

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**О. В. ЯКИМЕНКО**

**ПРОЕКТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ  
З ВИРОБНИЦТВА БУДІВЕЛЬНОЇ КЕРАМІКИ**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

*(для студентів 6 курсу денної форми навчання  
освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр-науковець»  
галузі знань 19 – Архітектура та будівництво  
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

**Харків  
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова  
2019**

**Якименко О. В.** Проектування підприємств з виробництва будівельної кераміки : конспект лекцій для студентів 6 курсу денної форми навчання освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр-науковець» галузі знань 19 – Архітектура та будівництво, спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія / О. В. Якименко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва. ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 122 с.

Автор канд. екон. наук, доц. О. В. Якименко

Рецензент канд. техн. наук, доц. Н. Г. Морковська

*Рекомендовано кафедрою технології будівельного виробництва та будівельних матеріалів, протокол № 1 від 29.08. 2019.*

## ЗМІСТ

Вступ .....	5
Лекція 1 Загальні відомості .....	7
1.1 Види керамічних виробів .....	7
1.2 Сировинні матеріали та добавки .....	9
Лекція 2 Загальні методи виготовлення керамічних виробів .....	16
2.1 Видобуток, транспортування й складування глинястої сировини .....	16
2.2 Підготування формувальних мас .....	21
2.3 Формування виробів .....	34
2.4 Сушіння й випалювання .....	38
2.5 Декорування виробів .....	42
Лекція 3 Засади проектування підприємств із виготовлення керамічних виробів .....	44
3.1 Компонувальні рішення заводів із виготовлення керамічних виробів .....	44
3.2 Розроблення генеральних планів .....	50
Лекція 4 Проектування підприємств із виготовлення цегли .....	54
4.1 Компоненти формувальних сумішей .....	54
4.2 Вихідні дані для проектування цегляного заводу .....	56
4.3 Технологічні рішення .....	57
4.4 Складське господарство цегляних заводів .....	61
4.5 Компонувальні рішення виготовлення керамічної цегли .....	62
4.6 Технологічне обладнання для цегельних заводів .....	64
4.7 Різновиди цегляних заводів .....	68
Лекція 5 Проектування підприємств із виготовлення черепиці .....	78
5.1 Загальні відомості .....	78
5.2 Проектування підприємств із виготовлення черепиці .....	79
Лекція 6 Проектування підприємств із виготовлення керамічної плитки .....	86
6.1 Загальні відомості .....	86
6.2 Способи підготування формувальної маси .....	88
ЛЕКЦІЯ 7 Проектування підприємств з виробництва санітарно-будівельних виробів .....	94
7.1 Характеристики санітарно-будівельних виробів .....	94
7.2 Сировинні матеріали .....	95
7.3 Приготування формувальних мас і формування виробів .....	96
7.4 Сушіння, глазурування й випалювання виробів .....	103

Лекція 8	Проектування підприємств із виготовлення	
	керамічних труб .....	106
8.1	Дренажні труби .....	106
8.2	Каналізаційні труби .....	110
8.3	Виготовлення пічних кахлів .....	116
8.4	Виготовлення клінкеру .....	119
Список	рекомендованих джерел .....	122

Зморшки – це просто вказівка на те місце, де часто буває посмішка.

**Марк Твен**

Виберіть собі роботу до душі, і вам не доведеться працювати жодного дня у своєму житті.

**Конфуцій**

Якщо людина хоче сама керувати своїм життям, то повинна вміти справлятися сама зі своїми проблемами.

**Стівен Кінг**

## **ВСТУП**

На сьогодні у сучасному будівництві широко використовуються керамічні вироби різного призначення, що різняться за видом сировини й методами виробництва в збірному й монолітному зведенні будівель і споруд.

Мета курсу – підготувати студентів до професійної діяльності як інженерів-технологів підприємств із виготовлення керамічних матеріалів і виробів. Студенти повинні володіти навичками роботи з проектною документацією, виконувати технологічні планування, пов'язуючи їх із типовими конструкціями будівель і споруд; знати й вміти використовувати санітарні норми та правила, норми технологічного проектування; скласти уявлення про стадії проектування, види проектів, їх склад, основні типи застосовуваних будівельних конструкцій і елементів.

Завдання курсу «Проектування підприємств з виробництва будівельної кераміки» – вивчення будови, принципу дії базового й допоміжного технологічного обладнання; ознайомитися із засадами технологічних і конструктивних розрахунків типового обладнання; засвоїти навички інженерного проектування підприємств керамічної промисловості та підготуватися до виконання магістерської роботи, що забезпечує розроблення технологічних планувань у поєднанні з елементами конструкцій промислових будівель із урахуванням найповнішого використання вітчизняної та зарубіжної техніки, прогресивних технологічних процесів.

Студенти також повинні ознайомитися із засадами чинних норм і правил промислового проектування, прийнятих у галузі, щодо проведення технологічних розрахунків, розставлення базового й допоміжного обладнання, що забезпечує проведення необхідних процесів і операцій; засобами механізації для транспортування сировини, напівфабрикатів і готової продукції; правилами складування сировини й напівфабрикатів; правилами виконання планів і розрізів промислових будівель, а також генеральними планами підприємств.

Вивчивши курс, студенти повинні знати базові конструкції технологічного обладнання, що використовується для подрібнення, сортування і збагачення сировинних матеріалів, дозування, змішування, пиловловлення та газоочищення, формування керамічних виробів; володіти методикою розрахунку й уміти критично оцінити отримані результати; правильно підбирати обладнання з урахуванням властивостей вихідних матеріалів і вимог щодо готових виробів.

## Лекція 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

### 1.1 Види керамічних виробів

До керамічних виробів, що застосовуються в будівництві, належать:

- стінні – глиняна цегла й керамