якія выкарыстоўваюцца на сучасных цэментных заводах, устанаўліваюцца выключна каласніковыя халадзільнікі пераштурхоўвальнага тыпу (рыс 1.23).

Халадзільнік далучаны непасрэдна да выхаднога гарачага канца печы 1 і складаецца з корпуса 2, унутры якога ўстаноўлена каласніковая рашотка 3. Гэта рашотка камплектуецца з папарна размешчаных нерухомых 4, 6 і рухомых 5, 7 каласнікоў. Кожны каласнік мае нахіленую перфараваную паверхню і вертыкальную, ці блізкую да яе, суцэльную. Вугал нахілу перфараванай паверхні павінен быць меншы за вугал трэння клінкеру па ёй. Рухомыя каласнікі замацаваны на карэтцы, якая можа перамяшчацца механічным прыладам з крывашыпам або гідрацыліндрам. Пры перамяшчэнні рухомых каласнікоў улева (для дадзенай схемы) клінкер слізгаецца па іх нахіленай паверхні і не перамяшчаецца ўслед за

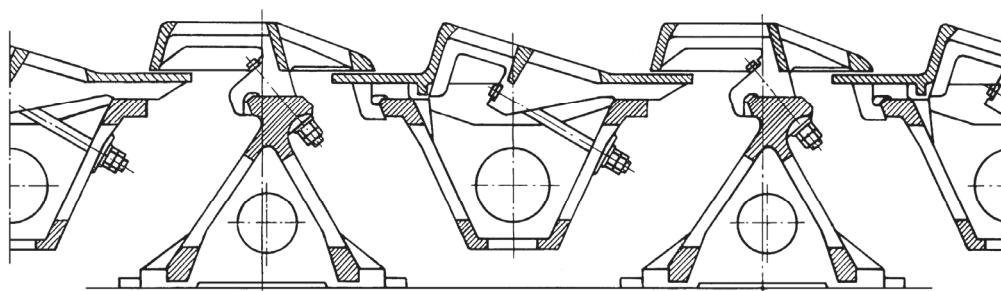
імі. Рух управа суправаджаецца пераштурхоўваннем вертыкальнай плоскасцю клінкеру за нерухомы каласнік. Такім чынам, клінкер паступова перамяшчаецца ад печы да малатковай драбілкі 8, у якой ажыццяўляецца яго папярэдняе здрабненне. Прасыпаны праз адтуліны каласнікоў матэрыял збіраецца на транспарцёры 9 і падаецца ім да той жа драбілкі 8.



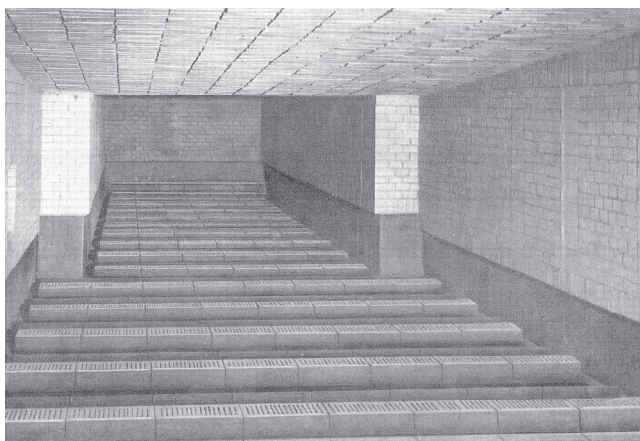
Рыс. 1.23. Каласніковы халадзільнік

Ахаладжэнне клінкеру праводзіцца паветрам, падаваемым пад каласнікі. Пры праходжанні праз адтуліны каласнікоў і пласт клінкеру за кошт непасрэдна кантакту паветра з ім адбываецца інтэнсіўны цеплаз'ём. Для павышэння эфектыўнасці выкарыстання атрыманай цеплавой энергіі рабочы аб'ём каласніковага халадзільніка падзелены на дзве камеры перагародкай 10. З першай з іх нагрэтае паветра падаецца непасрэдна ў печ 1, а з другой па цеплаізляваным газаходзе ў дэкарбанізатар, аб чым упаміналася вышэй.

Для больш поўнага ўяўлення аб канструкцыі каласніковага халадзільніка на рыс. 1.24 паказаны фрагмент каласніковай рашоткі, а на рыс. 1.25 яе размяшчэнне ўнутры корпуса.



Рыс. 1.24. Каласніковая рашотка



Рыс. 1.25. Унутранае абсталяванне каласніковага халадзільніка

Пасля разгляду канструкцыйных асаблівасцей каласніковага халадзільніка можна спыніцца на яго абагульненых тэхналагічных параметрах. Так, таўшчыню пласта клінкеру над каласніковай рашоткай рэкамендуецца падтрымліваць 150–350 мм. Даўжыня яе ходу складае 100–150 мм, часціня двайных хадоў – 10–20 хвіл⁻¹.

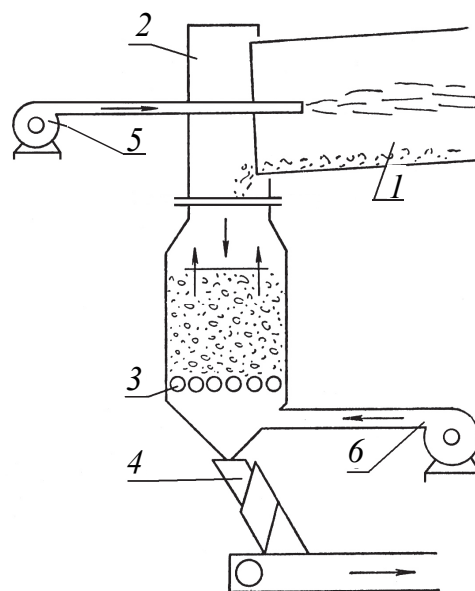
У першай камеры па ходзе клінкер ахалоджваецца прыкладна да 400°C, у другой – да 100°C. Расход ахаладжальнага паветра пры гэтым складае 2,5–3,5 м³/кг клінкеру.

Напрамкі ўдасканалення каласніковых халадзільнікаў заключаюцца ў асноўным у паляпшэнні размеркавання паветра на каласніковай рашотцы. Для гэтага прастора пад рашоткай разбіваецца на асобныя зоны, у кожную з якіх паветра падаецца ад індывідуальнага вентылятара.

У апошні час у замежнай практыцы пачалі выкарыстоўваць шахтныя халадзільнікі (рыс. 1.26).

З вярчальнай печы 1 клінкер пападае ў шахту 2, у ніжняй частцы якой размешчаны вярчальныя валкі 3. Прычым кожная пара суседніх валкоў круціцца ў розныя бакі. Такім чынам, валкі выконваюць функцыі здрабняльнага аграгата і адначасова размеркавальнай рашоткі для ахаладжальнага паветра, якое падводзіцца знізу. Валкі выкананы полімі, і ўнутр іх падаецца вада для прадухілення ад перагрэву.

Шахтны халадзільнік па сваёй сутнасці выкананы як аграгат псеўдазвадкаванага пласта, які павінен утварацца і падтрымлівацца над валкамі.



Рыс. 1.26. Шахтны халадзільнік

Канешне, у гэтым выпадку цеплааддача ад клінкера да паветра будзе даволі высокая. Але забяспечыць устойлівы рэжым псеўдазварвання пры розных размерах кавалкаў клінкеру вельмі складана. Вось гэты факт можна аднесці да істотных недахопаў шахтнага халадзільніка. У цэлым па сваіх характарыстыках ён блізкі да каласніковага халадзільніка.

Абагульняючы ўсе канструкцыйныя і тэхналагічныя праблемы працэсу ахаладжэння, можна адзначыць, што асноўны напрамак удасканалення халадзільнікаў – гэта павышэнне цеплавога каэфіцыента карыснага дзеяння і зніжэнне тэмпературы клінкеру на выхадзе з іх.

1.1.8. Агрэгаты для памолу клінкеру

Памол цэментнага клінкеру з’яўляецца завяршальнай стадыяй у працэсе вытворчасці цэменту, ад якой залежыць якасць гатовага прадукту. Імкненне атрымаць як мага меншыя часцінкі (большую адносную паверхню) у канцавым прадукце часта прыводзіць да адваротнага выніку. Найбольш рацыянальнай для забеспячэння патрабуемай трываласці цэменту лічыцца фракцыя размерам 3–30 мкм. Яе доля ў гатовым цэменце павінна складаць каля 50%. Наяўнасць вялікай колькасці часцінак менш як 3 мкм, што адпавядае адноснай паверхні больш за $5000 \text{ см}^2/\text{т}$ ($500 \text{ м}^2/\text{кг}$), уплывае толькі на хуткасць набору трываласці на працягу першых сутак. Аднак канчатковая трываласць пры гэтым зніжаецца. І з другога боку, фракцыя больш за 60 мкм гідратуецца вельмі павольна і мала ўплывае на трываласць цэменту. Відавочна, што гэтыя абмежаванні ўплываюць як на канструкцыйныя асаблівасці памольных агрэгатаў, так на рэжымы іх работы.

Традыцыйна да нядаўняга часу памол клінкеру ажыццяўлялі ў адну стадыю ў барабанных млынах, якія працуюць па адкрытым цыкле. Асноўны недахоп такога спосабу памолу – высокія энергаватраты, якія складаюць 35–50 кВт·г/т. Падборам, камбінацыяй размераў здрабняльных цел удавалася крыху знізіць гэтыя энергаватраты. Эфектыўнасць памолу павялічваецца і пры выкарыстанні хімічных інтэнсіфікатараў памолу, сярод якіх найбольш распаўсюджаным з’яўляецца трыэтаноламін. Яго расход складае ўсяго 0,3 кг/т клінкеру. Аднак ні адна з гэтых мер не дае магчымасці атрымаць вузкафракцыйны матэрыял з указаным вышэй размерам часцінак. Гэта ўдалося ажыццявіць толькі з пераходам

на замкнёны цыкл памолу з уключэннем у схему памольнай устаноўкі паветранага класіфікатара. Выкарыстанне класіфікатараў дазволіла на 10–20% знізіць адносныя энергазатраты на памол клінкеру.

Далейшае ўдасканаленне працэсу памолу заключаецца ў пераходзе да двухстадыйнай схемы. Прычым на першай стадыі выкарыстоўваюцца найменш энергазатратныя здрабняльныя агрэгаты, у якіх матэрыял разбураецца метадам «свабоднага драбнення». Да іх адносіцца валковы прэс, ціск больш як 50 МПа у якім ствараецца гідрасістэмай. Выпускаюцца такія прэсы прадукцыйнасцю да 1000 т/г з дыяметрам валкоў да 2800 мм. Энергазатраты на здрабненне ў валковым прэсе складаюць усяго 2,5–3,0 кВт·г/т. Пасля прэса (другая стадыя) пры нізкай прадукцыйнасці ўстанаўліваюцца дэзінтэгратары, а пры высокай – барабанныя млыны. Прычым валковы прэс і агрэгаты другой стадыі працуюць у замкнёным цыкле. Пры такой двухстадыйнай тэхналогіі памолу ўдаецца павысіць прадукцыйнасць на 25–35% і знізіць расход энергіі на 15–20%. На нашых цэментных заводах паспяхова працуюць памольныя ўстаноўкі з камбінацыяй валковага прэса і барабаннага млына прадукцыйнасцю да 450 т/г.

Паралельна з двухстадыным памолам клінкеру паспяхова развіваецца аднастадыйны, рэалізуемы ў сярэдняходных валковых млынах. Дарэчы, працэс размолу ў гэтых агрэгатах набліжаны да «свабоднага драбнення». Шэраг канструкцыйных удасканаленняў, напрыклад устаноўка дадатковых валкоў, дазволіў павысіць іх прадукцыйнасць па клінкеры да 500 т/г пры невялікіх адносных энергазатратах.

Такім чынам, падводзячы вынік, можна адзначыць, што вытворчасць цэменту з'яўляецца адной з энерга- і матэрыялаёмістых. Таму ўдасканаленне тэхналагічнага абсталявання ў напрамку зніжэння ўказаных паказчыкаў будзе заўсёды актуальнай задачай.

1.2. Абсталяванне для вытворчасці вапны

Па тэхналогіі і абсталяванні вытворчасць вапны вельмі падобная да вытворчасці цэменту. Вапну, як і цэмент, вырабляюць мокрым і сухім спосабамі.

Адрозненні вытворчасці вапны ад цэменту заключаюцца ў наступным:

1) выкарыстоўваецца адзін сыравінны кампанент – мел (мергель), і ўся вытворчасць заканчваецца рэакцыяй дэкарбанізацыі (1.4), якая ажыццяўляецца пры тэмпературы 1000–1100°C;

2) вярчальныя печы, якія выкарыстоўваюцца ў вытворчасці вапны, маюць меншую даўжыню, паколькі ў іх адсутнічае зона спякання;

3) тэхналагічныя лініі вапны характарызуюцца меншай вытворчай магутнасцю, і таму пасля вярчальных печаў усталяўваюцца звычайна барабанныя халадзільнікі;

4) пры сухім спосабе вытворчасці ў якасці цеплавых аграгатаў могуць выкарыстоўвацца не толькі вярчальныя, але і шахтныя печы і печы псеўдазвядкаванага пласта;

5) тонкадысперсная вапна атрымліваецца двума спосабамі: памолам, як і цэмент, і гашэннем (гідратная вапна).

У нашай краіне пераважна выкарыстоўваецца мокры спосаб вытворчасці вапны. Тэхналагічныя лініі камплектуюцца тымі ж аграгатамі, што і пры аналагічным спосабе вытворчасці цэменту (рыс. 1.1), з улікам асаблівасцей, указаных вышэй. На падрыхтоўчай стадыі гэта боўталкі, шламбасейны. Цеплавы аграгат адрозніваецца наяўнасцю барабаннага халадзільніка. На заключнай стадыі няма неабходнасці ў прамежкавым складзе і ўчастку падрыхтоўкі дабавак.

Калі гаварыць пра сухі спосаб, то ён у нашых умовах, пры высокай вільготнасці сыравіны, не з'яўляецца такім. Больш правільна будзе назваць яго камбінаваным. У адпаведнасці з гэтым тэхналагічная лінія істотна адрозніваецца ад сухога спосабу вытворчасці цэменту. Прыклад такой схемы паказаны на рыс. 1.27.

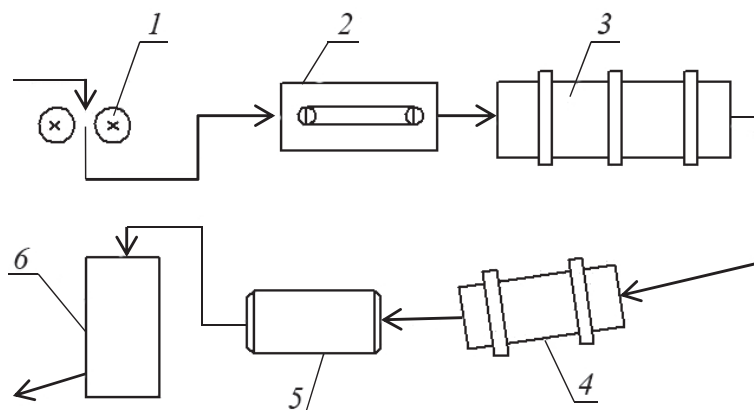


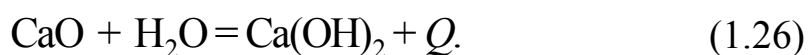
Рис. 1.27. Тэхналагічная схема сухога спосабу вытворчасці вапны

Першай тэхналагічнай машынай такога спосабу вытворчасці з'яўляецца валковая драбілка 1. У ёй вільготныя кавалкі мелу здрабняюцца да размераў, прыгодных да загрузкі ў канвеерны кальцынатар 2, у якім адбываецца падсушка сыравіны. Далей высушаны мел падаецца ў вярчальную печ 3. У ёй адбываецца падагрэў і дэкарбанізацыя з атрыманнем на выхадзе комавай вапны СаО. Яна ахалоджваецца паветрам у барабаным халадзільніку 4 і размолваецца да парашкападобнага стану у барабаным млыне 5, гатовы прадукт захоўваецца ў сіласах 6, з якіх адгружаецца спажывцам.

Гэтую тэхналагічную схему мокрага спосабу можна аптымізаваць на стадыі памолу вапны. Есць вопыт паспяховай замены энерга- і металаёмістага барабаннага млына на ўдарна-цэнтрабежны, які мае больш высокія тэхніка-эканамічныя паказчыкі.

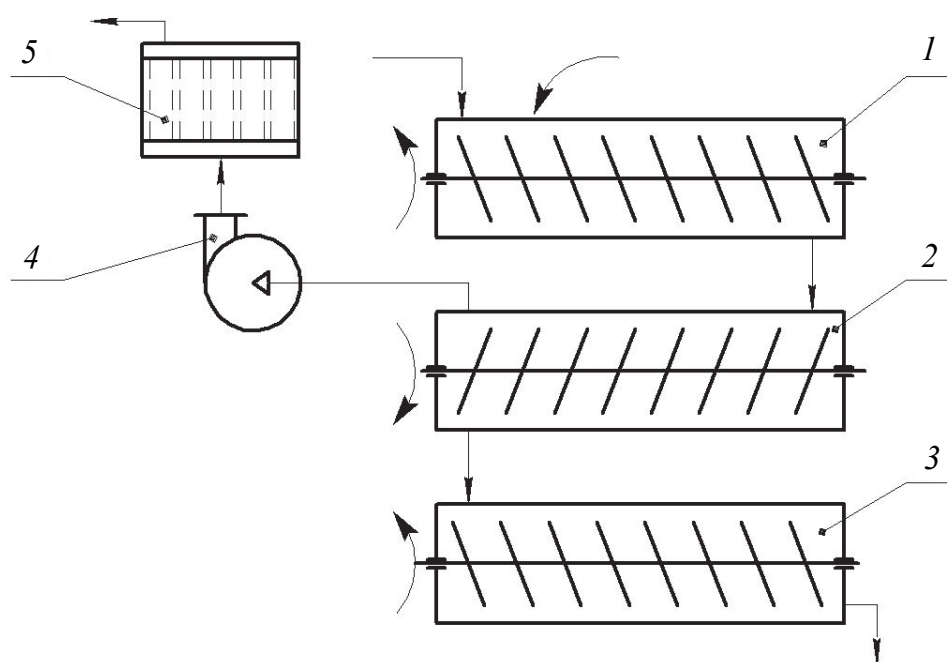
Што датычыць магчымасцей устаноўкі ў якасці цеплавых агрэгатаў шахтных і іншых печаў, то ў вытворчасці будаўнічых матэрыялаў нашай краіны яны не выкарыстоўваюцца.

Спецыфічным працэсам з'яўляецца атрыманне гашанай, ці, інакш, гідратнай вапны. Ён заснаваны на хімічнай рэакцыі гашэння.



Пры гашэнні вапны выдзяляецца значная колькасць цяпла, прыкладна 1160 кДж на 1 кг аксиду кальцыю. Вада пры гэтым закіпае, і пара, якая ўтвараецца ў шчылінах кавалкаў аксиду, разбурае іх на дробныя часцінкі з утварэннем гідрату кальцыю ці так званай вапны-пушонкі. Колькасць вады, падаваемай на гашэнне, павінна складаць 60–80% ад масы СаО. Па тэхналагічных патрабаваннях пры гашэнні вапны ў парашок тэмпература ў актыўнай зоне не павінна перавышаць 100°C.

Адзначаныя вышэй патрабаванні аказваюць уплыў на тэхналагічны працэс гашэння вапны і канструкцыйныя асаблівасці агрэгатаў для яго правядзення. У сучасных устаноўках прадугледжана трохступенная схема гашэння з інтэнсіўным перамешваннем на кожнай стадыі. Для рэалізацыі такой схемы на кожнай стадыі ўстаноўлены перамешвальны агрэгат з гарызантальным лопасцевым валам, як у звычайнага змяшальніка з вінтавымі лопасцямі. Прычым змяшальнікі размешчаны ў выглядзе каскаду па вышыні адзін пад другім (рыс. 1.28).



Рыс. 1.28. Трохступенны вапнагасільны аграгат

На першай ступені ўстаноўлены двухвальны змяшальнік 1, на астатніх 2 і 3 – аднавальныя.

На першай стадыі 1 ажыццяўляецца інтэнсіўнае перамешванне нягашанай вапны з вадой. Сумесь пападае ў другі змяшальнік 2, дзе адбываецца асноўны працэс гашэння з вылучэннем цяпла. Вадзяная пара і пыл, якія выдзяляюцца ў працэсе гашэння вентылятарам 4, падаюцца ў рукаўны фільтр 5 для ачысткі. У змяшальніку 3, як дадатковай камеры гашэння, вапна разрыхляецца вярчальнымі лопасцямі і за кошт цяпла, якое засталася, выпараюцца рэшткі вады.

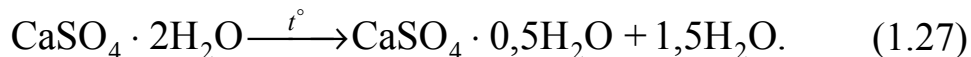
Пры распрацоўцы абсталявання для гашэння, а таксама складзіравання і транспартавання трэба ўлічваць, што гідратная вапна перавышае аб'ём зыходнай нягашанай у 2–2,5 разу за кошт павелічэння аб'ёму пустот паміж асобнымі часцінкамі.

1.3. Абсталяванне для вытворчасці гіпсу

1.3.1. Тэхналагічныя комплексы для вытворчасці гіпсу

Гіпсавыя вяжучыя рэчывы – гэта прамысловы прадукт, які атрымліваецца пры тэрмічнай апрацоўцы сыравіны. Ён выпускаецца ў выглядзе парашкападобнага матэрыялу з утрыманнем пераважна паўводнага сульфату кальцыю $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (паўгідрат).

Сыравінай пры гэтым з'яўляецца двухводны сульфат кальцыю $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Хімічнае пераўтварэнне, якое рэалізуецца ў працэсе вытворчасці, апісваецца рэакцыяй



Дыгідрат сульфату кальцыю з'яўляецца зыходным сыравінным кампанентам і канцавым прадуктам цвярдзення гіпсавага вяжучага. Гіпсавое вяжучае вырабляюць галоўным чынам з прыроднай гіпсавай горнай пароды (гіпсавага каменю), аснову якой складае $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Акрамя таго, сыравінай для вырабу гіпсу могуць быць прамысловыя адыходы розных вытворчасцей. Перш за ўсё гэта вытворчасць фосфарных угнаенняў, дзе ў адвалах складзіруецца агромністая колькасць фасфагіпсу. Ён у асноўным утрымлівае дыгідрат сульфату кальцыю з дамешкамі злучэнняў фосфару, фтору і іншых рэчываў.

Да патэнцыяльных крыніц гіпсавай сыравіны можна аднесці прадукты дэсульфатызацыі дымавых газаў розных цеплавых агрэгатаў. Падлічана, што ў выніку спальвання вугалю, мазуту, прыроднага газу кожны год у атмасферу выкідаецца 65 млн т сярністага газу, з якога можа быць атрымана каля 170 млн т двухводнага гіпсу.

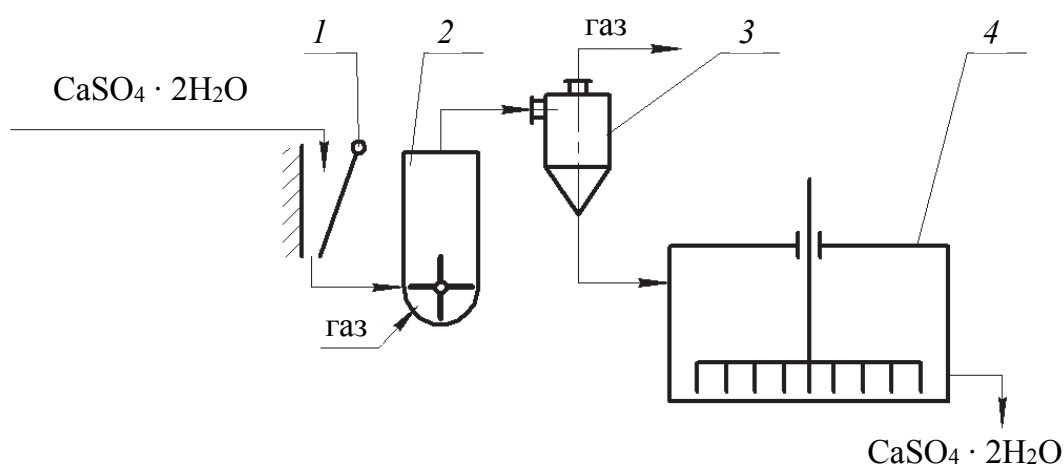
На жаль, на нашых прадпрыемствах у якасці сыравіны выкарыстоўваецца толькі прыродны гіпсавы камень. З-за слабага навуковага абгрунтавання ні фасфагіпс, ні, тым больш, гіпс з газавых выкідаў не атрыманы ў выглядзе, прыгодным для прамысловага выкарыстання.

Кароткі экскурс па тэхналогіі, атрыманая (1.27) хімічная рэакцыя сведчаць аб тым, што працэс вытворчасці гіпсавага вяжучага значна прасцейшы, чым, напрыклад, цэменту. Больш за тое, тэмпература дэгідратацыі 120–140°C на парадак меншая ў параўнанні з абпалам клінкеру, што пацвярджае эканамічную выгаду яго выпуску.

Тэхналагічны працэс звычайна ўключае дзве стадыі: памол і дэгідратацыю. На рыс. 1.29 паказана тэхналагічная схема вытворчасці вяжучага з прыроднага гіпсавага каменю.

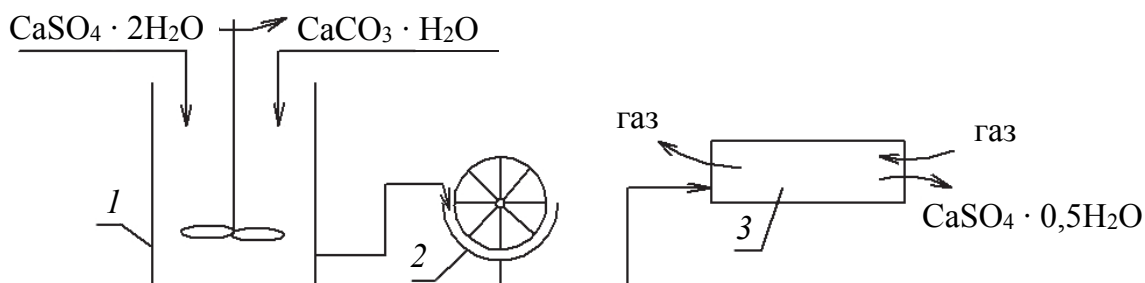
На першай стадыі гіпсавы камень папярэдне здрабняецца ў шчокавай драбілцы 1, а затым размолваецца ў шахтным млыне 2. Прычым вызначальны размер часцінак знаходзіцца на мяжы

грубага і тонкага памолу і складае 200 мкм. Дасягненне такога раз-
меру не патрабуе вялікіх энергызатрат на працэс памолу. Здроб-
нены прадукт выдаляецца з шахтнага млына пнеўматранспартам.
У якасці энерганосьбіту пры гэтым выкарыстоўваюцца адпрацава-
ныя топачныя газы з цеплавога аграгата. У выніку сыравіна
з млына выходзіць падагрэтай. Далей яна аддзяляецца ад газавай
фазы ў цыклоне 3 і паступае ў дэгідратар 4, задача якога заключа-
ецца ў аддзяленні ад двухводнага сульфату кальцыю паўтары ма-
лекулы звязанай вады. На выхадзе з дэгідратара атрымліваецца
паўгідрат, які ўяўляе сабой тонкадысперснае вяжучае.



Рыс. 1.29. Тэхналагічная схема вытворчасці гіпсу
з гіпсавага каменю

Калі пры атрыманні такога вяжучага рэчыва з гіпсавага каменю
тэхналагічны працэс можна лічыць сухім, то з фосфагіпсу ён пера-
твараецца ў мокры (рыс. 1.30).



Рыс. 1.30. Тэхналогія вытворчасці гіпсу з фасфагіпсу

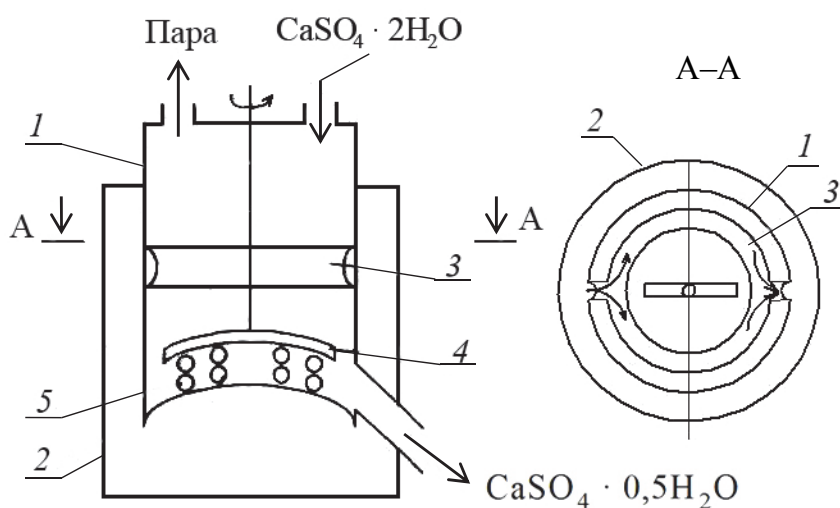
Спачатку для выдалення з фасфагіпсу рэшткаў кіслот у рэак-
тары з мяшалкай 1 праводзіцца яго нейтралізацыя вапняковым

малаком. Затым суспензія фільтруецца ў барабанным вакуум-фільтры 2 і адфільтраваны фосфагіпс падаецца ў барабанны дэгідратар 3. Неабходнасць выдаляць свабодную і звязаную вадзю з выкарыстаннем цеплавой энергіі ў малаэфектыўным барабанным аграгаце прыводзіць да зніжэння эканамічных паказчыкаў дадзенай тэхналогіі. У выніку энергазатраты ў пераводзе на ўмоўнае паліва вытворчасці вяжучага з фасфагіпсу прыкладна ў 2 разы большыя, чым з гіпсавага каменю. Больш за тое, нейтралізацыя дамешкаў у рэактары праходзіць не да канца, іх утрыманне ў гатовым прадукце перавышае дапушчальныя нормы. Па гэтых прычынах вяжучае, атрыманае з фасфагіпсу, не знаходзіць шырокага выкарыстання.

1.3.2. Дэгідратары гіпсавай сыравіны

На тэхналагічных схемах, паказаных вышэй, аграгат для тэрмічнай апрацоўкі абагульнена названы дэгідратарам. Гэтай назвай аб'ядноўваецца ўсё мноства канструкцыйных варыянтаў машын і апаратаў для пераўтварэння дэгідрату сульфату кальцыю ў паўгідрат.

Адным з першых аграгатаў, у якім рэалізоўваўся гэты працэс, быў гіпсаварачны кацёл перыядычнага дзеяння (рыс. 1.31).

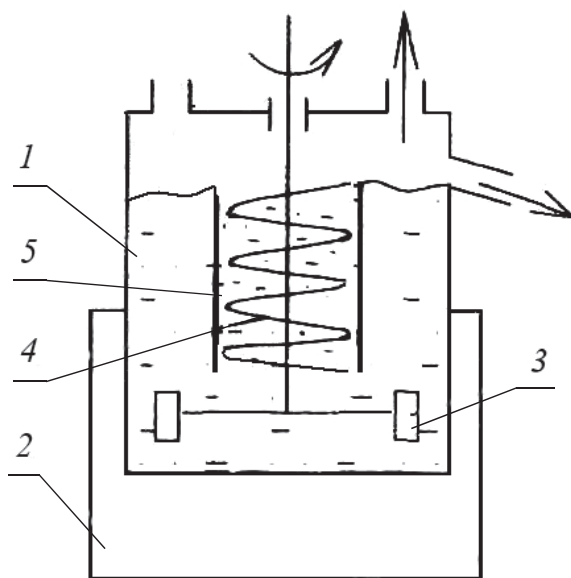


Рыс. 1.31. Гіпсаварачны кацёл перыядычнага дзеяння

Ён уяўляе сабой цыліндрычны корпус 1 са сферычным дном, размешчаным у выкладзенай з вогнетрывалай цэглы топцы 2. Для павелічэння павярхні цеплаабмену ўнутры корпуса замацаваны

жаравыя трубы 3, праз якія цыркулююць топачныя газы. Для пера-мешвання сыравіны на вертыкальным прывадным вале замацавана мяшалка 4. Яна размешчана паблізу дна і выканана па яго форме. Знізу да лопасцей гэтай мяшалкі замацаваны кавалкі ланцугоў 5, якія прадухіляюць прыгаранне гіпсу да дна катла.

Пры інтэнсіўным перамяшванні і награванні звязаная вада ад-дзяляецца ад дэгідрату кальцыю, які ператвараецца ў паўгідрат. Тэмпература тэрмаапрацоўкі (варкі) складае $120\text{--}140^{\circ}\text{C}$, працяг-ласць – 1–2 гадз. Вадзяная пара, якая ўтварылася пры гэтым, выда-ляецца праз верхні штуцар. Пасля заканчэння працэсу гіпс выгру-жаецца праз выхадны патрубак і самацёкам падаецца ў бункер. Рабочы аб’ём гіпсаварачнага катла – да 15 м^3 . Недахоп такога агра-гата заключаецца ў перыядычнасці работы і магчымым пыла-выкідзе ў час выгрузкі. Указаных недахопаў пазбаўлены гіпсаварачны кацёл няспыннага дзеяння (рыс. 1.32).



Рыс. 1.32. Гіпсаварачны кацёл няспыннага дзеяння

Асобныя элементы такога катла падобныя да папярэдняга – гэта цыліндрычны корпус 1, топка 2, лопасцевая мяшалка 3. Адроз-ненне заключаецца ў механізме выгрузкі матэрыялу. Для гэтага на вале замацаваны шнэк 4 з вуглом пад’ёму вінтавой лініі, меншым за вугал трэння гіпсу на лопасцях. Прычым шнэк заключаны ў цыр-куляцыйны цыліндр 5. Ён яшчэ выконвае функцыю жаравых труб, паколькі зроблены з двайнымі сценкамі, паміж якімі цыркулююць топачныя газы. Пры вярчэнні шнэка забяспечваецца пад’ём матэрыялу, а на кальцавой прасторы паміж корпусам і цыркуляцыйным цыліндрам

ён рухаецца ўніз. Такім чынам забяспечваецца інтэнсіўнае перамешванне і цыркуляцыя гіпсу. Загружаемы матэрыял, які мае большую шчыльнасць за кошт звязанай вады, адразу апускаецца ўніз, а абязводжаны гіпс з меншай шчыльнасцю збіраецца ў верхнім пласце і няспынна выводзіцца з корпуса. Прадукцыйнасць такога аграгата не перавышае 6 т/гадз.

Жаданне павысіць прадукцыйнасць прывяло да выкарыстання ў вытворчасці гіпсу ў якасці цеплавога аграгата вярчальнай печы. Аднак, як і ў другіх тэхналагічных працэсах, такі аграгат паказваў нізкую цеплавую эфектыўнасць.

Заслугоўвае ўвагі правядзенне працэсу дэгідратацыі танкамолатай гіпсавай сыравіны ў закручанай газавай плыні. Апарат, у якім рэалізуецца такі працэс (рыс. 1.33), называецца рэактарам, уключае цыліндрычны корпус 1 з унутранай віхравой камерай 2. Унутры гэтай камеры замацаваны статычны завіхральнік 3, а па вонкавай паверхні размеркаваны соплы (жалюзі) 4.

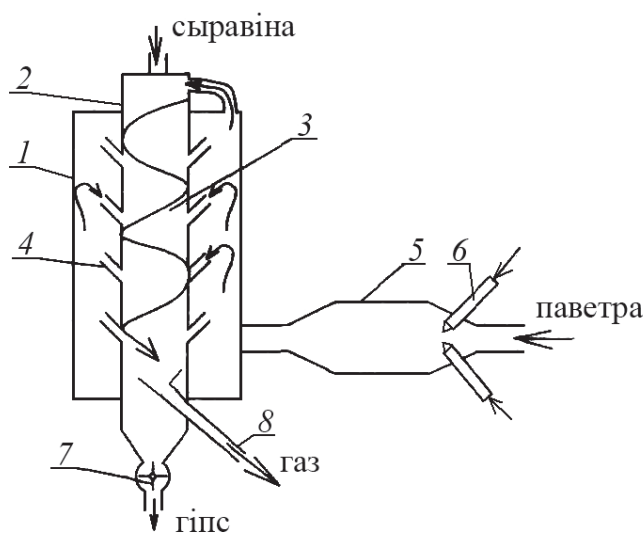


Рис. 1.33. Дэгідратар віхровага тыпу

Сыравіна падаецца зверху па восі віхравой камеры. Гарачыя газы з топкі 5, абсталяванай гарэлкамі 6, падаюцца ўнутр корпуса. Большая частка іх праз знешні патрубак паступае ў віхравую камеру і становіцца нясучай плынню для цвёрдых часцінак. Пры закрутцы газавай плыні яны прыціскаюцца да сценак віхравой камеры і рухаюцца ўніз. Пры адсутнасці соплаў

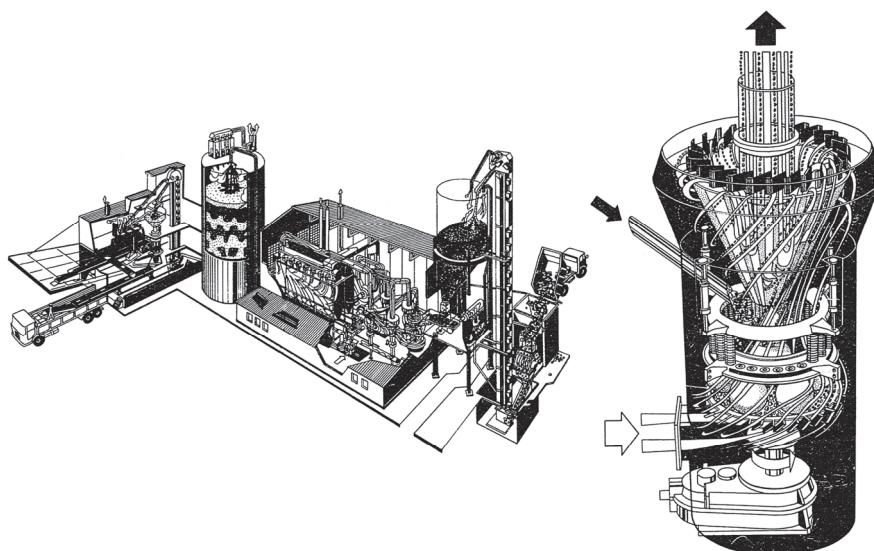
кантакт газу з цвёрдай фазай адбываўся б толькі з аднаго боку. А так праз соплы ў віхравую камеру паступае нейкая доля гарачага газу, які абцякае паверхню часцінак з другога боку. Такім чынам, значна павялічваецца паверхня кантакту, а ў закручанай плыні – і каэфіцыент цеплаперадачы. Дэгідраваны гіпс выводзіцца праз ячэйкавы шлюз 7, а газы – праз бакавы патрубак 8 з цэнтральным адборам.

Праблематычнымі момантамі ў рабоце такога дэгідратара будуць вялікае аэрадынамічнае супраціўленне, а адпаведна, і энергатазраты, і вялікі пылавыкід.

Калі прааналізаваць напрамкі ўдасканалення абсталявання для дэгідратацыі гіпсавай сыравіны, то можна адзначыць, што найбольш перспектыўным у апошні час лічыцца сумяшчэнне памолу і дэгідратацыі. Пры гэтым да агрэгатаў, у якіх рэалізуецца такое сумяшчэнне, прад'яўляецца шэраг даволі жорсткіх патрабаванняў. Выгрузка ў іх павінна быць пнеўматычная, і ў якасці энерганосьбіту выкарыстоўвацца высокатэмпературныя топачныя газы. Адпаведна размольны вузел павінен быць устойлівым да высокіх тэмператур і, канешне, мець нізкі абразіўны знос, забяспечваць як мага меншыя энергазатраты.

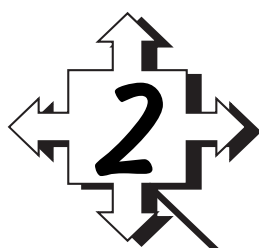
Такім патрабаванням адпавядае шарава-кальцавы сярэдняходны млын. У зоне памолу там адсутнічаюць змазваемыя вузлы, што дае магчымасць значна павысіць тэмпературу. Два апошнія патрабаванні характэрныя для ўсіх сярэдняходных млыноў, у тым ліку і для шарава-кальцовага.

Фірма «Клаўдыус-Петэрс» выпускае тэхналагічныя ўстаноўкі для дэгідратацыі гіпсавай сыравіны, абсталяваныя шарава-кальцавымі млынамі, прадукцыйнасцю да 50 т/гадз (рыс. 1.34). Тэмпература топачных газаў на ўваходзе ў млын дасягае 620°C , на выхадзе – 160°C . Менавіта такая высокая тэмпература дазваляе завяршыць дэгідратацыю за кароткі прамежак часу, які часцінкі знаходзяцца ў зонах памолу і класіфікацыі.



Рыс. 1.34. Устаноўка фірмы «Клаўдыус-Петэрс» для вытворчасці гіпсавага вяжучага

У заключэнне можна адзначыць, што выпуск гіпсавых вяжучых мае ўстойлівую тэндэнцыю да росту, што абумоўлена, у першую чаргу, адносна нізкімі энергазатратамі іх вытворчасці.



МАШИНЫ / АБСТАЛЯВАННЕ ДЛЯ ВЫТВОРЧАСЦІ АЗБЕСТАЦЭМЕНТНЫХ ВЫРАБАЎ

2.1. Тэхналагічныя комплексы для фармавання азбестацэментных вырабаў

Азбестацэмент – гэта штучны камень, які складаецца з цэменту і азбесту. Цэмент у ім выконвае функцыі вяжучага матэрыялу, азбест – арматуры.

Для вытворчасці азбестацэментных вырабаў выкарыстоўваецца цэмент марак 400 і 500. Важнай характарыстыкай цэменту з’яўляецца пачатак цвярдзення, які ў некаторых вырабаў павінен пачынацца толькі пасля завяршэння працэсу фармавання, а гэта не менш за 90 хвіл. Азбест – мінерал (водны сілікат магнезію), мае валакністую структуру. Кожны яго гатунак характарызуецца даўжынёй валакна. У вытворчасці азбестацэментных вырабаў выкарыстоўваецца адначасова некалькі гатункаў. Таму першая яе стадыя заключаецца ў падрыхтоўцы замесу з розных гатункаў азбесту.

Сярод спосабаў вытворчасці азбестацэментных вырабаў можна вылучыць тры асноўныя: мокры, сухі і паўсухі.

Пры мокрым спосабе, які часцей за ўсё выкарыстоўваецца ў нашай прамысловасці, зыходныя кампаненты падрыхтоўваюцца ў сумесі з вадой. Канцэнтрацыя сухіх кампанентаў пры гэтым не перавышае 20%, а ў рэальных умовах – 10%.

Сухі спосаб вытворчасці заснаваны на атрыманні азбестацэментнай масы з сумесі сухіх кампанентаў (азбесту і цэменту) у загадзя задзеных масавых суадносінах. Невялікая колькасць вады, дастатковая для гідrataцыі цэменту, падаецца непасрэдна на стадыі фармавання.

Паўсухі спосаб займае прамежкавае становішча паміж першымі двума. Сыравінныя кампаненты тут таксама перамешваюцца з вадой, але канцэнтрацыя цвёрдай фазы пры гэтым дасягае 40%. Такая канцэнтрацыя сведчыць аб тым, што зыходная сумесь уяўляе сабой пастападобную масу.

Асноўнымі вырабамі з выкарыстаннем азбесту з'яўляюцца плоскія і хвалістыя лісты, трубы дыяметрам 100–600 мм.

Увесь тэхналагічны працэс, незалежна ад спосабу вытворчасці, можна падзяліць на тры стадыі: падрыхтоўка сыравінных кампанентаў, фармоўка вырабаў, тэрмавільготная апрацоўка (цвярдзенне).

Паколькі прамысловае выкарыстанне пераважна мае мокры спосаб, то ў далейшым увага будзе сканцэнтравана на абсталяванні для яго рэалізацыі. Так, на рыс. 2.1 паказана схема тэхналагічнага комплексу для вытворчасці хвалістых азбестацэментных лістоў.

Азбест розных гатункаў са склада 1 падаецца ў змяшальнік 2, дзе рыхтуецца патрэбная сумесь. Першая стадыя распушкі азбесту адбываецца ў бегунах 3, другая – у гідрараспушвальніку 4. Падрыхтаваны азбест падаецца ў змяшальнік 5. Туды ж паступае і цэмент з бункера 6. Пры інтэнсіўным перамешванні сумесь даводзіцца да патрэбнай канцэнтрацыі і гамагенізуецца. Пасля гэтага яна паступае ў каўшовую мяшалку 7, якая выконвае функцыі ёмістасці-запасніка і дзятара адначасова. Больш за тое, указаны аграгат выконвае пераходныя функцыі ад цыклічных працэсаў на стадыі падрыхтоўкі сыравінных кампанентаў да ўсіх наступных няспынных.

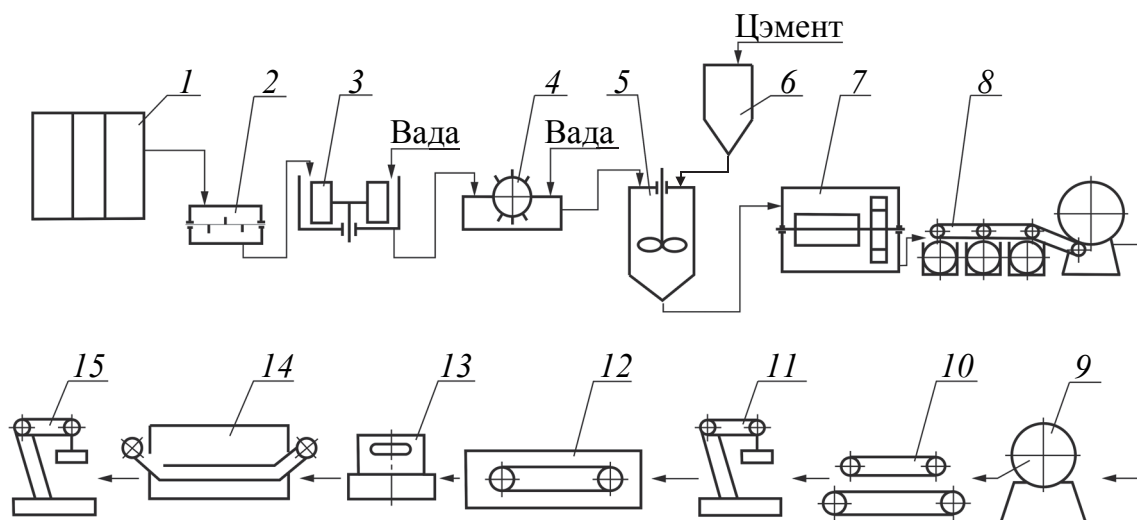


Рис. 2.1. Тэхналагічны комплекс для вытворчасці азбестацэментных лістоў

Сыравінная сумесь з каўшовай мяшалкі падаецца ў лістафармавальную машыну 8. Пры мокрым спосабе вытворчасці для фармавання лістоў выкарыстоўваюцца кругласеткавыя машыны дзвюх мадыфікацый, якія адрозніваюцца шырынёй фармуемага наката:

СМА-942 (1700 мм) і СМА-943 (1400 мм). Таўшчыня накату звычайна складае 4–10 мм. Наогул, маркіроўка СМ, з якой мы сутыкнуліся ўпершыню, азначае будаўнічыя матэрыялы. Вялікая трэцяя літара А – азбестацэмент.

З лістафармавальнай машыны выходзіць плоскі накат – мяккі, падатлівы, падобны па ўласцівасцях на паперу. Краі яго абразваюцца дыскавымі нажамі, а затым ён разразаецца на лісты патрабуемай даўжыні. Гэтая папярочная разрэзка ажыццяўляецца нажамі раскрою накату 9. Прычым у прамысловасці выкарыстоўваюцца тры тыпы нажоў: ратацыйныя (вярчальныя), дыскавыя, гільяцінныя.

Хвалістая форма лістам надаецца ў хваліравальніку 10. Далей стасавальнік 11 набірае стос з пятнаццаці лістоў, якія кладуцца на канвеер цвярдзення 12. Гэта ланцуговы канвеер з замацаванымі на ім профільнымі хвалістымі платформамі. Канвеер размешчаны ў камеры, у якую падаецца насычаная вадзяная пара. Цвярдзенне азбестацэментных лістоў ажыццяўляецца ў атмасферы пары пры тэмпературы 60–80°C на працягу 3–4 гадз.

На выхадзе з транспарцёра цвярдзення ўстаноўлены здымальнік стосаў 13. Ён забяспечаны вілачным захопам. Яго задача – перанос стосу азбестацэменту з канвеера цвярдзення 12 на канвеер воданасычэння 14. Канструкцыйна ён падобны на папярэдні канвеер. Толькі воданасычэнне ажыццяўляецца шляхам апускання стосу лістоў у гарачую вадку з тэмпературай 60°C на працягу 30 хвіл. Пасля выхаду з камеры воданасычэння з канчаткова зацвярдзелых лістоў стасавальнікам 15 набіраецца таварны стос са ста лістоў, які адпраўляецца на склад.

Пры вытворчасці плоскіх лістоў адразу пасля лістафармавальнай машыны ўстаноўлены гідраўлічны прэс, пад які падаецца стос азбестацэментных лістоў, перакладзеных металічнымі пракладкамі з тонкага ліставога металу. На прэсе яны ўшчыльняюцца і набываюць плоскую фактуру, цвярдзенне і воданасычэнне ідзе па той жа схеме, што і хвалістых лістоў.

Стадыя падрыхтоўкі сыравінных кампанентаў для фармавання труб падобная на вытворчасць лістоў. Далей тут замест лістафармавальнай машыны ўстанаўліваецца трубафармавальная. Канструкцыйныя адрозненні маюць канвееры цвярдзення і воданасычэння. Пасля цвярдзення трубы праходзяць стадыю механічнай апрацоўкі, дзе праводзіцца абточка іх канцоў і нарэзка злучальных муфт.

Пры мокрым спосабе вытворчасці ў тэхналагічным комплексе выкарыстоўваецца вялікая колькасць вады. Яна паступова насычаецца цвёрдымі часцінкамі цэменту і азбесту. Для зніжэння страт цвёрдых сыравінных кампанентаў праводзіцца іх аддзяленне ў рэкуператары. Гэты агрэгат падобны на звычайны гідраўлічны класіфікатар. Вадкасць, насычаная цвёрдай фазай, вяртаецца на стадыю падрыхтоўкі сыравінных кампанентаў, а асветленая вада ідзе на далейшую ачыстку.

2.2. Агрэгатy для распушкі азбесту і прыгатавання азбестацэментнай сумесі

Распушка азбесту – гэта раздзяленне скамкаванага скручанага азбесту на асобныя тонкія і доўгія валокны. Чым танчэйшае і даўжэйшае валакно, тым лепшыя яго арміравальныя ўласцівасці. Прычым тонкім лічыцца валакно дыяметрам 10–50 мкм, а доўгім – 0,5–2,0 мм.

Распушка азбесту праводзіцца звычайна ў дзве стадыі. Першую з іх можна назваць механічнай. Яна часцей за ўсё ажыццяўляецца ў бегунах. Выбар бегуноў абумоўлены тым, што за кошт розніцы хуткасцей па шырыні катка ў азбесце ўзнікаюць не толькі дэфармацыі сціскання ад яго вагі, але і дэфармацыі зруху. Менавіта апошнія дэфармацыі садзейнічаюць максімальнаму разбурэнню міжфібрылярных сувязей паміж валокнамі азбесту.

Механічная распушка рэалізуецца традыцыйна ў бегунах цыклічнага дзеяння з двума гранітнымі каткамі дыяметрам 1800 мм. Выбар матэрыялу каткоў абумоўлены непажаданым намолам металу і яго прысутнасцю ў сыравіннай сумесі. Загрузка азбесту за адзін цыкл не перавышае 150 кг, а яго працягласць складае 15–20 хвіл.

Распушка ў бегунах праводзіцца з дабаўленнем вады. На 1 кг сухога азбесту дадаецца 0,5–0,6 л вады. Вада садзейнічае павышэнню эфектыўнасці разбурэння пучкоў азбесту і прадухіляе пылавыкід у вытворчае памяшканне. Выгружаемы з бегуноў азбест мае вільготнасць 30–33% і ступень распушкі 30–35%.

Ступень распушкі – гэта паказчык эфектыўнасці працэсу. Яна вызначаецца метадам асаджэння 1%-най суспензіі азбесту на працягу 15 хвіл і разлічваецца па формуле

нажамі 5. У зоне вярчэння барабана дно галендара выканана профільным з грэбенем 6 і горкай 7, якая з'яўляецца дадатковай перашкодай для руху азбеставай суспензіі. Паміж барабанам і грэбенем адбываецца інтэнсіўнае віхраўтварэнне, якое суправаджаецца значнай турбулізацыяй вадкасці. У турбулентнай плыні ажыццяўляецца эфектыўная гідраўлічная распушка азбесту. Для атрымання належнага эфекту акружная хуткасць барабана павінна быць 12–14 м/с, што пры яго дыяметры 1200 мм адпавядае часціні вярчэння 220–240 хвіл⁻¹. Акрамя таго, зазор паміж нажамі і грэбенем павінен перавышаць 2–3 мм.

З апісання прынцыпу дзеяння і велічыні ўказаных параметраў бачна, што інтэнсіўная распушка працягваецца толькі невялікі прамежак часу, усяго каля 0,1 с. Гэта можна лічыць асноўным недахопам галендара. Увесь астатні час азбеставая суспензія цыркулюе па замкнёным контуры з невялікай хуткасцю. Поўны час яе апрацоўкі з давядзеннем ступені распушкі да патрабуемай велічыні 80–90% складае 6–8 хвілін. Кратнасць цыркуляцыі суспензіі пры гэтым дасягае 12–20. Трэба адзначыць, што ў працэсе распушкі павялічваецца вязкасць суспензіі. Для яе зніжэння ванна пастаянна напаўняецца вадой. На выхадзе з галендара канцэнтрацыя азбесту ў суспензіі складае ўсяго 4–5%.

Пасля распушкі, згодна з тэхналагічнай схемай (рыс. 2.1), азбеставая суспензія падаецца ў турбазмяшальнік, дзе перамешваецца з цэнтаментам. Турбазмяшальнік – гэта перамешвальны агрэгат ёмістасцю 4–5 м³ з хуткаходнай прапелернай мяшалкай і дадатковым цыліндрычным дыфузарам. Часціня вярчэння перамешвальнага органа – 500–650 хвіл⁻¹. Працягласць перамешвання з моманту загрузкі – 8–10 хвіл, канцэнтрацыя азбестацэментнай суспензіі – 21–26%.

Перспектыўным лічыцца сумяшчэнне гідраўлічнай распушкі азбесту з прыгатаваннем азбестацэментнай суспензіі. Працэс можна арганізаваць у апісаным вышэй турбазмяшальніку пры невялікай яго мадэрнізацыі (рыс. 2.3).

Для гэтага ў змяшальніку, які ўключае корпус 1 з прапелернай мяшалкай 2 і дыфузарам 3, дадаткова створаны вонкавы цыркуляцыйны контур з помпай 4. Помпа звычайна цэнтрабежная. На выхадзе з цыркуляцыйнага трубаправода ўстаноўлена распушвальная галоўка 5, якая ўключае сапло 6 і адбойную пліту 7. У выніку чыста механічны працэс перамешвання ператварыўся ў камбінаваны:

механічны і цыркуляцыйны. Больш за тое, на выхадзе з сапла суспензія з высокай хуткасцю ўдараецца аб адбойную пласціну, і гэты працэс паўтараецца шматразова. Пласціна 7 можа быць дзірчастая, зубчастая ці нейкай другой канфігурацыі.

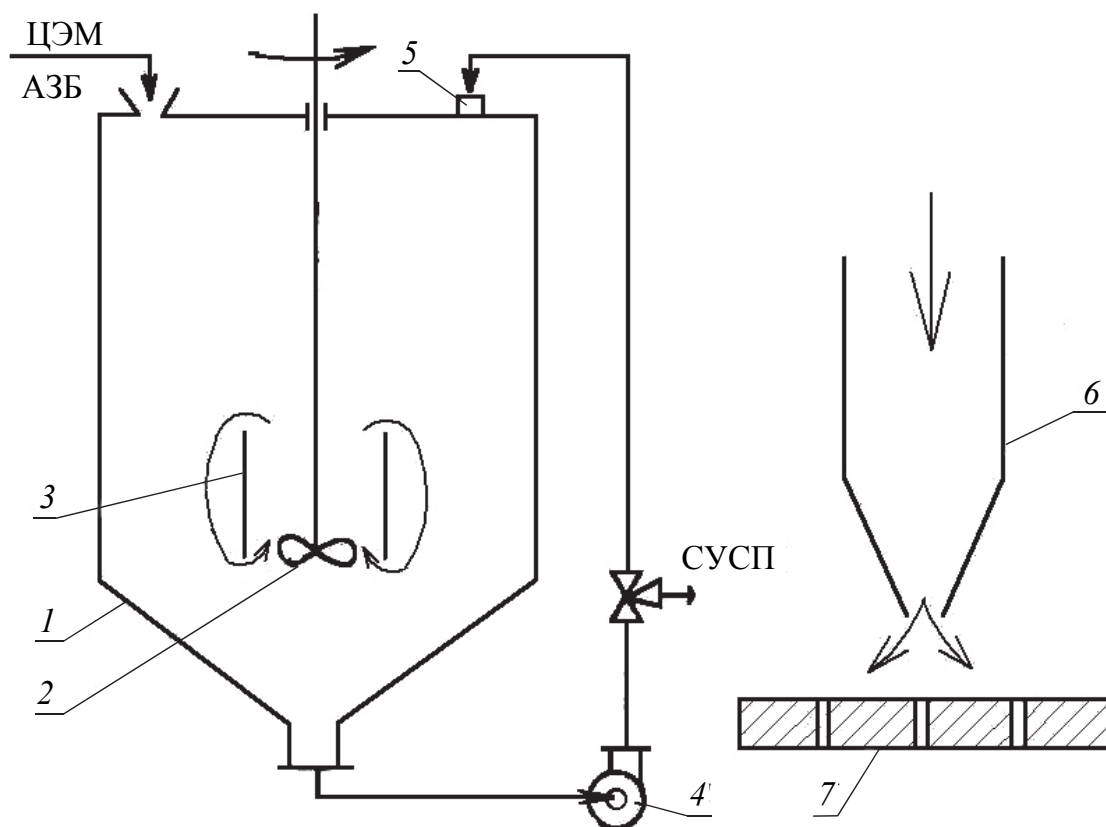


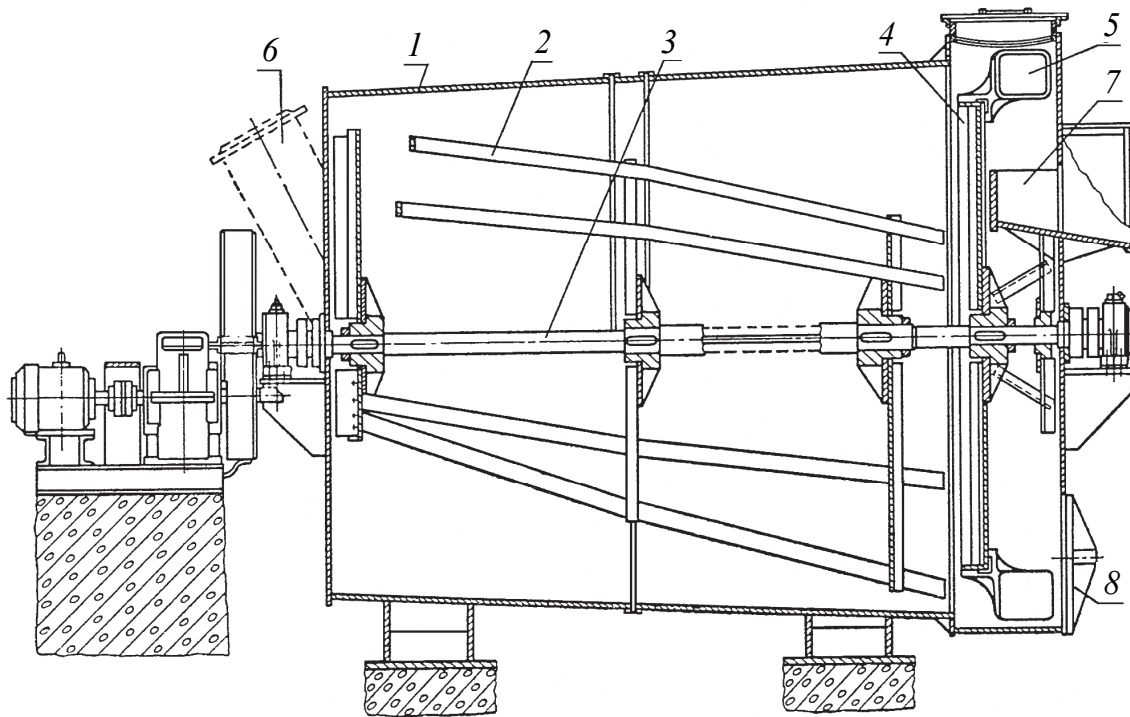
Рис. 2.3. Турбазмешальнік з распушвальнай галоўкай

Распушвальная галоўка пры інтэнсіўнай цыркуляцыі суспензіі цалкам выконвае функцыі гідраспушвальніка. Прычым ступень распушкі азбесту тут можа быць даведзена да 90–95%. Сумяшчэнне двух працэсаў у адным аграгаце дазваляе значна скараціць час цыкла падрыхтоўкі азбестацэментнай суспензіі.

Яшчэ большы эфект можна быць дасягнуты, калі ў цыркуляцыйным трубаправодзе ўстанавіць кавітацыйны дыспергатар. Эксперыментальна даказана, што за адзін праход праз яго ступень распушкі павялічваецца на 5%.

Далейшае ўдасканаленне перамешвальна-распушвальнага аграгата магчыма ў напрамку замены цэнтрабежнай помпы на дыскавы калоідны млын. Ён адначасова выконвае функцыі транспартнай прылады і гідраспушвальніка.

Пры любой мадэрнізацыі працэс прыгатавання азбестацэментнай суспензіі застаецца цыклічным. Агрэгатам, які злучае гэты працэс з далейшым няспынным фармаваннем, з'яўляецца каўшовая мяшалка. Яна выконвае дзве функцыі: ёмістасці (запасніка) і дазатара. Канструкцыя каўшовай мяшалкі паказана на рыс. 2.4.



Рыс. 2.4. Каўшовая мяшалка

Яна складаецца з канічнага корпуса 1 аб'ёмам да 7 м^3 , забяспечанага спіральнай лопасцевай мяшалкай 2, замацаванай на гарызантальным вале 3. На выхадным канцы вала ўстаноўлена каўшовае кола 4 з падвешанымі на ім шаснаццацю каўшамі 5 ёмістасцю на 10 л кожны. Азбестацэментная суспензія паступае ў мяшалку праз патрубак 6 і падтрымліваецца ва ўзважаным стане за кошт мяшалкі 2, якая круціцца з часцінёй $8\text{--}10 \text{ хвіл}^{-1}$. Каўшы 5, знаходзячыся ў ніжнім становішчы, зачэрпваюць суспензію, а ў верхнім выліваюць яе на латак 7, па якім яна самацёкам паступае ў ванну фармавальнай машыны. Для поўнай разгрузкі мяшалкі прадугледжаны зліўны люк 8.

Недахопам каўшовай мяшалкі можна лічыць гарызантальны раз'ём корпуса роўна па восі вала. Такое канструкцыйнае выкананне ўскладняе прадухіленне апорных падшыпнікаў ад кантакту з азбестацэментнай суспензіяй.

2.3. Канструкцыя лістафармавальнай машыны і яе асноўных вузлоў

Як адзначалася вышэй, на прадпрыемствах нашай краіны выкарыстоўваецца выключна мокры спосаб вытворчасці азбестацэментных вырабаў. Найбольш распаўсюджанымі сярод іх з'яўляюцца азбестацэментныя лісты, якія атрымліваюць на кругласеткавай лістафармавальнай машыне. Спрошчаная яе схема паказана на рыс. 2.5.

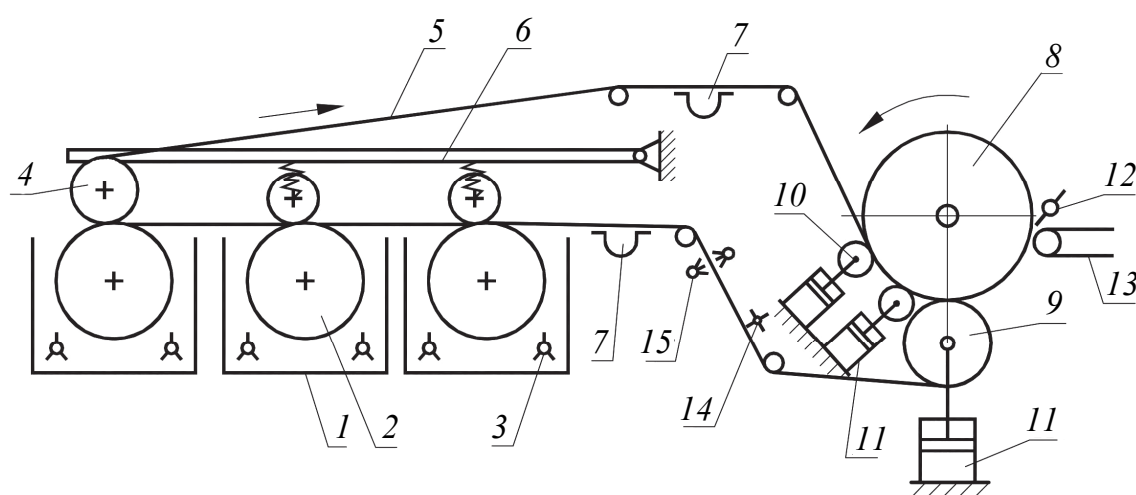


Рис. 2.5. Схема лістафармавальнай машыны

Лістафармавальная машына складаецца з дзвюх асноўных частак: фільтравальнай і прэсавай. Фільтравальная ўключае тры ванны 1, у якіх устаноўлены сеткавыя цыліндры 2 і мяшалкі 3. Адціскальнымі валкамі (гаўч-валкамі) 4 да сеткавых цыліндраў прыціскаецца бясконцае сукно 5. Гаўч-валы ўстаноўлены на агульнай фільцавай раме 6. Для папярэдняга абязводжвання азбестацэменту прадугледжана вакуум-каробка 7. Прэсавая частка складаецца з фарматнага барабана 8, да якога сукно прыціскаецца асноўным 9 і двума дадатковымі прэс-валамі 10. Прэсавое намаганне ствараецца гідрацыліндрамі 11. Адфармаваны на фарматным барабане накат зразаецца нажом 12 і паступае на транспарцёр 13. Рэгенерацыя сукна ажыццяўляецца з дапамогай сукнабойкі 14 і спрынклернай трубкай 15.

Больш падрабязна канструкцыя лістафармавальнай машыны паказана на рыс. 2.6.

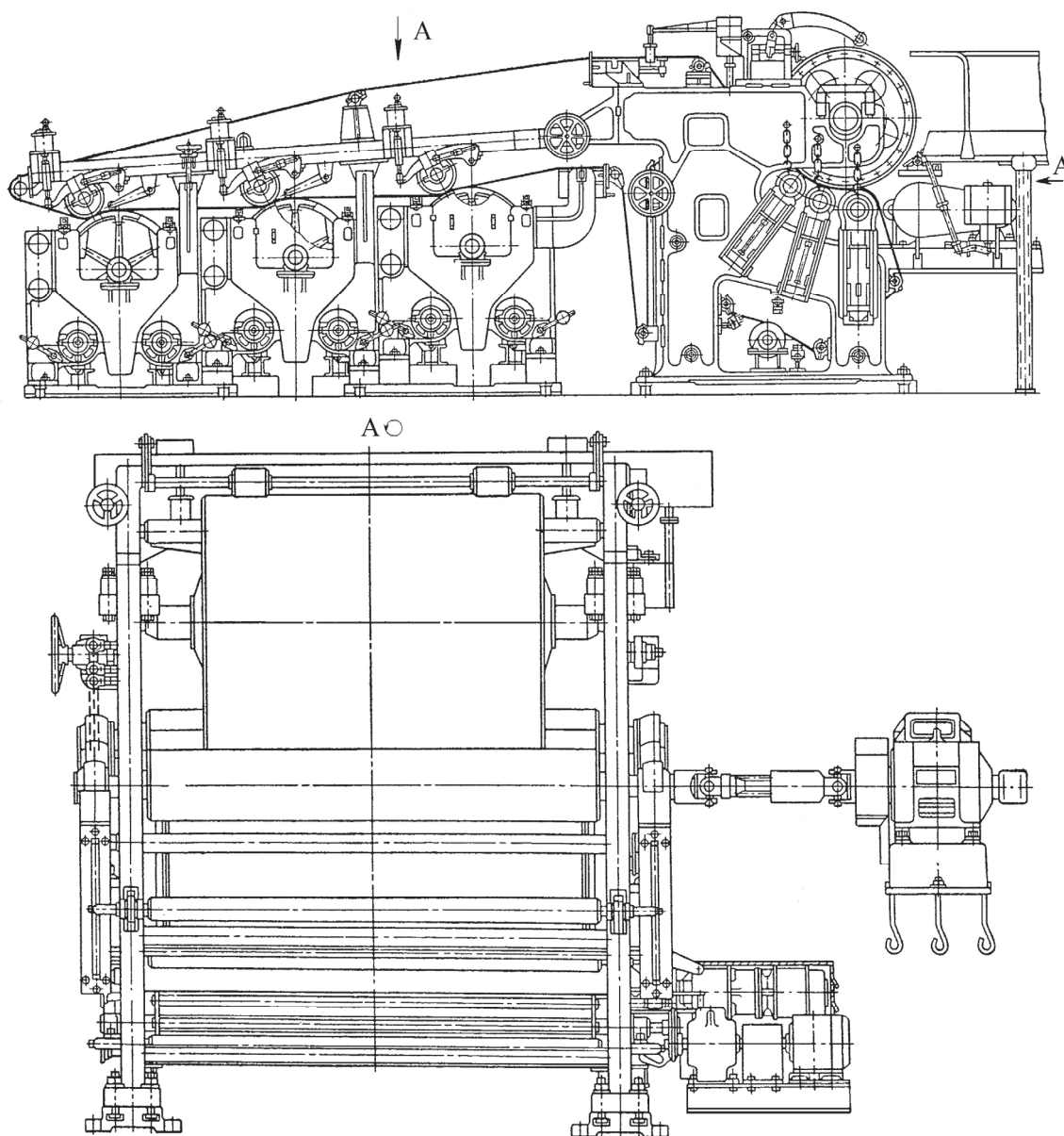


Рис. 2.6. Круглосеткавая лістафармавальная машына

Тут дакладна бачна, што гаўч-валы, устаноўленыя на фільцавай раме, прыціскаюцца да сеткавага цыліндра sprужынамі праз рычагі. Зверху да фарматнага барабана прыціснуты таўшчынямер, выкананы ў выглядзе роліка. Паміж фільтравальнай і прэсавай часткамі ўстаноўлена прылада для нацяжэння сукна. Для змянення напрамку руху сукна выкарыстоўваюцца шматлікія накіравальныя ролікі. Пры гэтым прывадным элементам лістафармавальнай машыны з'яўляецца асноўны прэс-вал. Усе астатнія вярчальныя валкі, ролікі прыводзяцца ў рух сукном як прывадным рамянём. І толькі мяшалкі і сукнабойкі маюць свой індывідуальны прывад.

Пасля разгляду машыны ў цэлым падрабязней спынімся на канструкцыі найбольш важных яе вузлоў.

Сеткавы цыліндр. Яго канструкцыя ў зборы сумесна з ваннай паказана на рыс. 2.7.

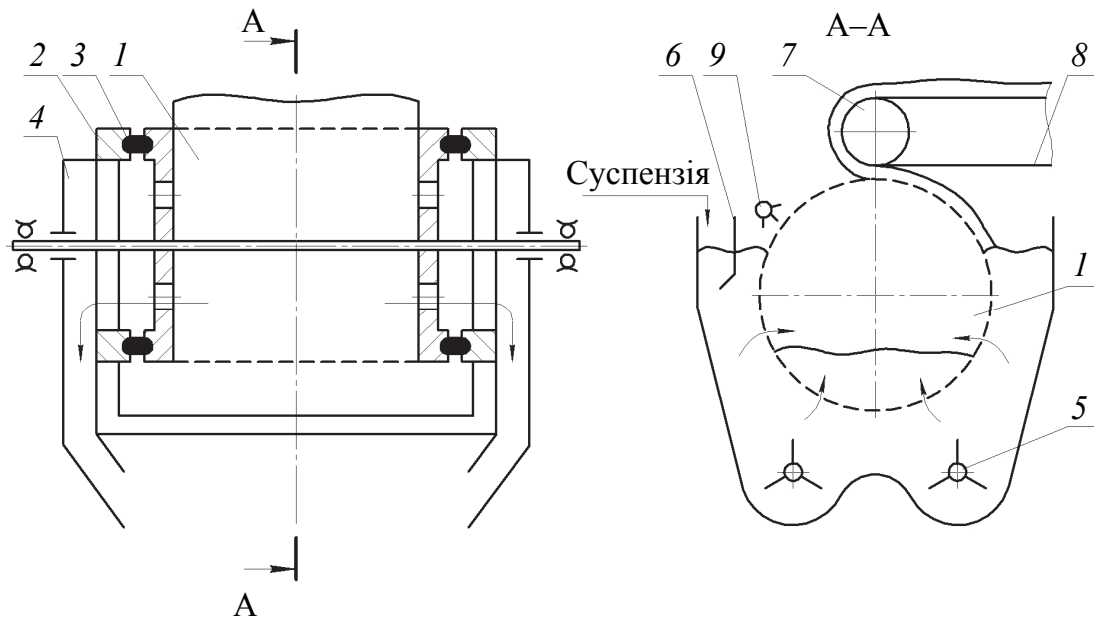


Рис. 2.7. Ванна-сеткавы цыліндр

Гэта полы перфараваны цыліндр 1 дыяметрам адзін метр. Ён абцягнуты дзвюма латуннымі сеткамі. Першая – падкладная з размерам ячэйкі 5 мм, другая – фільтравальная з ячэйкай 170 мкм. Сеткавы цыліндр устаноўлены ў ванне 2. Вонкавая і ўнутраная поласці яго раздзелены (ізаляваны) ушчыльняльным кальцом 3. Збоку ванны замацаваны латакі 4 для зліву вадкасці, у ніжняй яе частцы пад сеткавым цыліндрам устаноўлены гарызантальныя мяшалкі 5, якія прадукуюць асаджэнне цвёрдых часцінак цэменту і азбесту. Дарэчы, кожная з іх мае асобны прывад. Часціна вярчэння мяшалак не перавышае 200 хвіл^{-1} . Унутры ванны ўстаноўлена адбойная перагародка 6 з утварэннем поласці для прыёму суспензіі. Зверху да сеткавага цыліндра гаўч-валам 7 прыціскаецца сукно 8. Зверху да сеткавага цыліндра прадугледжана прылада 9 для прамыўкі фільтравальнай сеткі.

Гаўч-вал. Гэта гумаваы валок дыяметрам 400 мм, які ўстаноўлены на фільцавай раме і прыціснуты да сеткавага цыліндра спружынай праз рычаг.

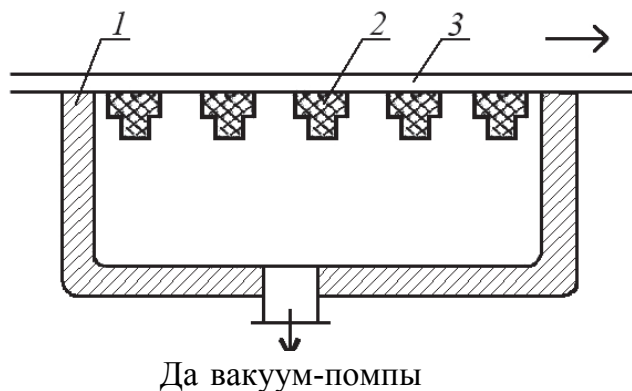
Фільцавая рама. Зварная рама, далучаная шарнірна да станы лістафармавальнай машыны, паварочваецца гідрацыліндрам

і можа фіксавацца ў вертыкальным становішчы. Гэта дае магчымасць вымаць сеткавы цыліндр і перамяшчаць яго кранам на рамонтны стэнд для замены сеткі.

Сукно. Кавалак тканіны даўжынёй 17,5 м. Яго шырыня залежыць ад размераў фармуемага накату і дасягае 1950 мм.

Сукно вырабляецца з натуральных (воўны) і сінтэтычных (капрону) матэрыялаў. Хуткасць яго руху залежыць ад мадыфікацыі лістафармавальнай машыны і складае 50,0–55,9 м/хвіл. Тэрмін службы сукна звычайна не перавышае аднаго тыдня.

Вакуум-каробка (рыс. 2.8) выконвае дзве функцыі: абязводжвання пласта азбестацэменту і падсушкі сукна пасля прамыўкі.



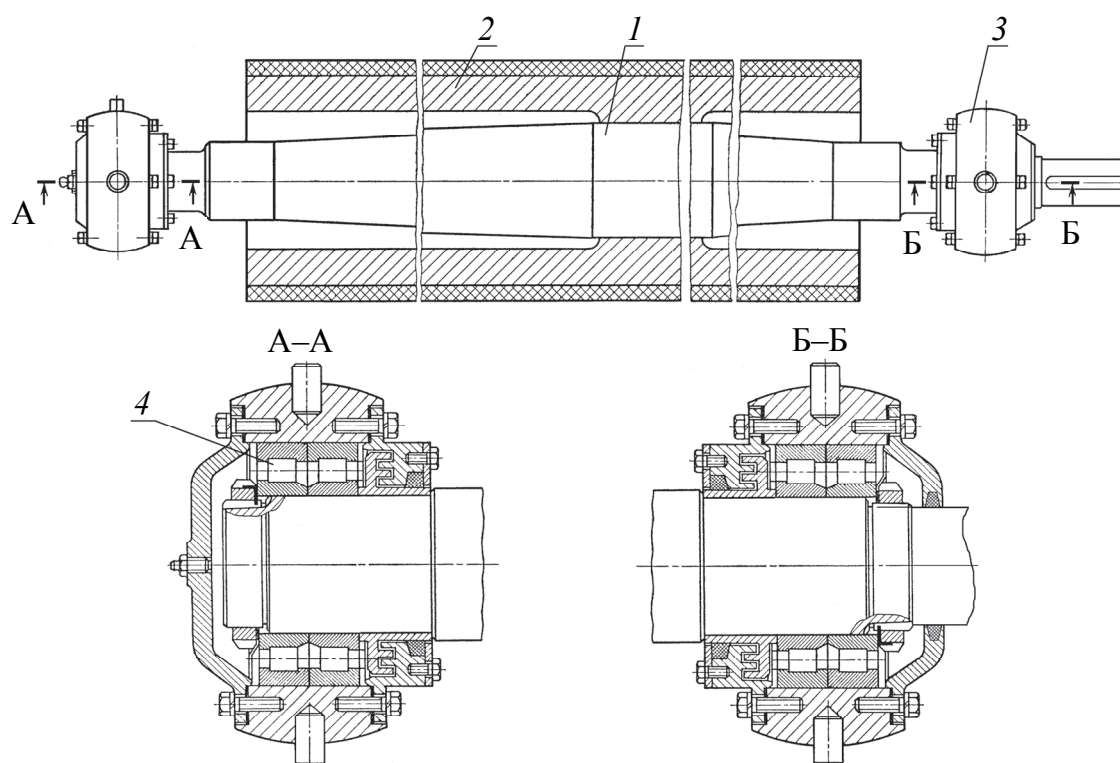
Рыс. 2.8. Вакуум-каробка

Канструкцыйна яна ўяўляе сабой жолаб 1, злучаны з вакуум-помпай. Зверху ён закрыты каласніковай рашоткай 2. Для зніжэння трэння сукна 3 рашотка выканана з палімернага матэрыялу. У вакуум-каробцы ўтвараецца разрэджанне 40–50 кПа, пад уздзеяннем якога адбываецца абязводжванне пласта азбестацэменту па метадае фільтрацыі, у выніку гэтага вадкасць выцягваецца з яго капіляраў. Вакуум-каробка размяшчаецца перпендыкулярна руху сукна і мае ўласную шырыню ўсяго 190 мм.

Фарматны барабан – гэта полы вярчальны цыліндр дыяметра 1700 мм. Яго вонкавая паверхня можа быць гладкай. Але часцей за ўсё на ёй ёсць праточаныя аксіяльныя дрэнажныя канаўкі. Дарэчы, іх фактура ў выглядзе падоўжных палосак застаецца бачнай на вонкавай паверхні азбестацэментнага ліста. Праз гэтыя канаўкі свабодна выцякае вада ў час яго прасавання.

Прэс-валы. Звычайна ў прэсавай частцы ўстанаўліваюцца два дадатковыя і адзін асноўны прэс-вал, якія прыціскаюцца да фарматнага барабана гідрацыліндрамі. Прычым трэба напаміць,

што прывадным з'яўляецца толькі асноўны прэс-вал. Дыяметр дадатковых прэс-валоў – 0,26 м, асноўнага – 0,4 м. Лінейны ціск, з якім прэс-валы ўздзейнічаюць на пласт азбестацэменту, павялічваецца па ходзе сукна. Так, для першага дадатковага ён складае 10–25 кН/м, другога – 20–50 кН/м, асноўнага – 30–80 кН/м. Усе прэс-валы выконваюцца гуміраванымі. Іх канструкцыйнае выкананне можна патлумачыць на прыкладзе асноўнага прэс-вала (рыс. 2.9).



Рыс. 2.9. Асноўны прэс-вал

На гэтым дастаткова доўгім і высоканагружаным вале 1 дакладна праглядаецца рэалізацыя канструктарскага прынцыпу роўнанагружэння, калі дыяметр вала змяншаецца пры набліжэнні да апор і яго сячэнне па даўжыні паўтарае профіль эпюры згібальных момантаў. На вал насаджаны цыліндрычны абечак 2, пакрыты пластам гумы. Вал устаноўлены ў падшыпнікавыя апоры 3, забяспечаныя здвоенымі ролікавымі падшыпнікамі 4. Апоры злучаны непасрэдна са штокамі гідрацыліндраў.

Сукнабойка ўяўляе сабой хуткаварчальны ротар для механічнага выбівання з сукна цвёрдых часцінак азбесту і цэменту. Канструкцыйна ён складаецца з двух дыскаў, насаджаных на вал, паміж якімі размешчаны круглыя стрыжні, замацаваныя па іх акружнасці.

Яшчэ лепшым варыянтам будзе такі, калі на стрыжні свабодна насаджаны цыліндрычныя ўтулкі. Часціня вярчэння сукнабойкі вызначаецца з умовы забеспячэння не менш за 14 удараў на 1 м сукна. Сукнабойкі маюць асобны прыпад.

Спрынклерная трубка – гэта трубка з адтулінамі, праз якія падаецца вада для прамыўкі сукна і сеткавых цыліндраў. Рабочы ціск прамыўной вады не перавышае 100 кПа. Трубка можа быць статычнай або перамяшчацца зваротна-паступальна ўздоўж восі.

Пасля разгляду будовы асноўных вузлоў кругласеткавай лістафармавальнай машыны можна звярнуцца да яе прынцыпу дзеяння.

Азбестацэментная суспензія няспынна падаецца ў адну з ванн сеткавага цыліндра. Адначасова наладжаны яе пераліў з адной ванны ў другую. Запаўненне кожнай з іх не павінна перавышаць 75%. Унутраная і знешняя поласці сеткавага цыліндра раздзелены ўшчыльняльным кальцом. Канцэнтрацыя цвёрдай фазы ў розных ваннах мяняецца ад 6% да 12%. Сеткавы цыліндр і ванна канструкцыйна выкананы так, што ўзровень вадкасці звонку яго вышэйшы, чым унутры. За кошт гэтага ўтвараецца адпаведны напор, пад уздзеяннем якога вада пранікае ўнутр цыліндра. Праз яго бакавыя адтуліны яна пападае ў латакі і выводзіцца з ванны. Азбестацэмент застаецца на паверхні сеткавага цыліндра. Такім чынам, ажыццяўляецца звычайны працэс фільтрацыі, у якім сетка выконвае функцыі фільтравальнай перагародкі. Вільготнасць азбестацэменту ў пласце на сеткавым цыліндры складае 70–80%. Пры адцісканні гаўч-валам яна зніжаецца да 50–55%.

Адначасова ў месцы кантакту гаўч-вала з сеткавым цыліндрам пласт азбестацэменту пераходзіць на сукно (прыліпае да яго). За адзін праход сукна над усімі сеткавымі цыліндрамі на ім набіраецца пласт таўшчынёй каля 1 мм. Пры праходжанні над вакуумкаробкай ажыццяўляецца далейшае абязводжванне азбестацэменту да вільготнасці 35–45%. Канчатковае абязводжванне да 25–30% ушчыльнення адбываецца ў зоне кантакту прэс-валкоў з фарматным барабанам. Тут жа пласт азбестацэменту пераходзіць на паверхню фарматнага барабана. Пры дасягненні патрабуемай таўшчыні (4–10 мм), кантралюемай таўшчынямерам, да барабана падводзіцца нож, які зразае накат. Агульная даўжыня наката перавышае 5 м. Ён пераходзіць на транспарцёр і далей рухаецца на разрэзку.

Сукно пасля з'ёму накату паступае на рэгенерацыю. Яна заключаецца ў механічным выбіванні, прамыўцы і сушцы пры праходжанні над вакуум-каробкай. Пасля гэтага цыкл набору азбестацэменту паўтараецца. Тут трэба напаміць, што ўвесь працэс фармавання адбываецца ў няспынным рэжыме пры хуткасці руху сукна да 1 м/с. Сукно яшчэ з'яўляецца і прывадным элементам для ўсіх вярчальных валкоў.

Пры ўказанай хуткасці руху сукна і трох сеткавых цыліндрах прадукцыйнасць лістафармавальнай машыны складае прыкладна 6300 умоўных лістоў у гадзіну. Пад умоўным лістом лічыцца азбестацэментная пласціна размерам $400 \times 400 \times 4,9$ мм вагой 1 кг. Калі гэтую прадукцыйнасць перавесці ў рэальныя хвалістыя лісты стандартных размераў, то атрымаецца прыкладна каля 700 лістоў у гадзіну.

Відавочна, што лістафармавальная машына, як і любы другі тэхнічны аб'ект, пастаянна ўдасканальваецца. Асноўнымі напрамкамі для яе ўдасканалення з'яўляюцца: устаноўка чацвёртай ванны з сеткавым цыліндрам, павелічэнне хуткасці руху сукна, разрэджання ў вакуум-каробцы, ціску прасавання.

2.4. Разлік лістафармавальнай машыны

У першай частцы вучэбнага дапаможніка адзначалася, што работа любой машыны ацэньваецца якаснымі і колькаснымі паказчыкамі. У дачыненні да лістафармавальнай машыны якасць выпускаемай прадукцыі залежыць ад шматлікіх фактараў, і атрымаць яе ў лічбавым выразе практычна не магчыма. А вось колькасныя паказчыкі, да якіх адносяцца два ўзаемна процілеглыя (прадукцыйнасць і магутнасць), можна паспрабаваць ацаніць.

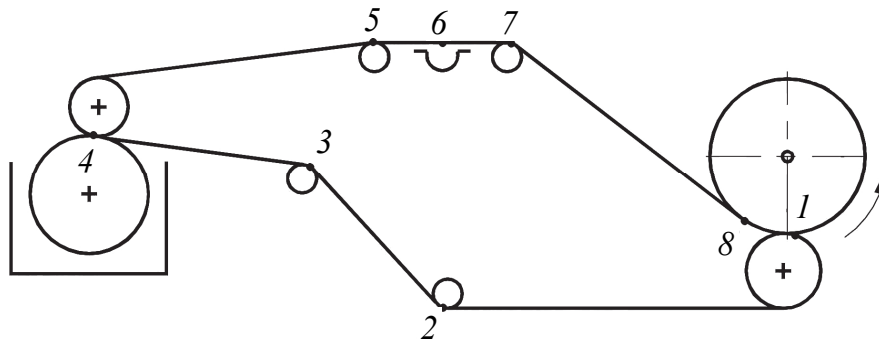
З прадукцыйнасцю наогул усё даволі проста. Лістафармавальная машына, як няспынна працуючы агрэгат, забяспечвае прадукцыйнасць $Q = Sv$, дзе S – плошча папярочнага сячэння фармуемага накату; v – хуткасць руху сукна. З улікам таго, што не ўвесь сфармаваны накат ідзе на выраб лістоў, а частка яго абразаецца, формулу для аб'ёмнай прадукцыйнасці можна запісаць у выглядзе

$$Q = (1 - k)B\delta v, \quad (2.2)$$

дзе B і δ – шырыня і таўшчыня накату; k – каэфіцыент, які ўлічвае долю абразаемага накату.

Маючы прадукцыйнасць па накаце, можна даволі проста перайсці да колькасці лістоў, фармуемых у адзінку часу.

З аналітычнага пункту гледжання цікавасць уяўляе разлік магутнасці прываду лістафармавальнай машыны. Для складання метадыкі яе вызначэння разгледзім спрошчаную разліковую схему з адным сеткавым цыліндрам (рыс. 2.10).



Рыс. 2.10. Разліковая схема лістафармавальнай машыны

Магутнасць асноўнага прываду лістафармавальнай машыны затрачваецца на прывядзенне ў рух сукна, якое ў сваю чаргу павінна круціць усе валкі, што кантактуюць з ім. Гэта азначае, што рухальная сіла, прыкладзеная да сукна, павінна пераадолець усе супраціўленні ў пунктах 1–8 разліковай схемы. Для вызначэння ўказаных супраціўленняў выкарыстаем вядомы прынцып абходу па замкнёным контуры, таксама як і транспарцёраў.

Разгледзім пункт 1, у якім кантактуе прэс-вал з фарматным барабанам (рыс. 2.10). Цягавае намаганне на пераадоленне супраціўлення ў гэтым пункце

$$T_1 = (T_\phi + T_\pi), \quad (2.3)$$

дзе T_ϕ і T_π – складовыя часткі гэтага намагання на пераадоленне супраціўлення вярчэнню фарматнага барабана і прэс-вала.

У сваю чаргу кожнае з іх, напрыклад, для фарматнага барабана, таксама ўключае складовыя.

$$T_\phi = (T_{1\phi} + T_{2\phi}), \quad (2.4)$$

дзе $T_{1\phi}$ і $T_{2\phi}$ – намаганне на пераадоленне адпаведна трэння ў цапфе і трэння качэння фарматнага барабана па прэс-вале.

Аналагічныя складовыя будуць і для T_π прэс-вала. Іх можна вызначыць згодна са схемамі (рыс. 2.11).

Сіла трэння ў цапфе $F_T = fP = fF_\Sigma$, дзе $f = 0,02$ – прыведзены каэфіцыент трэння ў падшыпнікавай апоры; P – нармальная рэакцыя; F_Σ – сумарная сіла, якая дзейнічае на фарматны барабан.

Сумарная нагрузка на барабан вызначаецца як вектарная сума

$$\vec{F}_\Sigma = \vec{F}_\Pi + \vec{G}, \quad (2.5)$$

дзе F_Π – сіла ціску ад прэс-вала; G – вага фарматнага барабана.

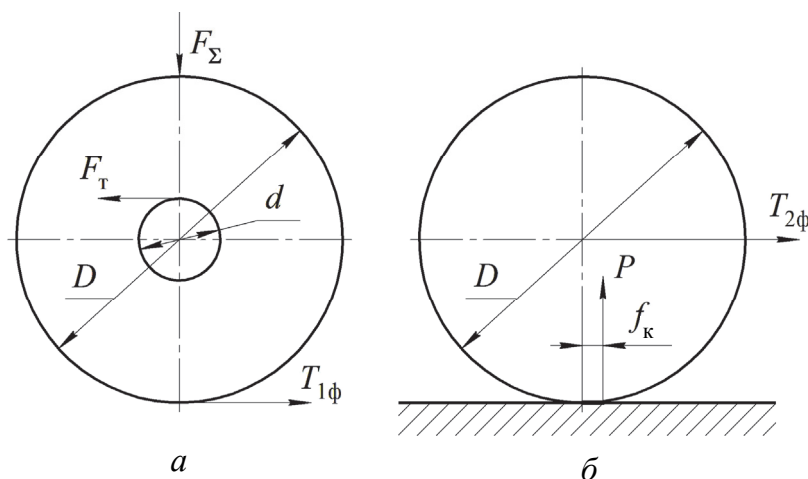


Рис. 2.11. Разліковыя схемы для вызначэння цягавага намагання

Шукаемае намаганне $T_{1\phi}$ (рис. 2.11, а) вызначаецца з умовы роўнасці цягавага моманту і моманту супраціўлення:

$$T_{1\phi} \frac{d}{2} = fF_\Sigma \frac{D}{2}. \quad (2.6)$$

Адсюль

$$T_{1\phi} = fF_\Sigma \frac{d}{D}. \quad (2.7)$$

З тых жа ўмоў вызначаецца і цягавае намаганне на пераадоленне трэння качэння $T_{2\phi}$ (рис. 2.11, б).

$$T_{2\phi} \frac{D}{2} = f_k P, \quad (2.8)$$

дзе f_k – каэфіцыент трэння качэння для сістэмы фарматны барабан – прэс-вал, які прымаецца $f_k = 0,0007$.

Нармальная рэакцыя ў дадзеным выпадку прымаецца $P = F_\Pi$, паколькі вагу фарматнага барабана цалкам успрымае апорны вузел (цапфа). Тады

$$T_{2\phi} = \frac{2f_k F_{\text{ц}}}{D}. \quad (2.9)$$

Сілу ціску прэса-вала на барабан можна разлічыць па яго лінейным ціску q , Н/м:

$$F_{\text{ц}} = qL, \quad (2.10)$$

дзе L – даўжыня лініі кантакту.

Далей па формуле (2.4) вызначаецца сумарнае цягавае намаганне на пераадоленне супраціўлення яго вярчэнню – T_{ϕ} .

Разгледжаную вышэй разліковую працэдуру трэба паўтарыць для прэс-вала і па яе выніках вызначыць намаганне $T_{\text{п}}$, а па формуле (2.3) – сумарнае цягавае намаганне для разглядаемага пункта T_1 .

Для ўсіх астатніх пунктаў, у якіх кантактуюць паміж сабой па два валкі, методыка вызначэння цягавага намагання аналагічная.

Спецыфічным з’яўляецца толькі пункт 6, у якім сукно пераадольвае трэнне па вакуум-каробцы. Цягавае намаганне ў дадзеным выпадку можна разлічыць па формуле

$$T_6 = f_1 p S, \quad (2.11)$$

дзе f_1 – каэфіцыент трэння слізгацення сукна на вакуум-каробцы, $f_1 = 0,35$; p – разрэджанне ў вакуум-каробцы; S – плошча кантакту сукна з ёй.

Адхіляльныя ролікі звычайна маюць невялікі дыяметр, і суадносіны дыяметраў цапфы d і роліка D набліжаюцца да адзінкі. Акрамя таго, сумарная сіла F_{Σ} для іх роўна вазе ролікаў, якая ў параўнанні з другімі, напрыклад сілай ціску прэс-валкоў, значна меншая. Таму намаганне на пераадоленне сілы трэння ролікаў разлічваецца не па формуле (2.7), а па эмпірычнай формуле з улікам каэфіцыента супраціўлення $k = 0,05$. І нацяжэнне сукна на кожным наступным роліку

$$F_i = F_{i-1} + kF_{i-1} = F_{i-1}(1+k). \quad (2.12)$$

Пры вядомых супраціўленнях у кожным пункце можна вызначыць агульную сілу нацяжэння сукна для іх пераадолення. Для гэтага трэба вярнуцца да ўпамянутага ў пачатку прынцыпу абходу па замкнёным контуры. Тады, згодна з разліковай схемай (рыс. 2.10),

$$\begin{aligned}
F_2 &= F_1(1 + k); \\
F_3 &= F_2(1 + k); \\
F_4 &= F_3 + T_4; \\
F_5 &= F_4(1 + k); \\
F_6 &= F_5 + T_6; \\
F_7 &= F_6(1 + k); \\
F_8 &= F_7 + T_1.
\end{aligned}
\tag{2.13}$$

Папярэдняе нацяжэнне сукна $F_1 = 3000$ Н прымаецца фіксаваным. Яно дазваляе ліквідаваць правісанне сукна і забяспечвае шчыльнае прыляганне яго да паверхні валкоў, прадухіляючы праслізгванне.

З улікам гэтага рухальная сіла, якая павінна быць большая за сумарную сілу супраціўлення, разлічваецца па формуле

$$F = F_8 - F_1. \tag{2.14}$$

Магутнасць асноўнага прываду ў лістафармавальнай машыне ў выніку разлічваецца па формуле

$$N = \frac{Fv}{\eta}, \tag{2.15}$$

дзе v – хуткасць руху сукна; η – ККДз прываду.

Методыка разліку, апісаная вышэй, разгледжана для спрошчанай схемы лістафармавальнай машыны (рыс. 2.10). У рэальных умовах колькасць разліковых пунктаў па замкнёным контуры будзе значна большая з-за трох сеткавых цыліндраў, такой жа колькасці прэс-валоў, дзвюх вакуум-каробак і шматлікіх накіравальных ролікаў. Аднак сам падыход да разліку магутнасці прываду застаецца нязменным.

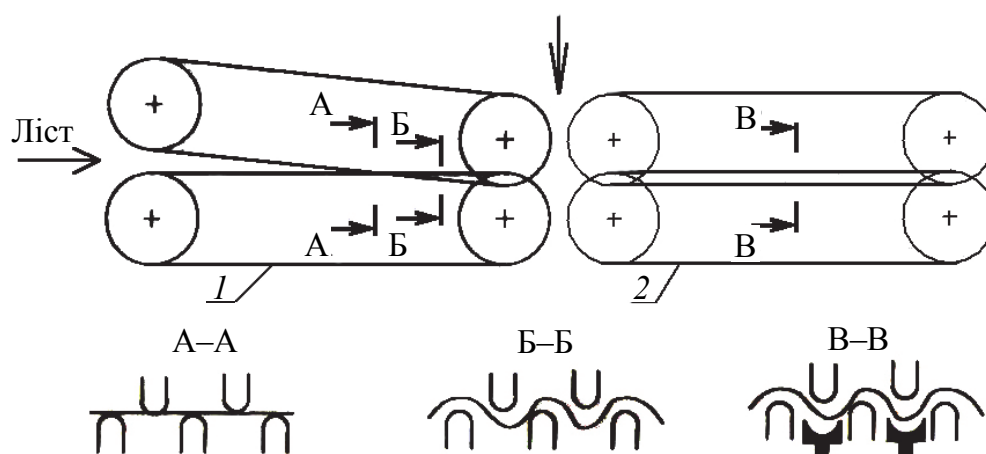
2.5. Канструкцыя і прынцып дзеяння хваліравальніка

На лістафармавальных машынах фармуецца плоскі накат, які затым разразаецца на лісты патрабуемай даўжыні. Наданне лістам хвалістай формы з'яўляецца даволі складанай задачай. Асноўная праблема заключаецца ў тым, што пры ўтварэнні хвалі ліст змяняецца па шырыні. Калі пачаць адначасова ўтварэнне ўсіх хваль,

то мяккі пластычны ліст разарвецца. Таму гэты працэс трэба ажыццяўляць паступова. Менавіта так ён арганізаваны ў ланцуговых хваліравальніках, якія выкарыстоўваюцца ў нашай краіне.

Схема хваліравання азбестацэментных лістоў паказана на рыс. 2.12.

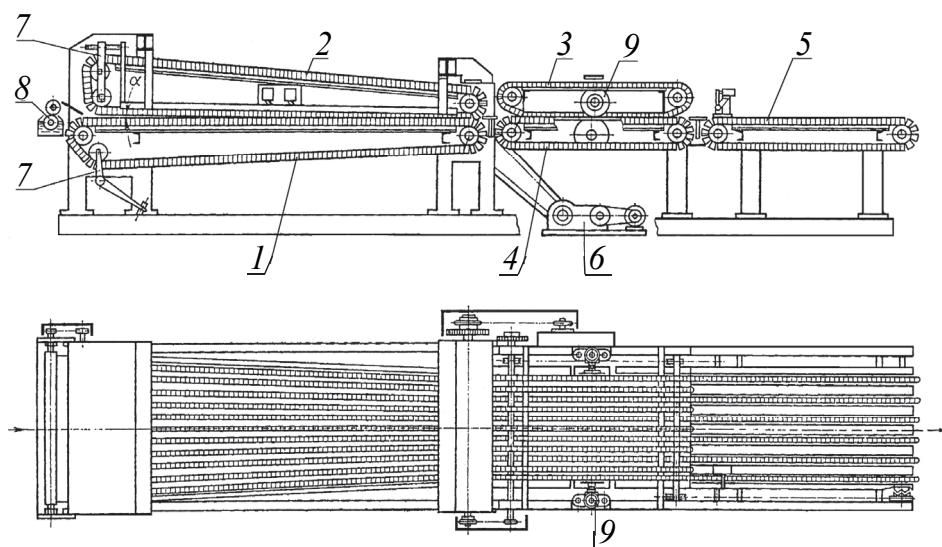
Для рэалізацыі ўказанага вышэй прынцыпу ланцугі хваліравальніка павінны быць размешчаны адпаведным чынам. У сувязі з гэтым ён уключае дзве асноўныя секцыі: хваліравальную 1 і калібравальную 2 з дадатковымі апорнымі бэлькамі. Кожная з іх, у сваю чаргу, складаецца з двух ланцуговых транспарцёраў – верхняга і ніжняга. Транспарцёры ўключаюць па некалькі бясконцых утулачна-ролікавых ланцугоў, колькасць якіх адпавядае ліку хваль на азбестацэментным лісце. Кожнае звяно ланцуга забяспечана профільнай накладкай, выкананай па форме хвалі.



Рыс. 2.12. Схема хваліравання азбестацэментных лістоў

Прычым ланцугі хваліравальнай секцыі збліжаюцца як па вышыні, так і па ходзе ліста. Такая кампановка дае магчымасць паступова дэфармавацца лісту без разрыву. Плоскі ліст на ўваходзе становіцца хвалістым на выхадзе.

У калібравальнай секцыі ланцугі размешчаны паралельна. Больш за тое, паміж ланцугамі ніжняга транспарцёра ўстаноўлены профільныя статычныя бэлькі, на якія абапіраецца ліст. Такая канструкцыйная асаблівасць дазваляе зафіксаваць асноўныя размеры і форму ліста і зняць унутраныя напружанні, якія маглі ўзнікнуць у час хваліроўкі. Дадаткова ў калібравальнай секцыі ажыццяўляецца абрэзка падоўжных кантаў ліста, звычайна дыскавымі нажамі. На рыс. 2.13 паказаны ланцуговы хваліравальнік у зборы.



Рыс. 2.13. Ланцуговы хваліравальнік

Тут дакладна бачны ланцуговыя транспарцёры 1 і 2 хваліравальнай 3 і 4 калібравальнай секцыі. Акрамя таго, у камплект хваліравальніка ўваходзіць ланцуговы транспарцёр 5, з якога лісты здымаюцца вакуумным захопам стасавальніка. Асноўны прывад 6 прыводзіць у вярчэнне ніжні транспарцёр хваліравальнай секцыі. Вярчэнне ад яго перадаецца на ўсе астатнія транспарцёры з дапамогай механічных (часцей ланцуговых) перадач. У хваліравальнай секцыі прадугледжаны прылады 7 для нацяжэння ланцугоў. Для прадухілення зліпання лістоў на ўваходзе ў гэту секцыю ўстаноўлена прылада 8 для падачы на іх паверхню эмульсіі. Па краях ліста ў калібравальнай секцыі размешчаны дыскавыя нажы 9.

Перавагай ланцуговых хваліравальнікаў можна лічыць прастату канструкцыі, недахопам — вялікую колькасць рухальных частак і нестабільнасць хвалі азбестацэментных лістоў з-за нераўнамернага расцяжэння ланцугоў.

2.6. Спецыяльныя пад'ёмна-транспартныя механізмы ў вытворчасці азбестацэментных лістоў

Працэс вытворчасці азбестацэментных лістоў з'яўляецца адным з самых высокамеханізаваных для ўсёй будіндустрыі. Высокая ступень механізацыі дасягаецца за кошт устаноўкі паміж асноўнымі тэхналагічнымі агрэгатамі спецыяльных, часта рабатызаваных пад'ёмна-транспартных механізмаў.

Адным з такіх агрэгатаў з'яўляецца стасавальнік. Яго задача заключаецца ў з'ёме лістоў з транспарцёра хваліравальніка і ўкладцы іх у выглядзе стоса з 15 лістоў на каляскі канвеера цвярдзення. Трэба зазначыць, што яны не зацвярдзелыя, яшчэ мяккія, падатлівыя і патрабуюць беражлівых адносінаў. Канструкцыя стасавальніка паказана на рыс. 2.14.

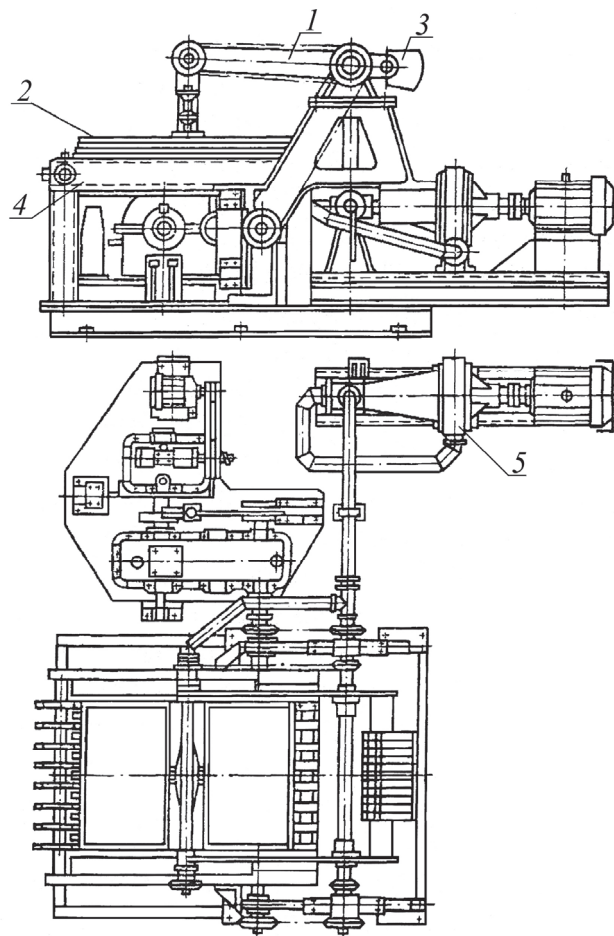


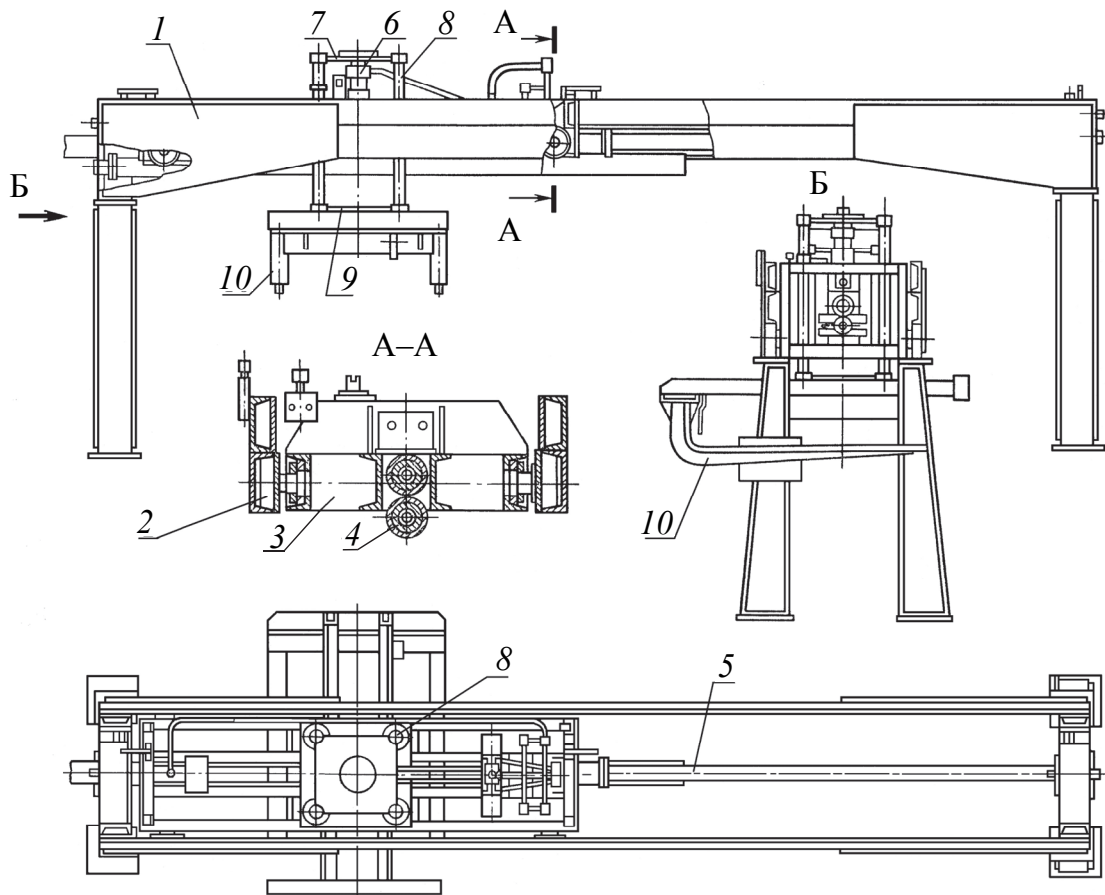
Рис. 2.14. Схема стасавальніка

Ён складаецца з паваротнага рычага 1, на адным канцы якога замацаваны вакуумны захоп 2, на другім – супрацьвага 3. Стасавальнік забірае ліст з канвеера хваліравальніка 4 і ўкладвае на канвеер цвярдзення. Вакуумзахоп уяўляе сабой кораб з прафіліраваным па форме ліста дном з адтулінамі. Кораб далучаны да ўваходнага патрубкі вентылятара 5. За кошт разрэджання хвалісты ліст прыцягваецца да дна вакуумзахопу 2 і ў такім стане пры павароце рычага пераносіцца на другі транспарцёр. Там разрэджанне ў корабе скідаецца, і ліст застаецца на гэтым транспарцёры.

У прывадзе павароту можа выкарыстоўвацца як механічны 6, так і гідраўлічны механізм. Для апошняга характэрна ўстаноўка ў якасці выканаўчага органа паваротнага гідрарухавіка.

Другі важны сродак механізацыі, з'ёмнік стосаў (рыс. 2.15), усталяваецца паміж канвеерамі цвярдзення і воданасычэння. Яго задача заключаецца ў пераносе стоса з аднаго канвеера на другі.

З'ёмнік складаецца з рамы 1, на верхніх бэльках якой з дапамогай каткоў 2 перамяшчаецца каляска 3. Прывад яе перамяшчэння – гідраўлічны. Ён складаецца з двух гідрацыліндраў 4 з поршнімі, замацаванымі на штоках 5. Прычым цыліндры жорстка замацаваны да каляскі 3, а штокі – да нерухомай рамы 1. Па восі штокаў выкананы каналы для падачы рабочай вадкасці (масла).



Рыс. 2.15. З'ёмнік стосаў

У выніку атрыманы спецыфічны гідрапрывад, у якім шток з поршнем застаюцца статэчнымі, а цыліндры перамяшчаюцца і цягнуць за сабой каляску. Гідрацыліндры працуюць па чарзе. Кожны з іх перамяшчаецца толькі ў адзін бок, забяспечваючы зваротна-паступальныя рухі каляскі.

На калясцы ўстаноўлены пад'ёмны механізм з захопам. Ён складаецца з вертыкальнага гідрацыліндра 6, злучанага з верхняй плітой 7, і чатырох накіравальнікаў 8, жорстка злучаных верхняй і ніжняй 9 плітамі. Да ніжняй пліты замацаваны вільчасты захоп 10.

Прынцып дзеяння з'ёмніка, як і любой пад'ёмна-транспартнай машыны: цыкл складаецца з пад'ёму, перамяшчэння і апускання стоса азбестацэментных лістоў.

2.7. Трубафармавальныя машыны

Тэхналогія фармавання азбестацэментных труб мала чым адрозніваецца ад лістоў. Наогул стадыя падрыхтоўкі сыравінных кампанентаў ідэнтычная. А вось на стадыі фармавання замест лістафармавальнай устанаўліваецца трубафармавальная машына. Паколькі азбестацэментныя трубы выпускаюцца дыяметрам 100–600 мм і даўжынёй 3–6 м, то габарыты трубафармавальнай машыны будуць адрознівацца ад лістафармавальнай. Ёсць адрозненні і ў канструкцыйным выкананні самой машыны. Калі яе фільтравальная частка вельмі падобная на лістафармавальную, то прэсавая мае карэнныя адрозненні. Гэтыя адрозненні можна прасачыць па спрошчанай схеме трубафармавальнай машыны (рыс. 2.16).

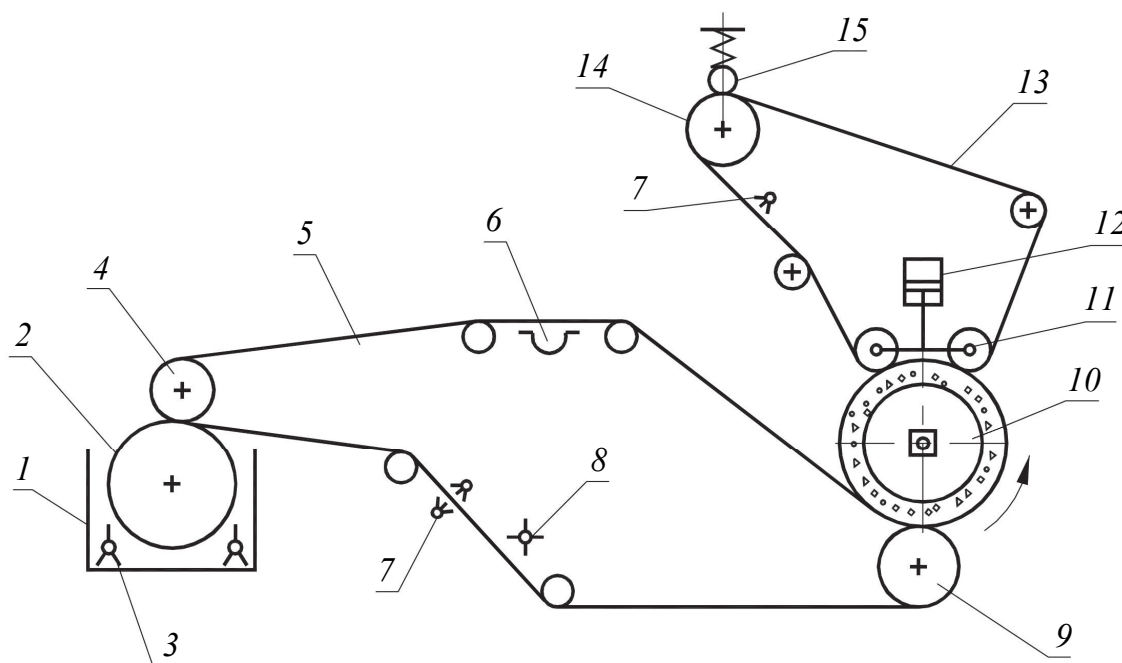


Рис. 2.16. Схема трубафармавальнай машыны

Фільтравальная частка (паз. 1–8) уключае ўсе тыя ж вузлы, што і лістафармавальная. Праўда, у трубафармавальнай машыне выкарыстоўваецца толькі адзін сеткавы цыліндр. Прывадным для ніжняга сукна з'яўляецца апорны барабан 9. Па тарцах барабана размяшчаюцца бакавыя фіксатары з незалежным прывадам. На яго ўстанаўліваецца і фіксуецца качалка 10, на якую набіраецца пласт азбестацэменту. Гэты пласт уяўляе сабой таўшчыню сценкі будчай трубы. Для падпрасоўкі азбестацэменту да качалкі зверху гідрацыліндрам 12 прыціскаюцца валкі 11. Сумесна прасавальныя валкі 11 і гідрацыліндр 12 часта называюцца экіпажам ціску. Прасавальныя валкі, каб прадухіліць наліпанне на іх азбестацэменту, абцягнуты верхнім сукном 13. Яно прыводзіцца ў рух прывадным валком 14. Але папярэдне ажыццяўляецца яго прымыўка спрынклернай трубкай 7 з наступным адцісканнем (абязводжваннем) паміж прывадным 14 і прыціскальным 15 валкамі. У некаторых варыянтах трубафармавальных машын верхняе сукно можа быць беспрывадным і круціцца ад прэс-валоў.

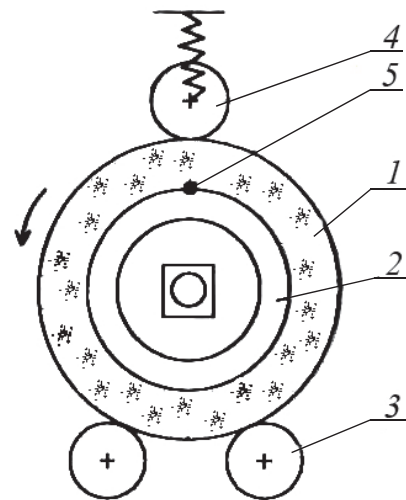
Характэрнай асаблівасцю трубафармавальнай машыны з'яўляецца тое, што сукно рухаецца не няспынна, а з паўзамі. Пры дасягненні патрабуемай таўшчыні азбестацэменту на качалцы прывады руху сукна спыняюцца. Экіпаж ціску падымаецца, і сфармаваная труба перадаецца ў аўтамат загрузкі і выгрузкі качалак.

Перад тым як перайсці да апісання працэсу ў названым аўтамаце, спынімся на будове самой качалкі. Гэта цыліндрычная апраўка, абточаная пад унутраны дыяметр азбестацэментнай трубы. Яна выконваецца звычайна са стальной трубы, тарцы якой заглушаны дыскамі. Да дыскаў прымацаваны восі, якімі качалка фіксуецца ў пазах захопаў.

У камплекце з трубафармавальнай машынай можа выкарыстоўвацца некалькі мадыфікацый аўтаматаў для загрузкі і выгрузкі качалак. Іх задача заключаецца ў выштурхоўванні качалкі з азбестацэментнай трубы, перадачы яе на канвеер цвярдзення і вяртання качалкі на пазіцыю фармавання.

Аснову аднаго з іх складае ланцуговы транспарцёр са спецыяльнымі захопамі. Захопы ніжняй галіны ланцуга фіксуюць восі качалак з азбестацэментам і пераносяць іх на каландр (рыс. 2.17). Цыклічны рух транспарцёра забяспечваецца з дапамогай гідрацыліндра, злучанага зубчастай рэйкавай перадачай з яго прывадным валам.

Азбестацэментная труба 1 з качалкай 2 пападае на валкі 3 каландра і фіксуецца зверху прыціскальным ролікам 4. Пасля гэтага ажыццяўляецца так званы падкол азбестацэментнай трубы. Ён заключаецца ў тым, што з двух тарцоў паміж качалкай і азбестацэментам з дапамогай гідра-ці пнеўмацыліндраў уводзяцца іголки 5. Гэта тонкія трубкі, праз якія падаецца сціснутае паветра. Пад яго ўздзеяннем азбестацэмент адрываецца ад качалкі і злёгку дэфармуецца. Затым іголки выводзяцца, і труба некалькі разоў пракочваецца на валках каландра (развальцоўваецца).



Рыс. 2.17. Каландр

У выніку гэтага яна цалкам адстае ад качалкі. Наступная аперацыя заключаецца ў выштурхоўванні зноў жа гідра-ці пнеўмацыліндрам качалкі з трубы. Азбестацэментная труба паступае на канвеер цвярдзення. Качалка па верхняй галіне таго ж транспарцёра або па дадатковым, устаноўленым збоку, вяртаецца на апорны вал трубафармавальнай машыны. Цыкл фармавання паўтараецца. Для ўстойлівай работы машыны патрабуецца 10–12 качалак.

Другі варыянт аўтамата для загрузкі і выгрузкі качалак заснаваны на выкарыстанні мальтыйскага механізма, што праілюстравана на схеме трубафармавальнай машыны (рыс. 2.18).

На гэтай схеме бачны ўсе асноўныя элементы машыны: ванна 1, сеткавы цыліндр 2, ніжняе 3 і верхняе 4 сукно, апорны прывадны вал 5, экіпаж ціску 6. Зразумела, што тут прысутнічаюць прылады для адціскання, вакуумавання, нацяжэння і рэгенерацыі сукна. Функцыі перадавальнага механізму ў гэтай машыне выконваюць мальтыйскія крыжы 7, якія ўстаноўлены на тарцах прываднага вала 5 і маюць незалежны прывад. Як і ў папярэдняй машыне, цыклічны паварот мальтыйскага крыжа забяспечваецца ад гідрацыліндра, злучанага з зубчастай рэйкавай перадачай. Пазы крыжа з'яўляюцца фіксатарамі восей качалак. У верхнім становішчы адбываецца фармаванне трубы. Характэрнай асаблівасцю трубафармавальнай машыны з такім механізмам з'ёму качалак з'яўляецца тое, што ў ёй адсутнічае каландр. Усе аперацыі па адрыве трубы ад качалкі (падкол, развальцоўка) ажыццяўляюцца на пазіцыі фармавання. Пасля гэтага падываецца экіпаж ціску,

і мальтыйскі крыж паварочваецца на 120° . Качалка з трубой у ніжнім становішчы перадаецца на з'ёмную каляску 8. Яна выштурхоўваецца з азбестацэментнай трубы, падымаецца ўверх і перадаецца на мальтыйскі крыж. Труба ідзе на канвеер цвярдзення. У дадзенай машыне, як і ў папярэдняй, зварот качалак можа быць наладжаны з дапамогай устаноўленага збоку дадатковага ланцуговага транспарцёра з захопамі.

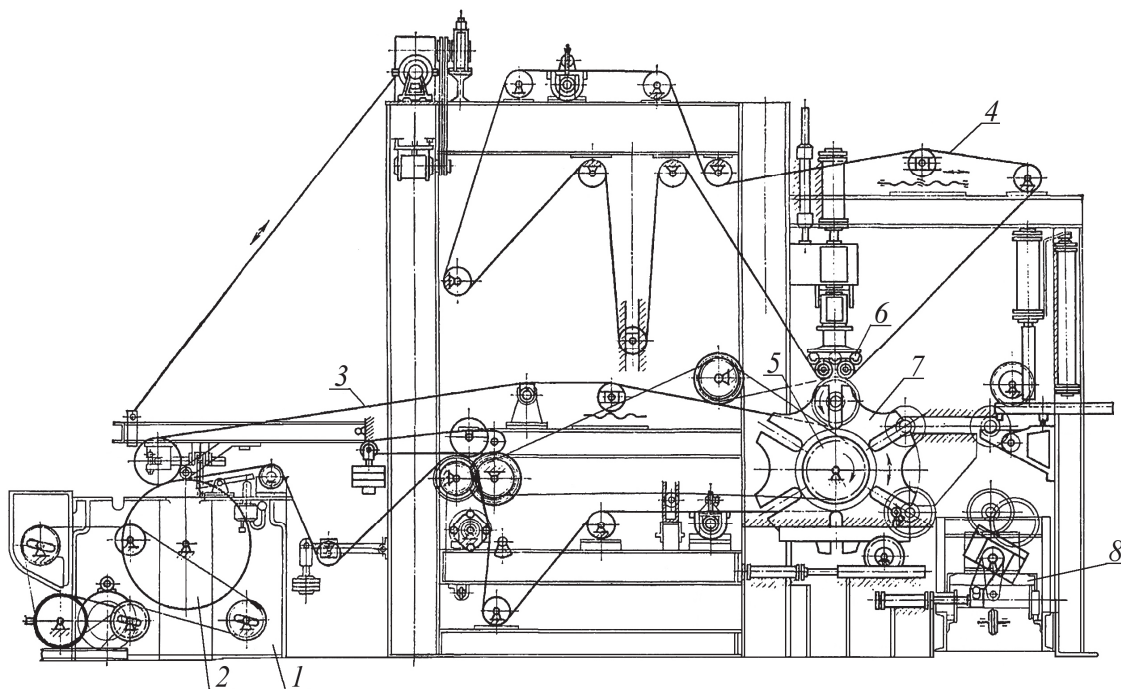


Рис. 2.18. Трубафармавальная машына

Трубы, як і лісты, пры падачы на канвеер цвярдзення маюць невысокую трываласць, яны пластычныя і лёгка дэфармуемыя. Захаванне іх цыліндрычнасці дасягаецца пры пастаянным вярчэнні. Яно забяспечваецца спецыфічнай канструкцыяй транспарцёра (рыс. 2.19).

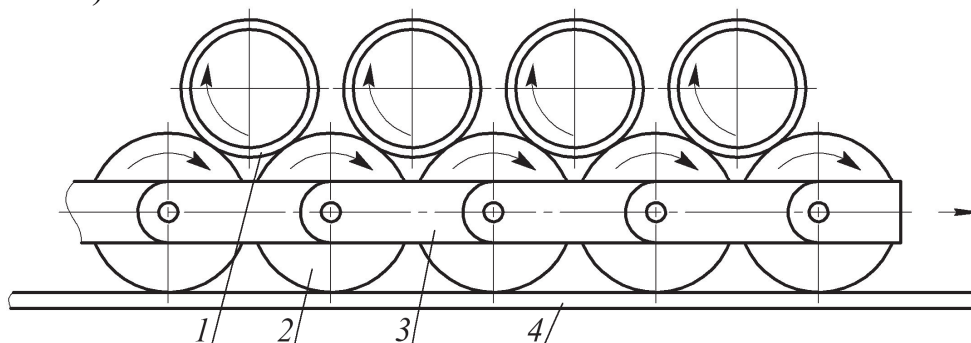


Рис. 2.19. Канвеер цвярдзення

Труба 1 укладваецца на ролікі 2, якія злучаны цягавымі ланцугамі 3. Ролікі абапіраюцца на бегавую дарожку 4, прыводзяцца ў вярчэнне і круцяць трубы, укладзеныя зверху.

Але, нягледзячы на ўсе прымаемыя меры, захаваць цыліндрычнасць труб, асабліва вялікага дыяметра, не ўдаецца. Таму пасля выштурхоўвання качалкі ў трубу ўводзіцца новая стальная апраўка, крыху меншага дыяметра. Такая апраўка ўжо не прыліпае і пры неабходнасці лёгка аддзяляецца ад трубы. Відавочна, што для гэтага з другога боку трубафармавальнай машыны ўстанаўліваецца яшчэ адзін транспарцёр.

У заключэнне трэба зазначыць, што фармаванне азбестацэментных труб – гэта высокапрадукцыйны працэс. У пераліку на трубы дыяметрам 100 мм прадукцыйнасць дасягае 180 шт/гадз. Азбестацэментныя трубы знаходзяць шырокае выкарыстанне ў якасці каналізацыйных і пры пракладцы кабелю.



АБСТАЛЯВАННЕ ДЛЯ ВЫТВОРЧАСЦІ ЖАЛЕЗАБЕТОННЫХ ВЫРАБАЎ

3.1. Тэхналагічныя комплексы для вытворчасці жалезабетонных вырабаў

3.1.1. Агульныя звесткі пра бетон і жалезабетон

Бетон – гэта штучны камень, які атрымліваецца пры цвярдзенні сумесі вяжучага, запаўняльніка і вады. Вяжучым звычайна з’яўляецца цэмент, а запаўняльнікам – друз, ці жвір (буйны), і пясок (дробны). Запаўняльнік не ўступае ў хімічнае ўзаемадзеянне з цэментам, а вось цэмент і вада – гэта актыўная складовая бетону. Яны ўступаюць у хімічную рэакцыю з утварэннем цэментнага каменю.

Бетон можа вытрымаць вялікія сціскальныя нагрузкі і значна горш працуе на расцяжэнне. Павысіць яго мяжу трываласці на расцяжэнне можна за кошт арміравання. Так з’явіўся новы матэрыял – жалезабетон, які ўяўляе сабой злучэнне бетону і стальной арматуры. Бетон добра счапляецца са сталлю, і ў іх вельмі блізкі па значэнні каэфіцыент лінейнага пашырэння. Менавіта гэтыя ўласцівасці сталі вызначальнымі для шырокага распаўсюджання і выкарыстання жалезабетону.

Ён стаў найважнейшым матэрыялам як для прамысловага, так і грамадскага будаўніцтва. З яго вырабляюць калоны, фермы, панэлі, падмуркавыя блокі, сваі, перамычкі і іншыя разнастайныя канструкцыі. Гэтыя канструкцыйныя элементы маюць высокую трываласць, даўгавечнасць, яны вогнетрывалыя і ўстойлівыя да атмасфернага ўздзеяння.

3.1.2. Спосабы вытворчасці жалезабетонных вырабаў

Жаданне паскорыць тэмпы будаўніцтва, палепшыць умовы працы будаўнікоў прывяло да раздзялення тэхналагічнага працэсу

на дзве стадыі: заводскі выраб элементаў канструкцый і мантаж іх на будаўнічым аб'екце. Гэты падзел стаў пачаткам стварэння новай падгаліны – вытворчасці зборнага жалезабетону. Фармаванне вырабаў у заводскіх умовах дазваляе забяспечыць высокі ўзровень механізацыі. У поўнай меры гэта рэалізавана на заводах буйнапанэльнага домабудавання (БПД).

Пры высокім узроўні механізацыі можна даволі проста арганізаваць эфектыўнае ўшчыльненне жорсткай бетоннай сумесі з вялікімі паветранымі поласцямі, якія характарызуюцца нізкімі водацэментнымі суадносінамі і патрабуюць значна меншай колькасці цэменту. А непасрэдна на будаўнічых аб'ектах распаўсюджаны пластычныя і нават літыя сумесі са значна большымі водацэментнымі суадносінамі. Дарэчы, укладка літых сумесей можа праводзіцца наогул без ушчыльнення.

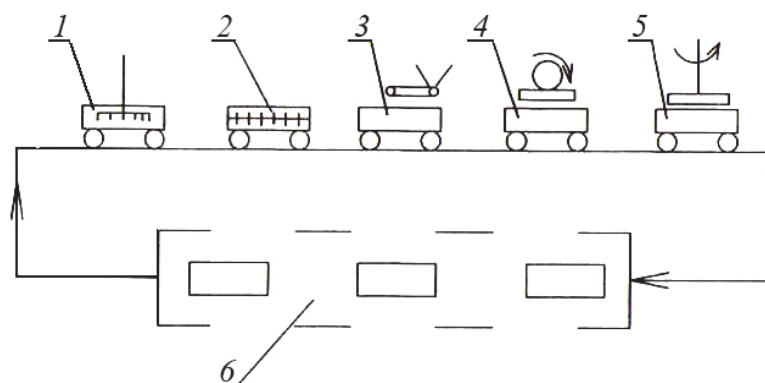
У залежнасці ад наменклатуры выпускаемай прадукцыі, патрабуемай прадукцыйнасці жалезабетонных вырабы выпускаюць па адным з трох спосабаў: канвеерны, агрэгатна-плыневы, стэндавы.

Канвеерны спосаб характарызуюцца тым, што бетонная сумесь падаецца ў формы, якія перамяшчаюцца па канвееры ад аднаго паста да другога. Звычайна форма забяспечана дзвюма колавымі парамі і перамяшчаецца па рэйках з дапамогай тросавага або ланцуговага захопу. На кожным асобным пасце ажыццяўляецца нейкая канкрэтная тэхналагічная аперацыя па фармоўцы вырабу. Такі працэс добра паддаецца механізацыі, паколькі на кожным з іх можна ўстанавіць адпаведны агрэгат. Таму канвеерная тэхналогія характэрна для высокамеханізаваных заводаў буйнапанэльнага домабудавання. Праўда, такая тэхналогія мае і асобныя недахопы. Гэта вялікія габарыты канвеернай лініі і вузкая наменклатура вырабаў, абмежаваная шырынёй канвеера.

На рыс. 3.1. паказана канвеерная тэхналагічная лінія, па якой можна прасачыць усе тэхналагічныя стадыі вытворчасці жалезабетонных вырабаў.

На схеме пазначаны асноўныя пасты пры рэалізацыі гэтага спосабу: ачыскі і змазкі форм 1, укладкі і нацяжэння арматуры 2, укладкі бетоннай сумесі 3, ушчыльнення бетоннай сумесі 4, аздобы бетоннай паверхні 5. Звычайна канвеерная лінія размяшчаецца на нулявой метцы вытворчага памяшкання, а пад ім знаходзіцца запарачная камера 6. Па канцах канвеера ўстаноўлены пад'ёмнікі-зніжальнікі. Гэта вертыкальны або нахілены пад'ёмна-транспартны механізм

з тросавым, ланцуговым ці гідраўлічным прывадам. Яго задача – апусціць форму з вырабам да запарачнай камеры і падняць яе пасля заканчэння тэрмавільготнай апрацоўкі. Тэрмавільготная апрацоўка праводзіцца ў атмасферы насычанай вадзяной пары пры тэмпературы каля 80°C на працягу 6–10 гадз.



Рыс. 3.1. Канвеерная тэхналагічная лінія па вытворчасці жалезабетонных вырабаў

У сучасных тэхналагічных працэсах для паскарэння цвярдзення бетону паспяхова выкарыстоўваецца цяпло экзатэрмічнай рэакцыі ўтварэння цэментнага каменю. Тэмпература ў герметычнай камеры пры размяшчэнні ў ёй вырабаў можа дасягаць 70°C . Дадатковая цыркуляцыя цеплага вільготнага паветра з дапамогай вентылятара забяспечвае раўнамернае і хуткае цвярдзенне масіву.

Першая аперацыя пасля пад'ёму формы з зацвярдзелым вырабам заключаецца ў распалубцы і выманні яго. Пры выкарыстанні форм традыцыйнай канструкцыі з такімі ж замкамі распалубка праводзіцца ўручную. Спробы механізаваць гэты працэс пакуль што аказаліся няўдалымі.

Пераважна з выкарыстаннем ручной працы ажыццяўляюцца і дзве наступныя аперацыі: ачыстка і змазка форм, укладка і нацяжэнне (пры неабходнасці) арматуры.

Форма ачышчаецца ад рэшткаў зацвярдзелага бетону скрабкамi, шоткамі з выкарыстаннем сродкаў малой механізацыі. Ачышчаная форма абавязкова змазваецца. Змазка змяншае прыліпанне бетону да формы ў 40–50 разоў. Асноўным змазачным матэрыялам лічыцца арганічная вадкасць эмульсол. Аднак змазку можна падрыхтаваць непасрэдна на вытворчасці як сумесь адпрацаванага масла з газай ці адыходамі мылаварэння. Зноў жа змазка форм ажыццяўляецца пераважна ўручную з выкарыстаннем пэндзляў, валікаў, фарсунак.

Сетки і арматурныя каркасы да месца ўкладкі падаюцца крапамі ці другім пад'ёмна-транспартным механізмам. Але ўкладка і фіксацыя ў форме ажыццяўляюцца таксама ўручную.

Падрыхтаваная форма падаецца на пост укладкі бетоннай сумесі. Гэта першая аперацыя, якая цалкам механізавана. З дапамогай бетоннаўкладнікаў форма запаўняецца сумессю і праводзіцца яе папярэдняе разраўноўванне. Аднак пры падачы бетоннай сумесі, асабліва жорсткай, унутры ўкладзенага масіву застаецца шмат паветраных уключэнняў. Яны выдаляюцца на пасце ўшчыльнення. Прычым у агульным выпадку ўшчыльненне бетоннай сумесі дасягаецца трыма асноўнымі метадамі: вібраваннем, прасаваннем і цэнтрыфугаваннем. Менавіта ў такой паслядоўнасці яны будуць разгледжаны ніжэй. І яшчэ трэба зазначыць, што аперацыі ўкладкі і ўшчыльнення бетоннай сумесі могуць быць аб'яднаны і праводзіцца на адным пасце.

Апошняя стадыя фармоўкі жалезабетонных вырабаў заключаецца ў аздабе іх паверхні. Гэта можа быць фарбоўка, прысыпка мармурападобнай крошкай, наклеяка керамічнай пліткі. Але найбольш распаўсюджаным і высокамеханізаваным спосабам аздабы з'яўляецца загладжванне бетоннай паверхні.

Усе разгледжаныя тэхналагічныя аперацыі, якімі суправаджаецца працэс фармоўкі жалезабетонных вырабаў, прысутнічаюць і пры другіх, адрозных ад канвеернага, спосабах фармавання.

Агрэгатна-плыневы спосаб характарызуецца раздзяленнем тэхналагічнага працэсу па асобных пастах, на кожным з якіх ажыццяўляецца адна або некалькі аперацый. Прычым пасты не абавязкова павінны размяшчацца ў адну лінію. Формы з вырабамі перадаюцца ад аднаго паста да другога з дапамогай маставых кранаў. Відавочная перавага такога спосабу фармоўкі – кампактнасць тэхналагічнай лініі. Таму ён выкарыстоўваецца на невялікіх заводах. І яшчэ перавагай, асабліва для такіх прадпрыемстваў, з'яўляецца магчымасць выпускаць больш шырокую наменклатуру вырабаў. Да недахопаў можна аднесці ўзнікненне дэфектаў у незацвярдзелым вырабе пры яго перамяшчэнні з дапамогай крана. Габарыты і вага вырабаў таксама абмежаваны яго грузападымальнасцю.

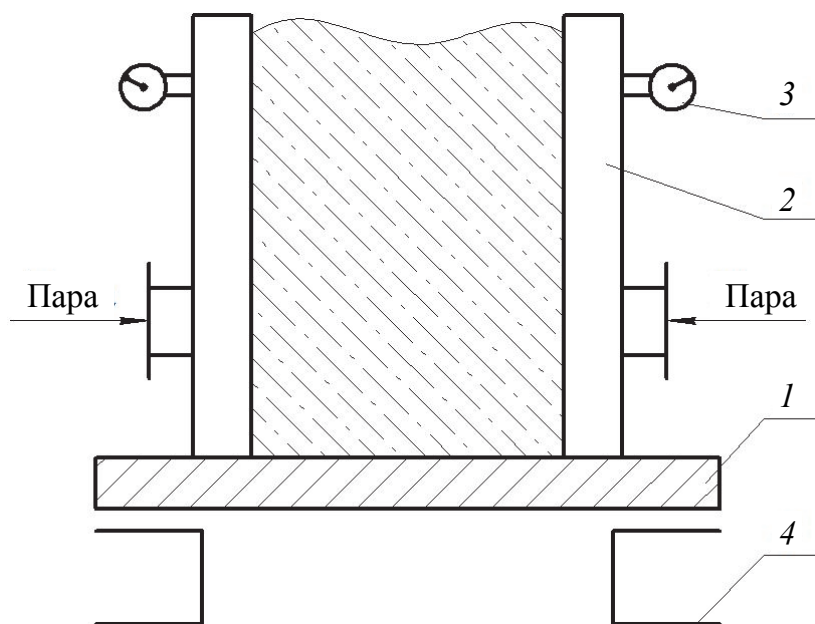
Стэндавы спосаб выкарыстоўваецца пры фармаванні буйнагабарытных вырабаў і панэлей у касетных устаноўках. Ён адрозніваецца тым, што фармоўка вырабаў адбываецца на адным месцы ў стацыянарнай форме. Прычым у ёй паслядоўна ажыццяўляюцца ўсе тэхналагічныя аперацыі, як і пры канвеернай тэхналогіі.

Пры выпуску буйнагабарытных вырабаў, такіх як фермы, калоны, стэндавая тэхналогія рэалізуецца на адкрытых пляцоўках, называемых палігонамі.

Асноўнай перавагай стэндавага спосабу з'яўляецца яго прастата, недахопам – нізкі ўзровень механізацыі і невысокая прадукцыйнасць.

На большасці заводаў жалезабетонных вырабаў адначасова выкарыстоўваюцца ўсе тры спосабы фармавання. Так, на заводах буйнапанэльнага домабудавання панэлі для вонкавых сцен фармуюцца на канвеерных лініях, панэлі перакрыццяў – аграгатна-плыневым спосабам, а панэлі ўнутраных сцен – стэндавым спосабам у касетных устаноўках.

Схема рэалізацыі стэндавай тэхналогіі паказана на рыс. 3.2.



Рыс. 3.2. Схема стэндавай тэхналогіі

Для забеспячэння правядзення ўказаных аперацый форма павінна ўтрымліваць усе неабходныя элементы. З гэтай мэтай на паддоне 1 устаноўлены бакавыя барты 2 каробчатага сячэння, унутр якіх падаецца пара пры цвярдзенні бетону. На бартах замацаваны вібратары 3 для ўшчыльнення бетоннай сумесі. Форма нерухома зафіксавана на апорным каркасе 4. Сыравінная сумесь падаецца ў месца фармоўкі, і вырабы вымаюцца з дапамогай крана і транспартуюцца на склад.

3.1.3. Формы для жалезабетонных вырабаў

Формы для жалезабетонных вырабаў складаюць 70–80% ад агульнай металаёмістасці ўсёй іх вытворчасці. Форма павінна забяспечваць неабходную геаметрычную канфігурацыю і размеры вырабу. У працэсе фармавання важнымі патрабаваннямі да яе з’яўляюцца герметычнасць і жорсткасць. Дапушчальныя адхіленні ад размераў форм, як правіла, удвая меншыя за аналагічныя адхіленні фармуемых жалезабетонных вырабаў і складаюць прыкладна ± 1 мм на 1000 мм даўжыні. Гэта тлумачыцца тым, што ў працэсе эксплуатацыі пры вібрацыйным ушчыльненні, цеплавой апрацоўцы, механічнай ачыстцы размеры форм мяняюцца, а, адпаведна, адхіленні ад размераў саміх вырабаў павялічваюцца. У агульным выпадку форма вытрымлівае 1000–1500 цыклаў, пасля гэтага патрабуецца яе замена.

Разнастайнасць бетонных вырабаў патрабуе такой жа разнастайнасці форм. Таму іх можна класіфікаваць, у першую чаргу, па прызначэнні. Акрамя таго, формы класіфікуюцца па тэхналогіі фармавання жалезабетонных вырабаў:

- стацыянарныя (стэндавая);
- пераносныя (агрэгатна-плыневая);
- перамяшчальныя (канвеерныя);

па матэрыяле, з якога яны выраблены:

- металічныя (сталі, алюмініевыя сплавы);
- неметалічныя (шклапластык, поліўрэтан, ламінаваная фанера).

Большасць форм утрымліваюць два асноўныя элементы: паддон і бортаснастку. Паддон складаецца са зварной рамы, на якую прывараны металічны ліст таўшчынёй 5–8 мм. Бортаснастка складаецца з асобных падоўжных і папярочных бартоў або выконваецца ў выглядзе жорсткай замкнёнай рамы. У любым выпадку кожны борт уяўляе сабой унутраны металічны ліст, які звонку для надання жорсткасці ўмацаваны папярочнымі рэбрамі або падоўжнымі бэлькамі з сартавога пракату. Яшчэ больш перспектыўным з’яўляецца выкананне бартоў каробчатага сячэння, вырабленых з ліставога пракату (рыс. 3.3). Такія барты забяспечваюць патрабаваную жорсткасць пры меншай металаёмістасці. Акрамя таго, ва ўнутраныя поласці каробчатых бартоў можа падавацца ээнерганосьбіт для тэрмавільготнай апрацоўкі бетонных вырабаў.

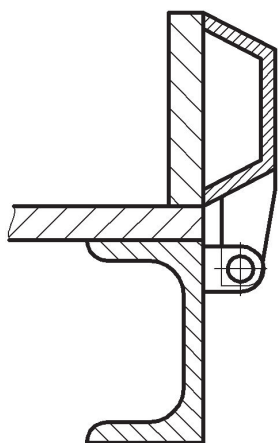


Рис. 3.3. Борт
каробчатага
сячэння

Барты з паддонам могуць злучацца шарнірна або з дапамогай магнітаў. Пры выкананні бартавой аснасткі ў выглядзе асобных бартоў яны злучаюцца паміж сабой спецыяльнымі замкамі, найбольш распаўсюджаным з якіх можна лічыць вінтавы (накідны), рис. 3.4.

Два барты 1 і 2 злучаны паміж сабой балтом 3 і гайкай 4. Пры распалубцы адкручваецца гайка і болт выводзіцца з правушыны 5 за кошт павароту на восі, замацаванай у пачатцы 6. Барты пры гэтым свабодна адхіляюцца ў розныя бакі.

Больш падрабязна разгледзім канструкцыйныя асаблівасці на прыкладзе формы для вырабу шматпустотных панэлей (рис. 3.5).

Форма складаецца з паддоўжнага 1 і папярочнага 2 бартоў. Прычым у апошнім з іх выкананы адтуліны для ўводу пустотаўтваральнікаў. Барты злучаны з паддонам 3 з дапамогай шарніраў 4. На бакавых сценах паддона замацаваны кранштэйны 5 для захопу і пераносу формы кранам на другі пост пры аграгатна-плыневай тэхналогіі. Барты злучаны паміж сабой вінтавымі замкамі 6.

Вышэй разгледжаны найбольш распаўсюджаныя і традыцыйна выкарыстоўваемыя формы. Можна яшчэ дадаць, што пры вырабе труб формы звычайна складаюцца з дзвюх паўформ, таксама злучаных вінтавымі замкамі. Такім чынам, канструкцыйна формы з'яўляюцца даволі кансерватыўным элементам тэхналагічнага працэсу. Для кожнага тыпаразмеру вырабу патрабуецца асобная форма. Выкарыстанне вінтавых замкоў суправаджаецца ручной распалубкай.

У гэтым сэнсе больш перспектыўным можна лічыць злучэнне бартоў і іх фіксацыю на паддоне з дапамогай магнітаў. Лёгкай

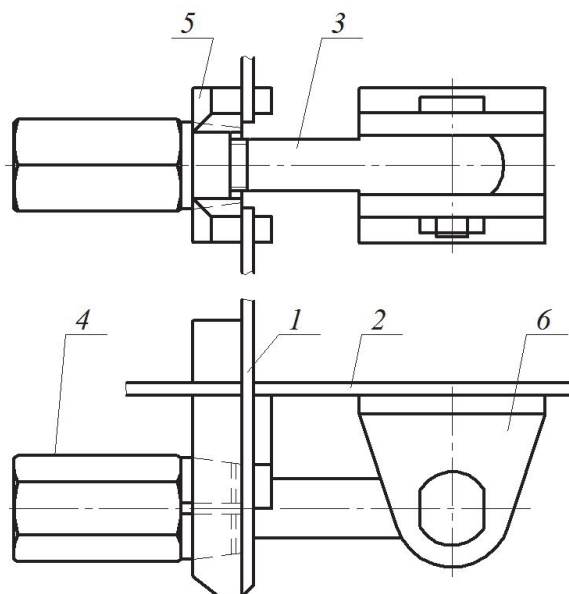
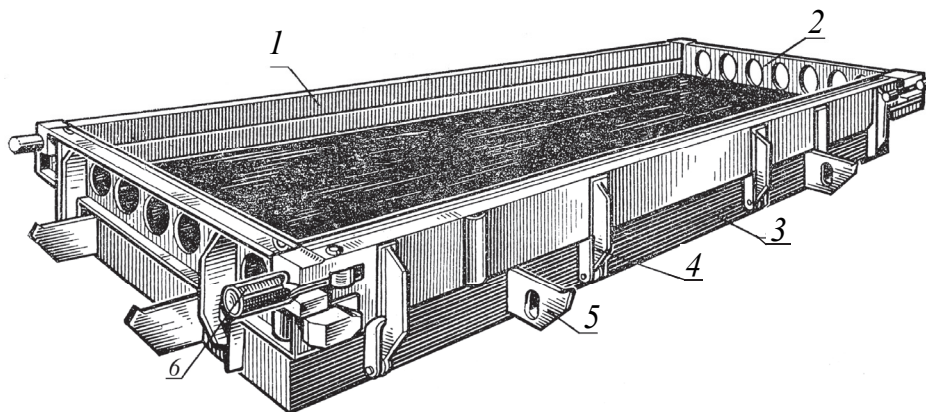


Рис. 3.4. Накідны вінтавы замок
формы

і хуткай перастаноўкай бартоў забяспечваецца змяненне знешніх размераў формы, а адпаведна, і жалезабетоннага вырабу. Акрамя таго, таксама хутка мяняюцца і ўнутраныя ўкладкі, напрыклад, для ваконных праёмаў.

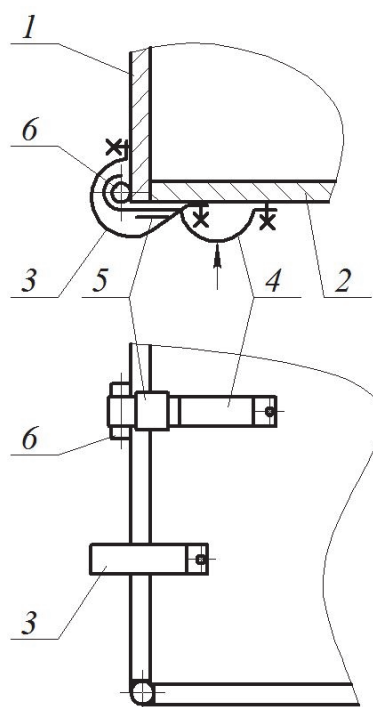


Рыс. 3.5. Форма для вырабу шматпустотных панэлей

Часткова можна механізаваць працэс распалубкі і для адкідных бартоў з шарнірным далучэннем да паддона. Праўда, для гэтага прыйдзеца замяніць вінтавыя замкі на другія, напрыклад, выкананыя на аснове плоскіх спружынных элементаў (рыс. 3.6).

У сабраным стане барты 1 і 2 формы сціснуты дугападобным спружынным элементам 3, замацаваным да абодвух бартоў. Распалубка дасягаецца пры лінейным перамяшчэнні другога спружыннага элемента 4 у накіравальніку 5. Пры гэтым загнуты канец спружыннага элемента адыходзіць убок і вызваляе з зачэплення фіксацыйны стрыжань 6. Барты 1 і 2 пры распрамленні спружыны 3 адрываюцца ад вырабу і адхіляюцца на адпаведны вугал, дастатковы для яго выемкі. Для забеспячэння лінейнага перамяшчэння плоскай спружыны 4 трэба ажыццявіць сціскальнае ўздзеянне на яе выгнутую частку.

Пры канвеернай тэхналогіі гэта можа быць статычны ролік на шляху руху формы, пры агрэгатна-плыневай або стэндавай – шток гідра- ці пнеўмацыліндра.



Рыс. 3.6. Замок формы ў выглядзе плоскай спружыны

Апошні прыклад паказвае, што нават у такой простае адзінцы абсталявання, як форма, можна знайсці магчымасць для ўдасканалення і рэалізацыі сваіх творчых здольнасцей.

3.2. Абсталяванне для нарыхтоўкі арматуры

3.2.1. Арматура для жалезабетонных вырабаў

Бетон мае высокую мяжу трываласці на сцісканне, але адначасова дрэнна супраціўляецца расцяжэнню. Па гэтай прычыне бетонныя вырабы арміруюцца. Стальная арматура якраз і прымае на сябе расцягвальныя намаганні. Арматура цалкам выконвае свае функцыі толькі ў тым выпадку, калі бетон добра счэпляецца з ёй. Для гэтага яна павінна быць добра ачышчана, а бетон ушчыльнены.

У вытворчасці жалезабетонных вырабаў выкарыстоўваюцца тры асноўныя тыпы арматуры: стрыжнёвая, драцяная і канатная. Характарыстыкі некаторых з іх прыведзены ў табл. 3.1.

Табліца 3.1

Характарыстыкі арматуры

ISO (ПБ)	СССР	Тып арматуры
S240	A-I	Стрыжнёвая
S400	A-III	
S800	A-V	
S1200	A-VII	
S500	B-I	Драцяная
S1400	B-II	
—	K7 K19	Канатная

Абазначэнне арматуры мянялася ў апошнія гады некалькі разоў. Зараз у нашай краіне яно прыведзена да міжнародных стандартаў.

Лічба ў абазначэнні азначае мяжу цяжучасці арматуры, напрыклад S240 – $\sigma_t = 240 \text{ Н/мм}^2$.

Стрыжнёвая арматура выпускаецца ў выглядзе пруткоў, дыяметр якіх складае 6–40 мм, даўжыня – 6–12 м. Толькі пруткі класа S240 вырабляюць гладкімі, а ўсе астатнія рыфленымі або так званым пераходным профілю. Апошнія лепш кантактуюць з бетоном і больш актыўна выконваюць свае арміравальныя функцыі.

Драцяная арматура выпускаецца двух класаў: В-I (звычайная) і В-II (высокатрывалая). Прычым В-II можа быць як гладкая, так і перыядычнага профілю. Дыяметр арматурнага дроту – 3–12 мм. Ён пастаўляецца на заводы ЖБВ у матках (бухтах) масай 200–1500 кг. Унутраны дыяметр гэтых маткоў дасягае 1200–2500 мм.

Лічбы ў абазначэнні канатаў К7 і К19 абазначаюць колькасць дроцікаў у кожным з іх. Канатная арматура даволі спецыфічная. Яна выкарыстоўваецца пры фармоўцы бетонных вырабаў на палосах-стандах даўжынёй у некалькі дзясяткаў метраў.

Арматура ўсіх тыпаў вырабляецца з добра зварваемых сталей. Прычым гэта як вугляродзістыя, так і нізкалегіраваныя сталі з утрыманнем хрому, марганцу, крэмнію, цітану. Сярод вугляродзістых асноўнымі маркамі з’яўляюцца Ст3 (кп, пс, сп), а лігіраваных – 10ГС2, 10ГТ, 20ХГС2, 08Г2С.

З арматуры вырабляюць сеткі, каркасы і розныя закладныя дэталі (петлі, крукі і г. д.).

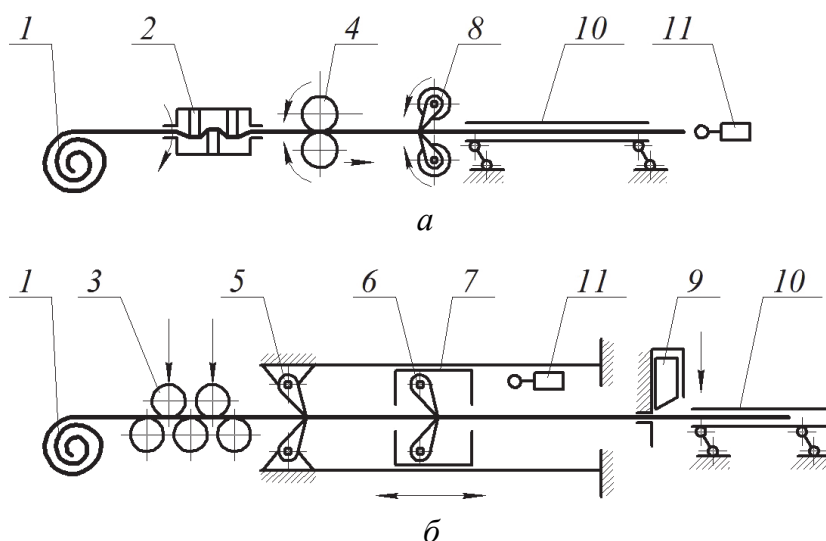
3.2.2. Правільна-адразныя станкі

Правільна-адразныя станкі можна аднесці да найбольш распаўсюджаных агрэгатаў для нарыхтоўкі арматуры. Ні адно прадпрыемства не абыходзіцца без іх. Асноўнае прызначэнне любога правільна-адразнага станка – гэта выпростванне арматурнага дроту, пастаўляемага ў матках (бухтах) і разрэзка яго на кавалкі патрабуемай даўжыні.

У агульным выпадку на прадпрыемствах выкарыстоўваюцца два тыпы правільна-адразных станкоў: з няспыннай і цыклічнай падачай арматуры. Схемы гэтых станкоў паказаны на рыс. 3.7.

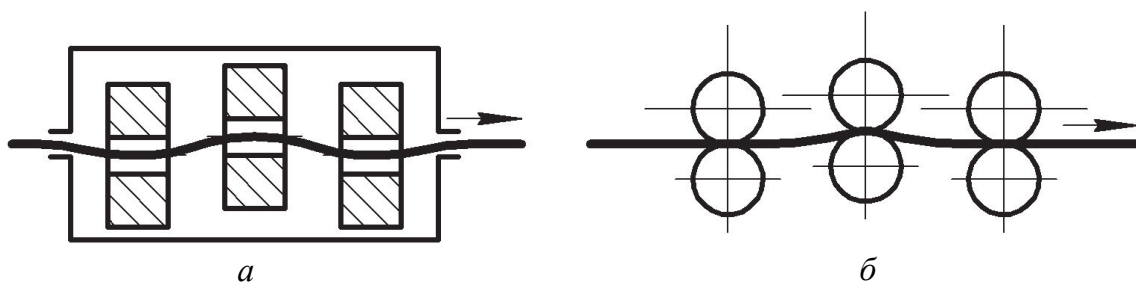
На ім прадстаўлены ўсе магчымыя механізмы, з якіх камплектуецца правільна-адразныя станкі розных мадыфікацый. Сярод гэтых механізмаў можна вылучыць тры асноўныя, без якіх станок не можа існаваць. Да іх адносяцца механізмы падачы, выпроствання і рэзання.

Бухта 1 з арматурным дротам звычайна ўстанаўліваецца на вярчальны барабан. У якасці выпроствальных механізмаў выкарыстоўваецца правільны барабан 2 або шматролікавы правільны механізм 3. У абодвух выпадках прыцып выпроствання дроту заключаецца ў звядзенні яго да стану пластычнай дэфармацыі з наступным нацяжэннем. Пры гэтым напружанні ў дроце дасягаюць мяжы цякучасці $\sigma_T = 0,65\sigma_B$, дзе σ_B – разрыўное напружанне.



Рыс. 3.7. Схемы правільна-адразных станкоў:
 а – з няспынай падачай арматуры; б – з цыклічнай падачай арматуры

У правільным барабане пластычная дэфармацыя дасягаецца за кошт шматразовага згінання пры праходжанні праз эксцэнтрычна ўстаноўленыя плашкі (рыс. 3.8, а), а ў шматролікавым механізме – за кошт таго ж эфекту пры змяшчэнні восей кожнай наступнай пары ролікаў адносна папярэдняй (рыс. 3.8, б). Прычым ролікі могуць размяшчацца ва ўзаемна перпендыкулярных плоскасцях. Колькасць пар ролікаў дасягае сямі.

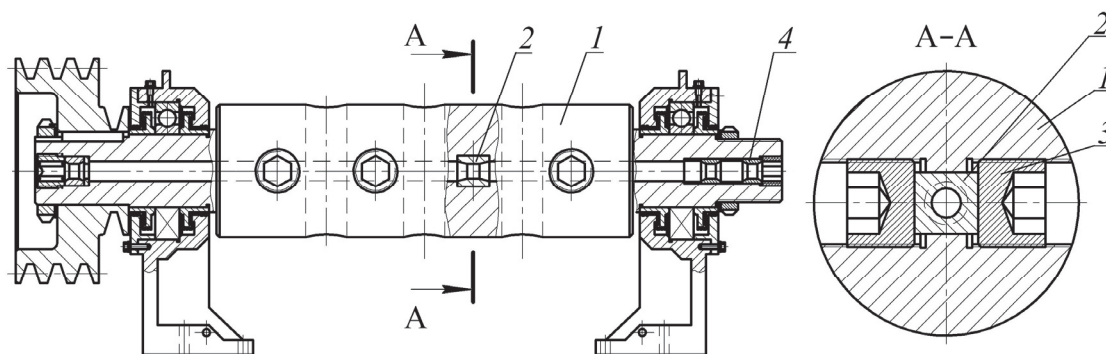


Рыс. 3.8. Прынцыповыя схемы розных правільных механізмаў:
 а – правільнага барабана; б – шматролікавага правільнага механізму

Канструкцыя правільнага барабана паказана на рыс. 3.9. Ён уяўляе сабой вал 1, у радыяльных адтулінах якога ўстаноўлены рэгулюемыя плашкі (фільтры) 2, зафіксаваныя гайкамі 3. Колькасць плашак на вале звычайна пяць, адлегласць паміж імі – 120 мм. На канцах вала, па яго восі таксама ўстаноўлены нерухомыя плашкі 4. Усе плашкі выраблены з цвёрдага сплаву. Восі рэгулюемых плашак 2 з дапамогай гаек 3 могуць змяшчацца адносна восі асноўнага вала. Гэтае змяшчэнне залежыць ад віду

арматуры, дыяметра арматурнага дроту і змяняецца ў дыяпазоне 8–12 мм.

Існуюць і другія спосабы ўстаноўкі і фіксацыі плашак у барабане, напрыклад, з дапамогай рычагоў і вінтоў. Канструкцыйна такі спосаб больш складаны, з большай колькасцю дэталей у вярчальным барабане.



Рыс. 3.9. Правільны барабан

Нягледзячы на выкарыстанне зносаўстойлівых матэрыялаў для вырабу плашак, вялікі знос з'яўляецца асноўным недахопам як саміх плашак, так і правільна-адразных станкоў у цэлым.

Механізм падачы арматуры да станка з яе няспынным рухам (рыс. 3.7, а) уяўляе сабой пару роликаў 4. Кожны ролік забяспечаны дзвюма канаўкамі на розны дыяметр арматуры. Ніжні ролік звычайна прывадны, а верхні прыціскальны. Прыцісканне ажыццяўляецца вінтавым механізмам.

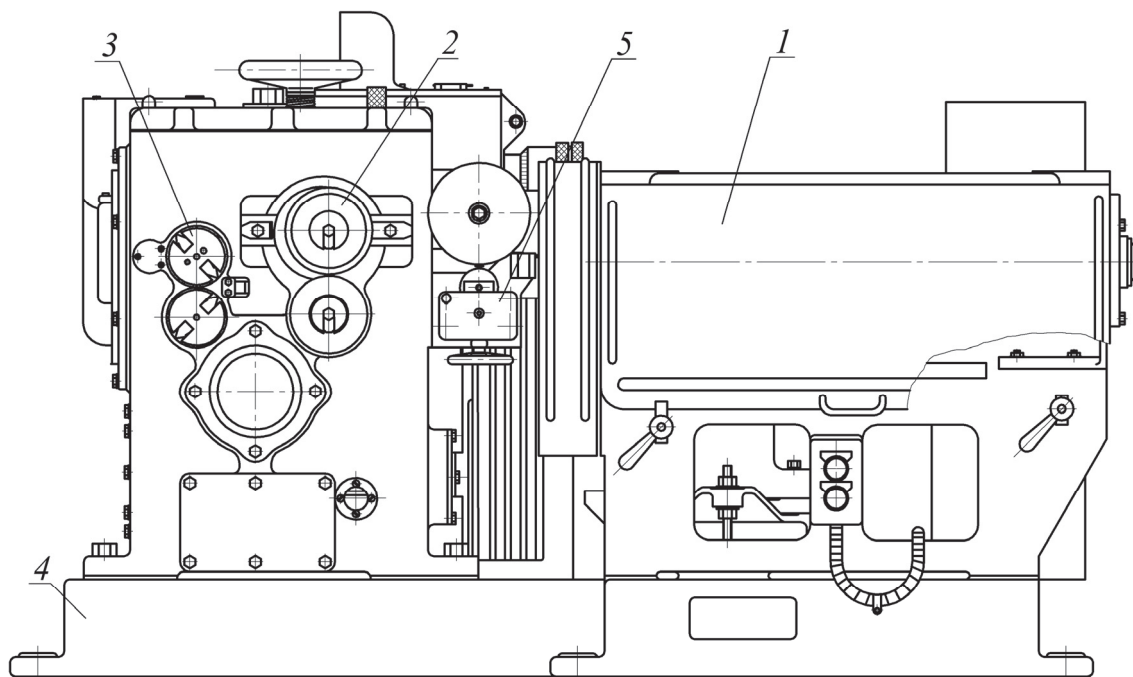
Цыклічная падача (рыс. 3.7, б) забяспечваецца за кошт выкарыстання дзвюх пар кулачкоў 5 і 6. Прычым кулачкі 5 размешчаны на нерухомай станіне, а кулачкі 6 – на рухомай карэтцы 7, якой надаюцца зваротна-паступальныя рухі.

Пры руху карэткі ўправа кулачкі 6 паварочваюцца ўлева, заціскаюць арматуру і перамяшчаюць яе ў адзначаным напрамку. Кулачкі 5 пры гэтым ад трэння аб пруток паварочваюцца ўправа і не перашкаджаюць істотна яго руху. Пры перамяшчэнні карэткі ўлева назіраецца адваротная сітуацыя. Кулачкі 6 ад трэння па прутку арматуры паварочваюцца ўправа і проста слізгаюць па ёй. Аднак з-за гэтага трэння пруток мог бы пайсці назад. Такую магчымасць цалкам блакіруе пара кулачкоў 5, якая паварочваецца ўлева, закліняе і затарможвае яго.

У якасці рэзальных механізмаў у правільна-адразных станках выкарыстоўваюцца вярчальныя 8 (рыс. 3.7, а), гільяцінныя 9

(рыс. 3.7, б) або алігатарныя нажы. Алігатарны з іх уяўляе сабой пару нажоў, адзін з якіх статычны, а другі – паваротны. Адрэзаныя пруткі пападаюць у прыёмны латак 10. Нажы спрацоўваюць пры замыканні кантактаў канцавога выключальніка 11.

Асноўныя механізмы правільна-адразнага станка бачны на яго чарцяжы (рыс. 3.10).



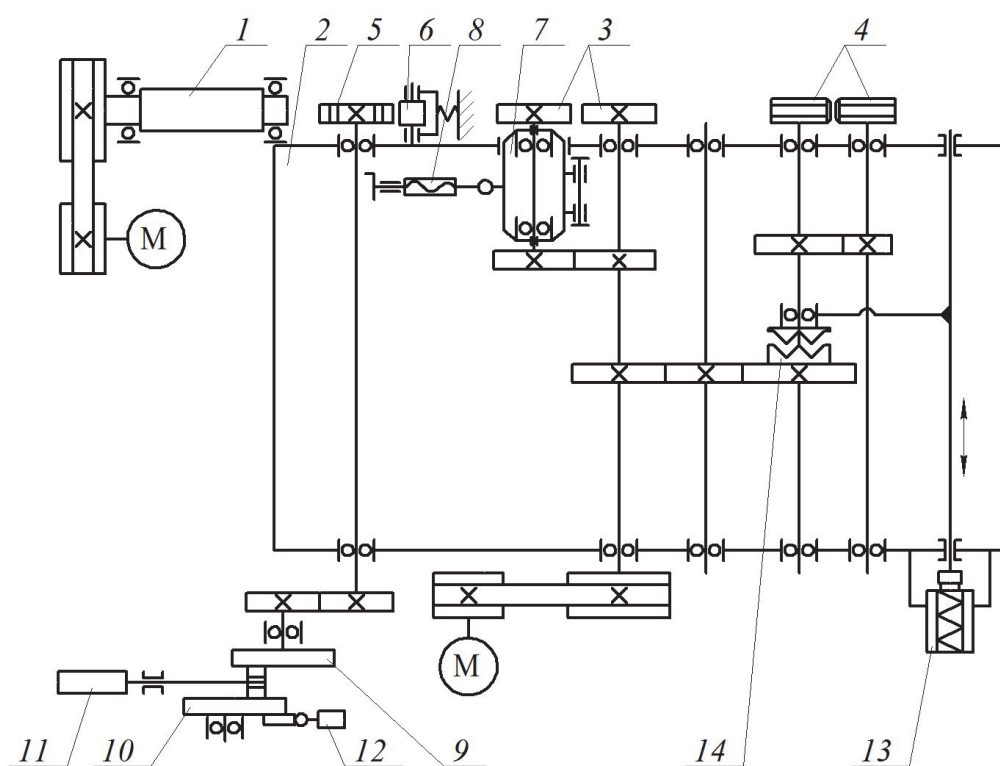
Рыс. 3.10. Правільна-адразны станок

Гэта правільны барабан 1, цягнучыя ролікі 2, вярчальныя нажы 3, устаноўлены на агульнай станіне 4. Тут жа бачны дыск 5 вымяральнага механізму з падпружыненым ролікам.

Поўнае ўяўленне пра будову і прынцып дзеяння правільна-адразнага станка можна атрымаць па яго кінематычнай схеме (рыс. 3.11).

У правільнага станка маюцца два асобныя прывады. Адзін рухавік прыводзіць у вярчэнне правільны барабан 1 праз клінараменную перадачу. Другі праз такую ж перадачу злучаны са спецыяльным рэдуктарам 2, на выхадных канцах валоў якога ўстаноўлены падавальныя ролікі 3, вярчальныя нажы 4 і вымяральны дыск 5 з прыціскальным ролікам 6. Збліжэнне падавальных ролікаў 3 пры зацісканні арматуры ажыццяўляецца за кошт устаноўкі вала аднаго з іх у спецыяльнай абойме 7, якая паварочваецца вакол восі з дапамогай вінтавага механізму 8. Для змянення даўжыні адразаемых пруткоў прадугледжаны варыятар, які прыводзіцца ў вярчэнне ад

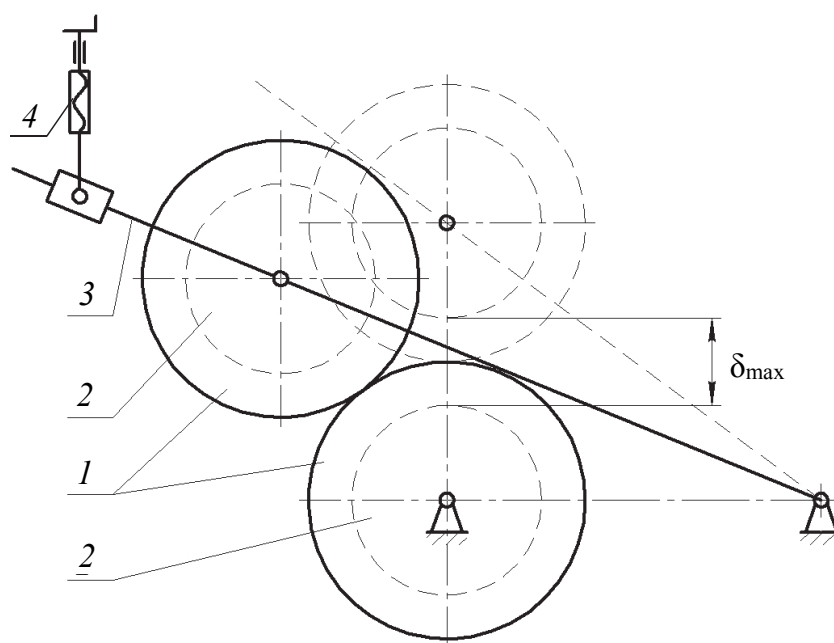
вымяральнага дыска 5. Ён уключае вядучы 9 і вядзёны 10 дыскі, паміж якімі з дапамогай мікраметрычнага вінта 11 перамяшчаецца ролік. Яго перамяшчэннем мяняецца часціня вярчэння вядзёнага дыска 10. На ім замацаваны кулачок, які з адпаведнай часцінёй уздзеінічае на шток канцавога выключальніка 12. Пры замыканні канцавога выключальніка спрацоўвае электрамагніт 13, які праз цягу і рычаг замыкае кулачковую муфту 14. Пры гэтым паварочваецца вярчальныя нажы і адразаюць пруток. Даўжыня прутка знаходзіцца ў адпаведных суадносінах з перамяшчэннем мікраметрычнага вінта 11. Такая сістэма адмеру дае магчымасць замяняць даўжыню пруткоў ад 100 мм да 8000 мм.



Рыс. 3.11. Кінематычная схема правільна-адразнага станка

Існуюць другія сістэмы адмеру даўжыні пруткоў, у якіх пруток непасрэдна ўздзейнічае на канцавы выключальнік. Пры гэтым зноў жа з дапамогай электрамагніта і кулачковай муфты паварочваецца кулачок, які праз шток і сістэму рычагоў прыводзіць у дзеянне гільяцінны нож.

Даволі арыгінальным і аднолькавым для ўсіх станкоў, нягледзячы на розныя сістэмы адмеру, застаецца механізм змянення зазору паміж падавальнымі ролікамі. Яго канструкцыйнае выкананне заслугоўвае асобнай увагі і разгледжана на рыс. 3.12.



Рыс. 3.12. Кінематычная схема механізму змянення зазору паміж падавальнымі ролікамі

Для забеспячэння сінхроннай часціні вярчэння абодвух ролікаў іх прывадныя шасцерні 1 павінны пастаянна знаходзіцца ў зачэпленні. На адным валу з шасцэрнямі знаходзяцца падавальныя ролікі 2. Яны звычайна маюць меншы дыяметр, чым дыяметр шасцэрняў. Змяненне зазору паміж ролікамі 2 дасягаецца за кошт павароту абоймы, якая на кінематычнай схеме паказана ў выглядзе рычага 3, вакол нерухомай восі. Гэты рычаг праз паўзун (прораз у пласціне) злучаны з вінтавым механізмам 4, які і забяспечвае паварот абоймы.

У зыходным становішчы верхняя шасцярня размешчана пад вуглом да ніжняй з такім разлікам, каб зазор паміж ролікамі быў нулявым. Пры павароце рычага 3 верхняя шасцярня перакочваецца па ніжняй без выхаду зубоў з зачэплення. Зазор паміж ролікамі пры гэтым павялічваецца. Яго максімальнае значэнне дасягаецца пры вертыкальным становішчы верхняй шасцярні. І хця максімальны зазор паміж ролікамі не перавышае 12 мм і вугал павароту рычага зусім невялікі, часткова змяняецца зазор у зубчастым зачэпленні. Таму яно выканана з павялічаным модулем і большай вышыняй зубоў.

Увогуле правільна-адразныя станкі выкарыстоўваюцца для нарыхтоўкі пруткоў з арматурнага дроту дыяметрам 3–12 мм. Хуткасць падачы яго ў айчынных станках не перавышае 50 м/хвіл.

За кошт большай ступені аўтаматызацыі, выкарыстання больш трывалых канструкцыйных матэрыялаў хуткасць падачы ў станках замежных фірм дасягае 120 і нават 300 м/хвіл. Але прынцып выпростваання дроту ў іх застаецца ідэнтычным.

3.2.3. Разлік правільна-адразных станкоў

Прадукцыйнасць правільна-адразнага станка, як любой няспына працуючай машыны, разлічваецца па формуле

$$Q = Sv, \quad (3.1)$$

дзе S – плошча папярочнага сячэння прутка; v – яго лінейная хуткасць.

Лінейную хуткасць можна вызначыць праз часціну вярчэння падавальных ролікаў

$$v = \pi n D, \text{ м/с}, \quad (3.2)$$

дзе D – дыяметр ролікаў.

Ён прымаецца звычайна $D = (10-15)d_{\max}$, дзе $d_{\max}$ – максімальны дыяметр дроту.

Плошча папярочнага сячэння прутка арматуры $S = \pi d^2/4$.

Тады аб'ёмная прадукцыйнасць станка

$$Q_v = \pi^2 d^2 n \frac{D}{4}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3.3)$$

а масавая

$$Q_m = \pi^2 d^2 n \frac{D\rho}{4}, \text{ кг/с}, \quad (3.4)$$

дзе ρ – шчыльнасць металу.

Больш складанай будзе методыка разліку магутнасці прываду правільна-адразнага станка. У агульным магутнасць затрачваецца на падачу (працяжку) дроту, на яго выпростваанне і рэзку.

Паколькі пруток рухаецца лінейна, то магутнасць на падачу

$$N_1 = Fv, \quad (3.5)$$

дзе F – падавальная сіла; v – хуткасць падачы.

Падавальная сіла павінна пераадолюваць адпаведныя супраціўленні

$$F = F_p + F_n, \quad (3.6)$$

дзе F_p – супраціўленне размоткі арматуры з бухты; F_n – супраціўленне працяжкі праз правільны механізм.

Размотка заключаецца ў выпростванні скручанага ў маток дроту. Пры гэтым трэба ўлічваць, што выпростванне заключаецца ў давядзенні яго да стану пластычнай дэфармацыі з напружаннем σ_T .

З роўнасці выпроствальнага і дэфармацыйнага момантаў можна запісаць:

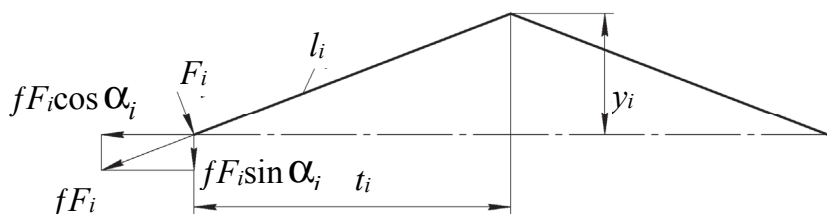
$$F_p D_m = W \sigma_T. \quad (3.7)$$

Адсюль

$$F_p = \frac{W \sigma_T}{D_m}, \quad (3.8)$$

дзе D_m – дыяметр матка; W – момант супраціўлення дроту.

Асноўнае супраціўленне працяжцы арматуры аказвае правільны барабан. Разгледзім кавалак арматуры паміж дзвюма суседнімі плашкамі як зашчэmlеную бэльку (рыс. 3.13).



Рыс. 3.13. Схема для разліку супраціўлення на працяжку арматуры

Як і ў папярэднім выпадку, з улікам згінання і дэфармацыі, якая яго суправаджае, можна запісаць:

$$F_i l_i = W \sigma_T, \quad (3.9)$$

адкуль

$$F_i = \frac{W \sigma_T}{l_i},$$

дзе F_i – згінальная сіла для i -тай плашкі; l_i – даўжыня прутка паміж дзвюма плашкамі.

$$l_i = \sqrt{t_i^2 + y_i^2}. \quad (3.10)$$

Сіла на пераадоленне супраціўлення працяжкі праз адну плашку – гэта $fF_i \cos \alpha_i$, дзе f – каэфіцыент трэння дроту аб плашку.

Тады сумарная сіла на працяжку праз увесь барабан

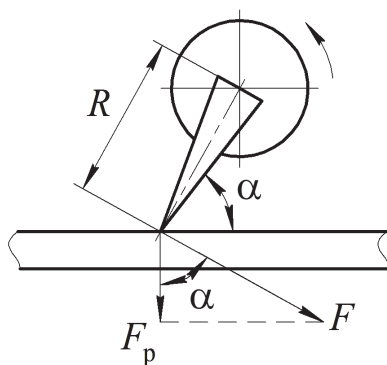
$$F_{\Pi} = f \sum_{i=1}^z F_i \cos \alpha_i, \quad (3.11)$$

дзе z – колькасць плашак у барабане.

Невядомы вугал α_i у гэтай формуле можна знайсці праз яго тангенс:

$$\operatorname{tg} \alpha_i = \frac{y_i}{t_i}. \quad (3.12)$$

Другой важнай складовай затрат энергіі ў правільна-адразным станку з'яўляецца магутнасць на рэзку пруткоў. Вызначэнне гэтай складовай разгледзім на прыкладзе вярчальных нажоў (рыс. 3.14).



Рыс. 3.14. Схема рэзкі прутка

Магутнасць, якая затрачваецца на рэзку прутка пры вярчэнні нажоў,

$$N_2 = M\omega, \quad (3.13)$$

дзе M – вярчальны момант; ω – вуглавая хуткасць нажа.

Вярчальны момант, у сваю чаргу,

$$M = FR. \quad (3.14)$$

Сілу F , прыкладзеную да рэзальнага канта нажа, можна вызначыць з трываласці прутка:

$$F = \frac{F_p}{\cos \alpha} = \frac{\tau_p S}{\cos \alpha}, \quad (3.15)$$

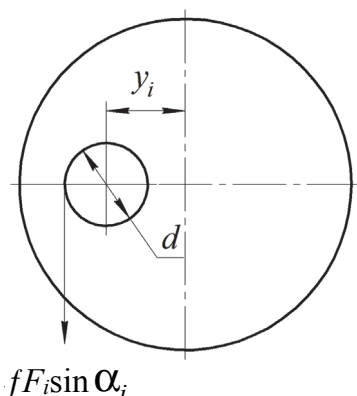
дзе τ_p – датычныя напружанні на зрэз; S – плошча папярочнага сячэння прутка; $S = \pi d^2 / 4$, дзе d – дыяметр прутка.

Напружанні на зрэз прымаюцца $\tau_p = (0,7-0,8)\sigma_b$, дзе σ_b – разрывное напружанне.

Вугал падыходу вярчальнага нажа да прутка звычайна складае $\alpha = 10-15^\circ$.

Тады ў агульным выглядзе

$$N_2 = \frac{\tau_p \pi d^2}{4 \cos \alpha} R \omega. \quad (3.16)$$



Рыс. 3.15. Схема для разліку вярчальнага моманту ў правільным барабане

У большасці правільна-адразных станкоў механізмы падачы і рэзкі маюць агульны прывад ад аднаго рухавіка. Таму для яго падбору трэба прасумаваць складовыя N_1 і N_2 і ўлічыць каэфіцыент карыснага дзеяння прываднага механізму.

Правільны механізм, або механізм выпроствавання арматуры, як правіла, мае асобны прывад. Для правільнага барабана, які круціцца пры адначасовым праходжанні праз яго прутка арматуры, магутнасць

$$N_3 = M \omega \quad (3.17)$$

У дадзеным выпадку вярчальны момант затрачваецца на пераадоленне трэння арматуры аб плашкі M_T і вярчэнне прутка па радыусе $y_i - M_B$ (рыс. 3.15).

Такім чынам,

$$M = M_T + M_B. \quad (3.18)$$

Сілай трэння, якую неабходна пераадолець пры гэтым, з'яўляецца вертыкальная складовая агульнай сілы трэння (рыс. 3.13). Яна запісваецца ў выглядзе $fF_i \sin \alpha_i$. З улікам таго, што момант роўны здабытку сілы на плячо, агульны момант па ўраўненні (3.18) для ўсяго правільнага барабана прыме выгляд

$$M = \frac{fd}{2} \sum_{i=1}^z F_i \sin \alpha_i + f \sum_{i=1}^z y_i F_i \sin \alpha_i. \quad (3.19)$$

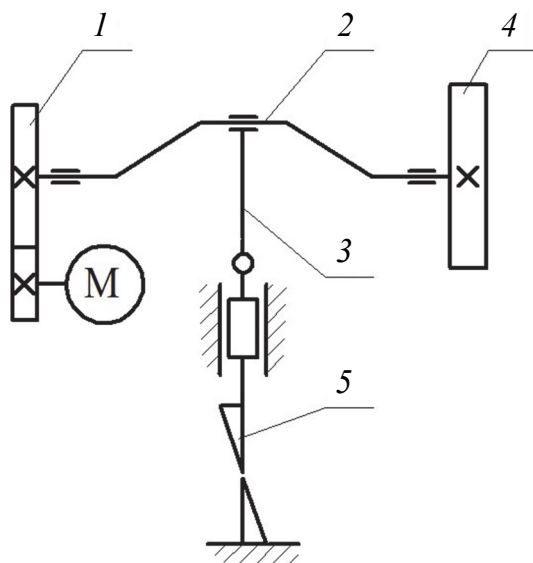
Формула для вызначэння магутнасці электрарухавіка з улікам ККДз прываду запішацца як

$$N_3 = \frac{\omega}{\eta} \left(\frac{fd}{2} \sum_{i=1}^z F_i \sin \alpha_i + f \sum_{i=1}^z y_i F_i \right). \quad (3.20)$$

У прывадзе правільных барабанаў выкарыстоўваюцца выключна клінараменныя перадачы, ККДз η якіх трэба падставіць у формулу (3.20).

3.2.4. Станкі для рэзкі арматуры

Для нарыхтоўкі пруткоў патрабуемай даўжыні са стрыжнёвай арматуры выкарыстоўваюцца асобныя рэзальныя станкі. Галоўным элементам гэтых станкоў з'яўляецца нож. Нажы могуць быць, як і ў правільна-адразных станкоў, – вярчальныя, гільяцінныя і алігатарныя. Перамяшчэнні рэзальнаму органу надаюцца механічным, гідраўлічным ці пнеўматычным прывадам. Часцей за ўсё рэзальны орган – гэта гільяцінныя або алігатарныя нажы. Таму задачай механічнага прываду, які таксама мае пераважнае выкарыстанне, з'яўляецца пераўтварэнне вярчальнага руху электрарухавіка ў зваротна-паступальны наж. Як вынік, такая задача рэалізуецца ўключэннем у схему прываду крывашыпнага механізму (рыс. 3.16).



Рыс. 3.16. Станок для рэзкі арматурных стрыжняў

Вярчальны рух праз зубчастую перадачу 1 перадаецца на крывашыпны механізм, які ўключае каленчаты вал 2 і шатун 3. Для змяншэння дынамічных нагрузак на элементы прываду на каленчатым вале ўстанаўліваецца махавік 4. Рэзальным органам з'яўляюцца гільяцінныя нажы 5 са зваротна-паступальным рухам.

Прывадныя механізмы рэзальных станкоў могуць змяняцца пры змяненні іх габарытаў. У малагабарытных станках звычайна адсутнічае махавік, у буйнагабарытных у прывадзе з'яўляецца раменная перадача.

У якасці найважнейшых параметраў рэзальных станкоў адзначаюць дыяметр разрезаемага прутка і часціню рэзаў. Максімальны дыяметр прутка дасягае 40 мм, а часціня рэзаў – да трыццаці ў хвіліну.

3.2.5. Станкі для згінання арматуры

Спецыфічнай аперацыяй у падрыхтоўцы арматуры лічыцца згінанне выпрастаных і нарэзаных пруткоў. Метадам згінання вырабляюць петлі, крукі і іншыя закладныя дэталі. Прычым яны могуць быць самай разнастайнай канфігурацыі.

Традыцыйна гэтую аперацыю праводзілі да нядаўняга часу на ўніверсальных згінальных станках (рыс. 3.17).

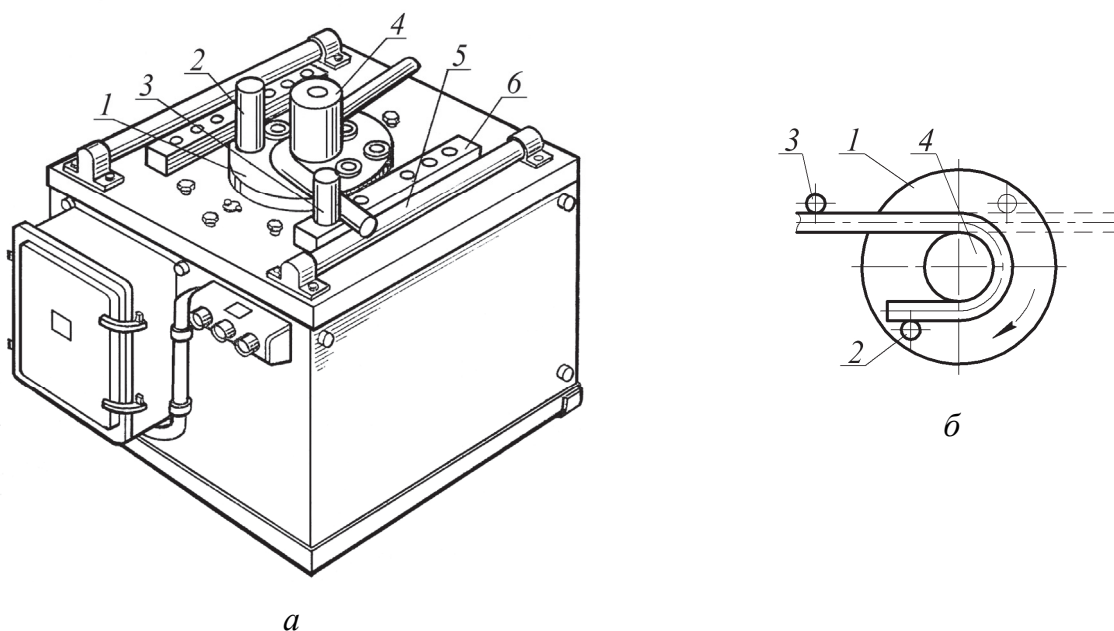


Рис. 3.17. Станок для згінання арматуры

Станок выкананы ў выглядзе каробчатага корпуса, накрыўкай якога з'яўляецца рабочы стол. Унутры корпуса размешчаны прывад станка. Асноўны элемент станка – вярчальны дыск 1, пасаджаны на выхадны вал прываднога рэдуктара і ўстаноўлены на ўзроўні стала. Непасрэдна ў згінанні ўдзельнічаюць згінальны палец 2, які ўстаноўлены на дыску, упорны палец 3, замацаваны на сталі,

і цэнтральны палец 4. Згінальны і ўпорны пальцы могуць перастаўляцца ў розныя становішчы ў залежнасці ад размераў арматуры і параметраў яе згінання. Упорны і цэнтральны пальцы ў асобных выпадках забяспечваюцца зменнымі ўтулкамі (ролікамі). Акрамя гэтага, на сталё ўстаноўлены два ролікі 5 для перамяшчэння па іх арматуры і дзве планкі 6 з адтулінамі для перастаноўкі ўпорных пальцаў 3.

Прынцып работы станка заключаецца ў тым, што пасля ўкладкі арматурнага прутка (рыс. 3.17, б) уключаецца прывад вярчэння дыска. Пасля дасягнення патрабуемага вугала выгіну рух дыска спыняецца, і ён вяртаецца ў зыходнае становішча. На такіх станках можна згінаць арматурныя пруткі дыяметрам да 40 мм. Вуглавая хуткасць вярчэння дыска пры гэтым не перавышае 0,85 рад/с.

Відавочна, што для стварэння значнага згінальнага моманту пры не вельмі вялікай часціні вярчэння ў прывадзе станка выкарыстоўваецца чарвячная перадача (рыс. 3.18).

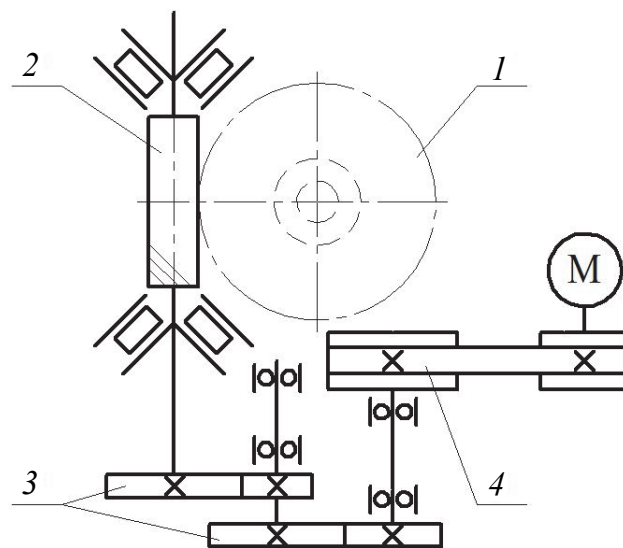
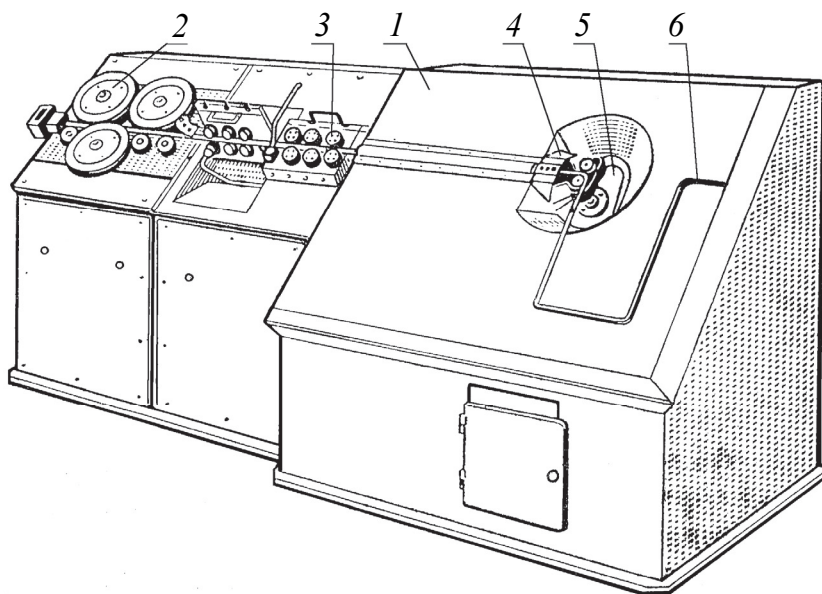


Рис. 3.18. Кінематычная схема прываду згінальнага станка

Чарвячнае кола 1 размешчана сувосева з рабочым дыскам. Акрамя чарвяка 2, прывад дадаткова ўключае зубастыя 3 і раменную 4 перадачы. Асноўным недахопам універсальных згінальных станкоў з'яўляецца вялікая доля ручной працы пры ўкладцы пруткоў, з'ёме вырабаў, іх пераналадцы на другія параметры выгіну.

У апошні час на нашых прадпрыемствах з'явілася шмат станкоў-аўтаматаў для згінання арматуры. Знешні выгляд аднаго з такіх станкоў з яго асноўнымі механізмамі паказаны на рыс. 3.19.

Яго прынцыповае адрозненне заключаецца ў тым, што рабочы стол 1 выкананы нахіленым. Гэта дазваляе даволі проста механізаваць працэс з'ёму гатовых вырабаў. Яшчэ адно важнае адрозненне праяўляецца ў атрыманні вырабаў з арматурнага дроту. Таму станок-аўтамат уяўляе сабой спалучэнне правільна-адрознага і згінальнага агрэгатаў.



Рыс. 3.19. Станок-аўтамат для згінання арматуры

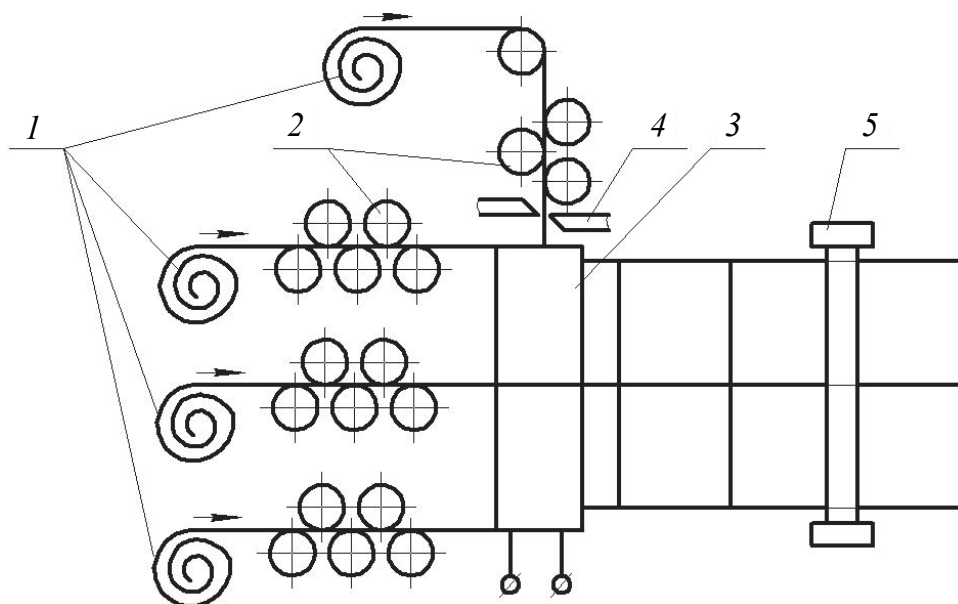
Ён уключае падавальныя ролікі 2, шматролікавы правільны механізм 3 і нажы 4. Але самае галоўнае, што згінальная прылада – усё той жа вярчальны дыск 5 з пальцамі. Праўда, дыск можа паварочвацца цыклічна на розны вугал і з больш высокай хуткасцю. Гэта дае магчымасць атрымліваць на адным вырабе 6 да 14 выгінаў. Толькі пасля іх завяршэння ўключаюцца нажы. Кіраванне станком камп'ютарызавана, што забяспечвае лёгкі і хуткі пераход на іншую форму гнутага вырабу.

3.2.6. Абсталяванне для вырабу арматурных сетак і каркасаў

Арматурныя сеткі і прасторавыя каркасы вырабляюць з пруткоў і дроту. Асноўны спосаб злучэння арматуры пры гэтым – кантактная кропкая зварка. Аднак у некаторых выпадках яшчэ выкарыстоўваюць ручную зварку.

Кропкавая зварка можа рэалізоўвацца ў аднакропкавых і шматкропкавых машынах. Аснову гэтых машын складаюць электроды з сістэмай іх прыціскання і перамяшчэння ў зварачны трансфарматар. У залежнасці ад дыяметра зварваемых пруткоў намаганне сціскання ў вузлах змяняецца ў дыяпазоне 1,6–5,0 кН, сіла току – 4300–12400 А, час зваркі – 0,05–0,50 с. Напружанне пры гэтым складае ўсяго 2,87–6,31 В.

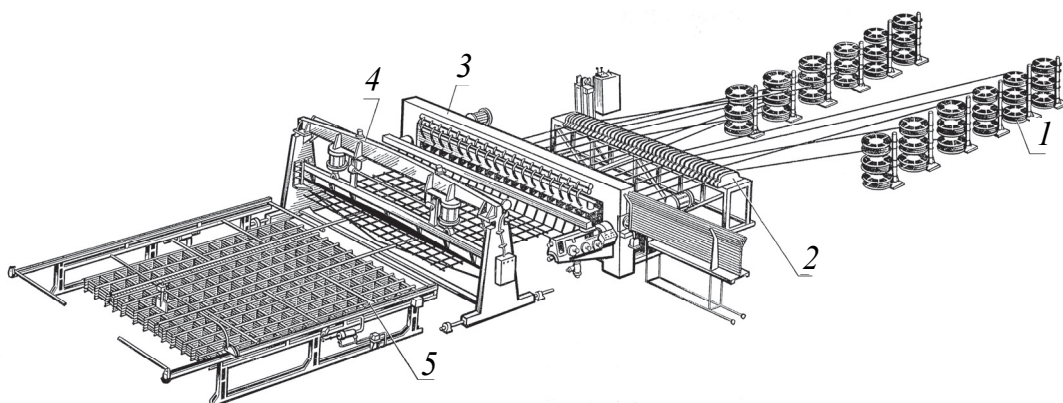
Арматурныя сеткі вырабляюць на аўтаматызаваных канвеерных лініях, спрощаная схема якой паказана на рыс. 3.20.



Рыс. 3.20. Схема канвеернай лініі для вырабу сетак

Маткі арматуры для падоўжных і папярочных пруткоў уста-наўліваюцца на бухтатрымальніках 1. Арматура працягваецца праз шматролікавы правільны механізм 2 і выраўноўваецца. Падача падоўжных і папярочных пруткоў ажыццяўляецца цыклічна. За адзін цыкл падоўжныя пруткі праходзяць адлегласць, роўную даўжыні адной ячэйкі сеткі. Усе тэхналагічныя аперацыі ажыццяўляюцца ў момант іх спынення. У зоне шматкропкавай зварачнай машыны 3 папярочны пруток адрэзаецца нажом 4 і ўкладваецца на падоўжныя пруткі. На наступнай пазіцыі ў вуглах сеткі адбываецца зварка пруткоў. Пры далейшым руху сетка пападае пад гільяцінныя нажніцы 5, дзе праводзіцца папярочны рэз і атрымліваецца сетка патрабуемай даўжыні.

Больш наглядна апісаны вышэй працэс бачны на прыкладзе прамысловай тэхналагічнай лініі (рыс. 3.21).



Рыс. 3.21. Аўтаматызаваная лінія для вырабу арматурных сетак

Арматурны дрот размотваецца з маткоў, устаноўленых на бухатрымальніку 1. Яны праходзяць праз правільную прыладу 2 і пападаюць у шматкропковы зварачны аграгат 3. Туды ж падаюцца папярэдне нарыхтаваныя папярочныя пруткі. Пасля зваркі сетка паступае на гільяцінныя нажы 4 з пнеўматычным (гідраўлічным) прывадам і далей у пакеціроўшчык 5. Адтуль кранам пакеты сетак пераносяцца на тэхналагічныя лініі па фармаванні жалезабетонных вырабаў.

Арматура ў выглядзе прасторавага каркаса выкарыстоўваецца для буйнагабарытных вырабаў, да якіх можна аднесці калоны, фермы, рыгелі. Найбольш распаўсюджанай прадукцыяй, якая патрабуе аб'ёмнага арміравання, з'яўляюцца жалезабетонныя трубы. Прынцып вырабу заключаецца ў спіральным навіванні дроту на падоўжныя пруткі. На рыс. 3.22 паказана схема такога аграгата.

Аснову аграгата складаюць дзве планшайбы (два шпіндалі) 1 і 2, адна з якіх мае прывад вярчэння, а другая – восевага перамяшчэння. У гнёзды планшайб устаўляюцца папярэдне нарыхтаваныя падоўжныя пруткі 3, якія сціскаюцца пры перамяшчэнні адной з іх. Уздоўж каркаса на рэйках устаноўлена карэтка 4 з прывадам. На ёй замацаваны правільныя ролікі 5, накіравальныя ролікі 6 і зварачная галоўка (ролік) 7.

Да асновы каркаса з падоўжных пруткоў далучаецца арматурны дрот, які падаецца з бухатрымальніка 8 і паслядоўна праходзіць праз ролікі 5 і 6. Уключаецца прывад вярчэння планшайбы і адначасова падоўжнага перамяшчэння карэтки. Выпрастаны нацягнуты дрот навіваецца па спіралі на падоўжныя пруткі. На кожным наступным яго вітку перакочваецца зварачны ролік. Пры праходзе праз падоўжны пруток у своеасаблівым вузле атрыманага каркаса замыкаюцца кантакты зварачнага трансфарматара і злучаюць арматуру.

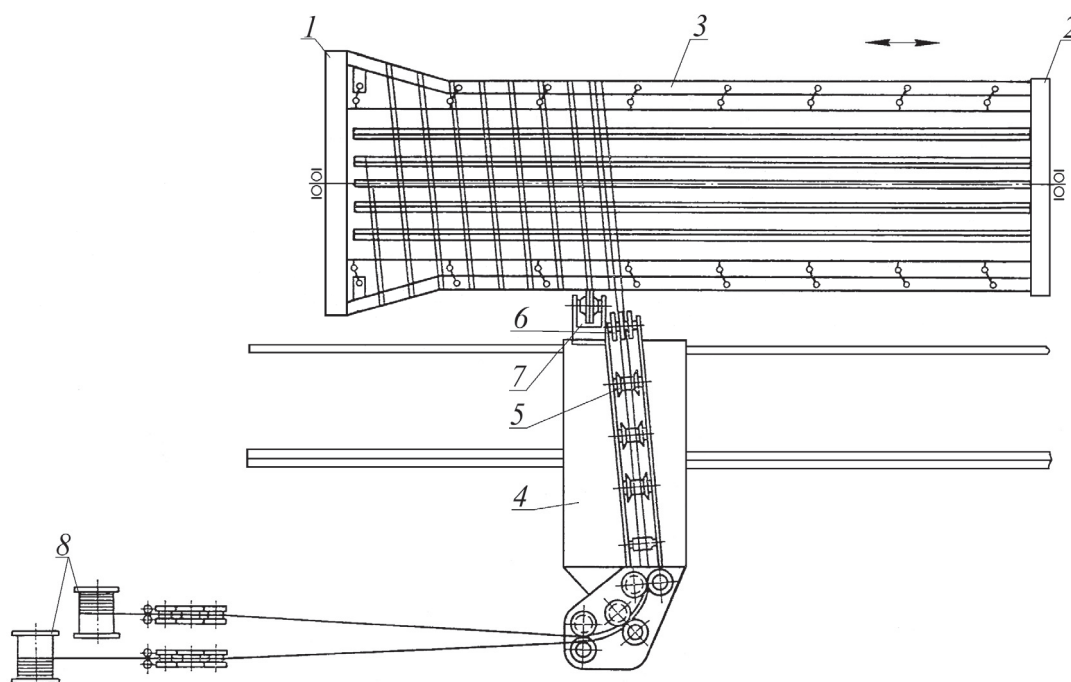


Рис. 3.22. Схема агрегата для вырабу спіральных арматурных каркасаў

Існуюць агрэгаты, у якіх механізаваны працэс набору асновы каркаса з падоўжных пруткоў. Для гэтага восевае перамяшчэнне планшайбы 2 павялічана да поўнай даўжыні каркаса. Яна падводзіцца да планшайбы 1. Пруткі ад бухтатрымальнікаў прапускаюцца праз адтуліны першай і замацоўваюцца за другую планшайбу. Другая планшайба 2 вяртаецца ў зыходнае становішча, а на першай 1 пруткі абразаюцца.

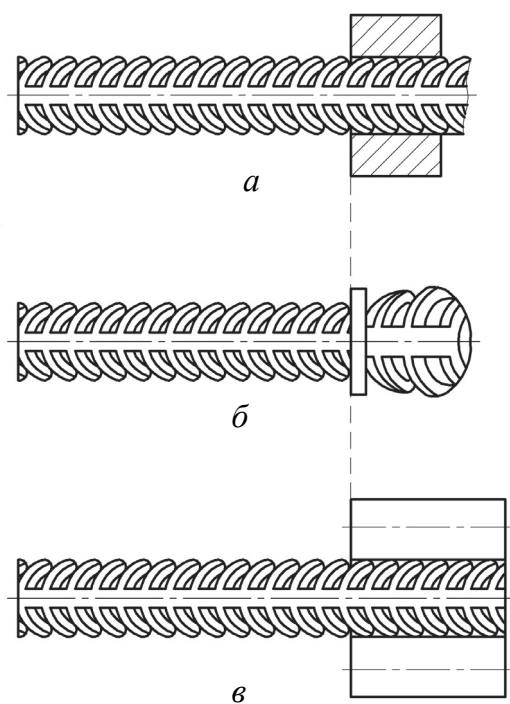
3.2.7. Абсталяванне для ўкладкі і нацяжэння папярэдне напружанай арматуры

Напружаная арматура выкарыстоўваецца ў буйнагабарытных высоکانагружаных жалезабетонных вырабах. Да такіх адносяцца бэлькі, фермы, маставыя пралёты, пліты перакрыццяў. Названыя канструкцыйныя элементы, часцей за ўсё, працуюць на выгін. Пры гэтым у ніжняй частцы яны расцягваюцца, а ў верхняй сціскаюцца. А, як вядома, бетон дрэнна працуе на расцяжэнне. Павялічыць яго мяжу трываласці на гэты від нагружэння можна за кошт укладкі папярэдне напружанай арматуры.

Напружанне арматуры заключаецца ў яе папярэднім расцяжэнні да мяжы цякучасці $\sigma \leq \sigma_T = 0,65\sigma_B$, σ_B – разрыўное напружанне. У расцягнутым стане арматура фіксуецца ў форме.

Пры гэтым у ёй узнікаюць сціскальныя напружанні, якія затым перадаюцца зацвярдзеламу бетону. У выніку жалезабетонная канструкцыя атрымліваецца папярэдне сціснутай нават без прыкладання нагрузкі. Менавіта на велічыню сціскальных напружанняў павялічваецца мяжа трываласці бетону на расцяжэнне.

Папярэдне напружаныя жалезабетонныя канструкцыі вырабляюць з нацяжэннем арматуры на зацвярдзелы бетон або на ўпоры. Першы спосаб больш складаны, паколькі нацягнутая арматура затым пакрываецца яшчэ адным пластом бетону. Таму ў прамысловасці больш распаўсюджаны спосаб нацяжэння арматуры на ўпоры.



Рыс. 3.23. Канцавыя анкеры

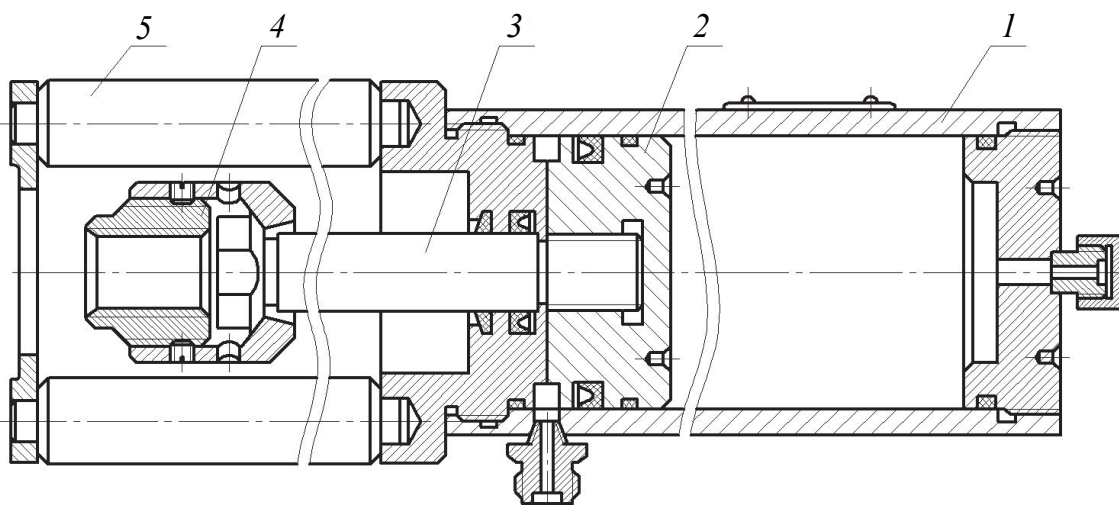
Увогуле напружанне арматуры ўключае некалькі стадый: нарыхтоўка, укладка, нацяжэнне і фіксацыя. Нарыхтоўка стрыжнявай арматуры заключаецца ва ўтварэнні канцавых анкераў для яе замацоўкі. Яны бываюць у выглядзе апрасаванай шайбы (рыс. 3.23, а), высаджанай галоўкі (рыс. 3.23, б), прывараных карантышоў (рыс. 3.23, в)

Высадка анкерных галовак ажыццяўляецца тэрмамеханічным спосабам, які ўключае разгарэў канца арматуры з наступным сцісканнем. Тэмпература нагрэву – $1000\text{--}1100^{\circ}\text{C}$. Сцісканне рэалізуецца з дапамогай пнеўмацыліндра.

У вытворчых умовах выкарыстоўваюцца тры спосабы нацяжэння арматуры: механічны, электратэрмічны і камбінаваны.

Механічны спосаб заключаецца ў расцяжэнні пруткоў з дапамогай гідрадамкратаў. Аснову яго ўтварае звычайны гідрацыліндр (рыс. 3.24).

Дамкрат складаецца з цыліндра 1, поршня 2 са штокам 3. На штоку 3 замацаваны спецыяльны захоп 4 для арматуры са зменнымі гайкамі. Акрамя таго, гідрадамкрат забяспечаны ўпорамі 5.



Рыс. 3.24. Гідрадамкрат

Механічным спосабам можа нацягвацца як адзін пруток, так адразу і некалькі, напрыклад, да 24 шт. Для гэтай мэты ў прамысловасці выкарыстоўваюцца гідрадамкраты з намаганнем да 100 т (1,0 МН). У замежнай практыцы выкарыстоўваюцца гідрадамкраты з намаганнем да 6 МН.

Згодна з законам Гука, напружанні ў арматуры пры нацяжэнні

$$\sigma = \epsilon E = \frac{\Delta l}{l} E, \quad (3.21)$$

дзе ϵ – адноснае падаўжэнне; E – модуль пругкасці.

З формулы (3.21) можна вызначыць рэальнае падаўжэнне арматуры:

$$\Delta l = \frac{\sigma l}{E} + l_1, \quad (3.22)$$

дзе l_1 – нацяжэнне для ліквідацыі прагіну прутка.

Яно складае $l_1 = (0,04-0,05)l$, дзе l – пачатковая даўжыня прутка. У рэальных умовах падаўжэнне прутка пры яго расцяжэнні дасягае $\Delta l = 100-400$ мм.

Сіла нацяжэння пруткоў

$$F = \sigma Sz, \quad (3.23)$$

дзе S – плошча папярочнага сячэння аднаго прутка; z – колькасць адначасова расцягваемых пруткоў.

Пры гэтым напружанне прымаецца роўным мяжы цякучасці $\sigma = \sigma_T$.

Па агульным намаганні, разлічаным па формуле (3.23), вызначаюць дыяметры штока і поршня гідрадамкрата. Хуткасць нацяжэння (перамяшчэння штока) звычайна невысокая і складае 15–20 мм/с.

Для механічнага спосабу нацяжэння арматуры характэрны ўсе перавагі і недахопы гідрапрываду. Да апошніх можна аднесці наяўнасць гідрастанцыі і ўсіх элементаў схемы гідрапрываду з магчымымі ўцечкамі рабочай вадкасці праз іх злучэнні.

У гэтым сэнсе значна прасцей расцягваць арматуру электратэрмічным спосабам. Такі спосаб заключаецца ў нагрэве арматуры да патрабуемай тэмпературы з наступнай перакладкай (пры неабходнасці) і фіксацыяй у разагрэтым стане. Нагрэў ажыццяўляецца з дапамогай зварачнага трансфарматара да тэмпературы 350–500°C на працягу 0,5–10 хвіл. Падаўжэнне прутка пры гэтым можна разлічыць па формуле (3.22). Напружанне, якое ўваходзіць ў яе, залежыць ад той жа тэмпературы і фізічных уласцівасцей матэрыялу, з якога выраблена арматура:

$$\sigma = \alpha E(t - t_0), \quad (3.24)$$

дзе α – каэфіцыент лінейнага расшырэння; $t - t_0$ – рознасць тэмператур.

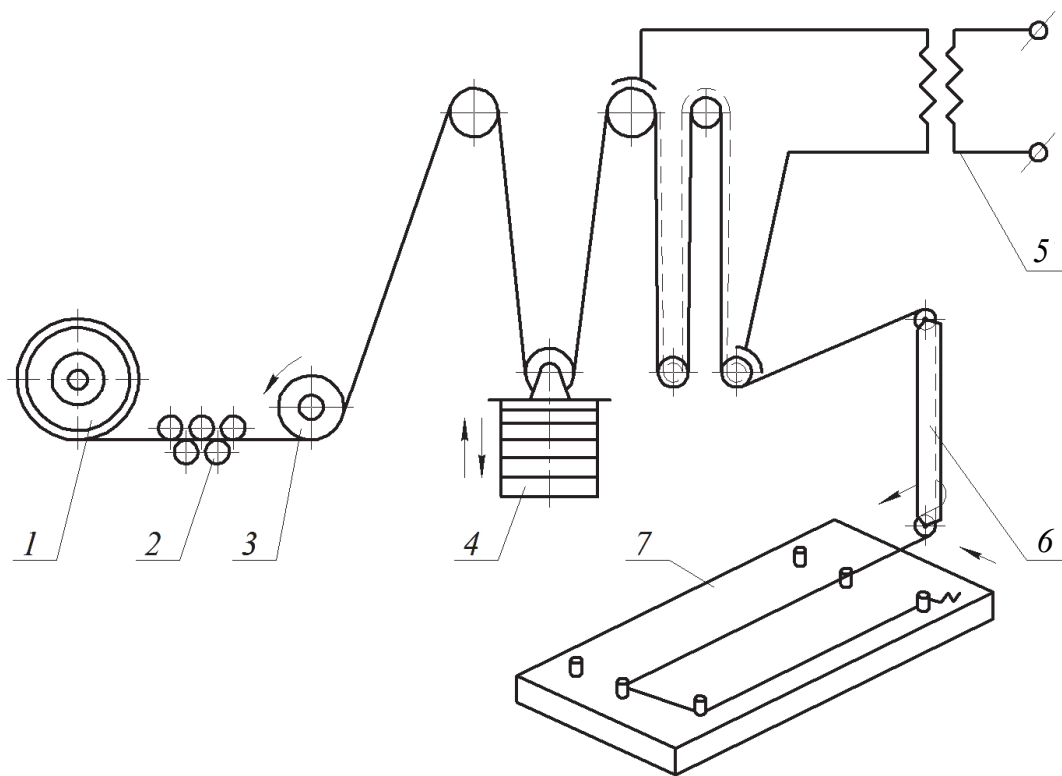
Каэфіцыент лінейнага расшырэння арматурнай сталі $\alpha = (12,5\text{--}14,5) \cdot 10^{-6}$ м/м·°C, а модуль пругкасці $E = (1,8\text{--}2,0) \times 10^{11}$ Па.

Недахоп электратэрмічнага спосабу – шмат ручной працы па ўкладцы і перакладцы пруткоў. Больш за тое, пры нагрэве да ўказаных тэмператур у сталі адбываюцца структурныя пераўтварэнні і пагаршаюцца іх механічныя характарыстыкі.

Недахопы абодвух разгледжаных спосабаў нацяжэння нівеліруюцца ў камбінаваным спосабе. Па сваёй сутнасці – гэта камбінацыя адзначаных механічнага і электратэрмічнага спосабаў. Прычым, пазбавіўшыся ад недахопаў і ўвабраўшы ў сябе перавагі першых двух спосабаў, камбінаваны ператварыўся ў высокамеханізаваны працэс нацяжэння арматуры, які рэалізаваны ў арматурна-намотачнай машыне. Яна выкарыстоўваецца для навівання драцяной і канатнай напружанай арматуры на ўпоры (штыры) формы (рыс. 3.25).

Арматурны дрот падаецца з бухты 1, праходзіць праз шматролікавы правільны механізм 2 і падавальна-тармазную прыладу 3.

Далей з дапамогай грузаў 4, падвешаных на роліку, адбываецца яе механічнае нацяжэнне. Замест грузаў можна выкарыстоўваць, напрыклад, вінтавы механізм. Другая стадыя электратэрмічнага нацяжэння рэалізуецца з дапамогай зварачнага трансфарматара 5.

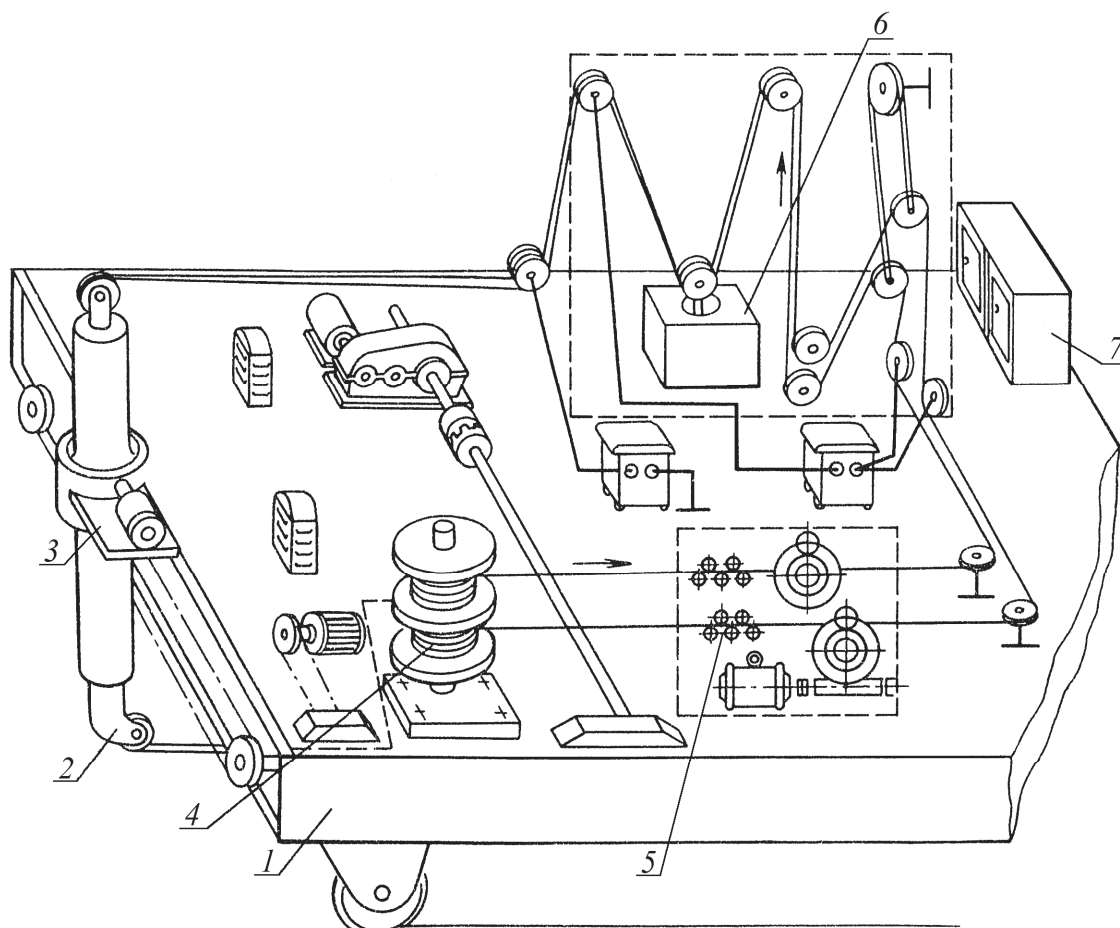


Рыс. 3.25. Прынцыповая схема арматурна-намотачнай машыны

Нацягнутая арматура праходзіць праз піноль 6 і яе ролюкам навіваецца на штыры паддона 7 формы. Піноль – гэта вертыкальны трубчасты латак з накіравальным ролюкам на канцы, які мае тры ступені свабоды. Ён паварочваецца вакол сваёй восі і перамяшчаецца ў двух узаемна перпендыкулярных напрамках адносна формы.

Такая магчымасць забяспечваецца ўстаноўкай усіх аграгатаў машыны на рухомай калясцы 1 (рыс. 3.26), перамяшчаемай па рэйках. Піноль 2, у сваю чаргу, замацавана на карэтцы 3, якая можа рухацца ў перпендыкулярным напрамку. У дадатак піноль мае магчымасць і вертыкальнага перамяшчэння для навіўкі некалькіх радоў арматурнага дроту на штыры. Акрамя ўказаных пазіцый, на рыс. 3.26 добра бачны бухтатрымальнікі 4, правільныя механізмы 5, нацяжны груз 6, зварачныя трансфарматары 7 і прывады ўсіх механізмаў.

Камбінаваны спосаб нацяжэння арматуры дае магчымасць адначасова абысціся без гідрапрываду з яго недахопамі і знізіць тэмпературу нагрэву арматуры ніжэй за 350°C , што выключыць структурныя змяненні ў матэрыяле, з якога зроблены арматурны дрот.



Рыс. 3.26. Самаходная арматурна-намотачная машына

3.2.8. Разлік арматурна-намотачнай машыны

Асноўным разліковым параметрам арматурна-намотачнай машыны з'яўляецца магутнасць прываду перамяшчэння каляскі. Паколькі каляска рухаецца па рэйках, то магутнасць гэтага прываду разлічваецца па вядомай формуле:

$$N = Fv, \quad (3.25)$$

дзе F – рухальная сіла (цягавое намаганне); v – лінейная хуткасць руху.

Адсюль бачна, што галоўнай задачай разліку будзе вызначэнне цягавога намагання. Разліковая схема для яго пошуку паказана на рыс. 3.27.

Цягавае намаганне для перамяшчэння каляскі павінна быць большае:

$$F \geq F_a + F_k, \quad (3.26)$$

дзе F_a – сіла нацяжэння арматуры; F_k – супраціўленне качэння каляскі.

Вышэй (3.21)–(3.23) было паказана, што сіла нацяжэння арматуры разлічваецца па формуле

$$F_a = 0,65 \sigma_b S_z. \quad (3.27)$$

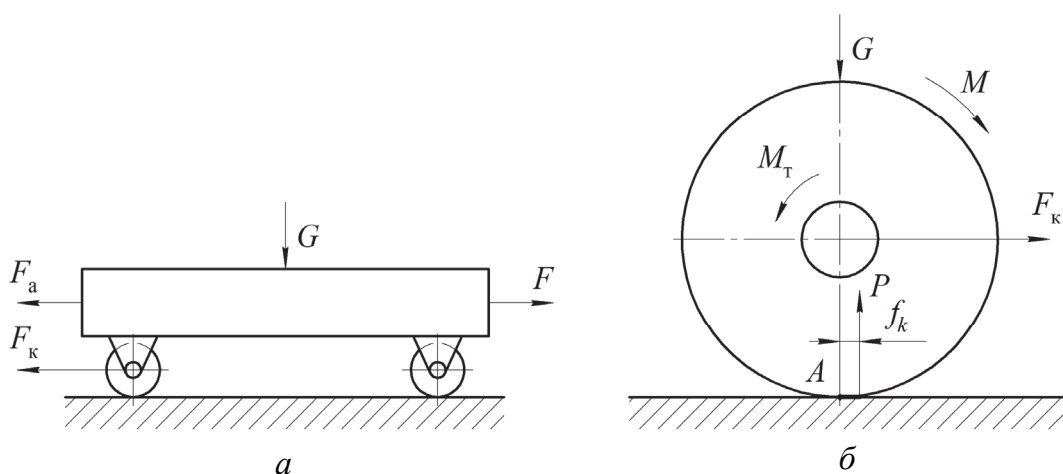


Рис. 3.27. Схема для вызначэння цягавага намагання ў арматурна-намотачнай машыне

Супраціўленне качэнню каляскі вызначаецца з умовы, што рухальны момант павінен быць большы за момант супраціўлення, якое складаецца з трэння качэння кола па рэйках і трэння ў цапфе. Матэматычна, згодна са схемай (рыс. 3.27, б), гэта будзе выглядаць так:

$$M \geq M_k + M_t, \quad (3.28)$$

дзе M_k – момант на пераадоленне сіл трэння качэння; M_t – момант на пераадоленне сіл трэння ў цапфе.

З улікам таго, што нармальная рэакцыя ў месцы кантакту кола з паверхняй рэйкі роўна сіле цяжару каляскі G , ураўненне (3.28) перапішацца ў выглядзе

$$F_k \frac{D}{2} \geq fG \frac{d}{2} + f_k G, \quad (3.29)$$

дзе D – дыяметр кола; d – дыяметр цапфы; f – прыведзены каэфіцыент трэння ў цапфе; f_k – каэфіцыент трэння качэння кола.

З ураўнення (3.29) вызначаецца сіла супраціўлення качэння каляскі:

$$F_k \geq \frac{G(fd + 2f_k)}{D}. \quad (3.30)$$

Па велічыні сіл F_a і F_k вызначаецца агульнае цягавае намаганне, а затым і магутнасць прываду, па якой з улікам яго ККДз падбіраецца электрарухавік.

3.3. Абсталяванне для прыгатавання, транспартавання і ўкладкі бетоннай сумесі

3.3.1. Характарыстыка бетонных сумесей

Бетонная сумесь – гэта складаная сістэма, у якую ўваходзяць буйны і дробны запаўняльнік, вяжучае рэчыва і вада. У сумесь у час яе прыгатавання непазбежна пападае паветра. Фізіка-хімічныя ўласцівасці як самой сумесі, так і зацвярдзелага бетону вельмі істотна залежаць ад яго ўтрымання. У залежнасці ў першую чаргу ад водаўтрымання бетонныя сумесі падзяляюцца на жорсткія, пластычныя і літыя.

Жорсткія бетонныя сумесі характарызуюцца адносна нізкім водаўтрыманнем, з-за гэтага пры замеры іх кансістэнцыі стандартным конусам не даюць асадкі. Таму іх якасць ацэньваюць жорсткасцю ў секундах (Ж, с), якая вымяраецца часам змянення размераў гэтага конуса да ўстаноўленага значэння пад ўздзеяннем вібрацыі.

Пластычныя бетонныя сумесі з большым водаўтрыманнем характарызуюцца асадкай стандартнага конуса (без вібрацыі), у сантыметрах (П, см).

Самае высокае водаўтрыманне маюць літыя сумесі. Яны выкарыстоўваюцца пры ўзвядзенні густаарміраваных канструкцый і пры падводным будаўніцтве, што характэрна для будаўніцтва плацін, ГЭС, глыбокіх свідравін. Таму такія сумесі ў далейшым намі не будуць разглядацца.

Жорсткасць і пластычнасць аб'яднаны адной агульнай характарыстыкай, называемай лёгкаўкладальнасцю. Класіфікацыя бетонных сумесей па гэтым паказчыку прыведзена ў табл. 3.2.

Табліца 3.2

Класіфікацыя бетонных сумесей

Марка па лёгкаўкладальнасці	Норма лёгкаўкладальнасці па паказчыках	
	жорсткасць, с	пластычнасць, см
Ж-4	31 і больш	—
Ж-3	21–30	—
Ж-2	11–20	—
Ж-1	5–10	—
П-1	1-4	4 і менш
П-2		5–9
П-3		10–15
П-4		16 і больш

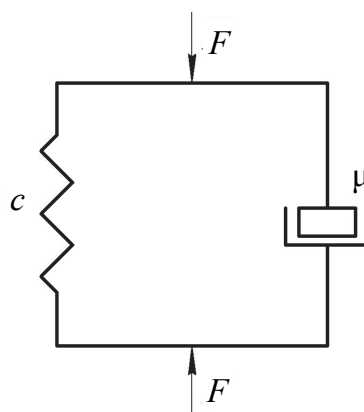
Бетонныя сумесі маюць складаныя фізічныя і рэалагічныя ўласцівасці. Гэта нешта сярэдняе паміж цвёрдым целам і вадкасцю. Яны адначасова характарызуюцца модулем зруху, датычнымі напружаннямі і фіктыўнай вязкасцю. Прычым у час апрацоўкі, напрыклад ушчыльнення, сумесі паступова пераходзяць з цвёрдага стану ў вадкасць. Канешне, гэта вадкасць неньютанаўская, але яе нельга аднесці да нейкага вядомага класа такіх вадкасцей, характарызуемых адпаведнай мадэллю. Бетонная сумесь уяўляе сабой злучэнне мадэлей Бінгама і Кельвіна. Спрошчана яе можна паказаць у выглядзе спалучэння цвёрдай і вадкай складовых (рыс. 3.28).

Агульнае сціскальнае намаганне пры гэтым затрачваецца на пераадоленне сіл пругкасці цвёрдага цела $F_{\text{ц}}$ і вязкасці вадкасці $F_{\text{в}}$. Гэтыя сілы вызначаюцца як

$$\begin{aligned} F_{\text{ц}} &= -cx; \\ F_{\text{в}} &= -\mu \frac{dx}{dt}, \end{aligned} \quad (3.31)$$

дзе c – каэфіцыент аднаўлення (жорсткасць); μ – вязкасць (фіктыўная).

Калі параўнаць пластычныя і жорсткія бетонныя сумесі, то і яны істотна адрозніваюцца як пасля прыгатавання, так і ў час апрацоўкі.



Рыс. 3.28. Мадэль бетоннай сумесі

Пластычныя сумесі маюць выгляд воданасычальнай масы, утрыманне паветра ў якой не перавышае 5%. Таму выдаленне паветра з іх не ўяўляе вялікай цяжкасці, што можна лічыць перавагай такіх сумесей. З другога боку, вялікае ўтрыманне вады ў пластычных сумесях патрабуе такога ж вялікага расхода цэменту. І гэта асноўны іх недахоп. Аналізуючы ўказаныя перавагі і недахопы, можна зазначыць, што пластычныя бетонныя сумесі выгадна выкарыстоўваць там, дзе цяжка арганізаваць іх ушчыльненне: непасрэдна на будаўнічых аб'ектах.

Жорсткія сумесі пры выгрузцы са змяшальніка ўтвараюць няўстойлівыя рыхлыя структуры з вялікімі паветранымі поласцямі. Аб'ём паветраных уключэнняў дасягае 40–50% ад аб'ёму сумесі. Для іх выдалення трэба выкарыстоўваць эфектыўныя спосабы ўшчыльнення, што ў заводскіх умовах ажыццявіць значна прасцей. Затое выкарыстанне жорсткіх сумесей скарачае расход цэменту ў бетоне, паскарае набор яго трываласці, павышае даўгавечнасць вырабаў.

Што датычыць змяшальнікаў, у якіх падрыхтоўваецца бетонная сумесь, то іх канструкцыі разгледжаны ў першай частцы вучэбнага дапаможніка. У вытворчасці жалезабетонных вырабаў і канструкцый у заводскіх умовах у асноўным выкарыстоўваюцца гравітацыйныя біканічныя змяшальнікі з перыферыйным прывадам і ротарныя – са статычнымі лопасцямі. Для кожнага з іх характэрны канкрэтныя перавагі і недахопы, але адназначнай пазіцыі па аптымальным выбары аднаго з іх да цяперашняга часу не сфармулявана. Больш за тое, з'яўляюцца новыя мадыфікацыі змяшальнікаў, якія пачынаюць выкарыстоўвацца ў прамысловасці. Сярод іх ротарна-планетарны змяшальнік са складаным рухам перамешвальных лопасцей. За кошт ускладнення траекторыі руху рабочага органа павышаецца эфектыўнасць перамешвання. Пры гэтым у агрэгаце перыядычнага дзеяння ажыццяўляецца да 40 цыклаў у гадзіну. Акрамя таго, перамяшчэнне рабочага органа, як і ў планетарным млыне, па эпіцыклоідзе або гіпацыклоідзе прадукцыйнае магчымасць заклінявання лопасцей пры пападанні пад іх буйнога запаўняльніка. Такія змяшальнікі ўстойліва працуюць пры яго наяўнасці ў зоне змяшэння.

Пры перамешванні керамзітабетоннай і палімербетоннай сумесей пачалі паспяхова выкарыстоўвацца двухвальныя змяшальнікі з вінтавымі лопасцямі. Вышэй адзначалася, што гэта самыя эфектыўныя перамешвальныя агрэгаты. Але іх недахопам лічылася

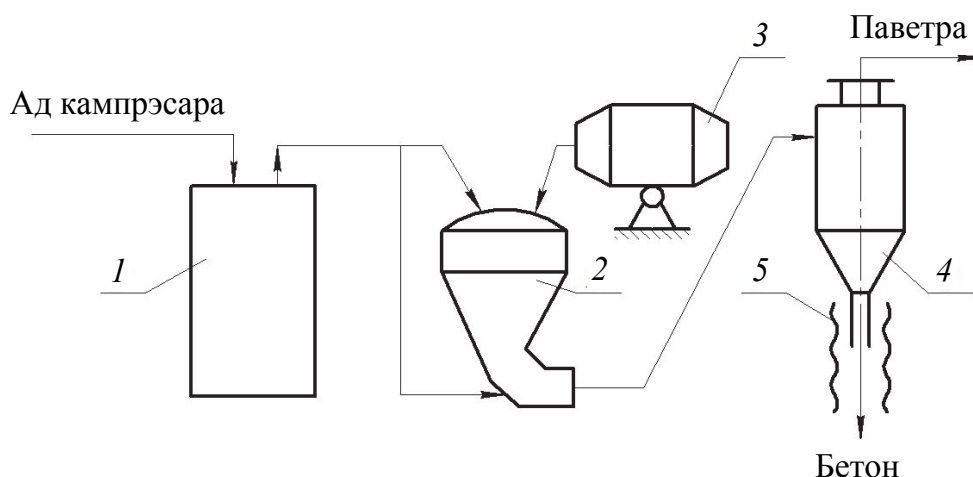
адсутнасць перасцерагальных прылад. А вось для ўказаных бетонных сумесей яны наогул не патрэбны. Той жа керамзіт проста разбурыцца лопасцю пры закліньванні.

Невялікае адхіленне ў бок тэхналагічных аспектаў падрыхтоўкі бетонных сумесей дазваляе паступова вярнуцца да разгляду абсталявання.

3.3.2. Транспартаванне бетоннай сумесі да месца ўкладкі

Як указвалася вышэй, у заводскіх умовах пераважна выкарыстоўваюцца жорсткія бетонныя сумесі. Па заканчэнні працэсу змяшэння яны па сваіх уласцівасцях блізкія да цвёрдага асяроддзя. Па гэтай прычыне і перамяшчаць іх можна з дапамогай традыцыйна вядомых прылад: стужкавых транспарцёраў, самаходных бункераў. Недахопам такога спосабу транспартавання, асабліва на вялікія адлегласці, з'яўляецца расслаенне сумесі ад вібрацыі, якая ўзнікае, напрыклад, на роліках транспарцёра. Таму ў прамысловасці прапануюцца і рэалізуюцца другія альтэрнатыўныя спосабы падачы бетоннай сумесі.

Адным з іх можна лічыць пнеўматранспарт (рыс. 3.29).



Рыс. 3.29. Схема пнеўматранспарту бетону

Энерганосьбіт у выглядзе сціснутага ў кампрэсары паветра падаецца ў рэсівэр 1. Гэта апарат высокага ціску для згладжвання яго пульсаванняў. З рэсівэра паветра паступае ў пнеўмакамерную помпу 2, папярэдне запоўненую бетоном са змяшальніка 3. Прычым пад змяшальнікам звычайна ўстанаўліваюцца дзве пнеўмакамерныя помпы. Адна з іх загружаецца бетоннай сумессю, а другая апаражняецца з дапамогай

сціснутага паветра. Па сутнасці гэтыя прылады не маюць ніякага дачынення да класічных помпаў. Яны ўяўляюць сабой ёмістасці з эліптычнымі накрыўкамі і канічнымі днамі. І, дарэчы, даволі шырока выкарыстоўваюцца ў сістэмах пнеўматранспарту сыпучых матэрыялаў. Прынцып транспартавання заключаецца ў тым, што сціснутае паветра ў камеру 2 падаецца ў дзве зоны: зверху над сумессю і ў ніжні выхадны патрубак з устаноўленым у ім саплом (рыс. 3.29). Пры праходжанні з высокай хуткасцю праз сапло струмень паветра звужаецца і ў выхадным патрубку ўтвараецца зона разрэджання з ціскам, меншым за атмасферны. За кошт гэтага прадухляецца яго забіўка сумессю.

Паветра з бетоннай сумессю паступае ў сепаратар 4, дзе аддзяляецца ад яе. Бетон з дапамогай гнуткага шланга 5 укладваецца ў адпаведную форму.

Для змяншэння гідраўлічнага супраціўлення і пазбаўлення ад забіўкі пры руху па трубаправодзе цяжкая і высакавязкая сумесь перамяшчаецца не суцэльнай плыню, а асобнымі порцыямі з паветранымі прамежкамі паміж імі. Такая схема транспартавання можа быць забяспечана пры імпульснай падачы сціснутага паветра з рэсівера.

Канешне, як і ўсе сістэмы пнеўматранспарту, разгледжаная вышэй характарызуецца павышанымі энергазатратамі, але затое яна простая па канструкцыі, не мае рухальных частак.

Блізкай да разгледжанай з'яўляецца і падача сумесі з дапамогай бетонапомпаў. Прычым у дадзеным выпадку выкарыстоўваюцца поршневыя і ратацыйныя помпы.

Поршневая бетонапомпа (рыс. 3.30) складаецца з рабочага 1 і звычайнага гідраўлічнага 2 цыліндраў, поршні якіх звязаны адзіным штокам. Бетонная сумесь падаецца ў рабочы цыліндр з бункера 3 з дапамогай сілкавальніка (клапана) 4 цыклічна.

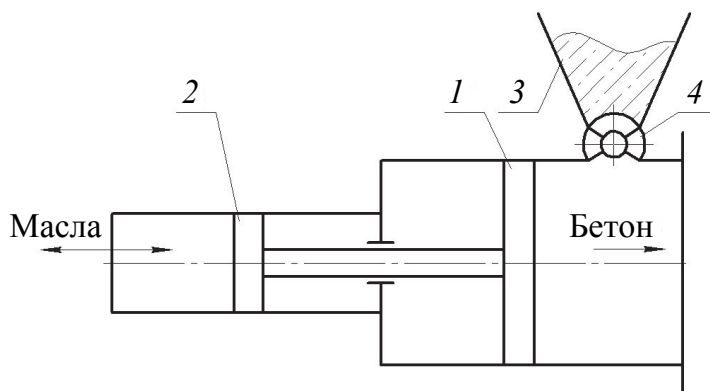
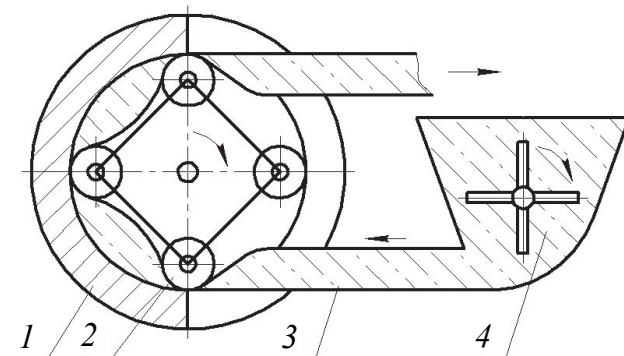


Рис. 3.30. Поршневая помпа для падачы бетоннай сумесі

Прадукцыйнасць такіх помпаў дасягае $120 \text{ м}^3/\text{гадз}$ пры ўтварэмым ціску да 14 МПа . Пры гэтым забяспечваецца падача бетоннай сумесі на 90 м па гарызанталі і на 30 м па вышыні.

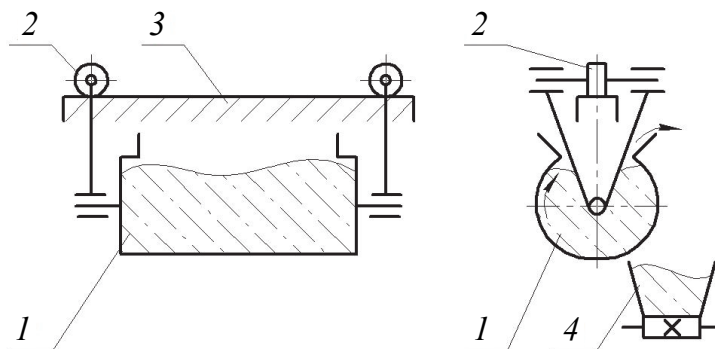
Даволі арыгінальным для падачы бетоннай сумесі можна лічыць выкарыстанне ратацыйнай помпы (рыс. 3.31).



Рыс. 3.31. Падача бетоннай сумесі ратацыйнай помпай

У корпус *1* гэтай помпы ўстаўлены ратар з вярчальнымі ролікамі *2*. Сумесь паступае па гнуткіх шлангах *3* са змяшальніка *4*. Помпа працуе па прынцыпе выціскання ролікамі сумесі з гнуткага шланга, прычым без непасрэднага іх кантакту з металічнымі часткамі. Адзінай праблемай застаюцца самі шлангі. Але выкарыстанне неапрэнава-нейлонавай гумы дазваляе давесці тэрмін іх службы да 1000 гадз .

У апошні час для падачы бетоннай сумесі сталі выкарыстоўвацца кюбелі (ад ням. *kubel* – чан, чарпак) – грузавыя захопныя прылады для перамяшчэння сыпучых грузаў. Часцей за ўсё гэта цыліндрычная ёмістасць *1* (рыс. 3.32), устаноўленая на паваротнай восі. Яна падвешана да платформы, колы *2* якой перамяшчаюцца па адной (монарэйцы) ці дзвюх рэйках *3*. Кюбель перамяшчаецца з даволі высокай хуткасцю і згодна з зададзенай праграмай спыняецца насупраць бетонаўкладчыка. Пры павароце ёмістасці бетонная сумесь выгружаецца і запаўняе яго бункер *4*.

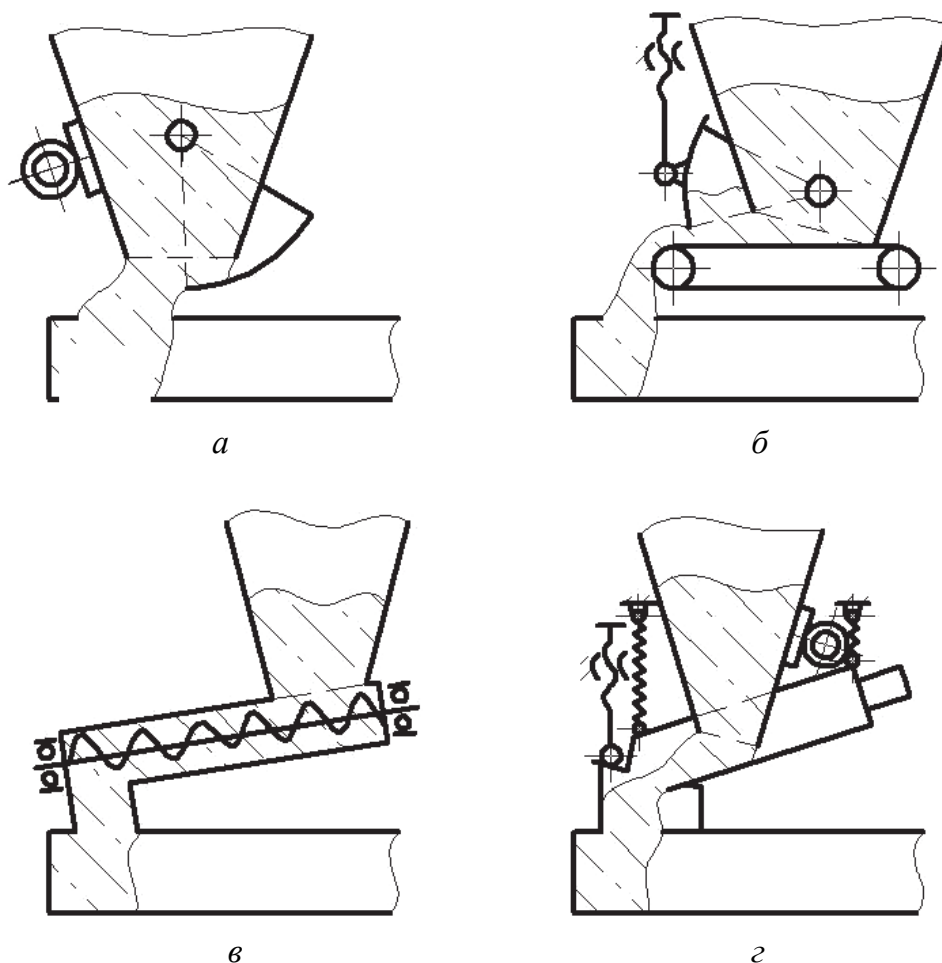


Рыс. 3.32. Схема падачы бетоннай сумесі кюбелем

3.3.3. Абсталяванне для ўкладкі бетоннай сумесі

Агрэгат, які прымаюць бетонную сумесь пасля яе транспартавання ад змяшальніка, называюцца бетонаўкладчыкамі. Прычым такую назву яны маюць тады, калі прымаюць, укладваюць у форму і разраўноўваюць бетонную сумесь. Агрэгат без такой функцыі, як размяркоўванне, называюцца бетонараздатчыкамі. Але апошнія выкарыстоўваюцца даволі рэдка, таму асноўную ўвагу засяродзім на бетонаўкладчыках.

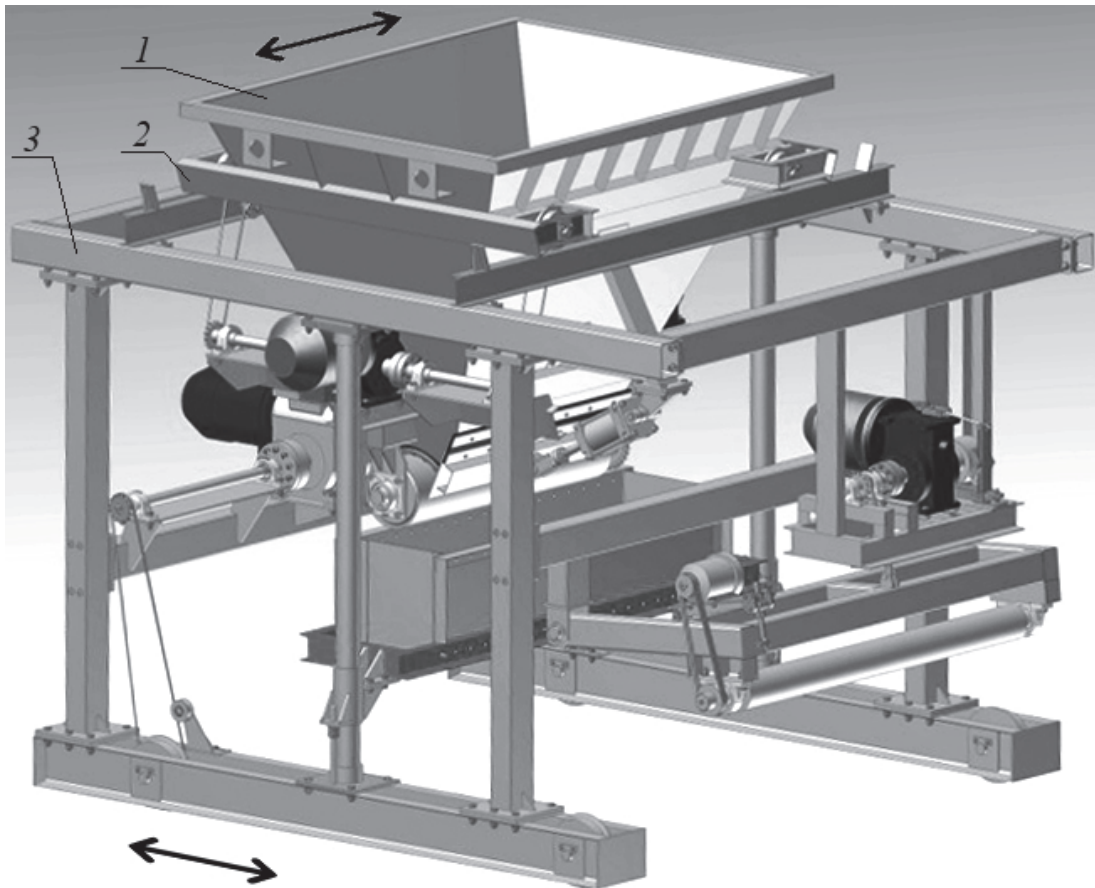
Аснову бетонаўкладчыка складаюць бункер і сілкавальнік. Паводле тыпу сілкавальніка яны падзяляюцца на сектарныя (рыс. 3.33, а), стужкавыя (3.33, б), вінтавыя (шнэкавыя) (рыс. 3.33, в) і вібралатаковыя (рыс. 3.33, г).



Рыс. 3.33. Схемы бетонаўкладчыкаў:
а – сектарны; б – стужкавы; в – шнэкавы; г – вібралатаковы

Звычайна бункер 1 з сілкавальнікам усталёўваецца на самаходнай калясцы 2, якая перамяшчаецца па верхніх бэльках партала ці

статычнай рамы 3 (рыс. 3.34). Такая кампануюка забяспечвае перамяшчэнне сілкавальніка ў двух узаемна перпендыкулярных напрамках і перакрывае ўсю паверхню формы.



Рыс. 3.34. Схема бетонаўкладчыка

Найбольш прастай канструкцыяй бетонаўкладчыка з'яўляецца варыянт з сектарным сілкавальнікам, які можа перамяшчацца з дапамогай механічнага, гідраўлічнага або пнеўматычнага прываду. Але яго недахоп – цяжкасць дакладнага рэгулявання падачы сумесі.

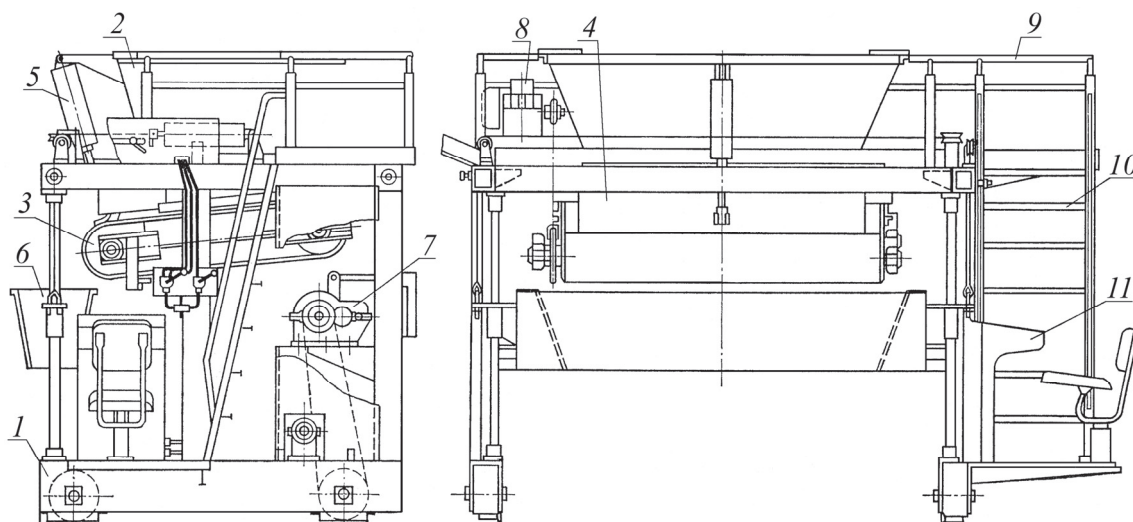
Гэтага недахопу пазбаўлены стужкавы бетонаўкладчык. Яго прадукцыйнасць (падача) рэгулюецца такім жа сектарным шыбе-рам, які можа забяспечваць стабільную таўшчыню пласта бетоннай сумесі на стужкавым транспарце. Больш за тое, прадукцыйнасць яшчэ можа рэгулявацца хуткасцю руху стужкі. Яе шырыня складае 0,2–2,0 м, а хуткасць перамяшчэння можа змяняцца ў дыяпазоне 0,0833–0,2500 м/с. Велічыня ўказаных параметраў, магчымасць іх рэгулявання ставяць стужкавы бетонаўкладчык у першы рад у параўнанні з іншымі.

Але ў некаторых спецыфічных выпадках, напрыклад пры падачы сумесі пад нахілам, які перавышае вугал натуральнага адхону, а таксама на вялікія адлегласці, паспяхова выкарыстоўваюцца вінтавыя (шнэкавыя) бетонаўкладчыкі. Праўда, у іх ёсць адзін істотны недахоп, які заключаецца ў вялікім абразіўным зносе шнэка.

Простым і менш зношваемым можна лічыць вібралатаковы бетонаўкладчык. Вуглом нахілу латака і інтэнсіўнасцю вібрацыі змяняецца яго прадукцыйнасць.

Разраўноўванне бетоннай сумесі пасля яе ўкладкі ў форму ажыццяўляецца статычнымі плужкамі, вярчальнымі гладкімі ці вінтавымі валкамі, вібранасадкамі. Дарэчы, вібратарамі забяспечаны бункеры ўсіх тыпаў бетонаўкладчыкаў. Менавіта за кошт інтэнсіўнай вібрацыі прадухіляецца завісанне сумесі ў бункерах.

Больш падрабязна канструкцыйныя элементы разгледзім на прыкладзе стужкавага бетонаўкладчыка (рыс. 3.35).



Рыс. 3.35. Стужкавы бетонаўкладчык

Усе канструкцыйныя элементы, іх прывадныя механізмы манціруюцца на раме 1. Яна ўяўляе сабой зварную канструкцыю партальнага тыпу. Бункер 2 з дапамогай кранштэйнаў замацаваны да рамы. Знізу да яго пад вуглом 5–8° падвешаны ланцуговы сілкавальнік 3.

Прадукцыйнасць сілкавальніка рэгулюецца шыберам 4, перамяшчальным пнеўмацыліндрам 5. Для прадухілення распырсквання бетоннай сумесі прадугледжана варонка 6. На раме ўстаноўлены прывады бетонаўкладчыка 7 і сілкавальніка 8. Кожны з іх уключае электрарухавік, рэдуктар і ланцуговую перадачу. Паколькі разглядаемы бетонаўкладчык прызначаны для фармоўкі вырабаў шырынёй да 2 м,

то бункер не перамяшчаецца ў напрамку, перпендыкулярным яго асноўнаму руху. Пры большай шырыні бункер устанаўліваецца на калёсы з дадатковым прывадам. Для бяспекі абслугоўвання і рамонту бетонаўкладчык абсталяваны агароджай 9 і лесвіцай 10. Кіраванне ўсімі механізмамі ажыццяўляецца з пульты 11.

Такім чынам на першы погляд даволі прасты агрэгат уключае 3–4 прывадныя механізмы, якія забяспечваюць аўтаномнае перамяшчэнне канструкцыйных элементаў бетонаўкладчыка. На бункеры ў дадатак яшчэ могуць быць устаноўлены вібратары. Усё гэта ўскладняе канструкцыю, яе абслугоўванне і рамонт. Таму ў перспектыве трэба ісці па шляху спрашчэння кінематычнай схемы і выкарыстання сучасных прывадных механізмаў, рэгулюемага прываду.

На прыкладзе разгледжанага тыпу бетонаўкладчыка бачна яшчэ адна нявырашаная праблема для многіх з іх. Яна заключаецца ў тым, што такія канструкцыі непрыдатныя для фармавання панэлей з праёмамі, напрыклад ваконнымі. У іх застаюцца вузкія прасценкі, якія цяжка запоўніць сумессю адным сілкавальнікам.

Для пазбаўлення ад гэтага недахопу прапануюцца бетонаўкладчыкі з чатырма ніжнімі засаўкамі на бункеры. Кожная з іх перамяшчаецца асобным пнеўмацыліндрам. У патрабуемы момант можа быць адчынена адна ці некалькі засавак непасрэдна над тым месцам формы, куды неабходна падаваць бетонную сумесь.

Альтэрнатывай вібратарам, якія ствараюць непрывабныя ўмовы працы, можна лічыць устаноўку ў ніжняй частцы бункера дзвюх вінтавых лопасцевых мяшалак. Яны не толькі прадухіляюць утварэнне скопішчаў, але і дадаткова перамешваюць сумесь, павышаюць раўнамернасць яе падачы на стужкавы сілкавальнік.

3.3.4. Разлік бетонаўкладчыкаў

Найважнейшымі колькаснымі параметрамі бетонаўкладчыка, як і любой другой машыны, з'яўляецца агульная прадукцыйнасць і магутнасць прываду асноўных механізмаў. Разгледзім падыход да вызначэння гэтых параметраў на прыкладзе стужкавага бетонаўкладчыка.

Пры аналізе прадукцыйнасці можна падысці з двух бакоў. Першае, ацаніць яе для бетонаўкладчыка, як машыны няспыннага дзеяння, праз прадукцыйнасць стужкавага сілкавальніка. Тады прадукцыйнасць

$$Q = \mu S v, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3.32)$$

дзе S – плошча папярочнага сячэння пласта бетону на стужцы; v – хуткасць руху стужкі; μ – каэфіцыент разрыхлення сумесі.

З улікам геаметрычных параметраў сілкавальніка формула (3.32) прыме выгляд

$$Q = \mu B h v, \quad (3.33)$$

дзе B – шырыня стужкі; h – вышыня пласта бетону на ёй.

Калі ацаніць бетонаўкладчык як аграгат для цыклічнага за-паўнення сумессю асобных форм, то прадукцыйнасць

$$Q = \frac{V}{t_{\text{ц}}}, \quad (3.34)$$

дзе V – аб'ём вырабу; $t_{\text{ц}}$ – час укладкі сумесі ў форму (аднаго цыкла).

Поўны цыкл складаецца з напаўнення бункера сумессю, перамяшчэння ўкладчыка да формы, укладкі ў яе сумесі, вяртання ўкладчыка ў зыходнае становішча.

Магутнасць прываду партала і каляскі з устаноўленымі на ёй бункерамі разлічваецца па ўжо вядомай методыцы. Яна затрачваецца на пераадоленне трэння качэння хадавых колаў і трэння ў цапфах. Па аналогіі з арматурна-памольнай машынай (3.28)–(3.30) атрымаем формулу для разліку магутнасці:

$$N = (F_{\text{к}} + F_{\text{б}}) \frac{2f_{\text{к}} + fd}{D} v, \quad (3.35)$$

дзе $F_{\text{к}}$ – сіла цяжару канструкцыйных элементаў бетонаўкладчыка; $F_{\text{б}}$ – сіла цяжару бетоннай сумесі; $f_{\text{к}}$ – каэфіцыент трэння качэння хадавых колаў; f – прыведзены каэфіцыент трэння падшыпніка; d , D – дыяметр цапфы падшыпніка і дыяметр кола адпаведна; v – хуткасць руху партала (каляскі).

Прычым пры разліку магутнасці прываду партала $F_{\text{к}}$ – гэта сіла цяжару ўсіх канструкцыйных элементаў бетонаўкладчыка, а прываду перамяшчэння каляскі – толькі ўласна яе і бункера.

Некалькі недарэчным, на наш погляд, з'яўляецца прапанова другіх аўтараў па ўвядзенні ў формулу (3.35) дадатковага каэфіцыента $\beta = 2,5\text{--}3,0$, які ўлічвае трэнне рэбордаў колаў аб рэйкі. Чым выкарыстоўваць такія колы і павялічваць затраты магутнасці ўтрая, лепш паставіць колы без рэбордаў.

Магутнасць прываду стужкавага сілкавальніка разлічваецца па аналогіі з транспарцёрам падобнага тыпу, які разглядаўся пры вывучэнні пад'ёмна-транспартных машын.

3.4. Ушчыльненне бетоннай сумесі вібраваннем

Наступнай тэхналагічнай аперацыяй пасля ўкладкі бетоннай сумесі з'яўляецца яе ўшчыльненне, аб чым засведчана ў папярэдняй тэме. У вытворчасці жалезабетонных вырабаў выкарыстоўваюцца тры асноўныя метады ўшчыльнення: вібраванне, прасаванне, цэнтрыфугаванне. Найбольш распаўсюджана з іх вібраванне.

3.4.1. Тэарэтычныя асновы вібрацыйнага ўшчыльнення

Бетонная сумесь – гэта складаная сістэма, у якую ўваходзяць буйны і дробны запаўняльнікі, вяжучае рэчыва і вада. Пры прыгатаванні бетоннай сумесі ў яе пападае паветра. Фізіка-механічныя ўласцівасці бетоннай сумесі і зацвярдзелага бетону істотна залежаць ад яго ўтрымання. Так, наяўнасць 10% паветраных уключэнняў зніжае трываласць бетону прыкладна на 50%. Таму пры любой тэхналогіі вытворчасці бетонных вырабаў актуальнай задачай застаецца ўшчыльненне зыходнай сумесі.

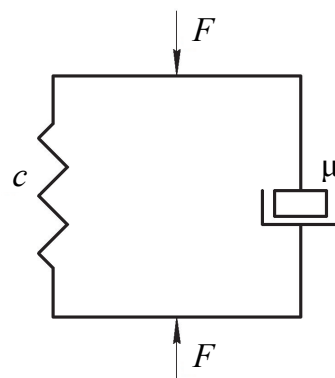
У залежнасці ад водаўтрымання сумесі па меры яго павышэння падзяляюцца на жорсткія, пластычныя і літыя.

Жорсткія бетонныя сумесі з адносна нізкім водаўтрыманнем патрабуюць меншага расхода цэменту, хутчэй цвярдзеюць і набіраюць трываласць. Аднак пры фармаванні вырабаў з такіх сумесей патрабуецца больш інтэнсіўнае ўшчыльненне, якое прасцей арганізаваць у заводскіх умовах. Таму такія сумесі выкарыстоўваюцца ў вытворчасці зборнага жалезабетону.

З павелічэннем утрымання вады сумесі становяцца пластычнымі. Яны выкарыстоўваюцца ў будаўніцтве пры ўзвядзенні маналітных будынкаў, асабліва ў гідратэхнічным.

Літыя сумесі з максімальным водаўтрыманнем распаўсюджаны пры ўзвядзенні густаарміраваных канструкцый і падводным бетаніраванні. Яны наогул могуць залівацца без ушчыльнення. Але з павелічэннем колькасці вады прапарцыянальна ўзрастае і расход вяжучага рэчыва, што эканамічна не вельмі выгадна.

Нягледзячы на розныя фізічныя ўласцівасці бетонных сумесей, іх можна ўявіць у выглядзе абагульненай рэалагічнай мадэлі (рыс. 3.36).



Рыс. 3.36. Мадэль бетоннай сумесі

Бетонная сумесь – гэта штосьці сярэдняе паміж вадкасцю і цвёрдым целам. Сіла, якая затрачваецца на пераадоленне пругкасці цвёрдага цела,

$$F_{\text{ц}} = -cx, \quad (3.36)$$

а на пераадоленне вязкага трэння

$$F_{\text{в}} = -\mu \frac{dx}{dt}, \quad (3.37)$$

дзе c – каэфіцыент аднаўлення; μ – дынамічная вязкасць.

Указаныя дзве складовыя аб'ядноўваюцца ў адну псеўдапластычную вадкасць, якая характарызуецца так званай фіктыўнай вязкасцю $\mu_{\text{ф}}$.

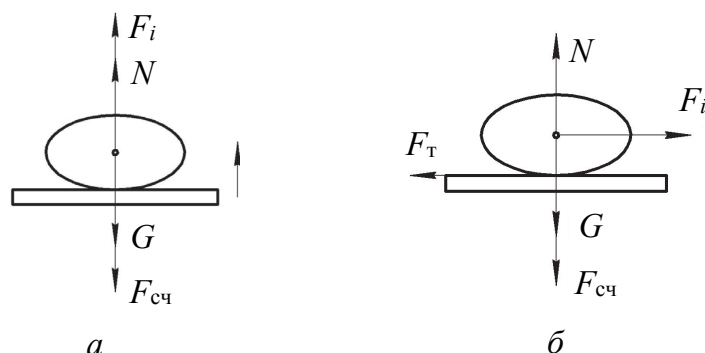
Найбольш эфектыўным спосабам ушчыльнення бетоннай сумесі з'яўляецца вібрацыя. Гэта абумоўлена сінусаідальным (косінусаідальным) змяненнем амплітуды ваганняў вібрапабуджальніка, яго хуткасці і паскарэння. Акрамя таго, пры аддаленні ад крыніцы адбываецца затуханне ваганняў. За кошт інтэнсіўнага высокачастотнага ўздзеяння і ўказаных з'яў асобныя часцінкі пачынаюць рухацца з рознымі хуткасцямі.

У выніку такога руху часцінак сувязі паміж імі разрываюцца. Як вынік, буйны запаўняльнік апускаецца ўніз, а паветра выходзіць з сумесі. У працэсе ўшчыльнення вязкасць сумесі паніжаецца, а шчыльнасць павялічваецца ў 1,5–1,6 разу.

Паверхні рабочых органаў вібрамашын, ад якіх вібрацыя перадаецца сумесі, называюцца выпраменьвальнымі. У залежнасці ад іх размяшчэння адносна сумесі адрозніваюць паверханевыя, глыбінныя і аб'ёмныя вібрамашыны. Пры паверхневым ушчыльненні выпраменьвальная паверхня размяшчаецца на паверхні бетоннай сумесі, пры глыбінным – апускаецца ў яе. Аб'ёмнае ўшчыльненне заключаецца ў тым, што бетонная сумесь знаходзіцца ў форме і ўсё гэта разам прыводзіцца ў вібрацыю. Агрэгаты, у якіх рэалізуецца аб'ёмнае ўшчыльненне, называюцца вібрапляцоўкамі.

Выпраменьвальная паверхня вібрапляцовак можа знаходзіцца перпендыкулярна і паралельна адносна ўшчыльняемай сумесі. У першым выпадку ў ёй узнікаюць нармальныя напружанні, у другім – датычныя.

Жаданне павысіць эфектыўнасць ушчыльнення можа прывесці да адваротнай з'явы – разушчыльнення. Разгледзім гэта на прыкладзе вібрапляцоўкі, на паддоне якой ляжыць часцінка сумесі (рыс. 3.37).



Рыс. 3.37. Схема сіл, якія дзейнічаюць на часцінку бетоннай сумесі:

a – вертыкальна накіраваныя ваганні;
б – гарызантальна накіраваныя ваганні

Пры паскораным руху ўверх паддона сумесна з часцінкай (рыс. 3.37, *a*) інерцыйная сіла $F_i = ma$ імкнецца адарваць яе ад паддона.

Сіла цяжару G і сіла адгезійнай сувязі (счаплення) – $F_{сч}$ утрымліваюць часцінку.

Ураўненне руху сістэмы паддон – часцінка можна запісаць у выглядзе

$$m(\ddot{x}_0 + \ddot{x}) = -G - F_{сч} + N, \quad (3.38)$$

дзе $\ddot{x}_0$ і $\ddot{x}$ – паскарэнне паддона і часцінкі адносна яго; N – рэакцыя сувязі.

Пры безадрыўным руху $\ddot{x} = 0$. Адрыў часцінкі адбываецца пры $N = 0$.

Такім чынам, у момант адрыву ўраўненне (3.38) прымае выгляд

$$m\ddot{x}_0 = -mg - F_{сч}, \quad (3.39)$$

а, адпаведна, паскарэнне паддона ў момант адрыву

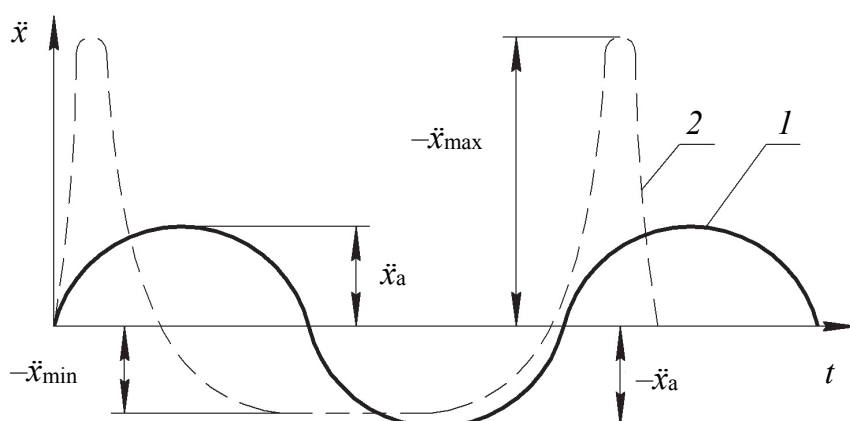
$$\ddot{x}_0 = -g - \frac{F_{сч}}{m}. \quad (3.40)$$

З ураўнення (3.40) бачна, што адрыў бетоннай сумесі ад паддона можа адбыцца пры яго запаволеным руху ўверх, пра што сведчыць адмоўнае значэнне паскарэння. Эксперыментальна ўстаноўлена, што адрыў наступае пры $|\ddot{x}_0| \geq 7g$. Ён суправаджаецца пранікненнем паветра ва ўтвораныя пустоты і ў рэшце рэшт так званым разушчыльненнем.

Пры руху ўніз такая з'ява не назіраецца, паколькі інерцыйная сіла прыціскае часцінку да паддона.

Разушчыльненне не можа наступіць і пры гарызантальна накіраваных ваганнях. У гэтым выпадку інерцыйная сіла накіравана ўздоўж паверхні паддона (рыс. 3.37, б). Значная частка энергіі пры гэтым траціцца на пераадоленне сіл трэння F_t як паміж часцінкамі, так паміж імі і паддонам. Ушчыльненне ажыццяўляецца за кошт перыядычна змяняльных датычных напружанняў. Яны па велічыні меншыя, чым нармальныя, якімі характарызуецца вертыкальна накіраваныя ваганні. Таму апошнія маюць бяспрэчную перавагу для рэалізацыі ў тэхніцы ўшчыльнення бетоннай сумесі. А гарызантальна накіраваныя ваганні выкарыстоўваюцца толькі для ўшчыльнення масіваў невялікай вышыні.

Пазбегнуць разушчыльнення можна не толькі пераходам да гарызантальна накіраваных ваганняў, але і заменай гарманічных ваганняў на асіметрычныя (рыс. 3.38).



Рыс. 3.38. Змяненне паскарэння пры гарманічных (1) і асіметрычных (2) ваганнях

Гарманічныя ваганні строга сіносаідальныя (косінусаідальныя). Пры асіметрычных можна задаць зусім іншы закон змянення перамяшчэння (x), хуткасці ($\dot{x}$) і паскарэння ($\ddot{x}$). Прычым для пазбаўлення ад магчымага разушчыльнення важна абмежаваць велічыню адмоўных значэнняў паскарэння да $|\ddot{x}| < 7g$, што бачна на рыс. 3.38. Максімальныя значэнні дадатных паскарэнняў могуць дасягаць пры гэтым (15–20)g. У выніку вялікія інерцыйныя сілы садзейнічаюць павышэнню хуткасці адноснага руху часцінак і, адпаведна, эфектыўнасці ўшчыльнення ў цэлым.

Калі весці размову пра гарызантальна накіраваныя ваганні, то ў гэтым выпадку яны павінны быць выключна гарманічнымі (сіметрычнымі). Пры іх асіметрыі бетонная сумесь, як неньютонаўская вадкасць (псеўдавадкасць), пачне перамяшчацца з зоны высокіх паскарэнняў, а адпаведна высокага ціску, у зону нізкіх. У выніку гэтага пачнецца расслаенне сумесі.

3.4.2. Вібрапабуджальнікі

Пры вывучэнні вібрамлыноў і вібрагрохатаў часткова закраналіся пытанні па канструкцыйным выкананні пабуджальнікаў ваганняў і элементах іх разліку. Аднак ва ўказаных машынах канструкцыйныя асаблівасці вібрапабуджальнікаў крайне абмежаваны. У вібрацыйных машынах для ўшчыльнення бетонных сумесей, наадварот, выкарыстоўваецца шырокі спектр такіх прылад. Таму яны патрабуюць асобнага вывучэння.

Паводле спосабу перадачы ваганняў вібрапабуджальнікі падзяляюцца на сілавыя і кінематычныя. Пры выкарыстанні сілавых пабуджальнікаў ваганні да сумесі перадаюцца праз сілавое поле. У кінематычных яны ўзнікаюць пры непасрэдным уздзеянні на сумесь рабочага органа.

Паводле характару перамяшчэння элемента, які стварае ваганні, сілавыя пабуджальнікі могуць быць са зваротна-паступальным і вярчальным рухам. У кінематычных пабуджальнікаў рэалізуецца толькі зваротна-паступальны рух.

Паводле віду прываду рухомага элемента вібрапабуджальнікі падзяляюцца на механічныя, гідраўлічныя, пнеўматычныя, электрамагнітныя.

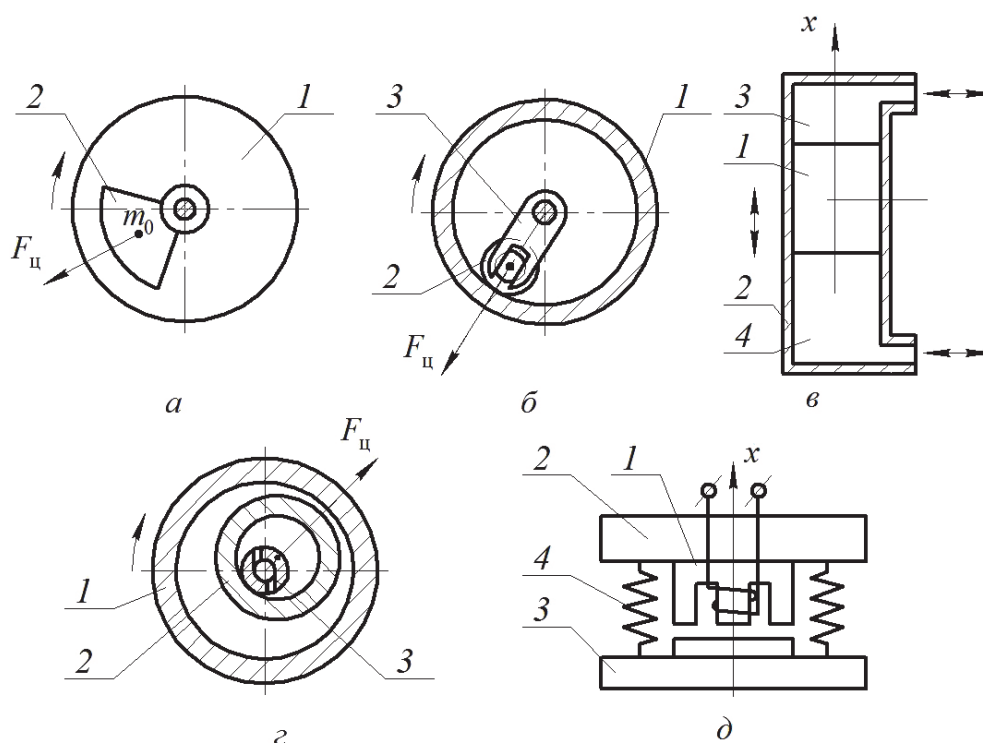
На рыс. 3.39 паказаны асноўныя віды пабуджальнікаў ваганняў з розным прывадам.

У механічных (рыс. 3.39, *а* і *б*) у якасці вымушальнай выступае цэнтрабежная сіла $F_{\text{ц}} = m_0 \omega^2 r$, якая ўзнікае пры вярчэнні з вуглавой хуткасцю ω незбалансаванай масы m_0 . У якасці яе выступае дэбалансны груз 2 (рыс. 3.39, *а*) з масай, цэнтр цяжару якога знаходзіцца на адлегласці r ад восі вярчэння. У бегунковых вібрапабуджальнікаў ролю гэтай масы выконвае бегунок 2, які свабодна перакочваецца па ўнутранай паверхні корпуса. Вось бегунка размешчана ў пазе вадзіла 3 (рыс. 3.39, *б*).

У пнеўматычным (гідраўлічным) пабуджальніку ваганняў (рыс. 3.39, *в*) зваротна-паступальны рух рэактыўнай масы 1 дасягаецца

за кошт пераменнай падачы ў поласці 3 і 4 корпуса 2 сціснутага паветра або вадкасці.

Значна складанейшы прынцып утварэння вібрацыі ў пнеўматычным (гідраўлічным) вібрапабуджальніку вярчальнага руху (рыс. 3.39, з).



Рыс. 3.39. Схемы вібрапабуджальнікаў:

а – дэбалансны механічны; б – бегунковы механічны;
в – зваротна-паступальны пнеўматычны; г – вярчальны пнеўматычны;
д – электрамагнітны

Па восі яго корпуса 1 устаноўлены жорстка звязаны з ім асяродак 3 з тангенцыяльнымі выхаднымі каналамі. На асяродак свабодна насаджана рэактыўная маса (бегунок) 2. Сціснутае паветра падаецца па цэнтральным канале асяродка 3. На выхадзе з тангенцыяльных каналаў з высокай хуткасцю яно стварае вярчальны момант, які перадаецца бегунку 2. Апошні пачынае круціцца вакол асяродка і перакочваецца па ўнутранай паверхні корпуса, уцягваючы яго ў вібрацыю па кругавой траекторыі.

У электрамагнітных пабуджальніках (рыс. 3.39, д) зваротна-паступальны рух забяспечваецца за кошт электрамагніта 1, у абмотку якога падаецца пульсаваны ток. Пры гэтым пульсаваная

сіла працягвае рэактыўную масу 2 да корпуса 3. Зваротны ход ажыццяўляецца з дапамогай спружын 4.

Для прамысловых умоў асаблівую цікавасць уяўляюць вібра-пабуджальнікі вярчальнага руху. Яны пры выкананні адпаведных умоў могуць забяспечваць не толькі кругавыя, але і накіраваныя ваганні. Сапраўды, рух неўраўнаважанай масы аднаго вібратора па акружнасці суправаджаецца ўзнікненнем цэнтрабежнай сілы і аналагічным змяненнем яе вектара. У выніку ўшчыльняемаму масіву надаюцца такія ж кругавыя ваганні. Але пры разглядзе тэарэтычных асноў вібрацыйнага ўшчыльнення (п. 3.4.1) паказана, што найбольш эфектыўнае ўшчыльненне дасягаецца пры накіраваных ваганнях, асабліва вертыкальных. Нягледзячы на магчымае разушчыльненне, такія ваганні суправаджаюцца ўзнікненнем нармальных напружанняў, якія значна большыя за датычныя і якія садзейнічаюць павышэнню эфектыўнасці ўшчыльнення бетоннай сумесі.

Як указвалася пры вывучэнні вібрацыйных грохатаў (частка 1 дапаможніка), для стварэння накіраваных ваганняў патрэбны мінімум два вібратары, забяспечаныя дэбаланснымі грузамі. Пры складанні дзвюх кругавых траекторый атрымліваецца адна накіраваная. Прычым размяшчаючы ў адной плоскасці гэтую пару вібратораў пад рознымі вугламі, можна атрымаць накіраваныя ваганні пад любым вуглом у дыяпазоне $\alpha = 0-90^\circ$, што азначае ад гарызантальных ($\alpha = 0$) да вертыкальных $\alpha = 90^\circ$. Сутнасць гэтага працэсу падрабязна апісана ў першай частцы аднайменнага дапаможніка пры вывучэнні самабаланснага грохата.

Сумарная маса бетоннай сумесі разам з формай можа дасягаць некалькіх дзясяткаў тон. Адпаведна колькасць пабуджальнікаў ваганняў для ўшчыльнення такой масы будзе значна больш за два. Але для стварэння накіраваных ваганняў павінны выконвацца наступныя ўмовы:

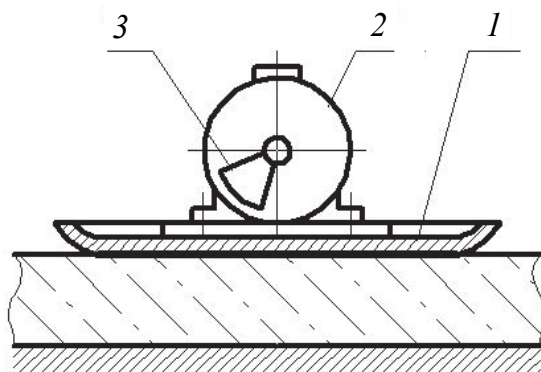
- цотная колькасць вібратораў, злучаных папарна;
- кожныя два вібратары павінны круціцца ў процілеглых бакі;
- усе вібратары павінны круціцца з сінхроннай часцінёй.

У залежнасці ад геаметрычных размераў ушчыльняемых масіваў вібратары могуць размяшчацца ў адну ці дзве лініі. Галоўная задача пры гэтым – дасягнуць максімальнай раўнамернасці іх устаноўкі па плошчы фармуемага вырабу.

3.4.3. Устаноўкі для ўшчыльнення бетоннай сумесі з гарманічнымі ваганнямі

Гарманічныя сінусаідальныя (косінусаідальныя) ваганні шырока выкарыстоўваюцца ў вібрапобуджальніках прамысловых аграгатаў для ўшчыльнення бетоннай сумесі. У сваю чаргу гэтыя аграгаты падзяляюцца на паверхневыя, глыбінныя і аб'ёмныя.

Паверхневае ўшчыльненне рэалізуецца з дапамогай вібрапліт, вібрарэек (рыс. 3.40). Гэта найпрасцейшая прылада, якая ўключае пліту 1 з устаноўленым на ёй прывадным электрарухавіком 2, забяспечаным на выхадным канцы вала дэбалансным грузам 3. Такія прылады могуць устанаўлівацца стацыянарна або на мабільнай платформе. Яны маюць абмежаванае выкарыстанне, характарызуемае вышынёй ушчыльняемага масіву не больш за 200 мм.



Рыс. 3.40. Вібрарэйка

Паверхневае ўшчыльненне часцей за ўсё выкарыстоўваецца ў дарожным будаўніцтве. Акрамя таго, гэты спосаб можа рэалізоўвацца і ў заводскіх ўмовах у вібрарэйках для папярэдняга разраўноўвання сумесі і ў вібрашчытах у якасці прыгрузу пры аб'ёмным фармаванні.

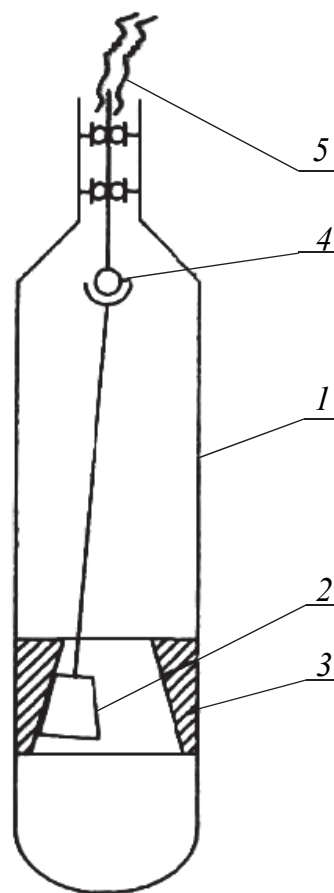
Для ўшчыльнення масіваў большай вышыні, насычаных арматурай, выкарыстоўваюць глыбінныя вібратары (рыс. 3.41). Яны ўяўляюць сабой падоўжаны трубчасты корпус 1 з устаноўленым унутры пабуджальнікам кругавых ваганняў у выглядзе дэбаланснага грузу 2. Ён перакочваецца па беговой дарожцы 3 і ўцягвае ў вібрацыю ўвесь корпус. Кампенсацыя адхілення вала з дэбалансам забяспечваецца яго шарнірным злучэннем 4. Пры механічным прывадзе вібратар злучаецца з рухавіком з дапамогай гнуткага вала 5.

Такое злучэнне забяспечвае свабоду манеўру і дае магчымасць мяняць вугал апускання вібрапабуджальніка ў сумесь. У глыбінных вібраторах паспяхова выкарыстоўваецца і пнеўматычны прывад вярчальнага руху. Перавага такога выкарыстання прываду аддаецца ўстаноўкам з мабільным кампрэсарам. Глыбіннае ўшчыльненне рэалізуецца пераважна на будаўнічых аб'ектах пры ўзвядзенні маналітных збудаванняў. Аднак і ў заводскіх умовах пры фармаванні буйнагабарытных вырабаў па стэндавай тэхналогіі яно знаходзіць прымяненне.

Нягледзячы на асобныя перспектывы паверхневага і глыбіннага ўшчыльнення, пры фармаванні элементаў зборнага жалезабетону асноўным спосабам застаецца аб'ёмнае ўшчыльненне. Яно рэалізуецца на вібрапляцоўках з гарманічнымі ваганнямі. Прычым іх можна класіфікаваць менавіта па траекторыі руху вібравальных частак. З гэтага пункту гледжання сярод вібрапляцовак можна выдзеліць канструкцыйныя варыянты з кругавымі, вертыкальна і гарызантальна накіраванымі ваганнямі (рыс. 3.42).

Вібрапляцоўка з кругавымі ваганнямі (рыс. 3.42, а) выканана ў выглядзе жорсткай рамы 1 з адным ці некалькімі вібраторамі 2, устаноўленымі ў адзін рад. Амартызатары 3 забяспечваюць свабоднае перамяшчэнне ўсёй вібрапляцоўкі з формай 4, запоўненай бетоннай сумессю. Кругавыя вярчэнні аднараднага вібратора ўцягваюць у падобныя перамяшчэнні ўсю вібрапляцоўку з вырабам. Праўда, траекторыя руху вібрапляцоўкі выглядае не зусім як акружнасць, а ў большай ступені напамінае эліпс. Гэта абумоўлена рознай жорсткасцю спружын у восевым і перпендыкулярным ёй напрамках.

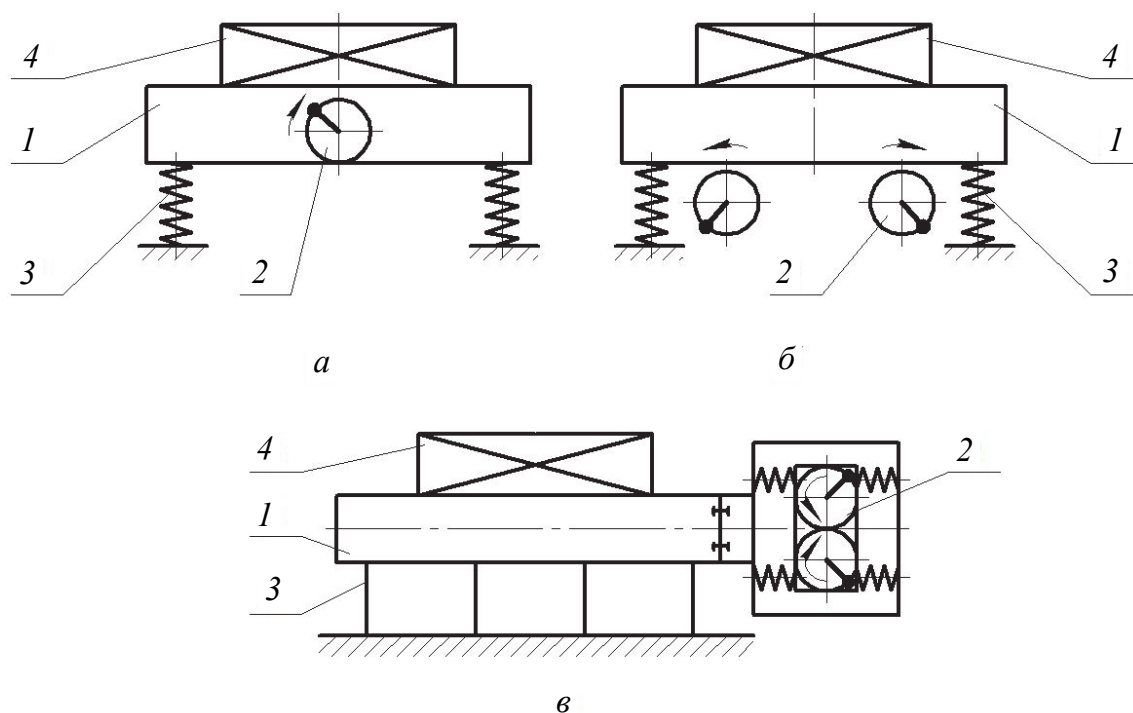
Вібрапляцоўкі з вертыкальнымі ваганнямі (рыс. 3.42, б) уключаюць тыя ж элементы, што і папярэднія. Адрозненні заключаюцца толькі ў размяшчэнні вібратораў 2. Накіраваныя ваганні ўтвараюцца цотнай колькасцю паралельна ўстаноўленых вібратораў



Рыс. 3.41. Глыбінны вібратар

з аднолькавымі характарыстыкамі. Вібрацыйныя валы круцяцца ў процілеглыя бакі з сінхроннай часцінёй.

У вібрапляцовак з гарызантальна накіраванымі ваганнямі (рыс. 3.42, в) здвоены вібраблок 2 прымацаваны збоку да рамы 1. Амартызатары 3 у гэтым выпадку выконваюцца ў выглядзе плоскіх спружынных элементаў або стрыжняў, якія забяспечваюць перамяшчэнне вібруемай масы 4 у гарызантальнай плоскасці.



Рыс. 3.42. Схемы вібрапляцовак з рознымі відамі ваганняў:
а – кругавыя; б – вертыкальна накіраваныя; в – гарызантальна накіраваныя

Часцей за ўсё ў прамысловасці выконваюцца вібрапляцоўкі з вертыкальна накіраванымі ваганнямі. Прычым з мэтай зніжэння металаёмкасці яны не маюць агульнай рамы, а выкананы ў выглядзе асобных вібраблокаў, злучаных гнуткімі валамі. Схема такой вібрапляцоўкі паказана на рыс. 3.43.

Вібрапляцоўка ўключае некалькі вібраблокаў 1, якія ўстаноўлены ў два рады, каб перакрыць усю паверхню фармуемага вырабу. Вібраблокі злучаны паміж сабой карданымі валамі 2, якія забяспечваюць перамяшчэнне іх пры вібрацыі. Для забеспячэння аднолькавай часціні вярчэння валы злучаны сінхранізатарамі 3. Уся гэтая механічная сістэма прыводзіцца ў рух ад аднаго ці некалькіх электрарухавікоў 4.

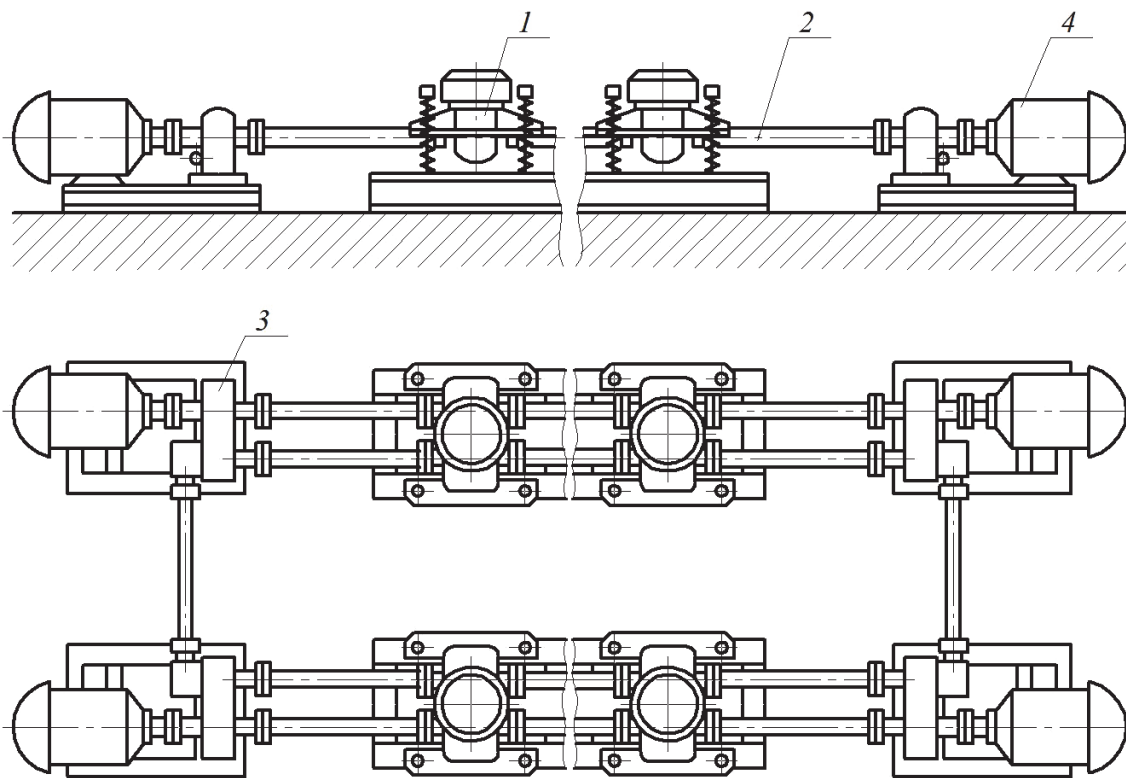


Рис. 3.43. Схема блочної вібраплящої з вертикальними напрямленими вагами

На рис. 3.44 показана кінематична схема вібраплящої.

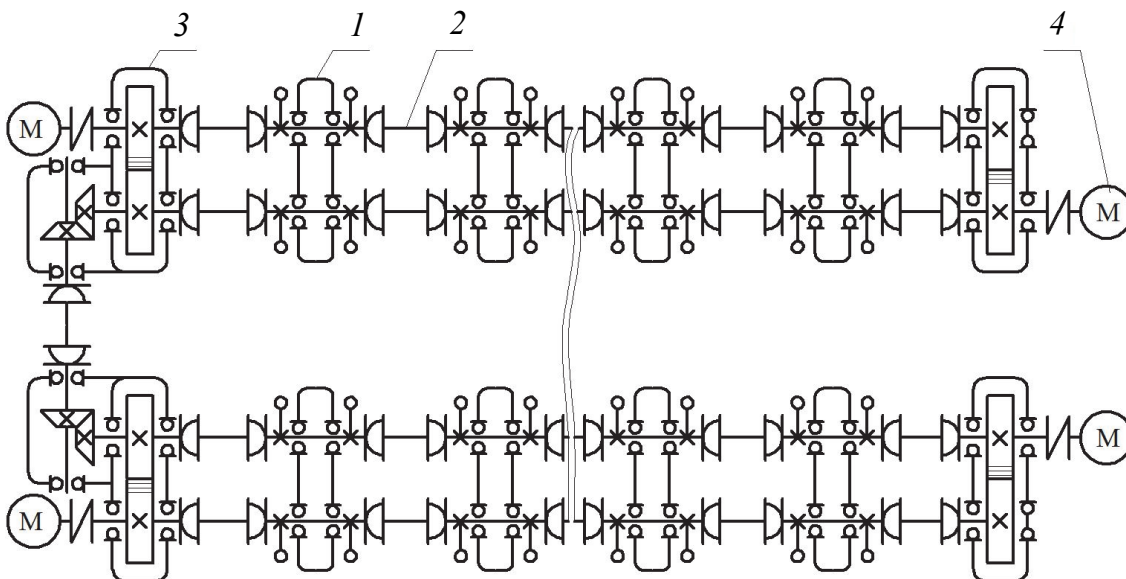
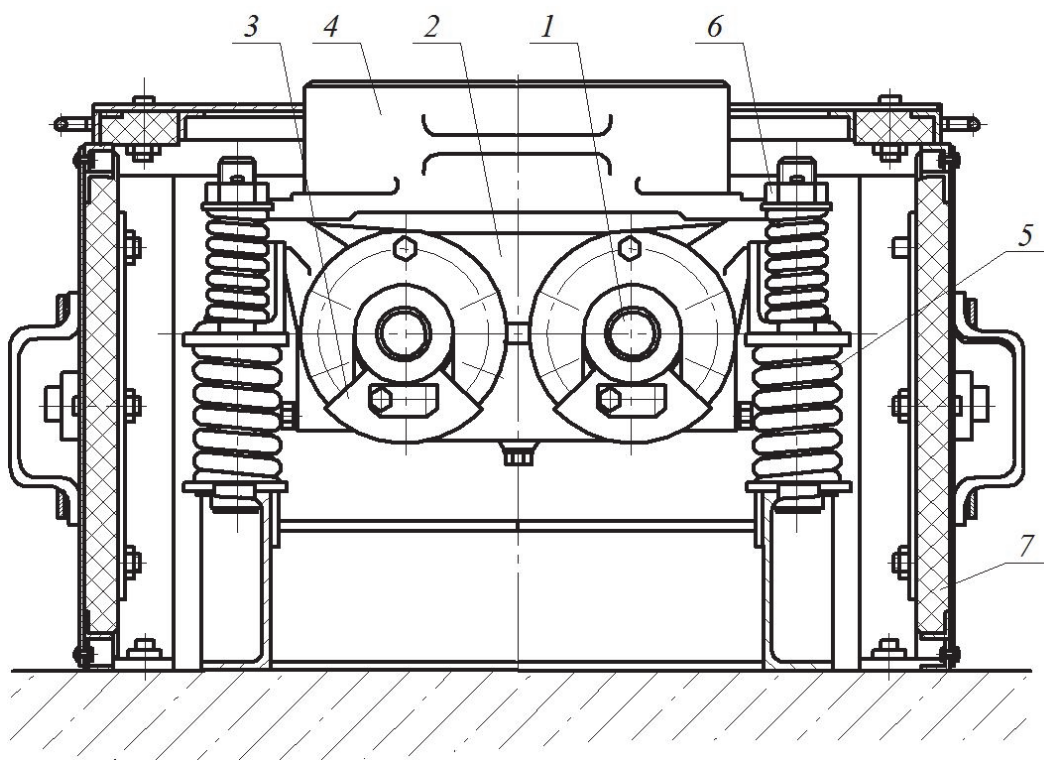


Рис. 3.44. Кінематична схема блочної вібраплящої

На кінематичній схемі бачно, що кожен вібраблок 1 забезпечений двохвальним вібрапобуджальником з дебалансними грузами.

Усе выхадныя канцы вібраблокаў злучаны карданымі валамі 2. Прычым такімі ж валамі злучаны і асобныя рады вібраблокаў. На кожным радзе вібраблокаў устаноўлены па два сінхранізатары 3. За кошт гэтага дасягаецца сінхронная часціня вярчэння ўсіх без выключэння вібратораў. Сінхранізатар – гэта зубчастая пара з аднолькавай колькасцю зубоў, размешчаная ў адным корпусе. Таму ён забяспечвае не толькі сінхранізацыю, але і процілеглае вярчэнне валоў аднаго асобнага вібрабуджальніка. На прыведзенай схеме паказаны чатыры прывадныя рухавікі 4, злучаныя напрамую без дадатковых прывадных элементаў непасрэдна з вібраваламі. Такая колькасць рухавікоў абумоўлена патрабаваннем магутнасцю, якая залежыць ад грузападмальнасці вібрапляцоўкі. Пры яе меншых значэннях колькасць рухавікоў можа быць зменшана нават да аднаго, і ўся кінематыка застаецца працаздольнай.

Асобнай пазіцыяй паказаны галоўны вузел вібрапляцоўкі – вібраблок (рыс. 3.45).



Рыс. 3.45. Канструкцыя вібраблока

Гэтую канструкцыю можна назваць універсальным вібраблокам для стварэння вертыкальна накіраваных ваганняў. Калі разглядаць яго сумесна з кінематычнай схемай (рыс. 3.44), то можна заўважыць,

што два валы 1 вібрапабуджальніка ўстаноўлены ў агульным корпусе 2 на падшыпніках качэння. На выхадных канцах валоў замацаваны дэбалансныя грузы 3. Зверху да пабуджальніка ваганняў далучаны электрамагніт 4 для фіксацыі формы. Вібраблок абাপіраецца на спружынныя апоры 5, сцягнутыя разьбовым злучэннем 6. Увесь вібраблок закрыты звонку гукаізаляцыйным кажухом 7.

Разгледжаная вібрапляцоўка да нядаўняга часу з'яўлялася асноўным аграгатам для ўшчыльнення бетоннай сумесі. Яе грузападымальнасць дасягае 50 т. Амплітуда ваганняў звычайна 0,2–0,7 мм, часціня – 3000 хвіл^{-1} . У залежнасці ад габарытаў і грузападымальнасці вібраблок могуць устанаўлівацца ў адзін або два рады і да дзесяці штук у кожны з іх. У такіх вібрапляцоўках забяспечваецца даволі эфектыўнае ўшчыльненне сумесі, што можна адзначыць у якасці перавагі. Аднак для іх характэрны і некаторыя істотныя недахопы. Да іх адносяцца вялікая колькасць рухомых элементаў, падшыпнікаў, карданых валоў, высокі ўзровень шуму.

Па гэтай прычыне ў апошні час пачаўся актыўны пераход да вібрапляцовак з прасторавым рухам (рыс. 3.46). Яны ўключаюць раму 1, устаноўленую на амартызатарых 2. Да рамы жорстка замацаваны аднавальны вярчальны вібрапабуджальнік 3 з вертыкальным валам. Прывад яго ажыццяўляецца праз клінараменную перадачу.

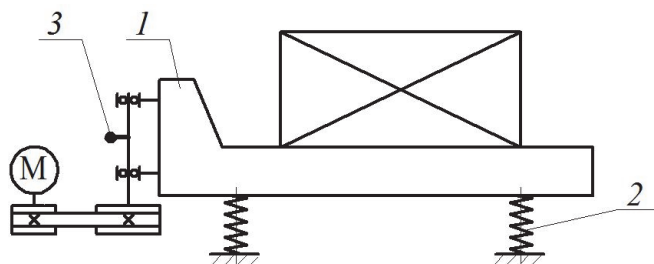


Рис. 3.46. Вібрапляцоўка з прасторавым рухам

Часціня вярчэння вібравала такіх пляцовак не перавышае 1500 хвіл^{-1} . Відавочна, што ўзровень шуму пры гэтым будзе значна меншы. Ну і бяспрэчная перавага гэтай канструкцыі заключаецца ў істотным спрашчэнні кінематычнай схемы і аграгата ў цэлым.

Аднак, аналізуючы інтэнсіўнасць вібрацыі ў такой вібрапляцоўцы, можна адзначыць, што эфектыўнасць ушчыльнення ў ёй будзе ніжэйшая.

3.4.4. Разік вібрапляцовак

Асноўным параметрам для вібрапляцовак, як і другіх вібрацыйных машын, з'яўляецца магутнасць, якая затрачваецца на ўтварэнне і падтрыманне ваганняў і пераадоленне супраціўлення ў рухомах вузлах. Яна разлічваецца па грузападымальнасці:

$$m_{\text{тр}} = m_{\text{ф}} + m_{\text{б.с}}, \quad (3.41)$$

дзе $m_{\text{ф}}$ – маса формы; $m_{\text{б.с}}$ – маса бетоннай сумесі.

Для папярэдніх разлікаў можна прыняць, што $m_{\text{ф}} = m_{\text{б.с}}$.

Першым крокам у разліку з'яўляецца вызначэнне вібруемай масы:

$$m_{\text{в}} = m_{\text{п}} + m_{\text{ф}} + km_{\text{б.с}}, \quad (3.42)$$

дзе $m_{\text{п}}$ – маса вагальных частак вібрапляцоўкі; k – каэфіцыент далучанай масы.

Значэнне каэфіцыента далучанай масы можна па аналогіі з другімі вібрацыйнымі машынамі прымаць $k = 0,2-0,4$. Гэты каэфіцыент характарызуе долю масы бетоннай сумесі, якая становіцца ляжыць у форме. Астатняя яе частка знаходзіцца ва ўзважым стане.

Далей па асноўным ураўненні вагальнай сістэмы

$$m_{\text{в}}x_{\text{а}} = m_{\text{д}}r_{\text{д}}, \quad (3.43)$$

дзе $x_{\text{а}}$ – амплітуда ваганняў, якая вызначаецца сумарным статычным момантам дэбалансных грузаў.

$$C_{\Sigma} = m_{\text{д}}r_{\text{д}}, \quad (3.44)$$

дзе $m_{\text{д}}$ і $r_{\text{д}}$ – сумарная маса і радыус дэбаланса.

Колькасць дэбалансных грузаў разлічваецца як

$$z = \frac{C_{\Sigma}}{C_1}, \quad (3.45)$$

дзе C_1 – статычны момант аднаго дэбаланснага грузу.

Як указвалася вышэй, звычайна $C_1 \leq 0,2$ кг·м. З улікам таго, што $C_1 = m_{1\text{д}} \cdot r_{\text{д}}$, задаецца ў межах дапушчальнага адзін з параметраў гэтага здабытку і падбіраецца другі. Прычым трэба ўлічваць, што звычайна дэбалансны груз складаецца з дзвюх частак – асноўнай і дадатковай (рыс. 3.47).

Статычны момант асноўнага

$$C_{1a} = \frac{2}{3} C_1; \quad (3.46)$$

дадатковага

$$C_{1д} = \frac{1}{3} C_1. \quad (3.47)$$

Першы з іх застаецца нязменным, а ў другога, замацаванага балтовым злучэннем, можа змяняцца як маса, так і радыус устаноўкі. І, такім чынам, згодна з ураўненнем (3.43), пры пастаянай вібраемай масе рэгулюецца амплітуда ваганняў x_a .

Разлічаныя параметры дэбалансных грузаў дазваляюць перайсці да вызначэння магутнасці на стварэнне і падтрыманне ваганняў па формуле, атрыманай у першай частцы аднайменнага выдання:

$$N = \frac{m_d r_d \omega^3 x_a}{2} \sin \varphi_0, \quad (3.48)$$

дзе $\varphi_0 = 150^\circ$ – вугал зруху фаз паміж вымушанай сілай і вымушанымі ваганнямі.

З улікам трэння ў падшыпніках вібравала формула для разліку магутнасці прыме выгляд

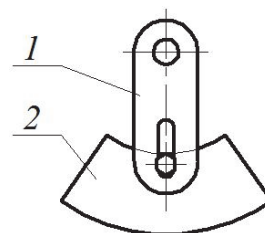
$$N = \frac{m_d r_d \omega^3}{2} (fd + x_a \sin \varphi_0), \quad (3.49)$$

дзе f – прыведзены каэфіцыент трэння для падшыпнікаў качэння; d – дыяметр вала пад падшыпнікамі.

Вопыт эксплуатацыі вібрапляцовак паказвае, што прыкладна палова магутнасці прываду траціцца на пераадоленне трэння ў падшыпніках.

Калі для другіх вібрамашын (млыноў, грохатаў) разлік можна было б на гэтым закончыць, то для вібрапляцовак існуе яшчэ адзін спецыфічны момант, звязаны з фіксацыяй формы на вібраблоках.

Намаганне замацоўкі формы з сумессю (рыс. 3.48) вызначаецца па формуле



Рыс. 3.47.
Дэбалансны груз:
1 – асноўны;
2 – дадатковы

$$F_3 = F_{\text{ц}} - G, \quad (3.50)$$

дзе $F_{\text{ц}}$ і G – інерцыйная цэнтрабежная сіла і сіла цяжару адпаведна.

Гэтыя сілы разлічваюцца па формулах:

$$G = (m_{\text{ф}} + km_{\text{б.с}})g; \quad (3.51)$$

$$F_{\text{ц}} = (m_{\text{ф}} + km_{\text{б.с}})a_{\text{ц}}, \quad (3.52)$$

дзе $a_{\text{ц}}$ – цэнтраімклівае паскарэнне.

Для прадукілення раззрушчальнення бетоннай сумесі ўказанае паскарэнне павінна быць

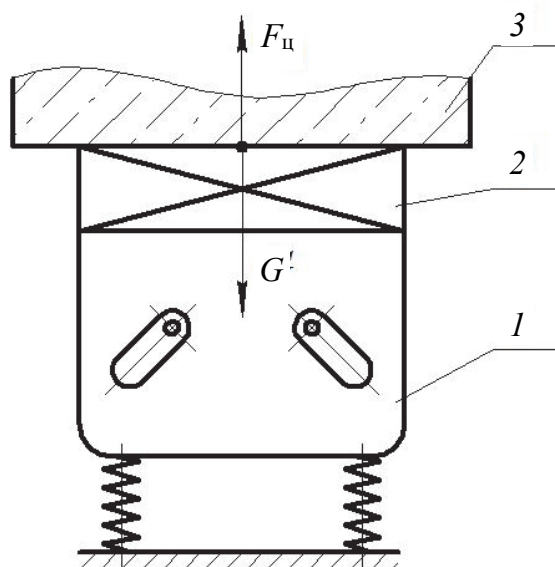
$$a_{\text{ц}} = \omega^2 x_a \leq 7g. \quad (3.53)$$

У выніку сіла замацоўкі

$$F_3 = 6g(m_{\text{ф}} + km_{\text{б.с}})\beta. \quad (3.54)$$

У канчатковай формуле з'явіўся параметр β – гэта каэфіцыент запасу.

Для механічнай замацоўкі прымаецца $\beta = 1,15$, для электрамагнітнай – $\beta = 1,4$.



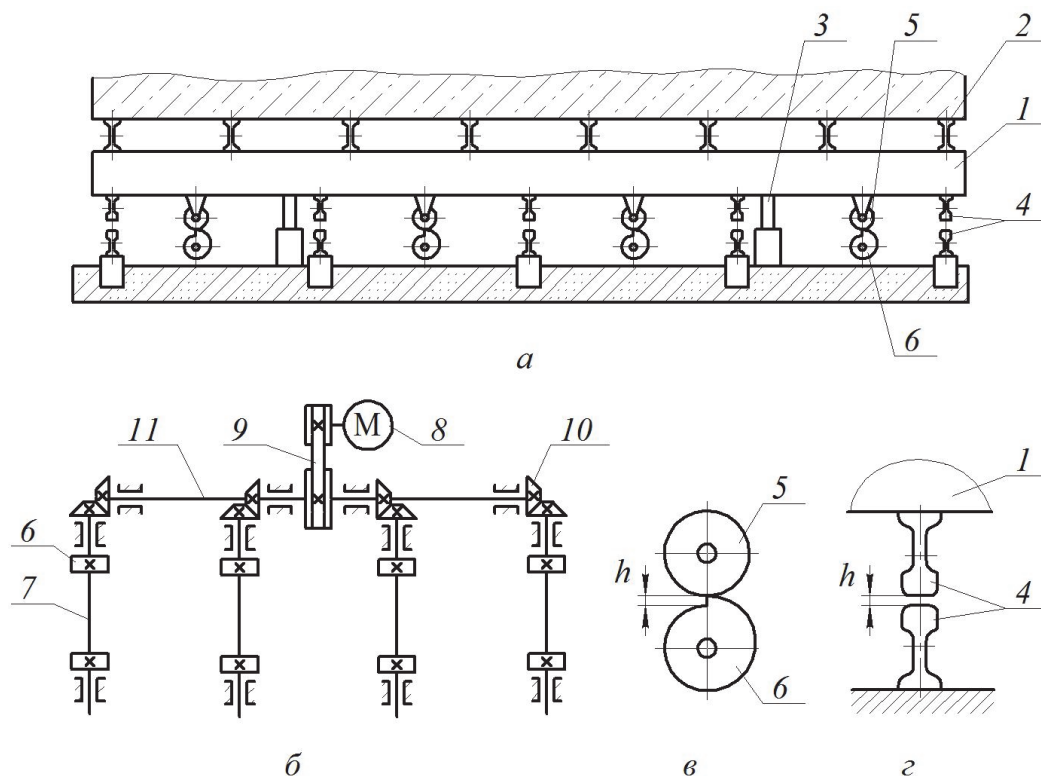
Рыс. 3.48. Схема для вызначэння намагання замацоўкі:

1 – вібраблок; 2 – электрамагніт; 3 – форма з вырабам

Завяршаецца разлік падборам амартызатараў, вызначэннем масы падмурка, пры якой вытрымліваюцца санітарныя нормы яго вібрацыі.

3.4.5. Ударна-імпульсныя ўстаноўкі для ўшчыльнення бетоннай сумесі

Галоўнай абагульняючай прыкметай гэтых устаноўак можна лічыць асіметрычныя ваганні, эфектыўнасць выкарыстання якіх разгледжана і абгрунтавана ў п. 3.4.1. Адным з асноўных агрэгатаў такога тыпу з'яўляецца ўдарны стол (рыс. 3.49).



Рыс. 3.49. Ударны стол:

a – схема стала; *б* – кінематычная схема прываду;
в – кулачковы механізм; *г* – ударны вузел

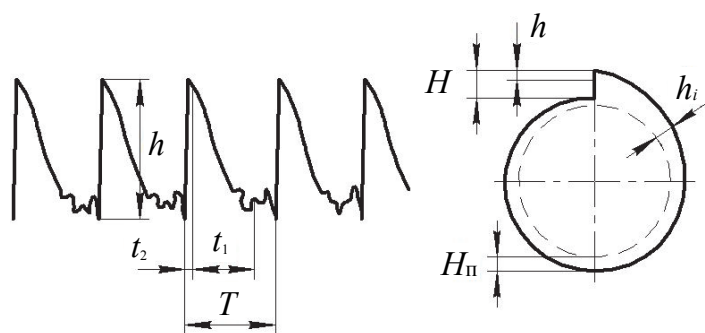
Ударны стол уключае раму 1 з замацаванымі на ёй бэлькамі 2, на якія ўстанаўліваецца форма. Для прадугледжання перакосу рамы знізу прадугледжаны накіравальнік 3. Ударныя элементы выкананы ў выглядзе рээк 4. Вертыкальныя імпульсы ад прываду перадаюцца на ролікі 5. Прывад уключае кулачкі 6, насаджаныя на папярочныя валы 7, электрарухавік 8, клінараменную перадачу 9, канічныя перадачы 10, якія злучаюць папярочныя валы 7 з падоўжнымі 11. Кінематычная схема прываду ўдарнага стала даволі складаная, перагружаная асобнымі аднатыпнымі элементамі. У прынцыпе, калі на чатырох вуглах паставіць надзейныя накіравальнікі ў выглядзе

ўтулак і калон павялічанага дыяметра з мінімальным зазорам паміж імі, то можна гарантавана пазбегнуць перакосу рамы і абысціся адным прывадным кулачком. У выніку значна спросціцца кінематычная схема, паменшыцца колькасць валоў, падшыпнікаў.

Ударна-імпульсны спосаб ушчыльнення ў дадзенай устаноўцы забяспечваецца за кошт спецыфічнай формы кулачка з адным яўна выражаным зубам. Асіметрычнасць ваганняў у ёй праяўляецца ў выглядзе павольнага і плаўнага пад'ёму пры кантакце крывалінейнай паверхні кулачка з ролікам з наступным рэзкім падзеннем пасля праходу зуба. Асцылаграма перамяшчэння ўдарнага стала паказана на рыс. 3.50. Перыяд поўнага цыкла работы T стала адпавядае аднаму абароту кулачка і складаецца з часу пад'ёму – t_1 , часу падзення – t_2 і часу $T - (t_1 + t_2)$ затухання ваганняў у раме і форме пасля ўдару.

У заключнай фазе падзення адбываецца ўзаемны ўдар рээк. Пры гэтым узнікае магутны ўдарны імпульс, накіраваны ўверх, які выступае ў якасці фактару інтэнсіфікацыі працэсу ўшчыльнення сумесі.

Для таго каб прадухіліць удар ролікаў аб кулачок, вышыня зуба H выконваецца большай за вышыню падзення h , характарызуемую адлегласцю паміж ударнымі рэйкамі: $H = (2,3 - 3)h$. У дадатак з мэтай зніжэння шуму, змякчэння ўдару паміж рэйкамі можна змясціць эластычную пракладку.



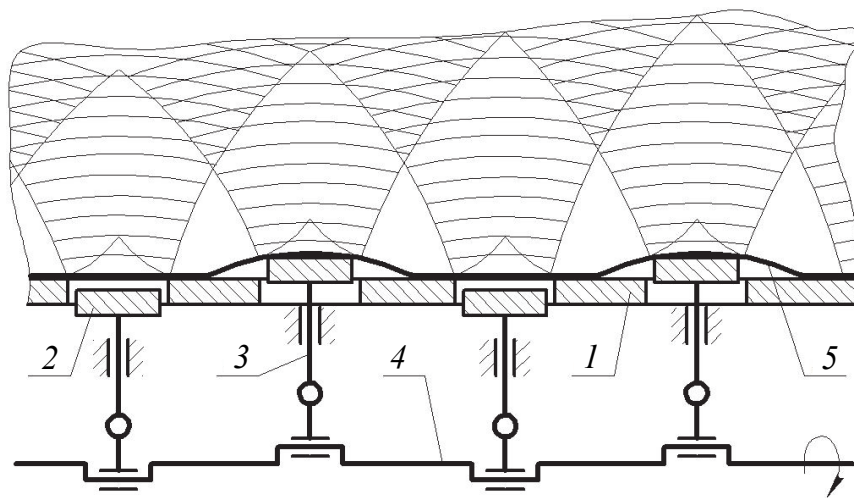
Рыс. 3.50. Асцылаграма перамяшчэння ўдарнага стала

У прамысловасці выкарыстоўваюцца ўдарныя сталы грузападымальнасцю да 20 т. Амплітуда ваганняў пры гэтым складае 3–5 мм, часціня – 50–300 хвіл⁻¹. Велічыня апошніх двух параметраў сведчыць пра тое, што энергазатраты, якія характарызуюцца магутнасцю на ўтварэнне ваганняў і разлічваюцца па формуле (3.48), для ўдарных сталоў будуць значна меншыя ў параўнанні з вібрапляцоўкамі. Сапраўды, амплітуда ваганняў для іх вышэйшая на

парадак, але на столькі ж ніжэйшая часціня ваганняў. Прычым з улікам таго, што часціня (вуглавая хуткасць) у формуле (3.48) у трэцяй ступені, відавочна зніжэнне магутнасці.

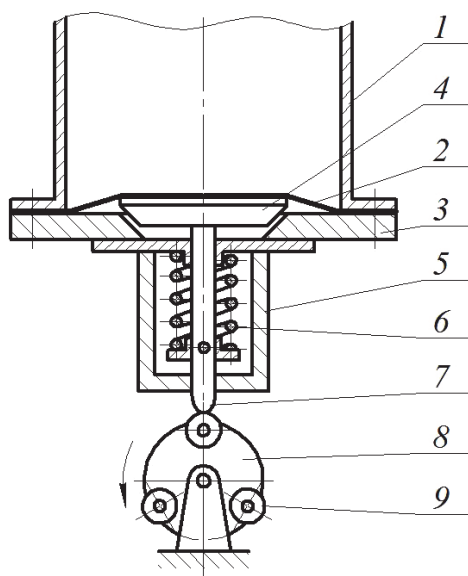
Яшчэ адна важная вытворчая задача можа быць вырашана пры выкарыстанні ўдарна-імпульсных устаноўак – беражлівае ўшчыльненне. Напрыклад, пры фармоўцы газасілікатных вырабаў патрабееца ўшчыльніць масіў, але без парушэння яго порыстай структуры. Вось там якраз і маюць шырокае прымяненне ўдарныя сталы, прычым з самай нізкай часцінёй ваганняў.

Нягледзячы на істотнае зніжэнне энергазатрат пры выкарыстанні ўдарна-імпульсных устаноўак, усё роўна ў вібрацыю разам з сумессю ўцягнута і металічная форма, прыкладна з такой жа масай. Таму ўзнік новы напрамак у развіцці ўшчыльняльнага абсталявання, заснаваны на перадачы імпульсаў непасрэдна на сумесь пры статычнай форме. Рэалізуецца такі спосаб у імпульсных устаноўках з кінематычнымі ваганнямі, якія разгледжаны ў п. 3.4.2. Адна з такіх устаноўак прыведзена на рыс. 3.51.



Рыс. 3.51. Схема імпульснай устаноўкі
з крывашыпна-шатунным пабуджальнікам

У паддоне формы *1* выкананы спецыяльныя адтуліны, у якія ўваходзяць поршні-пульсатары *2*. Іх зваротна-паступальныя рухі забяспечваюцца крывашыпна-шатунным механізмам, які ўключае шатун *3* і каленчаты вал *4*. На металічны паддон укладзены эластычны дыван *5*, які герметызуе форму. Кожны суседні поршань за кошт змяшчэння шыек каленчатага вала працуе у супрацьфазе: адзін падымаецца, другі апускаецца. Заглыбленне пульсатараў у бетонную сумесь складае 5–8 мм, часціня пульсаций – да 1200 хвіл^{-1} .



Рыс. 3.52. Імпульсная ўстаноўка з дыска-ролікавым пабуджальнікам

Пры рабоце ўстановак непасрэдна над пульсатарамі ўзнікаюць зоны плоскіх хваль дэфармацыі бетоннай сумесі. За кошт дадатковага фазавога зруху над поршнямі павышаецца хуткасць адноснага слізгацця частцінак і паляпшаецца ступень яе ўшчыльнення.

Недахоп такіх устаноўак заключаецца ў тым, што на гатовых вырабах застаецца след ад адтулін з-за дэфармацыі эластычнага дывана. Пазбаўленне ад указанага недахопу магчыма ў форме, дзе пульсатар становіцца іх складовай часткай (рыс. 3.52).

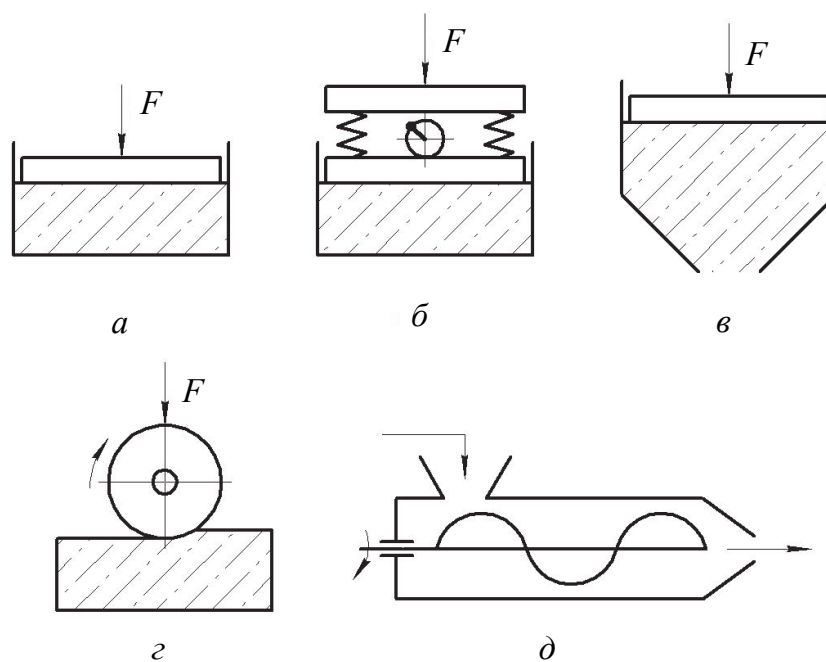
У такіх формах 1 таксама ўкладваецца эластычны дыван 2, які закрывае адтуліны ў паддоне 3 з пульсатарамі 4. Уласна пульсатары 4 з сістэмай іх перамяшчэння, размешчаны ў корпусе 5, выкананы як адзінае цэлае з паддонам 3. У корпусе знаходзіцца sprужына 6 для забеспячэння зваротнага ходу і шток 7, злучаны з пульсатарам 4 – для прамога ходу. Пад'ём пульсатара на 5–8 мм ажыццяўляецца пры ўздзеянні замацаваных на ротары 8 ролікаў 9.

Увогуле разгледжаныя ўдарна-імпульсныя ўстаноўкі маюць даволі добрыя перспектывы, асабліва з пункту гледжання зніжэння энергазатрат. Аднак іх шырокае выкарыстанне стрымліваецца шэрагам нявырашаных праблем: неабходнасць поўнай замены парка форм, магчымы знос эластычнага дывана і, як вынік, разгерметызаванне формы. Па меры рашэння праблемных пытанняў яны могуць паступова ўкараняцца ў вытворчасць.

3.5. Ушчыльненне бетоннай сумесі прасаваннем

3.5.1. Асноўныя заканамернасці прасавання

Прасаванне – гэта ўшчыльненне шляхам прыкладання ціску да бетоннай сумесі. У агульным яго можна падзяліць на статычнае (рыс. 3.53, а) і дынамічнае (рыс. 3.53, б).



Рыс. 3.53. Віды ўшчыльнення бетоннай сумесі прасаваннем:
а – статычнае; *б* – дынамічнае; *в* – ізастанычнае;
г – ролікавае; *д* – экструзійнае

У сваю чаргу статычнае можа рэалізоўвацца ў выглядзе ізастанычнага (рыс. 3.53, *в*), ролікавага (рыс. 3.53, *г*) і экструзійнага (рыс. 3.53, *д*).

Статычнае прасаванне ў чыстым выглядзе (рыс. 3.53, *а*) выкарыстоўваецца даволі рэдка, толькі для малагабарытных вырабаў. З павелічэннем іх размераў павялічваецца плошча ўздзеяння, а адпаведна, і сіла прасавання. А гэта, у сваю чаргу, прыводзіць да ўзрастання нагрузак на элементы канструкцый, якія кампенсуюцца павышэннем металаёмістасці ўсяго аграгата.

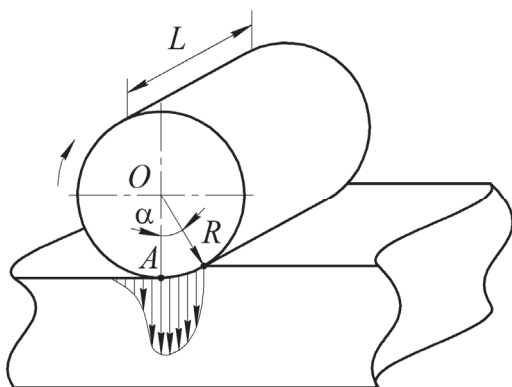
Указаная праблема вырашаецца пры ролікавым прасаванні, якое часта называецца пракатам. Тут ціск рабочага органа (валка) ствараецца на невялікім участку паверхні (рыс. 3.54). А ўвесь масіў ушчыльняецца пры перамяшчэнні валка ўздоўж яе.

Сіла прасавання пры гэтым

$$F = pS = pLR \sin \alpha, \quad (3.55)$$

дзе p – ціск прасавання; R і L – радыус і даўжыня валка; α – вугал сектара.

Ціск прасавання можа дасягаць 35–50 МПа, а вугал кантакту прымаецца звычайна $\alpha = 30^\circ$. Прычым гэта тая частка сектара кантакту валка з сумессю, пад якой ўзнікаюць сціскальныя напружанні.



Рыс. 3.54. Ролікавае прасаванне

Пасля пераходу праз максімум у пункце *A* пачынаецца частковае аднаўленне формы масіву пад уздзеяннем расцягвальных напружанняў.

Своеасаблівай разнавіднасцю статычнага прасавання з'яўляецца ізаастатычнае (рыс. 3.53, в). Яно рэалізуецца ў выглядзе ўсебаковага сціскання, якое дасягаецца спецыфічнай канструкцыяй формы або раўнамерным ціскам, які ствараецца вадкасцю ці газам. Такое ўшчыльненне выкарыстоўваецца пры фармаванні вырабаў складанай формы, у прыватнасці труб метадам вібрагідрапрасавання.

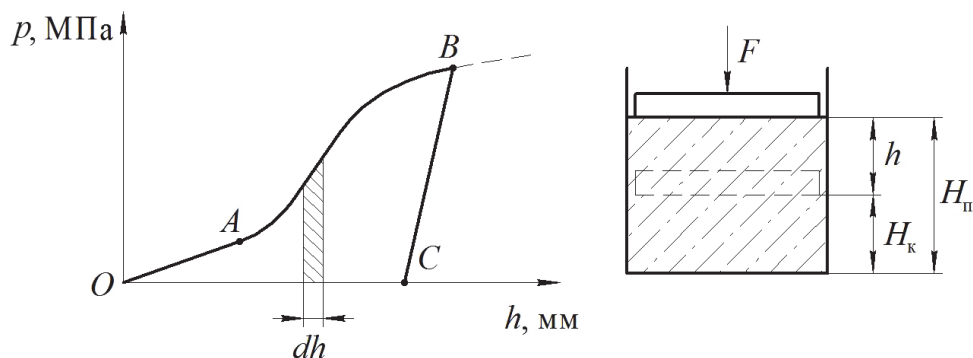
Блізкай да ўказанага віду ўшчыльнення можна лічыць і экструзію (рыс. 3.53, д). Гэта прасаванне, якое заключаецца ў працісканні вінтавым рабочым органам сыравіннай сумесі праз адтуліну ў форме муштука. Указаны спосаб прымяняецца пераважна для пластых сумесей без буйнога запаўняльніка, напрыклад, азбестацэментных, гліны, палімерных кампазіцый. Яго магчымасці пры ўшчыльненні бетонных сумесей крыне абмежаваны.

Найбольшае распаўсюджанне ў вытворчасці будаўнічых матэрыялаў мае дынамічнае прасаванне. Гэта камбінацыя статычнага спосабу з вібраваннем. Вібраванне, асабліва на пачатковых стадыях ушчыльнення, надае сумесі рухомасць, што паляпшае ўмовы выхаду паветра і садзейнічае хутчэйшаму збліжэнню часцінак. У большасці выпадкаў яно так і выкарыстоўваецца – менавіта пры загрузцы форм сумессю і пачатку прасавання. Канчатковая структура вырабаў фармуецца пры статычным уздзеянні.

Такім чынам, камбінацыя вібравання са статычным ціскам дазваляе паскорыць працэс ушчыльнення. Але дадатковы эффект яшчэ заключаецца ў тым, што яго можна праводзіць пры значна меншым ціску без зніжэння якасці ўшчыльненага масіву. Напрыклад, указаны вышэй дыяпазон 35–50 МПа можа быць зніжаны да 20 МПа. Памяншэнне ціску, у сваю чаргу, з'яўляецца асноўным фактарам зніжэння энергазатрат на правядзенне працэсу ўшчыльнення.

Аналіз розных напрамкаў рэалізацыі прасавання як асобнага спосабу ўшчыльнення паказаў, што ў яго аснове застаюцца статычны ціск і ўшчыльненне сумесі пад яго ўздзеяннем. Адзначанае вышэй сведчыць аб неабходнасці больш глыбокага азнаямлення з указаным працэсам.

Усе пераўтварэнні ў сумесі пад уздзеяннем ціску можна прасачыць на дыяграме прасавання (рыс. 3.55).



Рыс. 3.55. Дыяграма прасавання сумесі

На ёй паказана ўзаемасувязь паміж асадкай масы h і ціскам p , які ўздзейнічае на сумесь.

На першай стадыі (OA) ідзе актыўнае выдаленне паветра і збліжэнне часцінак. Яно суправаджаецца хуткім павелічэннем асадкі масы (змяншэнне аб'ёму вырабу) пры невялікім змяненні ціску. Звычайна ён не перавышае 10% ад максімальнага $p \leq 0,1p_{\max}$.

Далей масіў пераходзіць на стадыю пругкай дэфармацыі (AB). Тут сітуацыя адваротная: невялікія змяненні асадкі адбываюцца пры значным павелічэнні ціску.

Працэс прасавання, як правіла, заканчваецца ў пункце B – зоне пераходу ад пругкай да пластычнай дэфармацыі. Уваход у стадыю пластычнай дэфармацыі пры прасаванні немэтазгодны, паколькі пры гэтым пачнецца разбурэнне часцінак. Пры наступным зняцці ціску адбываецца частковае аднаўленне формы па лініі BC .

Участак пругкай дэфармацыі дыяграмы прасавання апісваецца паказальнай функцыяй.

$$p = ae^{bh}, \quad (3.56)$$

дзе a і b эмпірычныя каэфіцыенты, якія залежаць ад уласцівасцей сумесі.

Па ціску можна вызначыць сілу прасавання $F = pS$, дзе S – плошча прасуемага вырабу, і далей работу прасавання: $A = Fh$. Паколькі сілы прасавання і перамяшчэння рабочага органа на стадыі пругкай дэфармацыі змяняюцца нелінейна, то неабходна перайсці на мікраўзровень і запісаць формулу работы для элементарнага ўчастка дыяграмы шырынёй dh .

$$dA = Fdh. \quad (3.57)$$

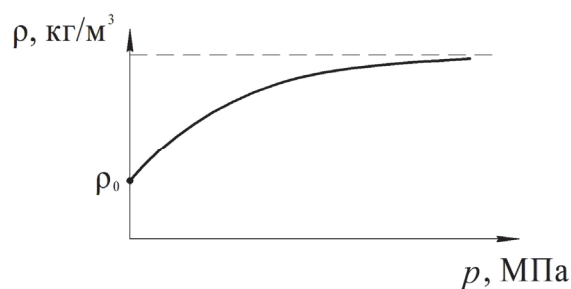
Затым, правёўшы інтэграванне (падсумоўванне) у межах ад 0 да h , можна вызначыць агульную работу прасавання:

$$A = \int_0^h Fdh, \quad (3.58)$$

і на яе падставе магутнасць $N = A/t_{\text{ц}}$, дзе $t_{\text{ц}}$ – час аднаго цыкла прасавання.

Сутнасць ушчыльнення сумесі прасаваннем добра праглядаецца па змяненні шчыльнасці матэрыялу (рыс. 3.56).

На пачатковай стадыі ад насыпной шчыльнасці ρ_0 яна змяняецца даволі хутка. Затым хуткасць змянення памяншаецца і шчыльнасць асімптатычна набліжаецца да нейкай максімальнай велічыні. Гэта дакладна ўзгадняецца з дыяграмай прасавання (рыс. 3.55), калі пры істотным павышэнні ціску асадак узростае значна меншымі тэмпамі.



Рыс. 3.56. Змяненне шчыльнасці сумесі пры прасаванні

З аналізу дыяграм прасавання і змянення шчыльнасці бачна, што для гэтага працэсу важна наступнае: забяспечыць умовы свабоднага выхаду паветра і дайсці да мяжы пераходу пругкай дэфармацыі ў пластычную. Для рэалізацыі ўказаных умоў патрабуецца адпаведны час, за які павы-

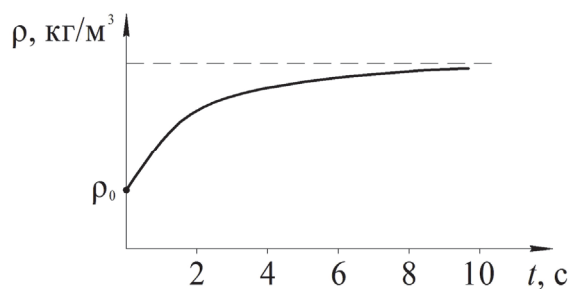
шаюцца шчыльнасць, трываласць вырабу і максімальна захоўваецца яго зададзеная форма. У адваротным выпадку можна спыніцца на пачатковым участку зоны пругкай дэфармацыі з наступным значным аднаўленнем формы. Дарэчы, пры імкненні павысіць прадукцыйнасць прэсавага абсталявання скарачаецца час уздзеяння ціску на сумесь, і менавіта падобнае адбываецца.

З другога боку, нельга неабгрунтавана павялічваць гэты час, пра што сведчыць графік змянення шчыльнасці ў часе (рыс. 3.57).

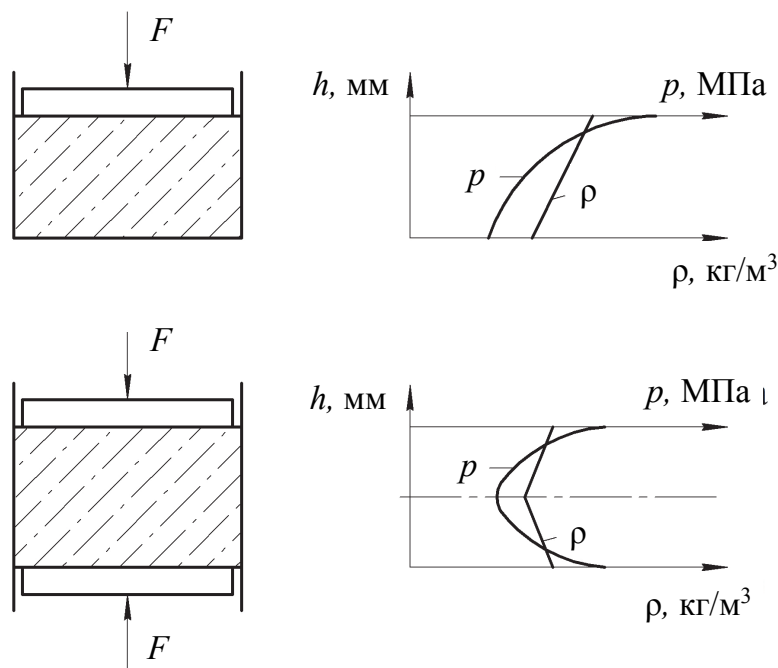
Для большасці сумесей аптымальны час вытрымкі пад ціскам укладваецца ў дыяпазон 2–4 с. Далей, як і па залежнасці ад ціску (рыс. 3.56), хуткасць змянення шчыльнасці памяншаецца, і яна паступова стабілізуецца каля максімальнай велічыні.

Вяртаючыся да ўмоў аптымальнага прасавання, адзначым, што яны могуць быць выкананы некалькімі тэхналагічнымі прыёмамі: пераход ад аднабаковага да двухбаковага і ад аднастадыйнага да шматстадыйнага прасавання.

Параўнанне адна- і двухбаковага прасавання паказана на рыс. 3.58.

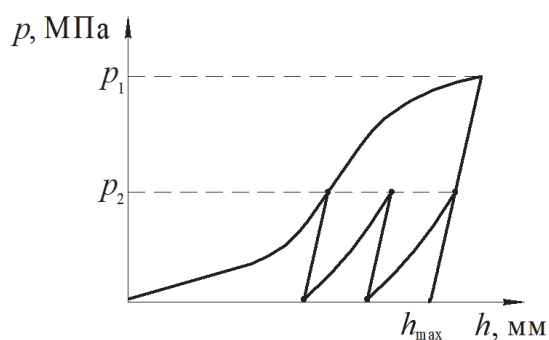


Рыс. 3.57. Уплыў працягласці прасавання на шчыльнасць вырабу



Рыс. 3.58. Змяненне ціску і шчыльнасці на вышыні вырабу

Пры двухбаковым прасаванні забяспечваюцца лепшыя ўмовы для выхаду паветра і дасягаецца большая раўнамернасць шчыльнасці на вышыні вырабу. Працэсы адна- і шматстадыйнага прасавання паказаны на дыяграме (рыс. 3.59).



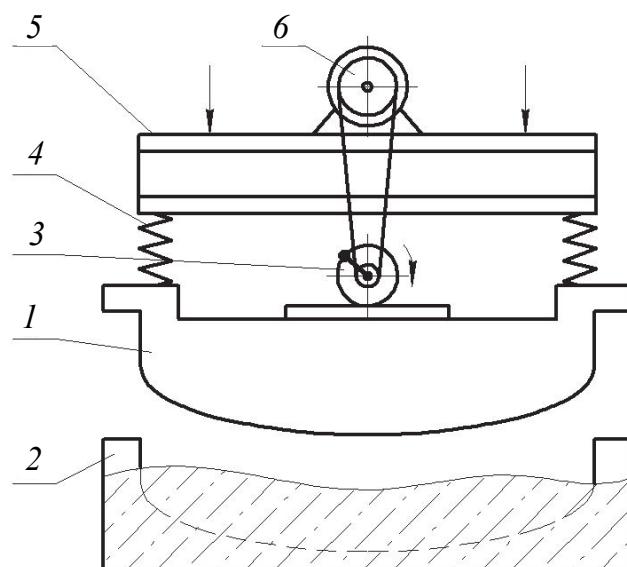
Рыс. 3.59. Дыяграма адна- і шматстадыйнага прасавання

Максімальнай асадкі $h_{\max}$, атрыманай пры аднакратным сцісканні p_1 , можна дасягнуць за кошт шматкратнага ўздзеяння пры значна меншым ціску: $p_2 < p_1$. Зніжэнне ціску эквівалентна зніжэнню энергазатрат. Акрамя таго, пры кожным зняцці ціску, асабліва на пачатковай стадыі прасавання, забяспечваюцца лепшыя ўмовы для выхаду паветра з сумесі.

3.5.2. Прасавальнае абсталяванне для фармавання плоскіх і фасонных вырабаў

Найпрасцейшым узорам гэтага класа машын з'яўляецца вібраштамп (рыс. 3.60). Ён выкарыстоўваецца для фармавання жалезабетонных латакоў, лесвічных маршаў.

Вібраштамп уключае пуансон 1, які ўшчыльняе сумесь у форме 2. На пуансоне ўстаноўлены вібратар 3. З пуансонам праз спружыны 4 злучаецца прыгруз 5, на якім змешчаны прывадны рухавік 6.



Рыс. 3.60. Вібраштамп

У вібраштампе рэалізуецца дынамічнае прасаванне, якое ўключае статычны ціск, ствараемы масай прыгрузу, і вібрацыю. Прыгруз

у дадзеным выпадку называецца гравітацыйным. Гэта звычайная металаканструкцыя ў выглядзе шчыта з ўстаноўленым на ім электрарухавіком. Недахопам такога прыгрузу з'яўляецца немагчымасць кіравання фактарамі, якія ўплываюць на эфектыўнасць ушчыльнення. Сапраўды, для павышэння ціску трэба павялічваць масу прыгрузу. Аднак пры гэтым паменшыцца амплітуда ваганняў згодна з асноўным ураўненнем вагальнай сістэмы (3.43).

Указаная праблема можа быць пераадолена пры выкарыстанні гідраўлічнага або пнеўматычнага прыгрузу. Пры гэтым маса шчыта можа заставацца нязменнай і не вельмі вялікай, а асноўны ціск ствараецца дадатковымі гідра- ці пнеўмацыліндрамі, якія прыціскаюць пуансон да сумесі.

Плоскія вырабы, у прыватнасці панэлі, метадам вібрапрасавання атрымліваюць на пракатных станах, якія ўваходзяць у склад канвеерных ліній. Адным з такіх агрэгатаў з'яўляецца пракатны стол Казлова (рыс. 3.61).

Ён складаецца з асноўнага 1 і калібравальнага 2 стужкавых або пласціністых транспарцёраў. Першы з іх забяспечаны апорнымі 3, а другі – прасавальнымі 4 ролікамі. Зазор паміж транспарцёрамі 1 і 2 памяншаецца па ходзе руху ўшчыльняемага вырабу на велічыню асадкі масы. На асноўны транспарцёр устанаўліваецца форма, у якую бетонаўкладчыкам 5 падаецца сумесь. Першапачатковае яе ўшчыльненне ажыццяўляецца дзвюма вібрарэйкамі 6. У выніку сумесь разраўноўваецца, папярэдне ўшчыльняецца і з яе выдаляецца асноўная частка паветра. Канчатковае ўшчыльненне рэалізуецца за кошт ціску, які ўзнікае і павялічваецца па ходзе руху масіву паміж транспарцёрамі 1 і 2. Сфармаваны выраб па рольгангу 7 перамяшчаецца на далейшую апрацоўку.

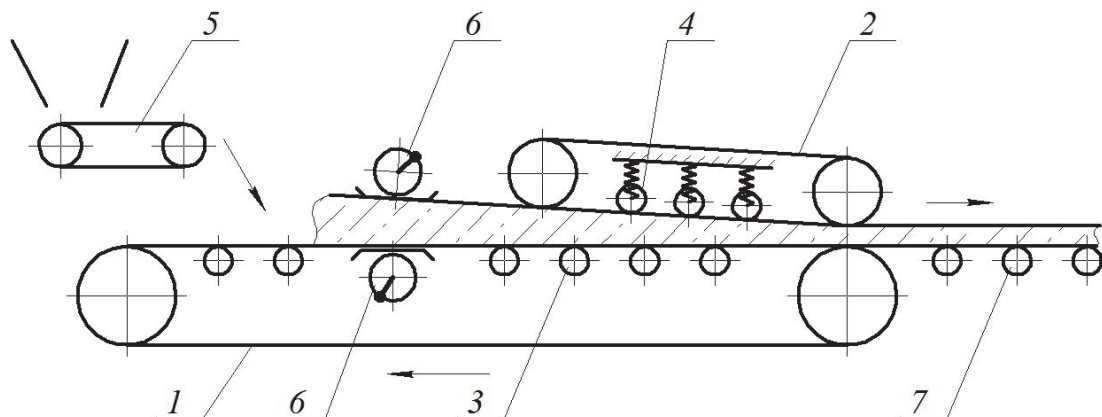
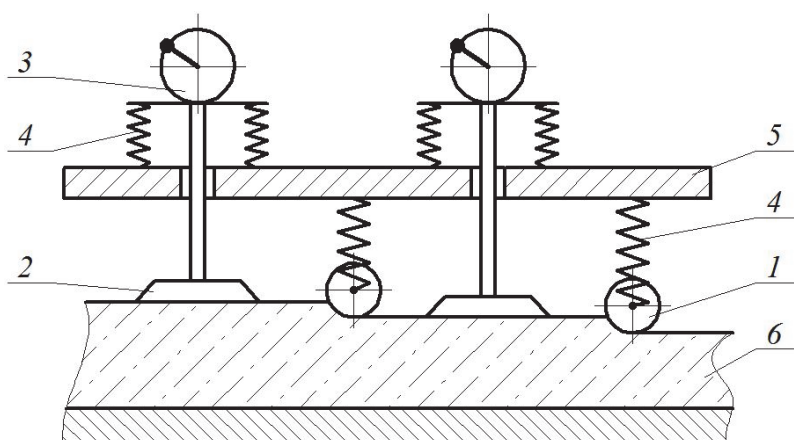


Рис. 3.61. Практический стан Казлова

На пракатным стане Казлова можна фармаваць не толькі жалезабетонныя, але і гіпсавыя панэлі і перагародкі. У першым выпадку звычайна выкарыстоўваюцца пласціністыя транспарцёры і металічныя формы, у другім – стужкавыя транспарцёры і формы ў выглядзе каркаса з драўляных рээк. Паколькі гіпсавыя сумесі больш пластычныя і хутчэй цвярдзеюць, то ўшчыльненне такіх вырабаў праводзіцца пры значна меншым ціску і большай хуткасці руху транспарцёраў.

Падобны прынцып ушчыльнення рэалізуецца і ў станах сілавога пракату (рыс. 3.62).



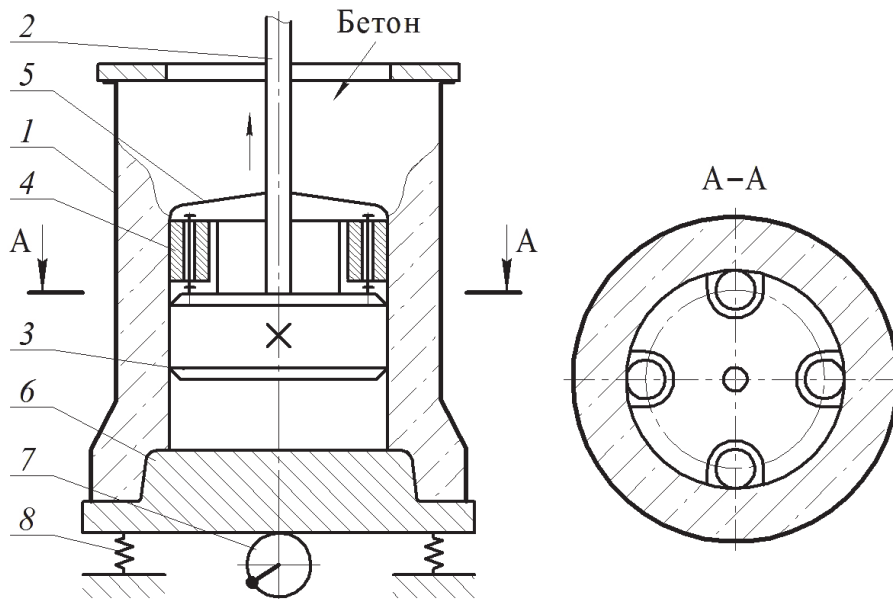
Рыс. 3.62. Стан сілавога пракату

У дадзеным выпадку – гэта чыста ролікавае дынамічнае прасаванне ў камбінацыі з вібраваннем. Пракатны стан уключае прасавальныя валкі 1 і вібрарэйкі 2, злучаныя праз шток з вібратамі 3. Абедзве ўшчыльняльныя прылады 1 і 2 з дапамогай пружын 4 злучаны з нясучай рамай 5. У першым выпадку яны выконваюць функцыі сілавога элемента, у другім – амартызатара. Стол сілавога пракату звычайна манціруецца статычна, а перамяшчаецца пры гэтым форма 6 з вырабам. У гэтым аграгаце рэалізуецца шматкратнае прасаванне і забяспечваюцца найлепшыя ўмовы для выдалення паветра.

Трэба зазначыць, што на пракатных сталах могуць ушчыльняцца вырабы ў асобных формах, а таксама ў выглядзе няспынай паласы, якая разразаецца затым на дэталі патрабуемай даўжыні. Ціск прасавання ў дачыненні да бетону ў іх дасягае 50 МПа, а хуткасць фармавання каля – 1 м/хвіл. У нашай краіне такія аграгаты не знайшлі шырокага выкарыстання.

3.5.3. Прасавальнае абсталяванне для фармавання труб

Адным з найбольш прагрэсіўных метадаў фармавання жалезабетонных труб з'яўляецца радыяльнае прасаванне. Яно праводзіцца ў вертыкальнай форме, устаноўленай сувосева з прывадным валам фармавальнай галоўкі (рыс. 3.63).



Рыс. 3.63. Схема ўстаноўкі радыяльнага прасавання

Устаноўка радыяльнага прасавання ўключае форму 1. У яе на вертыкальным вале 2 уведзіцца прасавальная галоўка, у якую ўваходзяць загладжвальны цыліндр 3 і прасавальныя ролікі 4. Для раўнамернага размеркавання бетоннай сумесі над прасавальнай галоўкай да вала замацаваны конус-размеркавальнік 5.

Пры фармаванні жалезабетонных труб форма 1 манціруецца на вібрастол 6 з вібратаарам 7, які абапіраецца на амартызатары 8. Фармаванне кароткіх бетонных кольцаў наогул ажыццяўляецца без вібрацый. Таму некалькі форм усталёўваюць на паваротным сталё, на кожнай пазіцыі якога выконваецца адна ці некалькі тэхналагічных аперацый, у тым ліку і фармаванне. У комплексе пры гэтым утвараецца своеасаблівае ротарна-канвеерная лінія для вытворчасці жалезабетонных вырабаў.

Прынцып радыяльнага прасавання заснаваны на ўшчыльненні бетоннай сумесі вярчальнымі ролікамі. У пачатку цыкла прасавальная галоўка апускаецца ў ніжняе становішча непасрэдна да стала. Затым у форму падаецца бетонная сумесь і пры ўключаным

вібратары фармуецца раструб трубы. У далейшым вібратар выключаецца і прыводзіцца ў вярчэнне з адначасовым пад'ёмам прасавальнай галоўкі. Прасавальныя ролікі 4 ушчыльняюць бетонную сумесь, а цыліндр 3 пасля іх загладжвае ўнутраную паверхню трубы. Хуткасць перамяшчэння прасавальнай галоўкі – каля 1 м/хвіл, часціня яе вярчэння – $10\text{--}25\text{ с}^{-1}$. Такія агрэгаты выкарыстоўваюцца для фармавання труб даўжынёй да 3,5 м або жалезабетонных кольцаў. Абмежаванне па даўжыні звязана з узростаючай вышынёй устаноўкі.

Перавага такога метаду фармавання – нізкі ўзровень шуму, дакладнасць размераў, асабліва таўшчыні сценкі трубы. Да недахопаў можна аднесці ўказаныя вышэй абмежаванні па даўжыні трубы, а таксама неабходнасць дакладнай дазіроўкі сумесі. Яе лішкі прыводзяць да перагрузкі і нават закліньвання прываду, а недастача – да недаўшчыльнення і, адпаведна, браку трубы.

Адмоўным фактарам пры эксплуатацыі станка радыяльнага прасавання з'яўляецца вялікі абразіўны знос дэталей прасавальнай галоўкі, асабліва загладжвальнага цыліндра. Ён, звычайна, забяспечваецца зменным бандажом, тэрмін службы якога не перавышае аднаго тыдня.

Напорныя трубы, прызначаныя для работы пад ціскам 1,5 МПа, фармуюць метадам вібрагідрапрасавання. Устаноўка, у якой рэалізуецца гэты метада, паказана на рыс. 3.64.

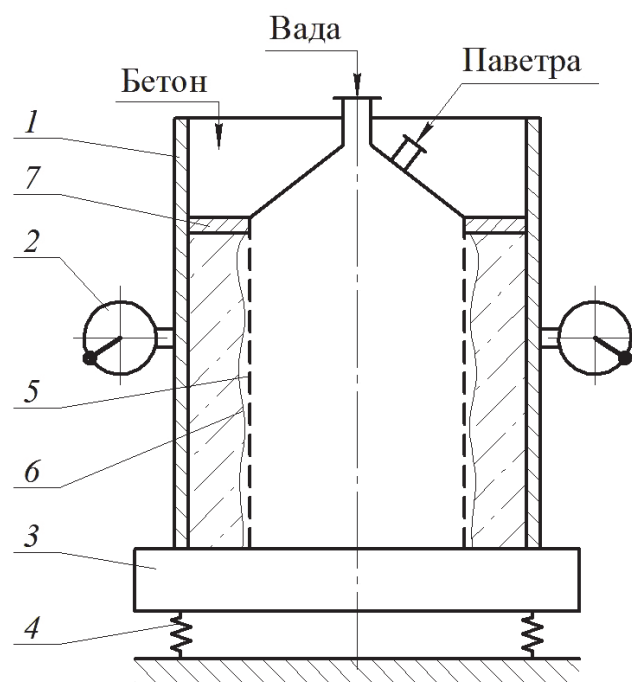


Рис. 3.64. Устаноўка для вібрагідрапрасавання

Выраб труб ажыццяўляецца ў формах 1, якія складаюцца з дзвюх паўабечаяк з раз'ёмам па ўтваральнай цыліндра. Унутры скручанай формы ўстанаўліваецца і фіксуецца ў ёй арматурны каркас, а збоку прыладкоўваюцца вібратары 2. У такім сабраным выглядзе форма падаецца на пост фармоўкі. Ён уключае стол 3 з амартызатарамі 4. На сталі замацаваны перфараваны асяродак 5, на які насаджаны эластычны цыліндр 6. Форма 1 пры ўстаноўцы на стол 3 цэнтруецца адносна восі асяродка 5. У выніку паміж ёй і эластычным цыліндрам утвараецца калыцавы зазор, які адпавядае таўшчыні сценкі фармуемай трубы. Прычым усе тарцовыя стыкі формы, эластычнага цыліндра герметызуюцца.

Пры ўключаных вібраторах 2 у калыцавы зазор падаецца бетонная сумесь, праводзіцца яе папярэдняе ўшчыльненне і выдаляецца паветра. Зверху на тарэц папярэдне сфармаванай трубы ўстанаўліваецца ўшчыльняльнае калыца 7. Канчатковае ўшчыльненне ажыццяўляецца метадам ізастатычнага прасавання, разгледжаным у п. 3.5.1. Для гэтага ўнутраная поласць перфараванага асяродка запаўняецца вадой. Зверху пакідаецца невялікая незапоўненая поласць. У яе з вялікім ціскам падаецца вада або сціснутае паветра. Ціск пры гэтым значна перавышае рабочы ў трубе і складае 3,0–3,5 МПа. Ён перадаецца па шляху паветра, вада, перфараваны асяродак, эластычны цыліндр, бетонная сумесь. Пры дэфармацыі эластычнага цыліндра дасягаецца раўнамернае (ізастатычнае) ушчыльненне вырабу па ўсім аб'ёме.

Прыкладна пры такім жа ціску, як прасаванне, адбываецца і тэрмавільготная апрацоўка. Пасля набору неабходнай трываласці праводзяцца распалубка і выемка гатовай трубы.

Метадам вібрагідрапрасавання фармуюць напорныя жалезабетонныя трубы дыяметрам 300–1200 мм і даўжынёй да 5 м. Перавагі гэтага метаду – прастата, адсутнасць рухальных частак. Недахопы вібрагідрапрасавання заключаюцца ў слабым узроўні механізацыі і магчымых уцечках вадкасці.

3.5.4. Агрэгатy для фармавання малагабарытных вырабаў метадам дынамічнага прасавання

Дынамічнае прасаванне спалучае ў сабе ўсе перавагі статычнага прасавання і вібрацыйнага ўшчыльнення. Гэта дае магчымасць фармаваць высокатрывалыя не арміраваныя вырабы, праўда, невялікіх размераў. Да іх адносяцца тратуарная плітка, бардзюрны камень, пустацелыя сценавыя блокі з керамзітабетону і іншыя

вырабы. Найбольш распаўсюджанай сярод іх з'яўляецца тратуарная плітка, тыповы размер якой звычайна $200 \times 100 \times 80$ (60) мм. Названыя малагабарытныя вырабы фармуюцца на гідраўлічных вібрапрэсах. Выкарыстанне гідрапрываду дазваляе знізіць металаёмкасць прэса пры захаванні высокай прадукцыйнасці за кошт павелічэння колькасці адначасова прасуемых вырабаў.

У прамысловасці выкарыстоўваецца шмат мадыфікацый вібрапрэсаў. З пункту гледжання механікі самым складаным, а адначасова і найбольш прадукцыйным і высокамеханізаваным з іх, з'яўляецца прэс нямецкай фірмы «Зеніт» (рыс. 3.65). Менавіта на яго прыкладзе разгледзім будову складовых частак і прынцып дзеяння вібрапрэса.

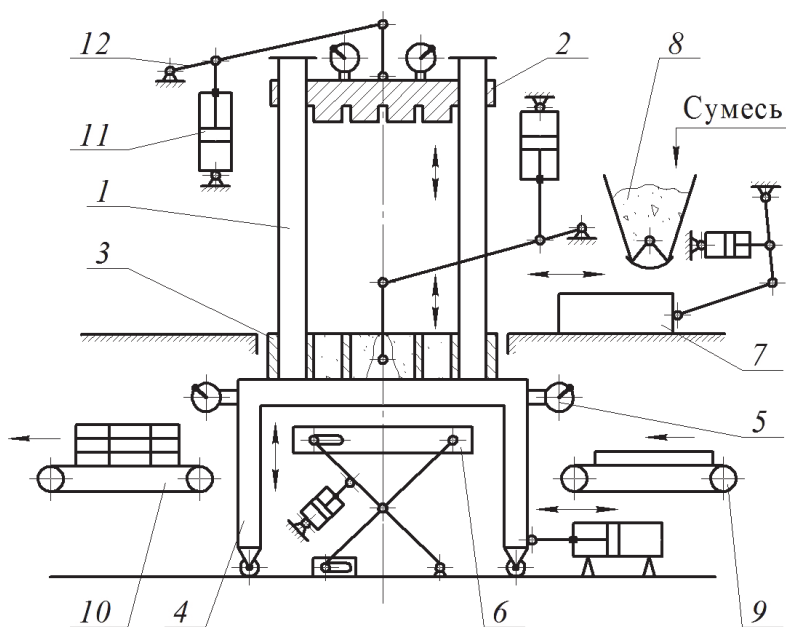


Рис. 3.65. Гідраўлічны вібрапрэс

Гэты прэс нельга назваць чыста гідраўлічным. Ён хутчэй гідра-механічны. Тут асноўнае намаганне прасавання і другіх аперацый перадаецца ад гідраўлікай (гідрацыліндраў) праз рычажныя сістэмы. Ну і, канешне, прэс забяспечаны вібрацыйнымі прыладамі.

Прэс уключае чатыры калоны 1, на якія насаджаны пуансоны 2 і матрыца (форма) 3. Матрыца ўключае бакавыя сценкі, выкананыя па форме вырабаў, з утварэннем поласцей для засыпкі сумесі. Прычым матрыца зроблена без дна. Яна ўстаноўлена на прасавальным сталі 4, забяспечаным вібратарамі 5. Такія ж вібратары размешчаны і на пуансоне 2.

Прасавальны стол 4 можа перамяшчацца ў гарызантальным напрамку, а яго месца пры гэтым займае пад'ёмны стол 6. Для запаўнення формы прадугледжана засыпная скрынка 7, таксама выкананая без дна. У яе сумесь пападае з бункера 8 з дапамогай сілкавальніка. З другога боку ад прэсформы можа быць устаноўлена яшчэ адна такая скрынка 7. Тады можна будзе фармаваць двухпластовую плітку: ніжні пласт з буйным запаўняльнікам, а верхні – з дробным. Поўная механізацыя ўсяго працэсу фармавання вырабаў завяршаецца ўстаноўкай транспарцёраў 9 і 10 для падачы паддонаў і прыёму гатовай прадукцыі адпаведна. Прывады перамяшчэння ўсіх рухальных частак прэса ўключаюць гідрацыліндры 11 і рычажныя механізмы 12. Рычажныя сістэмы дазваляюць павысіць намаганне або знізіць ціск у гідрапрывадзе пры яго захаванні ў прэсформе.

Вырабы прасуюць у цыклічным рэжыме. Спачатку на прасавальным вібрастале ўстанаўліваецца і фіксуецца матрыца 3. Адначасова на пад'ёмны стол 6 транспарцёрам 9 падаецца адзін паддон. Паддоны выконваюцца драўлянымі або стальнымі. Над матрыцай 3 праходзіць засыпная скрынка 7, запаўняе яе сумессю і вяртаецца на зыходную пазіцыю. Зверху спускаецца пуансон 2, і пры ўключаных вібраторах 5 ажыццяўляецца дынамічнае ўшчыльненне сумесі. Для лепшага выдалення паветра прасаванне можа праводзіцца ў дзве стадыі. Агульны час вытрымкі пад ціскам – 2–3 с, а яго велічыня складае 18–20 МПа. Пасля гэтага пуансон 2 разам з матрыцай 3 і запрасаванымі ў ім вырабамі прыпадамаецца над вібрасталом 4. Гэты стол адводзіцца гідрацыліндрам убок з пазіцыі прасавання. На яго месца пад матрыцу 3 падводзіцца пад'ёмны стол 6 з паддонам. Далей матрыца 3 падымаецца ўверх, а пуансон 2, які застаецца нерухомым, выціскае з яе вырабы на паддон стала 6. Колькасць вырабаў, напрыклад тратуарнай пліткі, прасуемых за адзін цыкл, можа дасягаць 50 шт. Працягласць цыкла пры гэтым даходзіць да 10 с. Цыклы паўтараюцца да таго часу, пакуль на паддоне не набярэцца 5–6 радоў пліткі. Кожны наступны цыкл суправаджаецца апусканнем пад'ёмнага стала 6 на вышыню фармуемага вырабу. Набраны штабель пліткі перадаецца на транспарцёры 10 гатовай прадукцыі. Для гэтага пад'ёмны стол 6 выкананы з дзвюх частак, злучаных па прынцыпе «ластаўчын хвост». Верхняя частка можа перамяшчацца гарызантальна адносна ніжняй з дапамогай дадатковага прываду.

Другія мадыфікацыі вібрапрэсаў ствараліся па шляху спрашчэння. Па-першае, прывады ўсіх механізмаў у іх чыста гідраўлічныя, без рычажных сістэм. Па-другое, у большасці працэсаў адрозніваецца механізм штабелявання, а ў некаторых ён наогул адсутнічае. Прасаванне ажыццяўляецца непасрэдна на паддонах, якія падаюцца транспарцёрам у напрамку, перпендыкулярным перамяшчэнню засыпной скрынкі. На кожным паддоне набіраецца толькі па адным радзе вырабаў. Затым яны падаюцца на спецыяльны агрэгат, дзе набіраецца штабель і аддзяляюцца ад пліткі паддоны, якія вяртаюцца на прэс.

Яшчэ большым спрашчэннем характарызуецца мабільны агрэгат для фармавання пустотных сценавых блокаў. Прынцып прасавання ў ім захаваўся такім жа самым. А вось функцыі паддонаў выконвае бетаніраваная пляцоўка. Агрэгат перамяшчаецца і пакідае пасля сябе на ёй шэраг сфармаваных блокаў.

Сфармаваныя вібрапрасаваннем вырабы маюць высокую пачатковую трываласць і таму не патрабуюць дадатковай тэрмавілготнай апрацоўкі. Набор канчатковай трываласці ажыццяўляецца ва ўмовах цэха пры невялікім воданасычэнні.

3.6. Ушчыльненне бетоннай сумесі цэнтрыфугаваннем

3.6.1. Тэарэтычныя асновы цэнтрыфугавання

Ушчыльненне бетоннай сумесі цэнтрыфугаваннем па сваёй сутнасці падобна на прасаванне, прычым статычнае прасаванне. Адрозненне заключаецца толькі ў тым, што статычны ціск ствараецца за кошт уздзеяння інерцыйнай сілы. Спецыфіка цэнтрыфугавання праяўляецца яшчэ і ў накіраванасці яго на фармаванне вырабаў, якія маюць форму цел вярчэння. Гэта, у першую чаргу, жалезабетонныя трубы, а таксама апоры ліній электраперадач.

Працэс цэнтрыфугавання звычайна падзяляецца на дзве стадыі: стадыю размеркавання бетоннай сумесі і стадыю яе ўшчыльнення. Галоўнай задачай пры гэтым з'яўляецца вызначэнне часціні вярчэння (вуглавой хуткасці) на кожнай з названых стадыяў.

На стадыі размеркавання яна вызначаецца з умовы ўтрымання часцінкі бетону ў верхнім становішчы (рыс. 3.66).

Правядзём аналіз сілавога ўздзеяння на часцінку бетоннай сумесі ў двух узаемна процілеглых пунктах 1 і 2 на адвольным

радыусе r па таўшчыні сценкі фармуемай трубы. У верхнім і ніжнім пунктах на часцінку дзейнічаюць сіла цяжару G і інерцыйная цэнтрабежная сіла $F_{ц}$. Толькі ў верхнім пункце яны накіраваны ў процілеглыя бакі, а ў ніжнім – іх вектары супадаюць. Таму выніковая сіла ціску ў пункце 1

$$F_1 = F_{ц} - G, \quad (3.59)$$

а ў пункце 2

$$F_2 = F_{ц} + G. \quad (3.60)$$

Відавочна, што $F_2 > F_1$, а адпаведна, і ціск у ніжнім пункце большы, чым у верхнім: $p_2 > p_1$.

Як указвалася вышэй (падраздз. 3.4), бетонную сумесь можна аднесці да неньютанаўскай вадкасці. А любая вадкасць, у тым ліку і неньютанаўская, рухаецца з пункта большага ціску ў напрамку яго меншай велічыні. Такім чынам, адбываецца раўнамернае размеркаванне часцінак бетоннай сумесі па сячэнні фармуемай трубы. Больш за тое, за кошт гэтага дасягаецца самабалансіроўка формы з сумессю. Сапраўды, як толькі ў нейкім месцы павялічваецца маса, гэта прыводзіць да павелічэння інерцыйнай сілы, а адпаведна, ціску. Вадкасць пачынае перамяшчацца і кампенсуе павышэнне інерцыйных сіл. Дарэчы, разгледжаны працэс можа быць выкарыстаны для самабалансіроўкі любых вярчальных механізмаў.

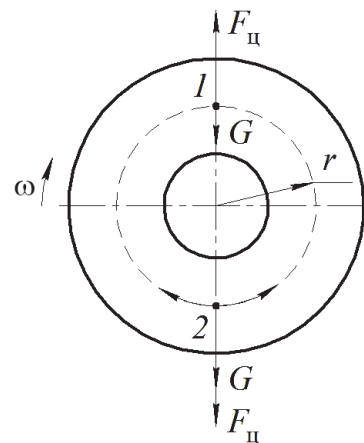
З разліковай схемы бачна, што найбольш неспрыяльныя ўмовы для ўтрымання часцінак у прыціснутым стане назіраецца ў верхнім пункце. Мінімальную вуглавую хуткасць для гэтага можна вызначыць з умовы

$$F_{ц} \geq G, \quad (3.61)$$

або

$$m\omega^2 r \geq mg,$$

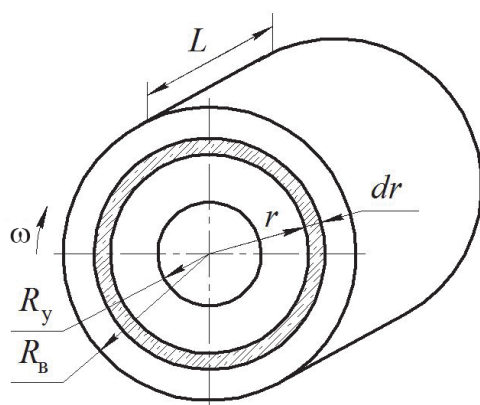
ці канчаткова



Рыс. 3.66. Схема для вызначэння вуглавой хуткасці на стадыі размеркавання

$$\omega \geq \sqrt{\frac{g}{r}}. \quad (3.62)$$

Каб часцінкі ўтрымліваліся ў самым пачатку фармавання, у якасці бягучага радыуса трэба падстаўляць вонкавы радыус трубы, які адпавядае ўнутранаму формі. Для надзейнага ўтрымання часцінак сумесі ў верхнім пункце рабочую вуглавую хуткасць на стадыі размеркавання прымаюць $\omega_1 = 1,5\omega$.



Рыс. 3.67. Разліковая схема для вызначэння вуглавой хуткасці на стадыі ўшчыльнення

Вуглавая хуткасць на стадыі размеркавання разлічваецца з умовы забеспячэння мінімальнага ціску, дастатковага для ўшчыльнення бетоннай сумесі. Яе вызначэнне разгледзім з выкарыстаннем разліковай схемы, прадстаўленай на рыс. 3.67.

Як указвалася вышэй, ціск залежыць напрамую ад велічыні інерцыйнай сілы $F_{ц} = m\omega^2 r$. Паўстае пытанне, які радыус падставіць у запісаную формулу. Ён змяняецца па сячэнні трубы ад унутранага R_y да вонкавага R_b . Пры такой нявызначанай сітуацыі пераходзяць на мікраўзровень: вызначаюць інерцыйную сілу для элементарнай трубкай таўшчынёй dr . Пасля гэтага праводзяць інтэграванне, якое заключаецца ў падсумоўванні элементарных сіл інерцыі $dF_{ц}$ і вызначэнні яе агульнай велічыні.

Для элементарнай трубкай

$$dF_{ц} = dm\omega^2 r. \quad (3.63)$$

Масу элементарнай трубкай dm выразім праз аб'ём і шчыльнасць бетону і атрымаем

$$dF_{ц} = 2\pi r L \omega^2 r^2 dr. \quad (3.64)$$

Агульная цэнтрабежная сіла

$$F_{ц} = \int_{R_y}^{R_b} dF_{ц} = 2\pi r L \omega^2 \int_{R_y}^{R_b} r^2 dr. \quad (3.65)$$

Пасля інтэгравання атрымаем

$$F_{\text{ц}} = \frac{2\pi\omega^2 L(R_{\text{в}}^3 - R_{\text{у}}^3)}{3}. \quad (3.66)$$

Для вызначэння мінімальнага ціску трэба цэнтрабежную сілу падзяліць на максімальную плошчу яе ўздзеяння, якой з'яўляецца знешняя паверхня трубы.

$$S = 2\pi R_{\text{в}} L. \quad (3.67)$$

Адсюль ціск

$$p = \frac{\rho\omega^2(R_{\text{в}}^3 - R_{\text{у}}^3)}{3R_{\text{в}}}. \quad (3.68)$$

Вуглавая хуткасць для забеспячэння мінімальнага і заведама большага ціску

$$\omega \geq \sqrt{\frac{3pR_{\text{в}}}{\rho(R_{\text{в}}^3 - R_{\text{у}}^3)}}. \quad (3.69)$$

Мінімальны ціск у разліках прымаецца $p = 1 \text{ кг/см}^2 = 0,1 \text{ МПа}$.

У рэальных умовах вытворчасці часціня вярчэння цэнтрыфугі на стадыі ўшчыльнення можа складаць некалькі соцень абаротаў. На стадыі размеркавання яна прыкладна на парадак меншая.

3.6.2. Канструкцыі цэнтрыфуг

З папярэдняга пытання зразумела, што цэнтрыфугі выкарыстоўваюцца для фармавання жалеабетонных вырабаў ў гарызантальным стане.

Паводле спосабу ўстаноўкі і замацоўкі форм цэнтрыфугі падзяляюцца на восевыя, свабоднаролікавыя і раменныя (рыс. 3.68).

Ва ўсіх цэнтрыфугах бетонная сумесь укладваецца ў форму 1. Папярэдне ў яе ўстанаўліваецца і фіксуецца арматурны каркас. Для спрашчэння выканання гэтых аперацый, а таксама наступнай распалубкі і выемкі вырабаў форма, звычайна, складаецца з дзвюх частак і мае раз'ём па ўтваральнай цыліндра. Асаблівасць кожнай з цэнтрыфуг (рыс. 3.68) вызначаецца, перш за ўсё, спосабам прывядзення формы 1 у вярчэнне.

У восевых цэнтрыфугах (рыс. 3.68, а) яна заціскаецца паміж двума шпіндалямі 2, адзін з якіх з'яўляецца прывадным, а другі –

прыціскальным з магчымасцю перамяшчэння ў восевым напрамку. Гэтыя цэнтрыфугі прызначаны для фармавання караткамерных труб даўжынёй не больш за 5 м і таму маюць абмежаванае выкарыстанне.

Свабоднаролікавая цэнтрыфуга (рыс. 3.68, б) уключае форму 1, устаноўленую на апорных роліках 3, частка з якіх – прывадныя. Яна зверху можа фіксавацца прыціскальным ролікам 4.

У раменнай цэнтрыфузе (3.68, в) форма 1 укладваецца непасрэдна на прывадныя рамяні 5 і адначасова выконвае функцыю нацяжнага элемента для іх. У адной плоскасці, звычайна, на прывадныя і нацяжныя шківы запасоўваюцца па два рамяні згодна са схемай, паказанай на рыс. 3.68, в.

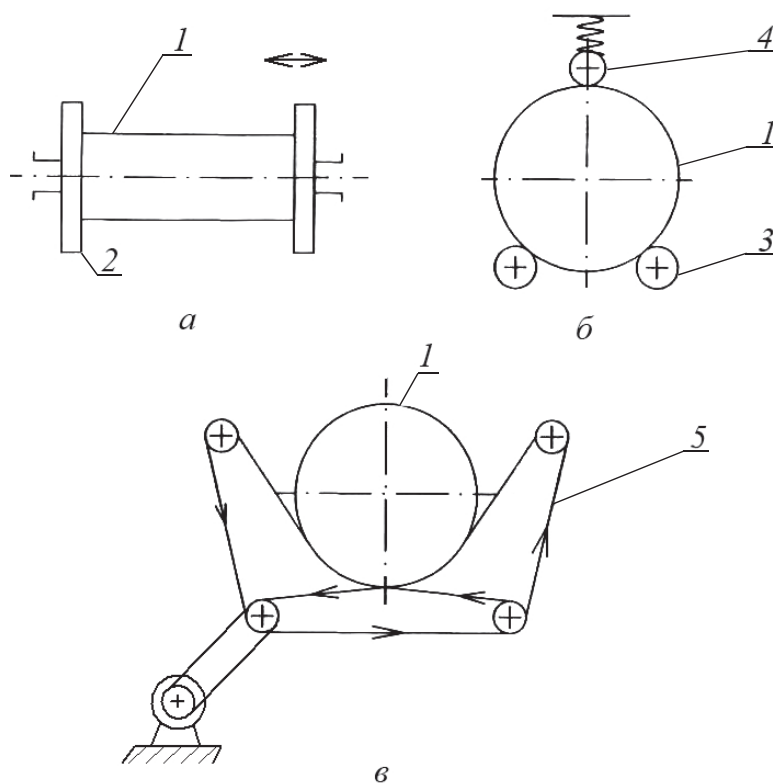


Рис. 3.68. Схемы цэнтрыфуг:
а – восевая; б – свабоднаролікавая; в – раменная

Найбольш выкарыстоўваемай у прамысловасці з’яўляецца свабоднаролікавая цэнтрыфуга, у некаторых выпадках перавага аддаецца раменным, як больш простым у канструкцыйным выкананні.

Свабоднаролікавая цэнтрыфуга (рыс. 3.69) прызначана для вырабу безнапорных труб і апор ліній электраперадачы. У такіх цэнтрыфугах сабраная форма 1 з бандажамі 2 і арматурным каркасам

устаўляецца на апорныя ролікі 3. З аднаго боку, ролікі выконваюць толькі апорную функцыю, а з другога – з’яўляюцца яшчэ і прываднымі.

Пры фармаванні труб вялікага дыяметра ў склад цэнтрыфугі ўваходзіць дадатковы механізм, які ўключае стойку 4, паваротную траверсу 5 і прыціскальныя ролікі 6. Іх задача – прадухіленне магчымага адрыву формы ад апорных ролікаў 3. Траверса 5 у вертыкальным напрамку можа перамяшчацца вінтавым механізмам, гідра- і пнеўмацыліндрам.

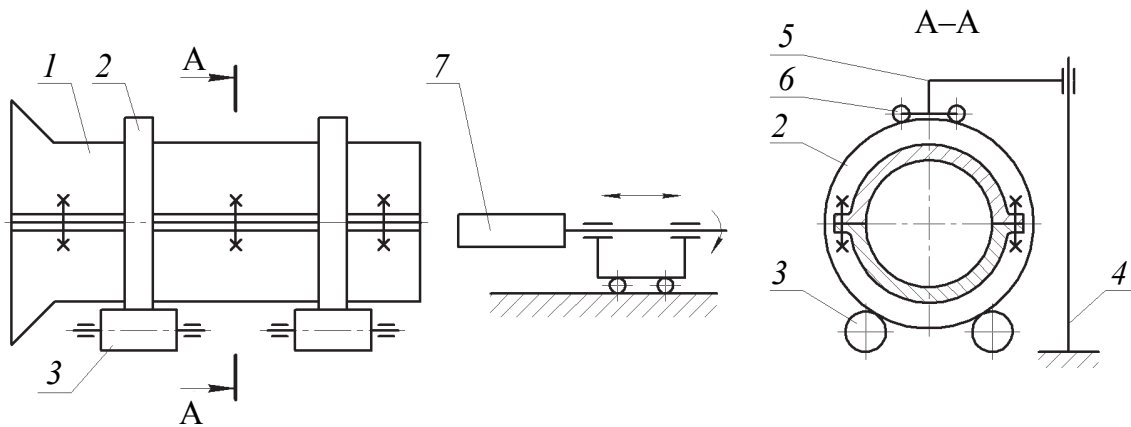


Рис. 3.69. Свабоднаролікавая цэнтрыфуга

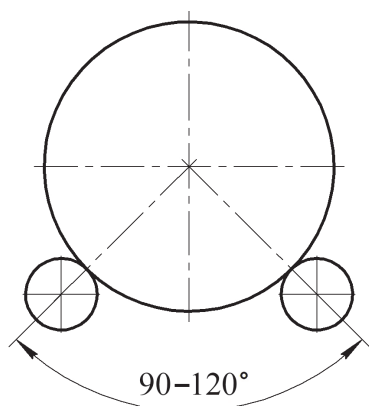
Паддача бетоннай сумесі ў форму можа ажыццяўляцца па некалькіх варыянтах. Пры фармаванні вырабаў вялікага дыяметра яна падаецца на стадыі размеркавання непасрэдна ў форму з дапамогай латаковага сілкавальніка 7. Сілкавальнік можа быць вінтавы або стужкавы. Калі сумесь трэба ўшчыльніць у форме невялікага дыяметра, напрыклад пры фармаванні апор ЛЭП, то адна з паўформ укладваецца на спецыяльны статычны стэнд. У ёй фіксуецца арматурны каркас, і яна тут жа запаўняецца бетоннай сумессю. Пасля гэтага ўстаўляецца і прыкручваецца другая паўформа, і ў такім сабраным выглядзе форма кранам падаецца на апорныя ролікі.

Працэс цэнтрабежнага ўшчыльнення бетоннай сумесі завяршаецца за некалькі хвілін. Пасля гэтага форма з вырабам перадаецца на тэрмавільтную апрацоўку. Калі за сярэдні дыяметр вырабаў (труб) прыняць $D = 500$ мм, прадукцыйнасць адной цэнтрыфугі складзе 10–20 шт. у гадзіну.

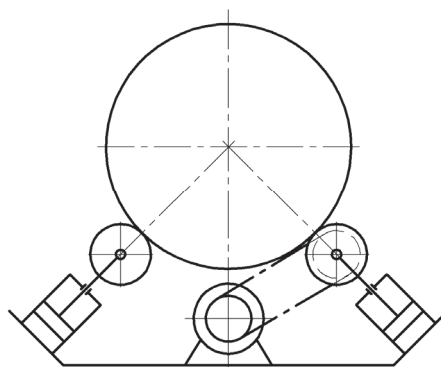
Канструкцыйныя асаблівасці свабоднаролікавых цэнтрыфуг абумоўлены габарытнымі размерамі фармуемых вырабаў і своеасаблівымі патрабаваннямі, прад’яўляемымі да іх.

Так, пры фармаванні даўгамерных вырабаў даўжынёй да 17 м у прамежку паміж двума ўстанаўліваецца трэцяя апора. Для прадукцыі восевага змяшчэння формы ролікі адной з апор выкананы з рэбордамі. У параўнанні з другімі агрэгатамі барабаннага тыпу, напрыклад грохатамі, змяшальнікамі, з-за больш высокай хуткасці вярчэння ролікі разводзяцца на большы вугал (рыс. 3.70).

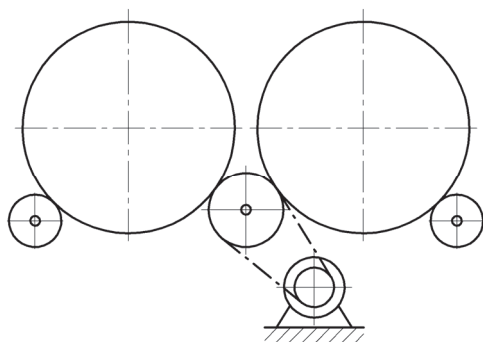
Для кампенсацыі дынамічных нагрузак апорныя ролікі могуць устанаўлівацца на гідраамартызатарах (рыс. 3.71).



Рыс. 3.70. Схема ўстаноўкі ролікаў



Рыс. 3.71. Устаноўка апорных ролікаў на гідраамартызатарах



Рыс. 3.72. Здвоеная цэнтрыфуга

Павышэнне прадукцыйнасці дасягаецца пры выкарыстанні здвоенай цэнтрыфугі (рыс. 3.72).

У прывадзе цэнтрыфуг можа выкарыстоўвацца дыферэнцыял (рыс. 3.73).

Ён уключае прывадны рухавік 1, гідрамуфту 2, ланцуговую перадачу 3, дыферэнцыял 4, прывадныя 5 і апорныя 6 ролікі. Гідрамуфта 2 забяспечвае плаўны запуск і вярчэнне масіўнай формы. Дыферэнцыял 4 кампенсуе магчымую розную лінейную хуткасць руху прывадных ролікаў 5, якая можа ўзнікнуць з-за недакладнасці вырабу саміх ролікаў і бандажоў формы, іх нераўнамернага зносу.

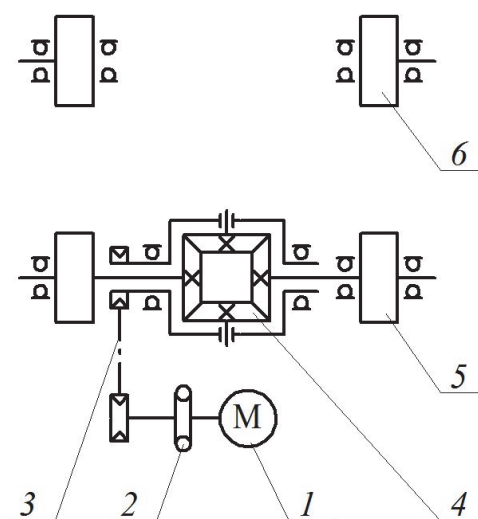
Пастаянныя змяненні ў прывадзе адбываюцца і за кошт выкарыстання розных тыпаў рухавікоў, якое абумоўлена неабходнасцю рэгулявання часціні вярчэння на розных стадыях ушчыльнення

бетоннай сумесі. Да нядаўняга часу такая магчымасць забяспечвалася рухавікамі пастаяннага току або прымяненнем у прывадзе варыятараў. У цяперашні час гэта задача вырашаецца значна прасцей. Дастаткова ўстанавіць звычайны асінхронны рухавік з частотным рэгулятарам.

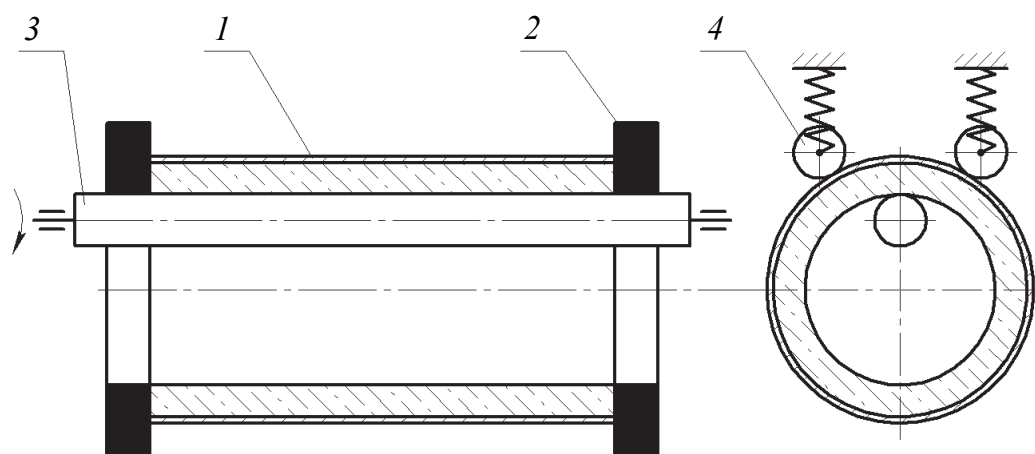
Істотнае змяненне ў канструкцыйным выкананні свабоднаролікавай цэнтрыфугі можа быць дасягнута пры камбінацыі цэнтрыфугавання і ролікавага прасавання (рыс. 3.74).

Форма 1 у гэтай устаноўцы заціскаецца паміж апорнымі кольцамі 2 і ў такім выглядзе ўстанаўліваецца на прывадны прасавальны ролік 3. Звонку форма 1 фіксуецца прыціскальнымі ролікамі 4.

Дадатковае ролікавае прасаванне дазваляе праводзіць цэнтрыфугаванне пры значна меншай часціні вярчэння. Гэта, у сваю чаргу, зніжае дынамічныя нагрузкі на элементы канструкцыі фармавальнага аграгата.



Рыс. 3.73. Прывад цэнтрыфугі з дыферэнцыялам



Рыс. 3.74. Схема ўстаноўкі цэнтрабежнага пракату

Нягледзячы на пераважнае распаўсюджанне свабоднаролікавых цэнтрыфуг, сваю нішу мае і раменная цэнтрыфуга (рыс. 3.75). Яна выкарыстоўваецца для фармавання жалезабетонных труб дыяметра 0,5–1,0 м.

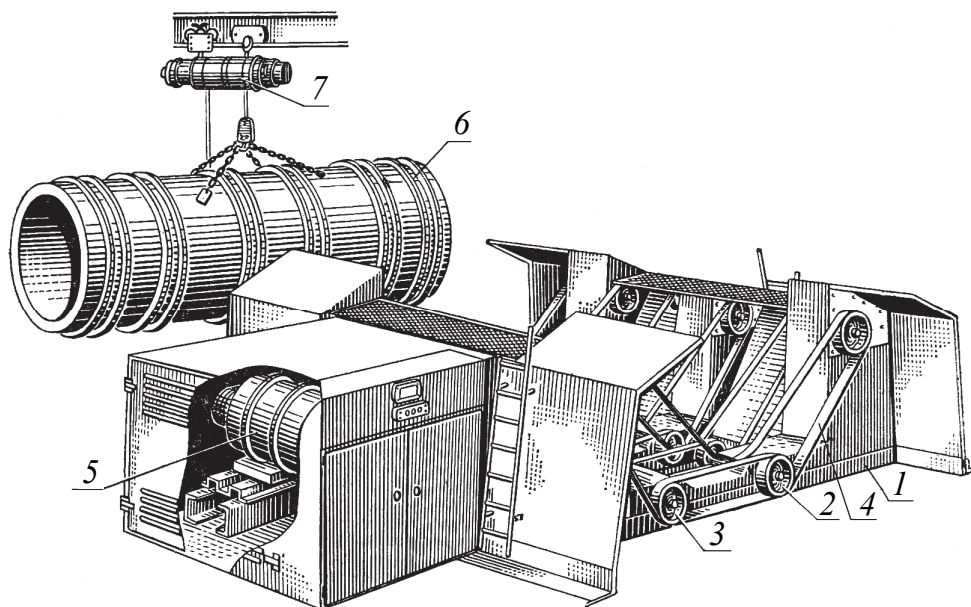


Рис. 3.75. Раменная цэнтрыфуга

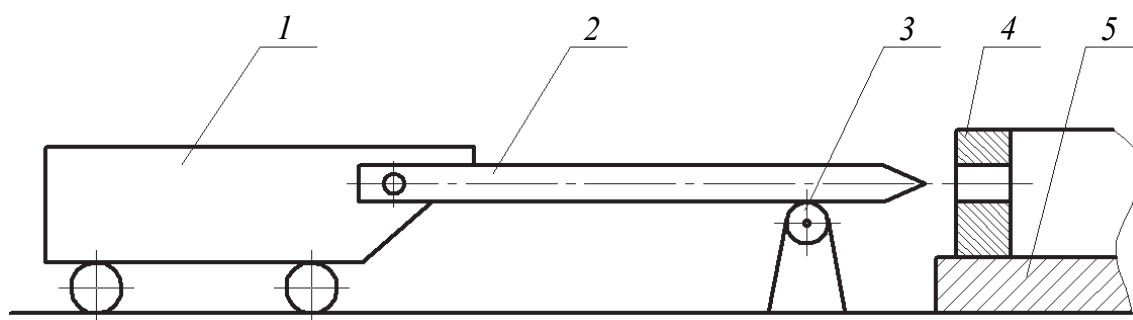
Цэнтрыфуга ўключае станіну *1*, на якой зманціраваны вядучы *2* і вядзёны *3* валы са шківамі. На шківы нацягнуты рамяні *4*. Яны могуць быць плоскімі, але ў апошніх варыянтах канструкцый усе рамяні клінавыя. Калі ў адной плоскасці ўсяго два рамяні, то іх агульная колькасць па даўжыні цэнтрыфугі дасягае трыццаці. Вярчэнне на вядучы вал *2* перадаецца ад прываднога рухавіка *5* праз клінараменную перадачу. Форма *6* з арматурным каркасам устанаўліваецца пад'ёмна-транспартным механізмам *7* непасрэдна на рамяні *4*. Пасля ўшчыльнення бетоннай сумесі яна такім жа чынам і здымаецца. Акружная хуткасць формы ў раменных цэнтрыфугах звычайна не перавышае 20 м/с.

Нягледзячы на інтэнсіўнае развіццё тэхналогіі і тэхнікі для вытворчасці жалезабетонных вырабаў, асноўнымі і незамяняльнымі ў фармаванні труб застаюцца цэнтрыфугі.

3.7. Спецыяльныя фармавальныя ўстаноўкі

3.7.1. Устаноўкі для фармавання шматпустотных вырабаў

Шматпустотныя вырабы займаюць значнае месца ў прадукцыі заводаў зборнага жалезабетону. Такімі вырабамі з'яўляюцца пліты перакрыццяў, вентыляцыйныя шахты, пралёты мастоў і г. д. Па форме пустоты бываюць круглыя, авальныя і пяцівугольныя.



Рыс. 3.76. Схема ўтварэння пустот

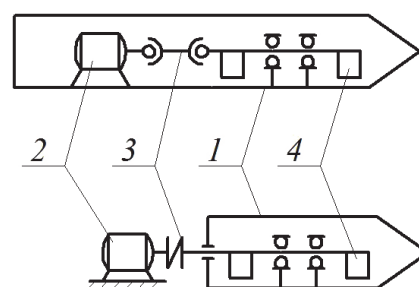
Схема ўтварэння пустот паказана на рыс. 3.76.

На рухомай карэццы 1 шарнірна замацаваны пустотаўтваральнік 2, які абапіраецца на апорны ролік 3. Перад укладкай бетоннай сумесі ў адтуліны папярочных бартоў 4 формы 5 уведзяцца пустотаўтваральнікі. Пасля яе ўшчыльнення карэтка 1 адыходзіць у крайняе левае становішча і выцягвае іх з вырабу.

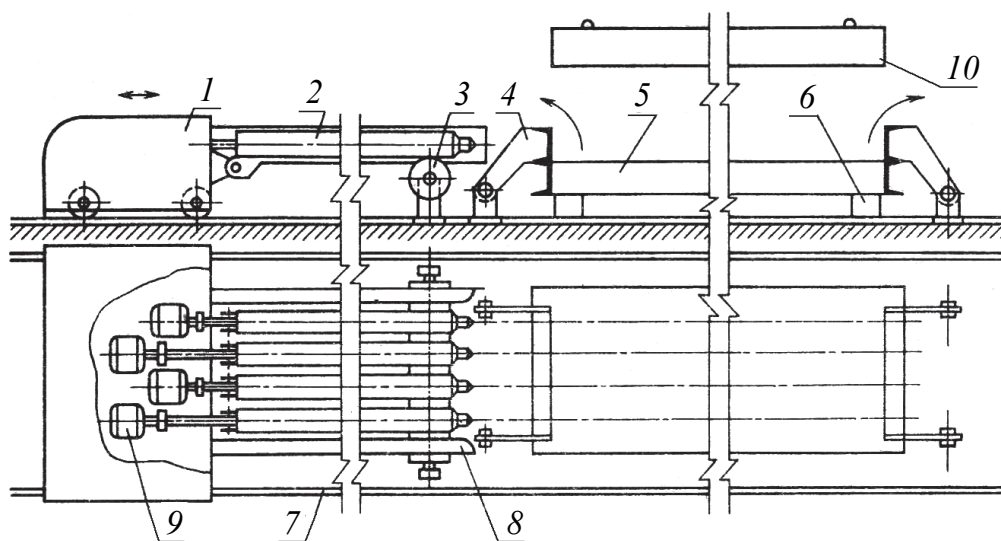
Пустотаўтваральнікі бываюць актыўныя і пасіўныя. Пасіўныя пустотаўтваральнікі – гэта трубы, стрыжні, якія служаць толькі для ўтварэння пустот. Пры гэтым ушчыльненне бетоннай сумесі ажыццяўляецца на вібрапляцоўках. Актыўныя пустотаўтваральнікі забяспечаны ўласным вібратам і служаць не толькі для ўтварэння пустот, але для ўшчыльнення сумесі. Схемы такіх пустотаўтваральнікаў паказаны на рыс. 3.77.

Гэтыя пустотаўтваральнікі ўключаюць корпус 1, які часта называюць вібраўкладшам. Прывадны рухавік 2 злучаны праз гнуткае злучэнне 3 з вібралам і размешчаны сувосева з ім. Пабуджальнікам ваганняў з'яўляюцца дэбалансныя грузы 4, устаноўленыя на вібрале. Прынцыповыя адрозненні паказаных пустотаўтваральнікаў заключаюцца ў тым, што ў аднаго з іх прывадны рухавік устаноўлены ўнутры яго, а ў другога – звонку на карэццы. Для зніжэння намагання выдалення з вырабу пустотаўтваральнікі выкананы з невялікай конуснасцю – усяго 3–5%.

У асноўным такімі актыўнымі пустотаўтваральнікамі камплектуюцца машыны для фармавання шматпустотных вырабаў. Прычым яно праводзіцца па аграгатна-плыневай тэхналогіі. Адзін з варыянтаў такіх машын паказаны на рыс. 3.78.



Рыс. 3.77. Актыўныя пустотаўтваральнікі



Рыс. 3.78. Схема машыны для фармавання шматпустотных вырабаў

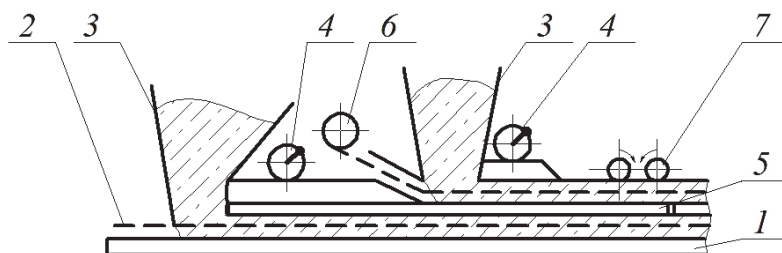
Машына ўключае карэтку 1 з шарнірна замацаванымі пустотаўтваральнікамі 2, якія абапіраюцца на ролікі 3, размешчаныя на адной апоры.

У зыходным становішчы перад фармавальным аграгатам устаноўлены паддон 5 на апоры 6. Пры гэтым тарцовыя барты 4 адкінуты ўбок па напрамку стрэлак.

Рабочы цыкл пачынаецца з устаноўкі бартоў 4 у вертыкальнае становішча. Пасля гэтага ўключаецца прывад карэтки 1 і яна перамяшчаецца ўправа па рэйках 7. Пустотаўтваральнікі 2, прайшоўшы праз адтуліны ў бартах 4, займаюць над паддонам 5 рабочы стан. Прывад карэтки можа быць самым разнастайным: ланцуговым, тросавым, з дапамогай рэйкавай зубчастай перадачы. Адначасова з пустотаўтваральнікам перамяшчаюцца і замацаваныя на карэтцы 1 падоўжныя барты 8, якія з папярочнымі бартамі 4 утвараюць форму для бетоннай сумесі. Папярэдне або пасля ўводу пустотаўтваральнікаў у форму ўкладаецца і фіксуецца арматура. Пасля запаўнення формы бетоннай сумессю праводзіцца яе ўшчыльненне. Для гэтага ўключаюцца прывадныя рухавікі 9 актыўных вібрапабуджальнікаў. Прывад вібрапабуджальнікаў можа быць індывідуальны, як паказаны на схеме, або агульны для ўсіх пустотаўтваральнікаў. Калі гэтага недастаткова, то зверху на масіў устанаўліваецца дадатковы прыгруз 10 са сваімі вібратамі. Пасля заканчэння вібрацыйнага ўшчыльнення ўсе механізмы ў адваротным парадку вяртаюцца ў зыходнае становішча. Адфармаваная пліта маставым кранам пераносіцца да камеры тэрмавілготнай апрацоўкі.

Для атрымання шматпустотных вырабаў у апошні час пачаў выкарыстоўвацца няспынны метад фармавання на спецыяльных стэндах-палосах даўжынёй 50–100 м. Звычайна вытворчасць уключае 4–6 такіх палос. На кожнай з іх паслядоўна праводзіцца нейкая тэхналагічная аперацыя: ачыстка і змазка паддона, укладка і нацяжэнне арматуры, фармоўка, тэрмавільготная апрацоўка.

Асноўным і самым складаным агрэгатам у гэтай тэхналогіі з’яўляецца фармавальная машына (рыс. 3.79).



Рыс. 3.79. Схема агрэгата для няспыннага фармавання шматпустотных вырабаў

Фармавальны агрэгат устанаўліваецца на паласу-стэнд над паддонам 1, выкананым з ліставой сталі таўшчынёй 15–20 мм. Папярэдняя паласа падрыхтоўваецца для прыёму бетоннай сумесі. Заключнай аперацыяй пры гэтым з’яўляюцца ўкладка і нацяжэнне асноўнай арматуры 2, якая нясе нагрузку. Трэба зазначыць, што гэта адзіная тэхналогія, дзе выкарыстоўваецца канатная арматура. Яна расцягваецца на ўсю даўжыню стэнда і фіксуецца на канцах. Сам фармавальны агрэгат уключае два бункеры 3 з сумессю, вібра-рэйкі 4, актыўны пустотаўтваральнік 5, бухту з арматурнай сеткай 6 і загладжвальныя валкі 7. Такім чынам, камплектацыя гэтага фармавальнага камбайна дазваляе атрымліваць вырабы з двайным арміраваннем. Пры няспынным перамяшчэнні ён пакідае пасля сябе суцэльную пустацелую арміраваную паласу з аздобленай верхняй паверхняй. Хуткасць фармавання гэтай паласы складае 50–100 м/гадз.

Пасля заканчэння ўкладкі бетоннай сумесі і перастаноўкі агрэгатаў сфармаваная паласа накрываецца спецыяльнай плёнкай ці тканінай і ў размешчаныя пад паддонам трубы-радыятары падаецца цепланосьбіт. Тэрмавільготная апрацоўка праводзіцца на працягу 8–14 гадз. Зацвярдзелая арміраваная бетонная паласа разразаецца алмазнай дыскавай пілой на панэлі патрэбнай даўжыні.

3.7.2. Касетныя фармавальныя ўстаноўкі

Касетныя ўстаноўкі выкарыстоўваюцца для фармавання пераважна плоскіх вырабаў: сценавых панэлей, перагародак. Акрамя таго, у гэтых устаноўках фармуюць і лесвічныя маршы.

Па тэхналагічнай прыкмеце касетныя ўстаноўкі адносяцца да стэндавай тэхналогіі. Усе аперацыі па фармаванні вырабаў (укладка бетоннай сумесі, ушчыльненне, цеплавая апрацоўка) ажыццяўляюцца на адным стацыянарным месцы. Схема касетнай устаноўкі, якая тлумачыць яе будову і прынцып дзеяння, паказана на рыс. 3.80.

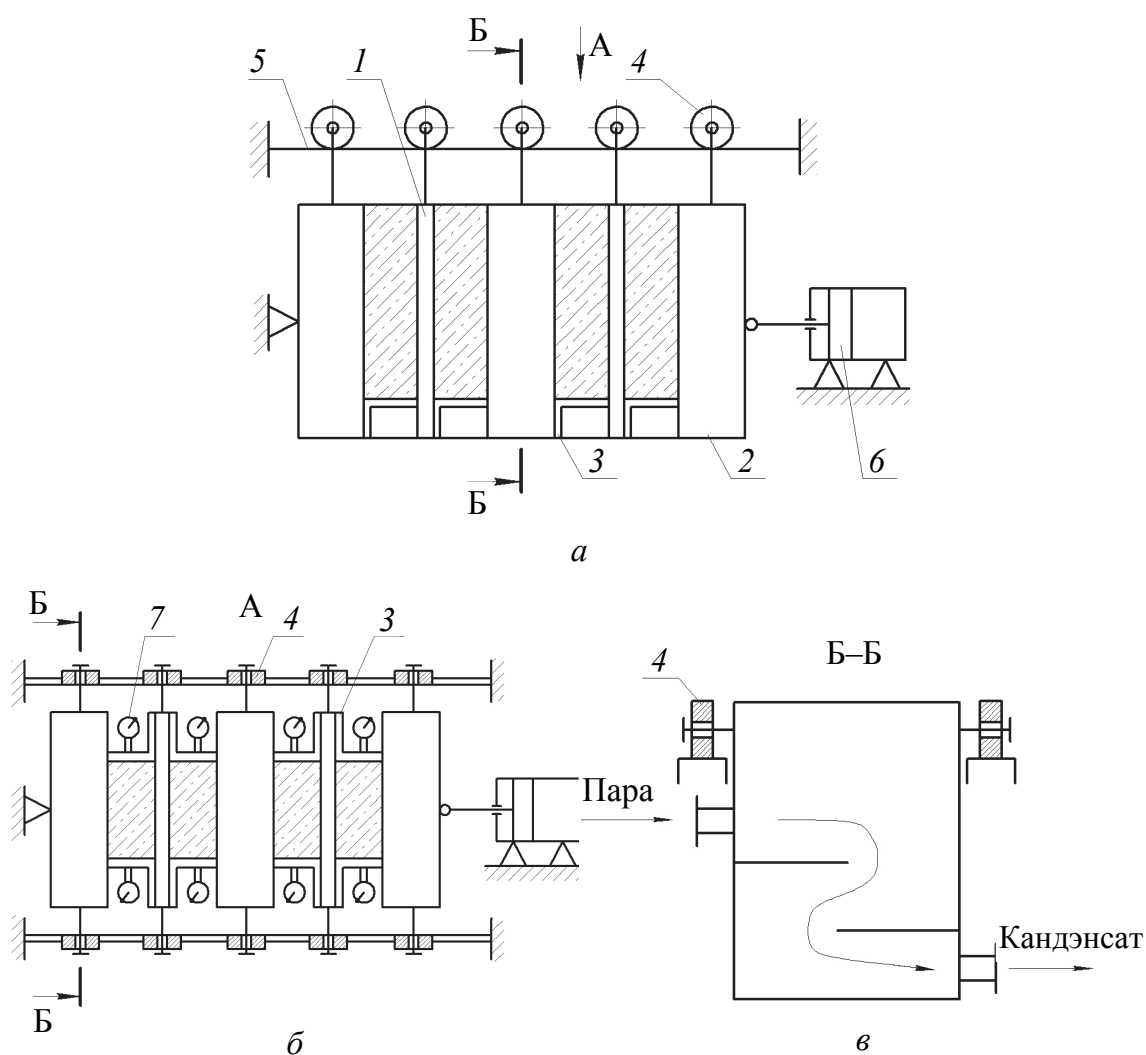


Рис. 3.80. Схема касетнай устаноўкі

Касета ўяўляе сабой блок форм (адсекаў), набраных з устаноўленых па чарзе раздзяляльных сценак 1 і цеплавых камер 2. Раздзяляльная сценка – гэта сталны ліст таўшчынёй 24 мм. Цеплавая камера (рыс. 3.80, в) выканана каробчатага сячэння з устаноўленымі

ў ёй перагародкамі. Яна забяспечана штуцарамі для падводу пары і зліву кандэнсату. Паміж сценкамі 1 і цеплавымі камерамі 2 утвораны поласці (формы), якія запаўняюцца бетоннай сумессю. Дном і бакавымі бартамі гэтых форм з'яўляюцца вугалкі 3, прывараныя да сценак толькі з аднаго боку. Зверху да сценак адсекаў замацаваны на кранштэйнах паўвосі для апорных ролікаў 4, якія перамяшчаюцца па бегавых дарожках 5. Лінейнае перамяшчэнне элементаў касеты ажыццяўляецца з дапамогай гідрацыліндра 6. Для ўшчыльнення бетоннай сумесі на бакавых сценках адсекаў устаноўлены вібратары 7.

Робочы цыкл пачынаецца са зборкі касеты. Папярэдне ачышчаныя і змазаныя элементы 1 і 2 сціскаюцца гідрацыліндрам 6 у адзіны блок. Іх фіксацыя ажыццяўляецца з дапамогай спецыяльных замкоў. Яны ўяўляюць сабой дзве правушыны, у якія зверху ўстаўляецца палец. Ва ўтвораныя формы ўкладваецца і фіксуецца арматура. Затым у іх падаецца бетонная сумесь з перыядычным уключэннем вібратораў 7. Пасля гэтага на працягу 8–10 гадз праводзіцца тэрмавільготная апрацоўка. Яна рэалізуецца за кошт падачы пары ў цеплавые камеры 2. Перагародкі ўнутры іх садзейнічаюць раўнамернаму размеркаванню пары па сячэнні камеры і падаўжаюць шлях і час яе знаходжання ў камеры. Пара паспявае скандэнсавать і выходзіць у выглядзе воднага кандэнсату.

Пасля набору трываласці вырабаў праводзіцца распалубка касет. Яна заключаецца ў тым, што з замка, бліжэйшага да гідрацыліндра адсека з вырабам, вымаюцца пальцы. Гідрацыліндрам сценка гэтага адсека адрываецца ад бетону і адводзіцца ўбок. Выраб кранам падываецца ўверх і падаецца на далейшую апрацоўку ці на склад. Гідрацыліндр вяртаецца ў зыходнае становішча, і фіксацыйны палец устаўляецца назад у правушыны. Пасля гэтага аналагічная аперацыя паўтараецца з наступным замком і вырабам. І так да поўнай выемкі вырабаў з касеты.

Касетныя ўстаноўкі прызначаны для фармавання вырабаў таўшчынёй 40–160 мм, максімальныя габарыты пры гэтым складаюць 7200×3600×160 мм. Колькасць адначасова фармуемых вырабаў – 10–12 шт. Але існуюць касетныя ўстаноўкі на 30–60 вырабаў.

На рыс. 3.81 паказана канструкцыя касетнай фармавальнай устаноўкі.

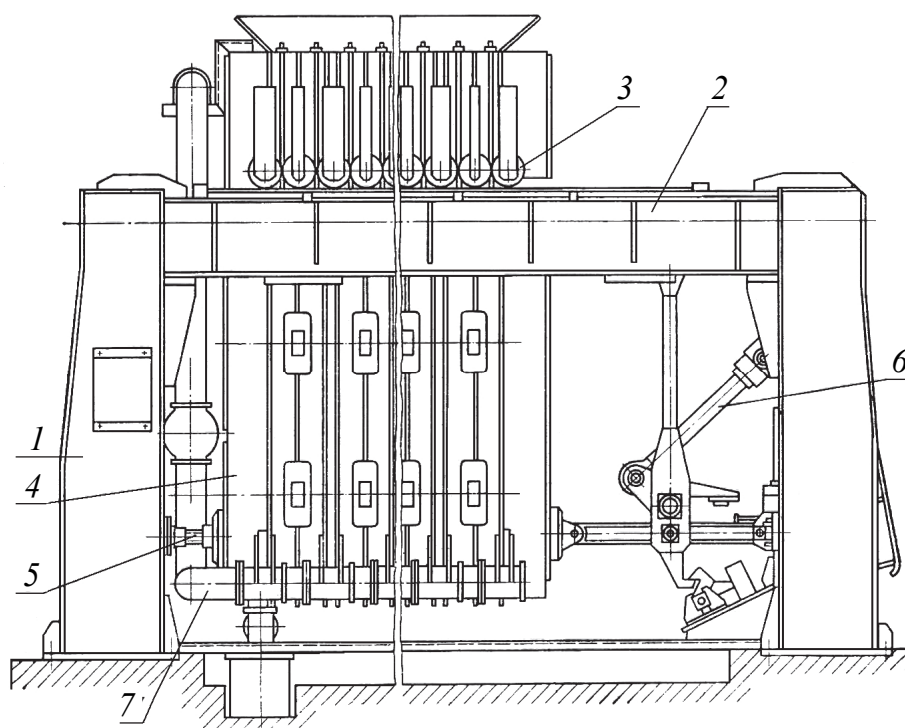


Рис. 3.81. Касетная фармавальная ўстаноўка

Касетная ўстаноўка ўключае прасторавую зварную раму на чатырох стойках 1, злучаную зверху бэлькамі 2. На двюх з іх прадугледжаны бегавыя дарожкі для перамяшчэння апорных ролікаў 3. Рама злучаецца з касетай 4 менавіта праз апорныя ролікі. З аднаго боку ад касеты 4 устаноўлены рэгулюемы ўпор 5, з другога яна злучана з гідрацыліндрам 6. Гэта злучэнне можа быць выканана напрумую або праз рычажную сістэму, як паказана на рыс. 3.81. Для падачы пары і зліву кандэнсату прадугледжаны асобныя калектары 7. Яны злучаюцца з кожнай цеплавой камерай праз гнуткія шлангі, што забяспечвае свабоднае перамяшчэнне сценак касеты ў час распалубкі.

Да пераваг касетных устаноў можна аднесці прастату канструкцыі і дастаткова высокую прадукцыйнасць. Яна дасягаецца ў асноўным за кошт вялікай колькасці адначасовай фармоўкі вырабаў у адной касеце і выкарыстання адначасова некалькіх такіх устаноў з раздзяленнем іх цыкла ў часе.

Аднак пры гэтым для касетных устаноў характэрны і некаторыя недахопы. Адзін з найбольш істотных – гэта нераўнамернасць ушчыльнення бетоннай сумесі па аб'ёме. Менавіта таму ў дадатак да стацыянарных вібратораў выкарыстоўваюцца мабільныя глыбінныя, якія апускаюцца ў сумесь зверху. Праўда, існуе і яшчэ адзін

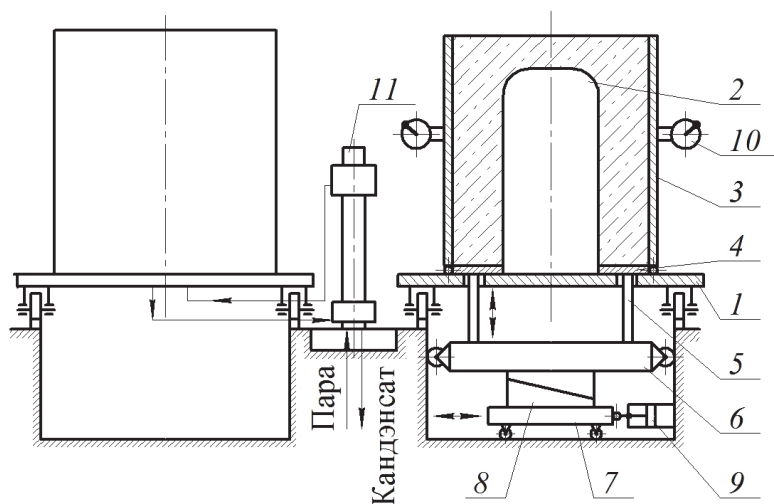
спосаб пазбаўлення ад укаванага недахопу. Ён заключаецца ў тым, што формы запаўняюцца бетоннай сумессю не зверху, калі захопліваецца пераважная частка паветра, а знізу з дапамогай бетонна-помпаў. У гэтым выпадку наогул можна абысціся без ушчыльнення. Другі недахоп абумоўлены вялікай працягласцю распалубкі і выемкі вырабаў па адным.

Нягледзячы на ўказаныя недахопы, касетныя ўстаноўкі даволі шырока выкарыстоўваюцца ў прамысловасці, і ў першую чаргу з-за прастаты – канструкцыйнай і тэхналагічнай.

3.7.3. Устаноўкі для фармавання аб'ёмна-блочных вырабаў

Аб'ёмна-блочнымі называюцца вырабы, якія фармуюцца, часцей за ўсё, у выглядзе каўпака з чатырма сценамі і столлю. У асобных выпадках могуць фармавацца каробчатыя канструкцыі толькі са сценамі. Да такіх вырабаў адносяцца сантэхкабіны, шахты ліфтоў і, канешне, блок-пакоі, калі фармуецца адразу цэлы пакой. І толькі падлога далучаецца ў час мантажу на будаўнічым аб'екце.

Першыя два віды вырабаў, як менш габарытныя, атрымліваюцца на карусельных фармавальных устаноўках (рыс. 3.82). Гэта своеасаблівая канвеерная лінія, дзе рэалізуецца аднайменная тэхналогія і на кожным месцы якой выконваецца адпаведная тэхналагічная аперацыя.



Рыс. 3.82. Карусельная фармавальная ўстаноўка

Устаноўка складаецца з паваротнай кальцавой платформы 1, якая абাপіраецца на хадавыя колы. Прывод павароту ажыццяўляецца

ад электрарухавіка праз рэдуктар і ланцуговую перадачу. Прычым ланцуг нацягнуты на зубчасты вянец самой платформы. Такім прыладам забяспечваецца вялікі перадавальны лік, і хуткасць платформы 1 складае ўсяго 0,1 м/с. На платформе ўстаноўлена сем форм. Кожная з іх уключае полы статычны асяродак 2, чатыры адкідныя барты 3, шарнірна злучаныя з платформай 1. У зазоры паміж асяродкам 2 і бартамі 3 на платформу свабодна без замацоўкі ўкладзена рамка 4.

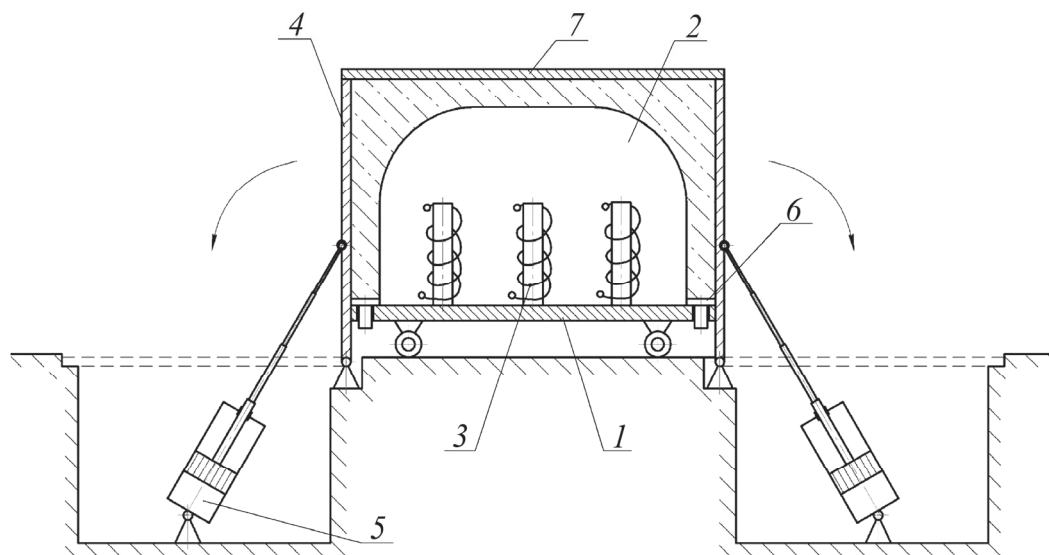
З пункту гледжання механікі найбольшую цікавасць уяўляе пост распалубкі. Ён уключае стойку 5, замацаваную на калясцы вертыкальнага ходу 6. Яна, у сваю чаргу, прыводзіцца ў рух каляскай гарызантальнага ходу 7 праз клінавы механізм 8. Рухавіком гэтых перамяшчэнняў з'яўляецца гідрацыліндр 9. Дадаткова на бартах кожнай формы ўстаноўлены вібратары 10. Па цэнтры ўстаноўкі размешчаны калектар 11 для падачы пары ў поласць асяродка 2 і зліву кандэнсату з яе.

Пасля з'ёму гатовага вырабу на асобным пасце праводзіцца ачыстка бартоў 3 і асяродка 2 ад рэшткаў бетону і іх змазка. Затым устанаўліваецца і фіксуецца арматурны каркас і закрываюцца барты 3. Платформа 1 паварочваецца на наступную пазіцыю, дзе пры інтэнсіўнай вібрацыі праводзіцца ўкладка бетоннай сумесі. На ўсіх далейшых пастах на працягу 8–10 гадз праводзіцца тэрмавільготная апрацоўка за кошт падачы пары ўнутр асяродка 2. Заключная пазіцыя (пост) прызначана для распалубкі і выемкі гатовага вырабу з формы. Для гэтага раскручваюцца замкі і барты адхіляюцца на 10–15°. Пры перамяшчэнні гідрацыліндра 9 і каляскі 7 клінавы механізм 8 падымае каляску 6 ўверх. Стойкі 5 уздзеінічаюць праз рамку 4 на сфармаваны выраб у выглядзе каўпака. Ён адрываецца ад асяродка на 190 мм. Гэтага дастаткова, каб з дапамогай крана цалкам дастаць выраб з формы. Пад'ёмны механізм пасля выканання сваёй функцыі вяртаецца ў зыходнае становішча. Цыкл працэсу фармавання паўтараецца. Прадукцыйнасць устаноўкі складае 15 вырабаў у суткі.

Перспектыўным напрамкам удасканалення карусельнай фармавальнай устаноўкі з'яўляецца далейшая механізацыя працэсу на асобных стадыях.

Блок-пакоі маюць значна большыя габарыты, чым, напрыклад, сантэхкабіны. Таму іх вырабляюць па агрэгатна-плыневай тэхналогіі, прычым нават з нейкімі элементамі стэндавай.

Аснову гэтай тэхналогіі (рыс. 3.83) складае мабільная платформа *1* на хадавых колах, на якой устаноўлены полы асяродак *2* з электраагрэвальнікам *3*. На першым пасце праводзяцца ачыстка і змазка асяродака і платформы, устаноўка арматурнага каркаса. Тут жа ўкладаецца ўцяпляльнік і нават манціруецца электраправодка. У такім выглядзе платформа *1* тросавым ці ланцуговым захопам перамяшчаецца на пост фармоўкі, які ўключае па два тарцовыя і бакавыя барты *4*. Тарцовыя барты *4* з дапамогай тэлескапічных гідрацыліндраў *5* паварочваюцца на 90° , і па іх платформа заязджае на ўпамянуты вышэй пост. Бакавыя барты ў гэты час зафіксаваны ў адхіленым на $10\text{--}15^\circ$ становішчы. Яны паварочваюцца на гэты невялікі вугал звычайнымі гідрацыліндрамі. На іх жа устаноўлены вібратары для ўшчыльнення бетоннай сумесі.



Рыс. 3.83. Устаноўка для фармавання блок-пакояў

Пасля ўстаноўкі платформы на пасце фармоўкі паварочваюцца гідрацыліндрамі і фіксуюцца ў вертыкальным становішчы ўсе чатыры барты. У выніку ўтвараецца своеасаблівая форма для прыёму бетоннай сумесі. Трэба зазначыць, што як і ў карусельнай устаноўцы, папярэдне на платформу ўкладваецца рухомая рама *б* са стрыжнямі знізу, роўная па шырыні таўшчыні сценкі фармуемага вырабу.

У падрыхтаваную форму пры інтэнсіўнай вібрацыі ўкладваецца бетонная сумесь. На сфармаваны каўпак зверху ўстанаўліваецца накрыўка *7*, і ўключаюцца электраагрэвальнікі *3*. За кошт нагрэву вадкасці, якую ўтрымлівае бетонная сумесь, выдзяляецца вадзяная

пара і ў замкнёнай прасторы пад накрыўкай 7 ажыццяўляецца тэрма-вільготная апрацоўка на працягу 12–24 гадз.

Па заканчэнні набору трываласці здымаецца накрыўка, адчыняюцца (паварочваюцца) усе барты і платформа са сфармаваным блок-пакоем перамяшчаецца на пост падрыву і з’ёму вырабу. Гэта два ці чатыры гідрацыліндры з поршнімі на штоках, якія ўздзейнічаюць праз стрыжні на рухомую рамку 6 і ажыццяўляюць адрыў каўпака ад асяродка 2. Заключная аперацыя ўсяго працэсу – з’ём блок-пакоя кранам і перамяшчэнне яго на пост аздобы.

З-за працяглай тэрмавільготнай апрацоўкі прадукцыйнасць тэхналагічнай лініі з адным фармавальным пастом – не больш за два блок-пакоі ў суткі. Таму ў вытворчасці выкарыстоўваецца некалькі такіх пастоў.

3.8. Абсталяванне для аздобы бетонных паверхняў

3.8.1. Спосабы аздобы паверхняў у заводскіх умовах

Асноўнай задачай пры выпуску бетонных і жалезабетонных вырабаў з’яўляецца атрыманне прадукцыі з максімальнай заводскай гатоўнасцю. На паверхні не дапускаюцца ракавіны, мясцовыя наплывы і ўвагнутасці. Так, напрыклад, пад паклейку шпалераў дапускаюцца ракавіны толькі дыяметрам не больш за 4 мм і глыбінёй да 3 мм. Наплывы і ўпадзіны наогул не дапускаюцца.

Па гэтай прычыне ў заводскіх умовах праводзіцца аздоба бетонных паверхняў. Існуе два напрамкі аздобы: да тэрмавільготнай апрацоўкі ў незацвярдзелым вырабе і пасля яго цвярдзення. Першы напрамак атрымаў большае распаўсюджанне, у першую чаргу з-за эканамічнай мэтазгоднасці. Незацвярдзелы выраб лёгка дэфармуецца, і ён апрацоўваецца з меншымі затратамі. Аднак пры жорсткіх патрабаваннях да паверхні жалезабетонных вырабаў фінішная апрацоўка праводзіцца пры канчатковым цвярдзенні.

Апрацоўка зацвярдзелых вырабаў абмежавана па тэхналагічным і канструкцыйным напавенні. Гэта, перш за ўсё, шліфоўка бетонных паверхняў, шпаклёўка і фарбоўка пасля грунтоўнай падрыхтоўкі.

Больш шырокі спектр спосабаў і тэхналагічнага абсталявання выкарыстоўваецца для апрацоўкі незацвярдзелых вырабаў. Да іх

адносяцца загладжванне бетонных паверхняў, прысыпка мармурападобнай крошчай, наклеяка керамічнай пліткі.

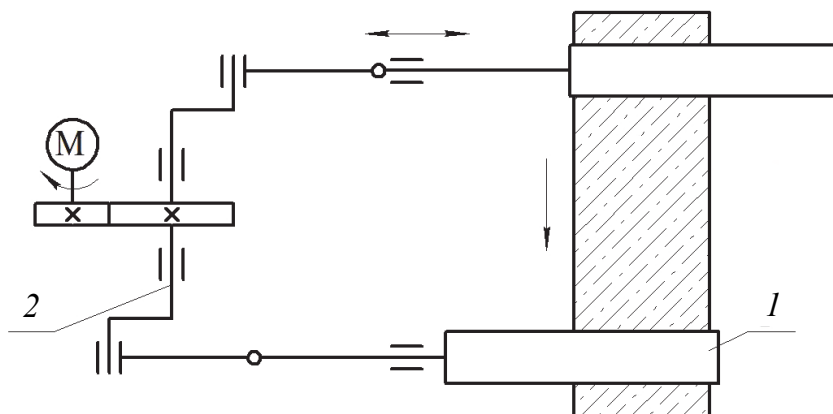
Керамічная плітка звычайна ўкладваецца на паддон формы, і зверху на яе наносіцца бетонная сумесь. Пры ўшчыльненні, а затым тэрмавільготнай апрацоўцы і цвярдзенні паміж бетонам і керамікай узнікаюць даволі трывалыя адгезійныя сувязі, што забяспечвае якасную аздабу паверхні. Трэба зазначыць, што гэты працэс даволі цяжка механізаваць. Таму ён не знайшоў шырокага выкарыстання ў прамысловасці і будаўніцтве.

Прысыпка мармурападобнай крошчай даволі прасты і добра механізаваны працэс. Яна раўнамерна дазіруецца з бункера на бетонную паверхню з дапамогай ячэйкавага сілкавальніка. Ён уяўляе сабой вярчальны барабан з падоўжнымі проразямі, выкананымі па размеры крошкі. Пасля прысыпкі яна прыкатваецца і ўціскаецца ў бетонны пласт валком. Недахопам такой аздабы можна лічыць не вельмі высокую якасць і эстэтычнасць паверхні.

Найбольш універсальным і шырока выкарыстоўваемым спосабам аздабы з'яўляецца загладжванне незацвярдзелых бетонных паверхняў.

3.8.2. Машины для загладжвання бетонных паверхняў

Машины для загладжвання бетонных паверхняў, у першую чаргу, можна класіфікаваць паводле віду рабочага органа. Па гэтай прыкмеце сярод іх можна вылучыць брусковыя (рэйкавыя), валковыя і дыскавыя. Рэйкавая загладжвальная машина (рыс. 3.84) звычайна ўключае адну ці дзве рэйкі 1, якія прыводзяцца ў зваротна-паступальныя рухі крывашыпным механізмам 2.

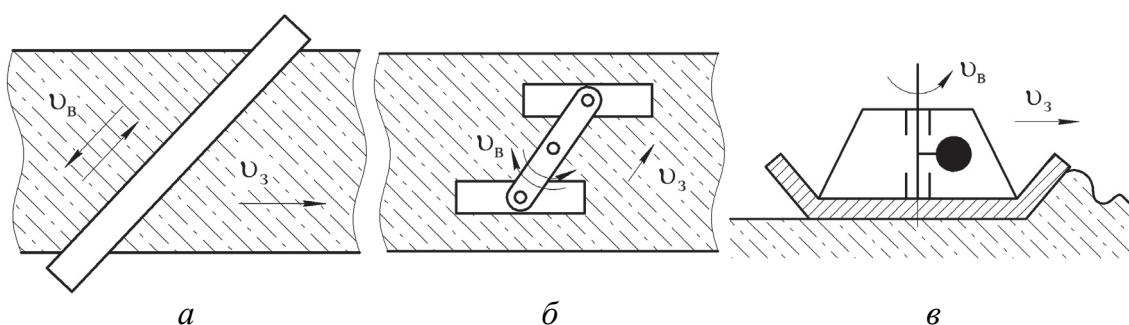


Рыс. 3.84. Схема рэйкавай загладжвальнай машины

Рэйкавыя машыны выкарыстоўваюцца для папярэдняга разраўноўвання і загладжвання пластычных бетонных сумесей. Шырыня рэйкі – да 200 мм, яе ход – да 350 мм. Колькасць двайных хадоў складае звычайна $0,25\text{--}1,25\text{ с}^{-1}$.

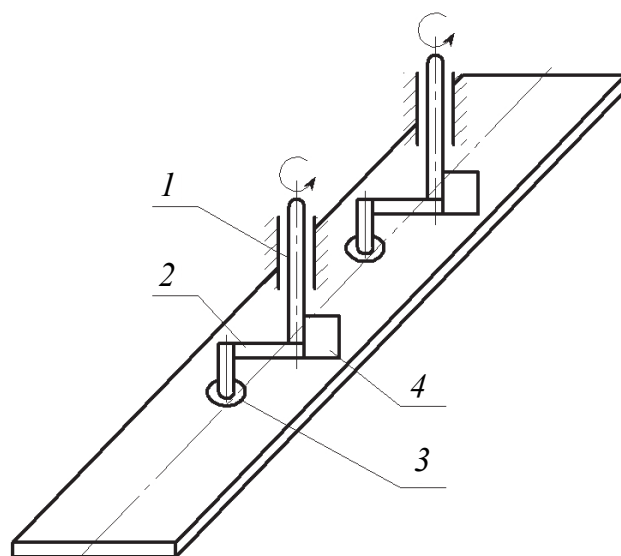
Павышэнне якасці загладжвання рэйкавым рабочым органам можа быць дасягнута некалькімі канструкцыйнымі прыёмамі (рыс. 3.85).

Першы з іх (рыс. 3.85, а) найбольш просты, ён заключаецца ва ўстаноўцы рэйкі пад вуглом да загладжвальнай паверхні. Такое тэхнічнае рашэнне садзейнічае павелічэнню загладжвальнай здольнасці рабочага органа, а адпаведна, павышэнню якасці працэсу загладжвання.



Рыс. 3.85. Мадыфікацыі рэйкавага загладжвальнага органа

Да такога ж выніку прыводзіць і наданне рэйкам дадатковага вярчальнага руху (рыс. 3.85, б). Прычым вярчэнне перадаецца ад прываднога вала 1 праз вадзіла 2 да падшыпнікавага вузла 3, устаноўленага на рэйцы (рыс. 3.86). Неўраўнаважанасць такога прываднога механізму кампенсуецца супрацьвагамі 4.

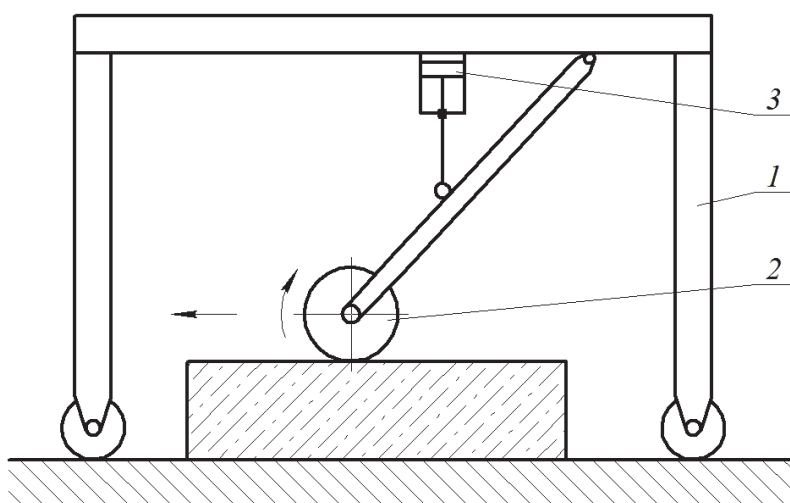


Рыс. 3.86. Рэйкавы загладжвальны рабочы орган з кругавымі рухамі

Далучэнне да загладжвальнай рэйкі вібратора (рыс. 3.85, в) пашырае функцыі рабочага органа. Ён не толькі загладжвае бетонную паверхню, але і дадаткова ўшчыльняе яе.

Машыны з валковым загладжвальным органам – гэта выключна агрэгаты партальнага тыпу (рыс. 3.87).

Яны ўключаюць рухомую металаканструкцыю (партал) 1 з прывадам перамяшчэння, загладжвальны валок 2 з прывадам яго вярчэння і прывад 3 прыціскання валка да апрацоўваемай паверхні. Гэты прывад можа быць механічны, гідраўлічны ці pneўматычны.

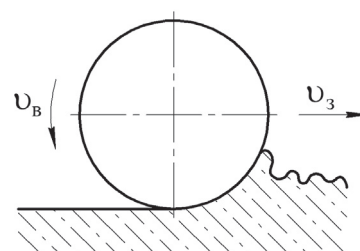


Рыс. 3.87. Схема валковай загладжвальнай машыны

Прынцыповае адрозненне валковай загладжвальнай машыны ад аналагічнай пракатнай, выкарыстоўваемай для ўшчыльнення бетоннай сумесі, заключаецца ў тым, што валок абавязкова павінен мець асобны прывад і круціцца ў процілеглы бок ад напрамку яго перамяшчэння (рыс. 3.88).

Валковы рабочы орган выкарыстоўваецца пераважна для загладжвання пластычных бетонных сумесей. Дыяметр валка – 100–400 мм. Часціня яго вярчэння 2,5–10,0 с^{-1} , а хуткасць перамяшчэння машыны (партала) – 0,02–0,08 м/с.

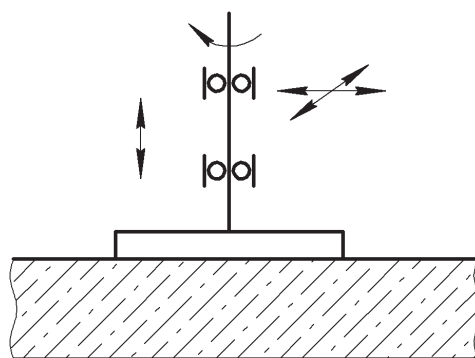
Як і для рэйкавай машыны, павышэнне якасці загладжвання магчыма пры ўстаноўцы валка пад вуглом да загладжвальнай паверхні і наданні яму дадатковай вібрацыі.



Рыс. 3.88. Напрамак руху загладжвальнага валка

Да недахопаў валковай машыны можна аднесці магчымую хвалістасць паверхні пры недастатковай жорсткасці сістэмы прыціскання валка. Акрамя таго, валок можа датыкацца да бартоў формы, і тады на яго паверхні з'яўляюцца задзіры, няроўнасці, якія пераходзяць затым на выраб.

Для загладжвання жорсткіх бетонных сумесей і канчатковай аздобы паверхняў выкарыстоўваюцца машыны з дыскавым загладжвальным органам. Гэта вярчальны дыск з прывадам, які ўстаўляецца на калясцы, перамяшчаемай па верхніх бэльках партала. Схема перамяшчэння загладжвальнага дыска паказана на рыс. 3.89.



Рыс. 3.89. Схема перамяшчэння загладжвальнага дыска

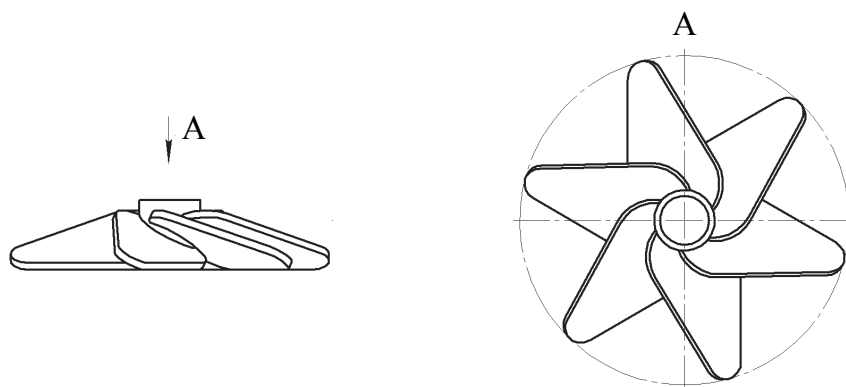
Такая кампаноўка машыны забяспечвае перамяшчэнне дыска ў двух узаемна перпендыкулярных напрамках. У дадатак ён яшчэ абсталяваны механізмам прыціскання да апрацоўваемай паверхні.

Дыяметр дыска залежыць ад размераў загладжальнай паверхні. Звычайна ў прамысловасці выкарыстоўваюцца дыскі дыяметрам 0,3–1,5 м, таўшчынёй 8–10 мм. Часціня вярчэння дыска ў узаемазвязана з дыяметрам і можа скла-

даць $3,0\text{--}12\text{ с}^{-1}$. Гэтая ўзаемасувязь вызначаецца максімальна магчымай акружнай хуткасцю дыска, якая абмяжоўваецца велічынёй 7–10 м/с. Яна, у сваю чаргу, залежыць ад жорсткасці бетоннай сумесі. Пры павелічэнні гэтай хуткасці дыск становіцца раскідальнікам, што прыводзіць да рэзкага пагаршэння якасці загладжвання.

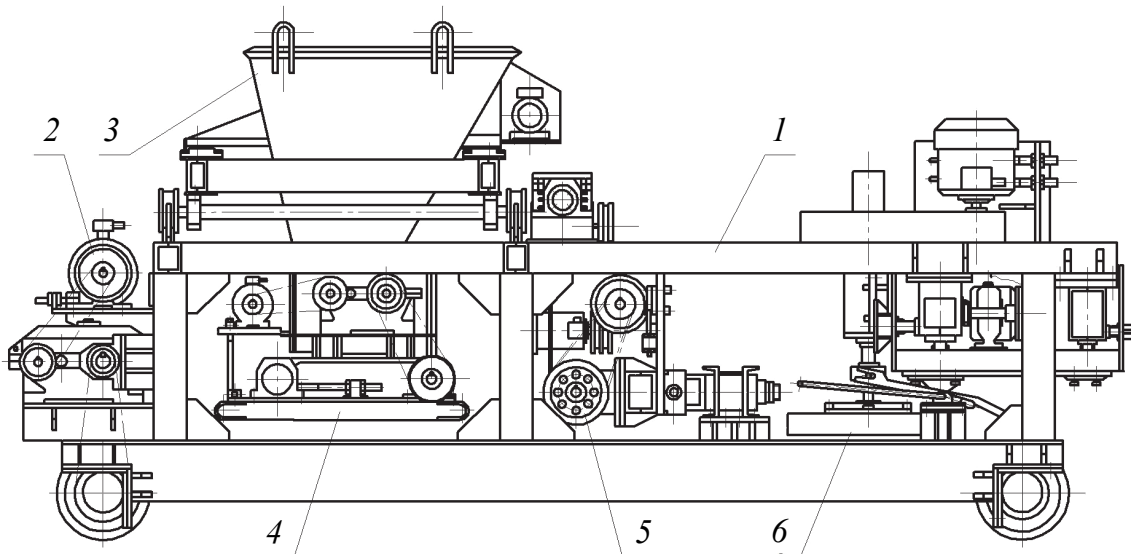
С хуткасцю вярчэння дыска ўскосна звязана хуткасць партала і каляскі. Іх сукупнасцю вызначаецца прадукцыйнасць загладжвальных машын. Так, хуткасць перамяшчэння каляскі складае 0,1–0,12 м/с, партала – крыху менш: 0,05–0,12 м/с. Ціск, з якім дыск прыціскаецца да паверхні, для ўсіх машын складае прыкладна каля 1,0 кПа.

У асобных выпадках замест дыска рабочы орган можа быць выкананы ў выглядзе лопасцей з тонкага гнуткага металу ці палімернага матэрыялу, размешчаных па акружнасці (рыс. 3.90).



Рыс. 3.90. Рабочы орган са зменнымі лопасцямі

Загладжвальныя машыны кожнага тыпу могуць быць сканструяваны і працаваць як асобныя адзінкі або аб'яднаны ў адзін камбінаваны агрэгат з некалькімі рабочымі органамі. У дадатак, напрыклад, у гэты агрэгат кампануецца яшчэ і бетонаўкладчык. Адзін з такіх агрэгатаў паказаны на рыс. 3.91.



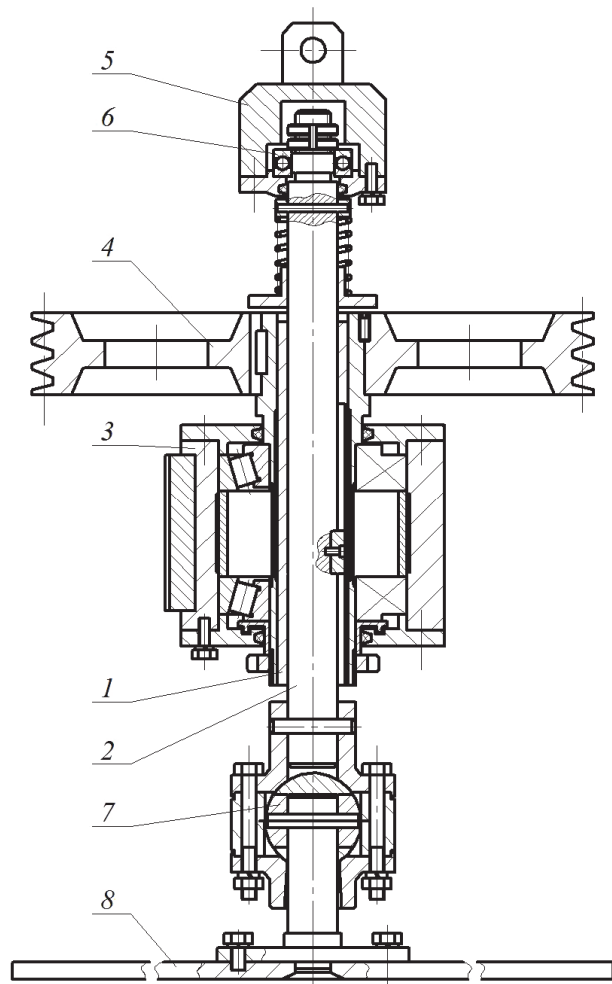
Рыс. 3.91. Камбінаваны загладжвальны агрэгат з бетонаўкладчыкам

Камбінаваны агрэгат уключае партал 1 з прывадам перамяшчэння 2, устаноўленым на ім бункерам 3 для бетоннай сумесі і сілкавальнікам 4 бетонаўкладчыка. На гэтым жа партале ўстаноўлены загладжвальны валок 5 з прывадам і дыскавы загладжвальны орган 6 з усімі прываднымі механізмамі, які прызначаны для канчатковай аздабы.

З усіх механізмаў загладжвальных машын, у тым ліку і прадстаўленай на рыс. 3.91, найбольш арыгінальным з'яўляецца вузел

загладжвальнага дыска. Ён павінен адначасова забяспечыць вярчэнне і незалежнае ад яго вертыкальнае перамяшчэнне.

У сваім развіцці гэты механізм прайшоў некалькі стадый. Спачатку восевае перамяшчэнне ажыццяўлялася з дапамогай вінта-



Рыс. 3.92. Вузел загладжвальнага дыска

вога механізму. Прычым падымаўся ўвесь вузел разам з прывадным рухавіком. Такое тэхнічнае рашэнне мела шмат недахопаў: вялікія нагрузкі на разьбовае злучэнне, высокія затраты магутнасці на пад'ём дыска, недастатковая жорсткасць усяго вузла. Далейшае ўдасканаленне заключалася ў раздзяленні вала на дзве часткі. Абедзве яны круцяцца, але адна з іх яшчэ можа перамяшчацца адносна другой у восевым напрамку. Менавіта такой сістэмай забяспечаны загладжвальны агрегат, паказаны на рыс. 3.92.

Вал дыска складаецца з дзвюх частак: вонкавай 1 і ўнутранай 2, якія злучаюцца шпонкай, але насаджаны адна на другую з гарантаваным зазорам па хадавой пасадцы.

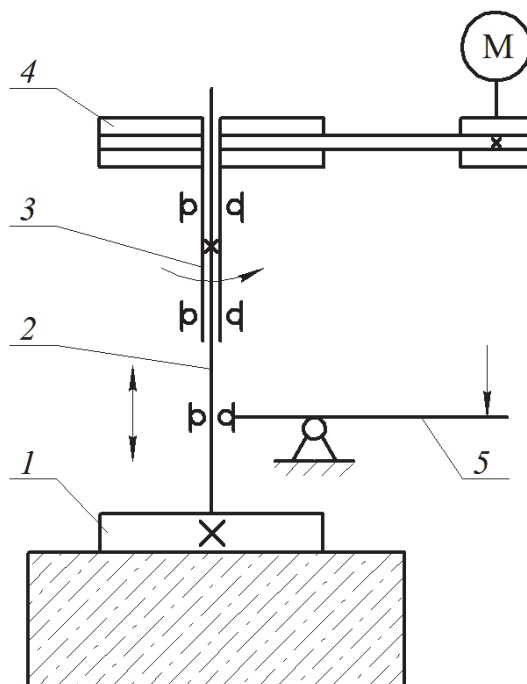
Валы ўстаноўлены ў падшыпніковым вузле 3, іх вярчэнне ажыццяўляецца клінараменнай перадачай праз шкіў 4. Восевае перамяшчэнне ўнутранай часткі вала адносна знешняй ажыццяўляецца з дапамогай пнеўмацыліндра, злучанага з правушынай нерухомага кажуха 5 упорнага падшыпніка 6. На ніжнім канцы ўнутранай часткі 2 вала праз сферычны шарнір 7 замацаваны загладжвальны дыск 8. Шарнір 7 дае магчымасць кампенсаваць непаралельнасць плоскасцей дыска і загладжваемай паверхні.

Далейшае ўдасканаленне загладжвальнага вузла заключалася ў замене шпоначнага злучэння дзвюх частак валоў на шліцавае і выкарыстанні ў сістэме пад'ёму дыска рычажнага механізму. Кінематычная схема такога механізму паказана на рыс. 3.93.

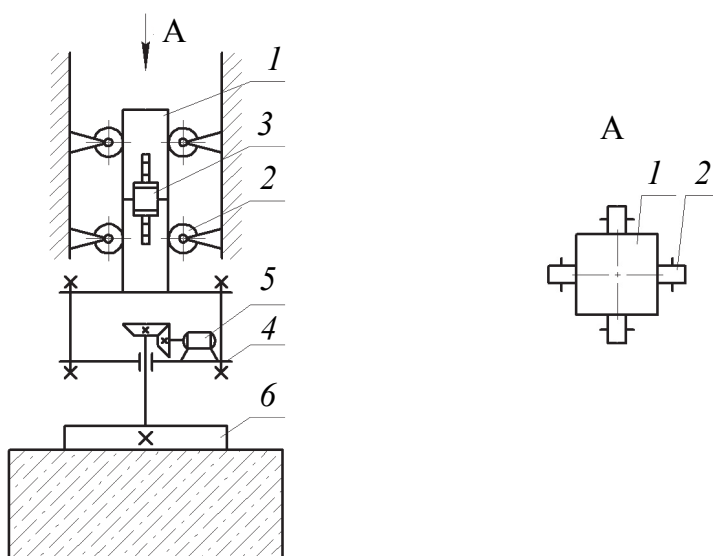
Загладжвальны диск *1* насаджаны на ўнутраную частку *2* шліцавага вала. На яго вонкавай частцы *3* ўстаноўлены шкіў *4* клінараменнай перадачы. Аб'яднаны шліцавы вал змешчаны ў падшыпнікавым вузле. Дадатковы падшыпнік унутраным кальцом пасаджаны на ўнутраную частку *2* вала, а яго вонкавае кальцо злучана з рычагам *5*. Пры ўздзеянні на рычаг любым вядомым спосабам адбываецца восевае перамяшчэнне дыска *1*. Такая кампановка загладжвальнага вузла забяспечвае яго большую жорсткасць, надзейнасць, кампактнасць і за кошт рычажнага механізма зніжае намяганне на перамяшчэнне і прыцісканне дыска да паверхні. Разам з тым вялікая даўжыня, выраб шліцавага вала, яго магчымы знос звязаны з дадатковымі цяжкасцямі. Таму ў замежных канструкцыях дыскавых загладжвальных машын прапанаваны іншы варыянт, які заключаецца ў раздзяленні функцый вярчэння і восевага перамяшчэння (рыс. 3.94). Больш за тое, дыскавы вузел тут становіцца значна карацейшым і для яго ўказаныя вышэй недахопы не маюць вялікага значэння.

Замест шліцавага вала ў дадзенай канструкцыі ўстаноўлены квадратны каробчаты стрыжань *1*, зафіксаваны паміж накіравальнымі ролікамі *2*. Вертыкальнае перамяшчэнне стрыжня ажыццяўляецца праз зубчастую рэйкавую перадачу *3*. Рэйка замацавана непасрэдна на адной з граней стрыжня. На яго ніжнім тарцы размешчана пляцоўка *4*, на якой устаноўлены прывад *5* загладжвальнага дыска *6*. Прапанаваны прывад загладжвальнага дыска больш танны і надзейны ў рабоце.

Жаданне павысіць якасць загладжвання бетонных паверхняў прывяло да ідэі ўскладнення траекторыі руху дыска, у прыватнасці пераходу да планетарнага руху. Схема прываду загладжвальнага дыска з такой канструкцыяй паказана на рыс. 3.95.

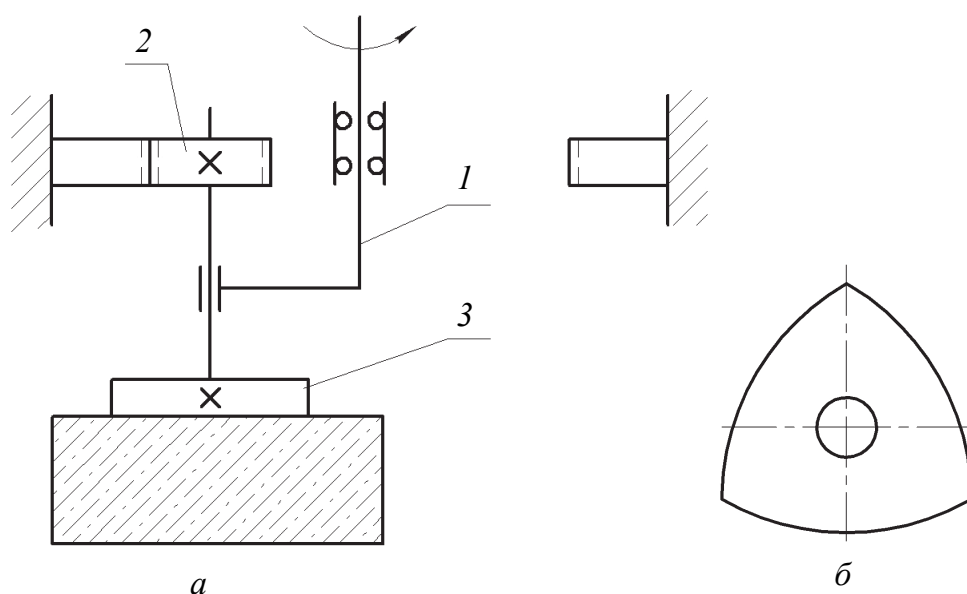


Рыс. 3.93. Кінематычная схема прываду вярчальнага дыска са шліцавым валам



Рыс. 3.94. Кінематычная схема прываду дыска з накіравальнымі ролікамі

Складаны вярчальны рух ажыццяўляецца праз вадзіла 1 шасцерні 2 з унутраным зачэпленнем да загладжвальнага дыска 3. Такі прывад нават з пункту гледжання тэорыі павінен забяспечыць больш высокую якасць загладжвання. Так, кожны пункт дыска са звычайным рухам пры вярчэнні без лінейнага перамяшчэння апісвае акружнасць. Пры паказаным на рыс. 3.95, а планетарным прывадзе такой лініяй будзе гіпацыклоіда. Пры роўнасці ўсіх геаметрычных параметраў яе даўжыня прыкладна ў чатыры разы большая за акружнасць, што з'яўляецца гарантыяй павышэння эфектыўнасці працэсу, які праводзіцца.



Рыс. 3.95. Кінематычная схема планетарнага прываду загладжвальнага дыска

Больш за тое, калі пры планетарным прывадзе замест круга паставіць дыск у выглядзе трохвугольніка Рэло (рыс. 3.95, б), то гэта дасць магчымасць амаль цалкам загладзіць паверхню прамавугольных вырабаў у вуглах формы.

Істотнай праблемай для рабочых органаў загладжвальных машын з'яўляецца абразіўны знос. Ён узнікае пры кантакце рээк, валкоў і дыскаў з вельмі абразіўным матэрыялам, у якасці якога выступае бетонная сумесь з буйным і дробным запаўняльнікам, цэментам і вадой. На абразіўны знос уплывае шмат фактараў, якія цяжка ўлічыць і, тым больш, апісаць іх аналітычна. Таму для разліку лінейнага зносу выкарыстоўваецца эмпірычная формула:

$$w = k_m p t J, \text{ м/с}, \quad (3.70)$$

дзе k_m – каэфіцыент, які ўлічвае ўплыў матэрыялу рабочага органа і склад бетоннай сумесі. Для сталых рабочых органаў у залежнасці ад жорсткасці бетоннай сумесі ён змяняецца ў межах $k_m = (6,4-9,3) \times 10^{-4}$; p – ціск рабочага органа, кПа; t – час яго напрацоўкі, гадз; J – загладжвальная здольнасць, м.

Даследаванні па зніжэнні абразіўнага зносу загладжвальных органаў развіваліся ў двух напрамках. Першы быў накіраваны на выкарыстанне для іх вырабу зносаўстойлівых металаў: адбеленага чыгуну, хромістых і марганцовістых сталей. Другі прадугледжваў пакрыццё паверхні кантакту металічнага рабочага органа зносаўстойлівымі палімерамі: гумай, поліўрэтанам, тэксталітам.

Урэшце рэшт шматгадовая эксплуатацыя паказала, што эканамічна мэтазгодна вырабляць загладжвальныя рабочыя органы з вугляродзістых канструкцыйных сталей, якія значна таннейшыя. А ў межах любога рамонтна-механічнага цэха можна арганізаваць іх выраб з наступнай лёгкай і хуткай заменай непасрэдна на месцы эксплуатацыі.

3.8.3. Характарыстыка якасці загладжвання

Якасць загладжвання характарызуецца шурпатасцю паверхні пасля яго правядзення. Шурпатасць, як і пры апрацоўцы металаў, вызначаецца вышынёй няроўнасцей.

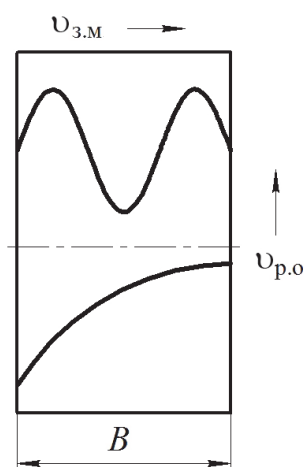
Праўда, у дадзеным выпадку з-за асаблівасцей апрацоўваемай паверхні гэта вышыня значна большая. У залежнасці ад яе шурпатасць падзяляецца на чатыры класы (табл. 3.3).

Клас шурпатасці залежыць ад эфектыўнасці ўздзеяння адпаведнага рабочага органа на апрацоўваемую паверхню.

Табліца 3.3

Класы шурпатасці бетонных паверхняў

Клас шурпатасці	Вышыня няроўнасці, мм
1-ш	2,5–5,0
2-ш	1,2–3,5
3-ш	0,6–1,2
4-ш	0,3–0,6



Рыс. 3.96. Імітацыя
загладжвальнай
здольнасці
на рабочым органе

Эфектыўнасць уздзеяння рабочага органа на загладжвальную паверхню ацэньваецца загладжвальнай здольнасцю. Гэта даўжыня лініі, па якой рабочы орган уздзейнічае на кожную элементарную пляцоўку паверхні. У прынцыпе, сказанае эквівалентна і адваротнаму працэсу – уздзеянню кожнай элементарнай пляцоўкі на рабочы орган. Такая фармуліроўка дае магчымасць прасцей вызначыць эксперыментальна загладжвальную здольнасць. Для гэтага можна імітаваць у якасці элементарнай пляцоўкі аловак, кавалак крэйд, зафіксаваны ў бетоннай сумесі. Прапусціўшы над ім рабочы орган з наклеенай на ім паперай, атрымаем след элементарнай пляцоўкі ў выглядзе лініі. Даўжыня лініі, якая вызначаецца аналітычна, і будзе загладжвальнай здольнасцю. У якасці прыкладу паказаны ўзоры такіх ліній, якія могуць застацца на загладжвальнай рэйцы (рыс. 3.96).

Калі прыняць, што загладжванне праводзіцца пры нязменнай хуткасці рабочага органа $v_{р.о}$, то хуткасць перамяшчэння загладжвальнай машыны $v_{3.м}$ для верхняй лініі значна меншая, чым для ніжняй. Адсюль відавочна, што даўжыня лініі і, адпаведна, загладжвальная здольнасць прама прапарцыянальная хуткасці руху рабочага органа і адваротна прапарцыянальная хуткасці перамяшчэння загладжвальнай машыны:

$$J = \Gamma \frac{v_{р.о}}{v_{3.м}}, \text{ м}, \quad (3.71)$$

дзе Γ – геаметрычны крытэры.

Для дыска геаметрычным крытэрыем з'яўляецца яго радыус $\Gamma_d = R$, для рэйкі – шырыня $\Gamma_p = B$. Для загладжвальнага валка – гэта аналаг шырыні (рыс. 3.97).

Ён вызначаецца з геаметрычных суадносін:

$$B = \sqrt{R^2 - (R - a)^2} = \sqrt{R^2 - R^2 + 2aR - a^2}. \quad (3.72)$$

Паколькі $a \leq R$, то можна лічыць, што

$$B = \sqrt{2aR} = \sqrt{Da}. \quad (3.73)$$

Такім чынам, загладжвальная здольнасць для дыска

$$J_d = R \frac{v_d}{v_3}; \quad (3.74)$$

рэйкі

$$J_p = B \frac{v_p}{v_3}; \quad (3.75)$$

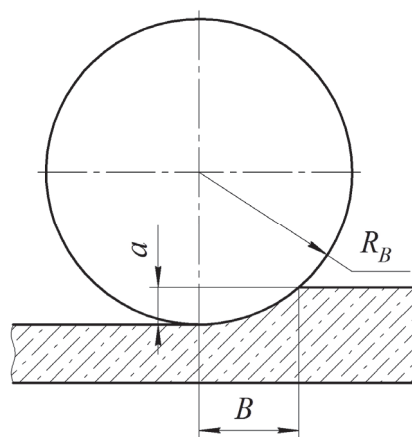
валка

$$J_b = \sqrt{Da} \cdot \frac{v_b}{v_3}. \quad (3.76)$$

З апісання канструкцый загладжвальных машын з рознымі рабочымі органамі бачна, што геаметрычныя размеры дыска значна большыя, чым рэйкі і валка, хуткасць вярчэння яго таксама большая. Таму ён мае найбольшую загладжвальную здольнасць і выкарыстоўваецца для канчатковай аздобы бетонных паверхняў.

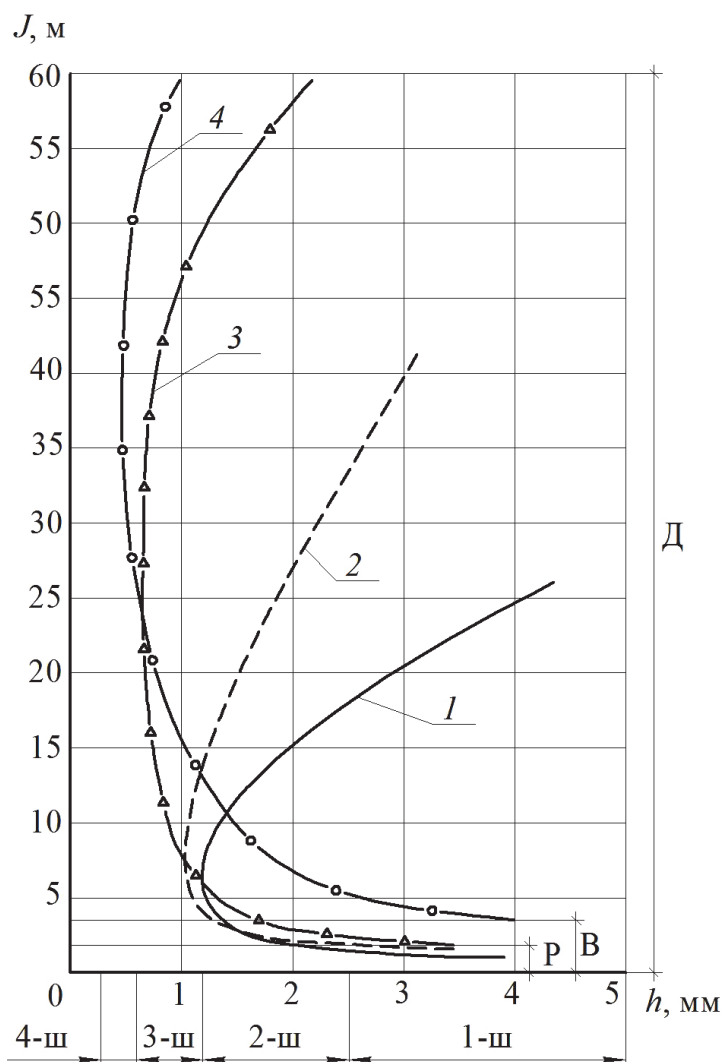
Асобнымі даследаваннямі ўстаноўлена ўзаемасувязь паміж якасцю загладжвання бетонных паверхняў і загладжальнай здольнасцю рабочых органаў машын (рыс. 3.98).

На прадстаўленым графіку паказана змяненне шурпатасці паверхні, характарызуемай вышынёй няроўнасцей h , мм, ад загладжальнай здольнасці J , м, пры рознай жорсткасці сумесі, якая павялічваецца ад $ж = 15$ с



Рыс. 3.97. Схема вызначэння геаметрычнага крытэрыя загладжвальнага валка

да $j = 95$ с. Тут жа на гарызантальнай восі адкладзены дыяпазоны, якія адпавядаюць класам шурпатасці ад 1-ш да 4-ш.



Рыс. 3.98. Залежнасць шурпатасці бетоннай паверхні ад загладжвальнай здольнасці пры рознай жорсткасці сумесі:

1 – $j = 15$ с; 2 – $j = 35$ с; 3 – $j = 65$ с; 4 – $j = 95$ с

Па гэтым графіку можна ў адпаведнасці з жорсткасцю сумесі і патрабуемым класам шурпатасці падобраць рабочы орган. Напрыклад, калі загладжвальная здольнасць рэйкі (Р) $J_p \leq 1,5$ м, то яна можа выкарыстоўвацца для загладжвання толькі пластычных сумесей з невялікай жорсткасцю. Вярчальны валок (В) пры $J_v \leq 3$ м прыгодны для сумесей малой і сярэдняй жорсткасці. Прычым клас шурпатасці знаходзіцца ў межах класаў 2-ш і 3-ш. І толькі дыскавы (Д) загладжвальны орган, у якога загладжвальная здольнасць можа дасягаць $J_d = 60$ м, здольны апрацоўваць жорсткія бетонныя сумесі з $j = 65-94$ с для класаў 3-ш і 4-ш.

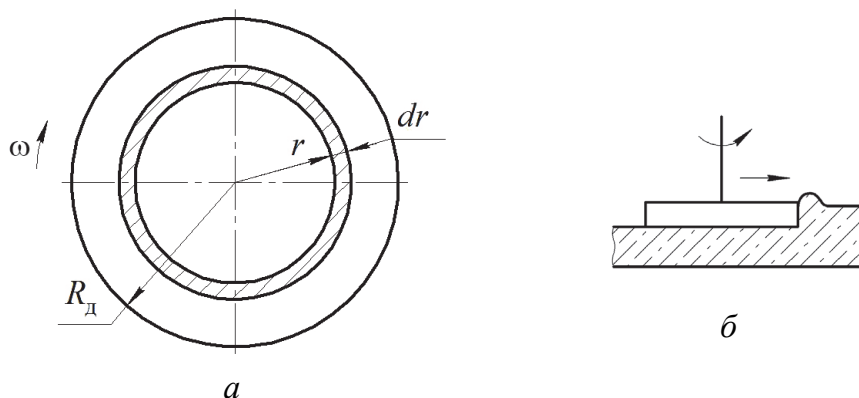
3.8.4. Разлік магутнасці прываду загладжальных рабочых органаў

Пачынаючы складаць разліковыя залежнасці для вызначэння магутнасці, трэба прааналізаваць, што перашкаджае рухацца рабочаму органу. У дачыненні да загладжвальнага, канешне, гэта сіла трэння яго аб бетонную сумесь. Пасля такога аналізу можна прыступаць да распрацоўкі агульнага падыходу, сфармуляванага ў пачатку першай часткі вучэбнага дапаможніка.

Згодна з ім, магутнасць на прывядзенне ў рух вярчальнага рабочага органа $N = M\omega$, дзе M – вярчальны момант; ω – вуглавая хуткасць. Для дыскавага загладжвальнага органа з сілай трэння F_T у якасці асноўнага супраціўлення руху

$$N = F_T r \omega. \quad (3.77)$$

Як і для любога вярчальнага органа, напрыклад цэнтрыфугі, у формуле (3.77) фігуруе бягучы радыус r . У гэтым выпадку па аналогіі з той жа цэнтрыфугай пяройдзем на элементарны ўзровень і складзём разліковую формулу для элементарнага ўчастка dr (рыс. 3.99).



Рыс. 3.99. Схема для разліку магутнасці прываду загладжвальнага дыска:
а – для плоскасці дыска; б – для бакавой паверхні

Магутнасць для элементарнага ўчастка (рыс. 3.98, а)

$$dN = dF_T r \omega. \quad (3.78)$$

Сіла трэння для яго

$$dF_T = f dF, \quad (3.79)$$

дзе f – каэфіцыент трэння дыска па сумесі; F – сіла ціску яго на сумесь.

Яна роўна

$$dF = p dS = p 2\pi r dr, \quad (3.80)$$

дзе dS – плошча элементарнага кальца.

З улікам (3.79) і (3.80) формула для магутнасці (3.78) прыме выгляд

$$dN = 2\pi p f \omega r^2 dr. \quad (3.81)$$

Магутнасць, затрачваемая на вярчэнне ўсяго дыска,

$$N = \int_0^R dN = 2\pi p f \omega \int_0^R r^2 dr. \quad (3.82)$$

Інтэграванне выразу (3.82) дазваляе атрымаць формулу для магутнасці, якая затрачваецца на трэнне плоскасці дыска:

$$N = \frac{2\pi}{3} p f \omega R^3. \quad (3.83)$$

Аднак дыск пры лінейным перамяшчэнні ўспрымае яшчэ і бакавое трэнне ўтвараемай перад ім своеасаблівай хвалі з бетоннай сумесі. Улічыць чыста аналітычна яго даволі складана. Таму затраты магутнасці на пераадоленне гэтага трэння ўлічваюцца эмпірычным каэфіцыентам хвалі: $k_x = 1,10-1,15$.

Канчатковая формула для разліку магутнасці на вярчэнне загладжвальнага дыска прыме выгляд

$$N_d = \frac{2\pi}{3} p f \omega R^3 k_x. \quad (3.84)$$

Для загладжвальнай рэйкі пры яе лінейным руху ўсё значна прасцей:

$$N = F_T v = f p S v. \quad (3.85)$$

З улікам таго, што плошча кантакту рэйкі з сумессю $S = BL$, дзе L – яе даўжыня і каэфіцыент хвалі k_x ,

$$N_p = f p B L v k_x. \quad (3.86)$$

Лінейная хуткасць рэйкі пры гэтым $v = \delta n$, дзе δ – ход рэйкі; n – колькасць дваіных хадоў у адзінку часу.

Падобная формула выкарыстоўваецца для валковага рабочага органа, у якой шырыня замяняецца на яе аналаг $\sqrt{Da}$ (3.73):

$$N_B = fp\sqrt{DaL}vk_x. \quad (3.87)$$

У гэтым выпадку лінейная акружная хуткасць валка $v = \omega R$, R – радыус валка.

Пры разліках магутнасці, затрачываемай на перамяшчэнне рабочага органа, можна ў сярэднім прымаць значэнне ціску $p = 1$ кПа, а каэфіцыента трэння $f = 0,7$.

Магутнасць, якая затрачваецца на перамяшчэнне каляскі і партала, разлічваецца па методыках, выкарыстоўваемых для тыповых пад’ёмна-транспартных машын, яна прадубліравана намі пры разліку арматурна-намотачнай машыны.

3.8.5. Машыны для канчатковай аздобы бетонных паверхняў

Пры павышаных патрабаваннях да якасці бетонных паверхняў, напрыклад унутраных паверхняў сценавых панэлей, патрабуецца дадатковая фінішная апрацоўка.

Гэтая канчатковая аздоба звычайна праводзіцца на зацвярдзелых вырабах. Да яе адносяцца шпаклёўка і шліфоўка. Абагульняючым для ўказаных двух працэсаў з’яўляецца від рабочага органа. Гэта дыск, на якім у першым выпадку замацаваны шпатэлі, у другім – шліфавальныя брускі. Дыскавы рабочы орган, як і ў аналагічнай загладжвальнай машыне, перамяшчаецца лінейна ў двух узаемна перпендыкулярных напрамках.

Шпаклёўка панэлей праводзіцца ў іх вертыкальным стане на спецыяльным канвееры і асобным посце, дзе ўстаноўлены шпаклявальны аграгат (рыс. 3.100).

Аграгат для аздобы панэлей уяўляе сабой рухомую раму 1 з прывадам 2 у верхняй частцы. Рама размешчана вертыкальна і абпіраецца хадавымі коламі на рэйкі, устаноўленыя паралельна апрацоўваемай паверхні. Такая канструкцыя забяспечвае магчымасць перамяшчацца ўздоўж вырабу. На раме 1 зманціравана карэтка 3, якая можа перамяшчацца ў цыліндрычных накіравальніках у вертыкальным напрамку, перпендыкулярна асноўнаму перамяшчэнню рамы 1. Прывад тут можа быць ланцуговы, вінтавы і нават гідраўлічны. На карэтцы ўстаноўлена зацірачная галоўка 4 з прывадам яе вярчэння. Яна выканана па прынцыпе дыскавага загладжвальнага аграгата. Толькі на яе нясучым каркасе замацаваны чатыры металічныя гнуткія шпатэлі. Зацірачная галоўка 4 можа перамяшчацца ў напрамку, перпендыкулярным руху рамы 1 і карэткі 3. Гэты рух

ажыццяўляецца з дапамогай пнеўмацыліндра. У выніку зацірачная галоўка падводзіцца да вырабу або адводзіцца ад яго. На кранштэйнах, прывараных да карэткі, устаноўлена прылада для падачы шпаклёўкі 5, якая ўключае ёмістасць і помпу. Шпаклёўка праз фарсунку 6 падаецца непасрэдна ў зону зацірачнай галоўкі 4.

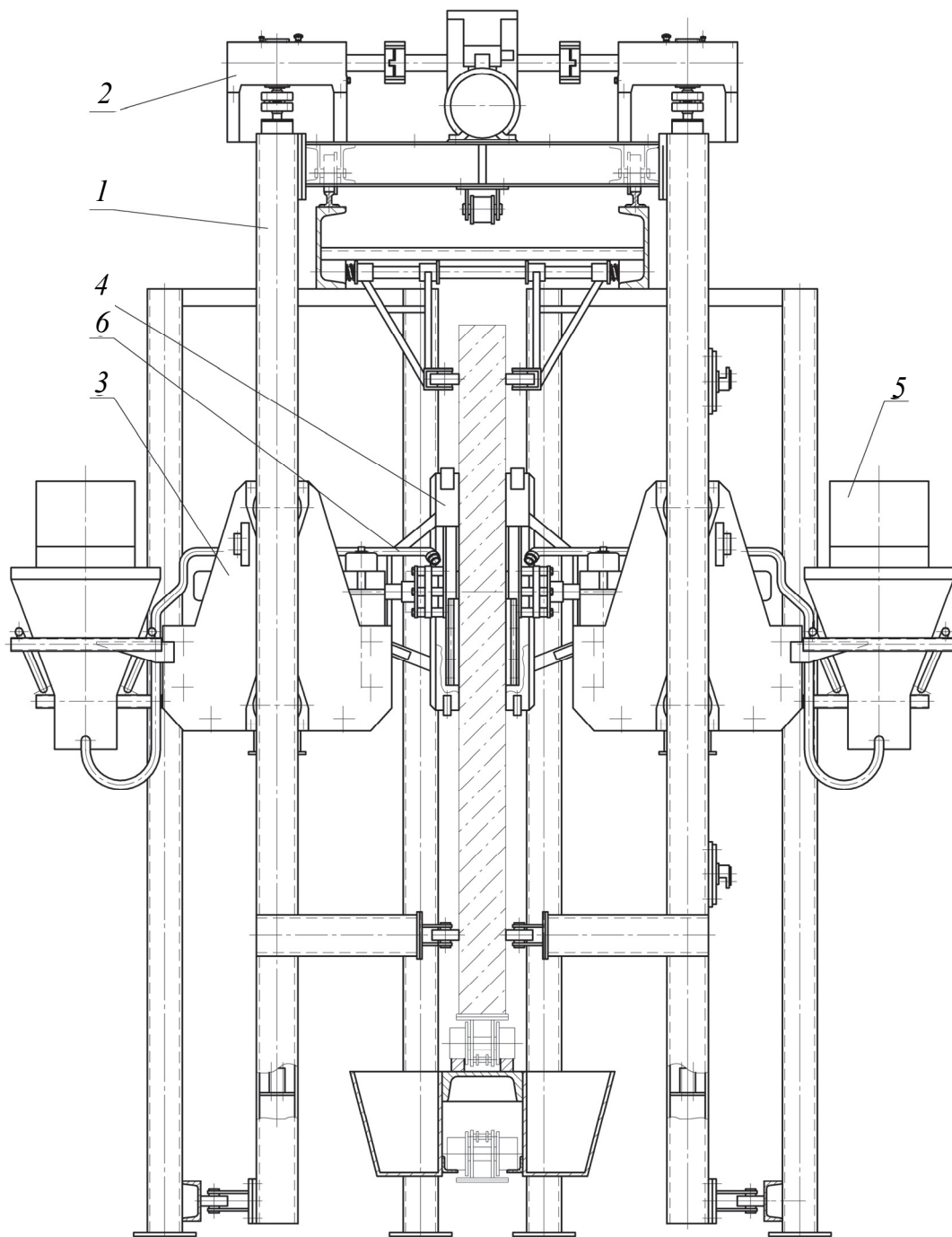


Рис. 3.100. Агрэгат для шпаклёўкі

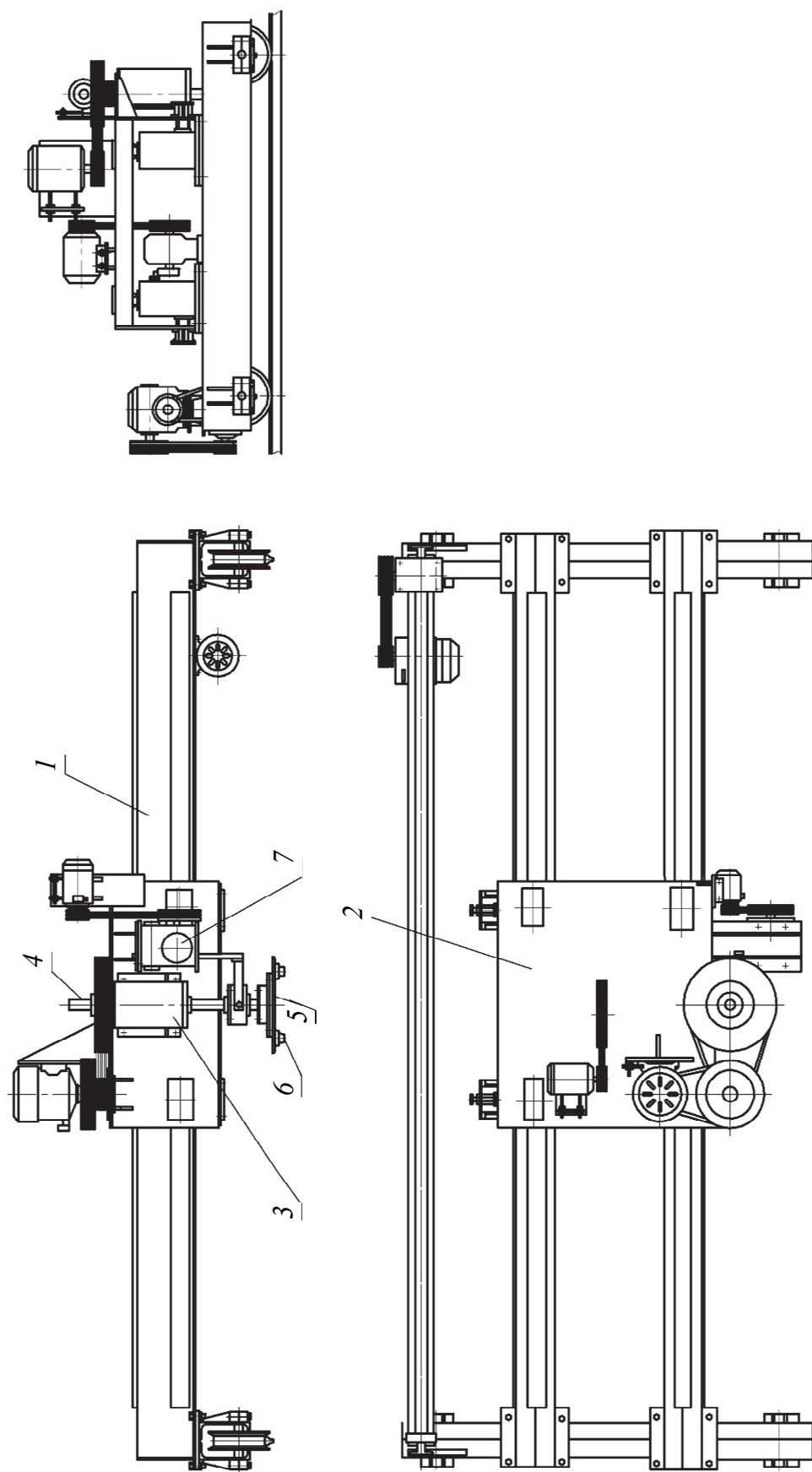


Рис. 3.101. Агрэгат для шліфоўкі зацвярдзелых бетонных вырабаў

У зыходным становішчы карэтка 3 з зацірачнай галоўкай 4 размяшчаецца ў адным з верхніх вуглоў шпаклюемай панэлі. Рабочы цыкл агрэгата пачынаецца з уключэння прываду вярчэння зацірачнай галоўкі 4 і падвядзення яе пнеўмацыліндрамі да вырабу. Затым уключаецца прылада 5 для падачы шпаклёўкі ў зону галоўкі 4 і пачынаецца працэс нанясення яе пласта на панэлі. Рухомая рама 1 перамяшчаецца да процілеглага краю панэлі, і так паслядоўна палосамі наносіцца шпаклёўка і загладжваецца ўся яе паверхня, прычым з двух бакоў.

Да канчатковай аздобы можна аднесці і шліфоўку зацвярдзелых бетонных вырабаў. Яна таксама праводзіцца з дапамогай агрэгатаў дыскавага тыпу.

Шліфавальная машына (рыс. 3.101, гл. с. 193) уключае партал 1, у накіравальніках якога перамяшчаюцца ролікі карэтка 2. Партал і карэтка забяспечваюць рух рабочага органа ў двух узаемна перпендыкулярных напрамках. На карэтку замацаваны рабочы орган, які выкананы па аналогіі з загладжвальным вузлом аднайменнай дыскавай машыны (рыс. 3.92). Ён уключае падшыпнікавы вузел 3, шліцавы вал 4 і дыск 5. Прынцыповае адрозненне мае вярчальны дыск, які ў дадзеным выпадку называецца шліфавальнай галоўкай. На яго рабочай паверхні з дапамогай балтавога злучэння замацаваны алмазныя брускі 6, якія і ажыццяўляюць непасрэдна шліфоўку бетоннай паверхні. Механізм вертыкальнага перамяшчэння 7 шліфавальнай галоўкі можа быць забяспечаны механічным, як паказана на рыс. 3.101, або гідраўлічным (пнеўматычным) прывадам. Усе астатнія механізмы шліфавальнай машыны таксама маюць механічны прывод з электрарухавікамі, рэдуктарамі, раменнымі (ланцуговымі) перадачамі.

Дарэчы, удасканальванне прываду асобных механізмаў можа стаць адным з асноўных напрамкаў мадэрнізацыі шліфавальнай машыны.

Вучэбнае выданне

*Вайцяховіч Пётр Яўгеньевіч
Францкевіч Віталій Станіслававіч
Грэбянчук Павел Сяргеевіч
Бароўскі Дзяніс Мікалаевіч*

***МАШЫНЫ І АБСТАЛЯВАННЕ
ПРАДПРЫЕМСТВАЎ
БУДАЎНІЧЫХ МАТЭРЫЯЛАЎ***

У 2-х частках

***Ч. 2. Спецыяльныя машыны
і абсталяванне***

У 2-х кнігах

Кніга 1

Вучэбны дапаможнік

Рэдактар *Р. М. Рабая*
Камп'ютарная вёрстка *Д. С. Жых*
Дызайн вокладкі *П. П. Падалец*
Карэктар *Р. М. Рабая*

Падпісана да друку 18.03.2021. Фармат 60×84^{1/16}.
Папера афсетная. Гарнітура Таймс. Друк рызаграфічны.
Ум. друк. арк. 11,3. Ул.-выд. арк. 10,5.
Тыраж 150 экз. Заказ .

Выдавец і паліграфічнае выкананне:
УА «Беларускі дзяржаўны тэхналагічны ўніверсітэт».
Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца,
вытворцы, распаўсюдніка друкаваных выданняў
№ 1/227 ад 20.03.2014.
Вул. Свядлова, 13а, 220006, г. Мінск.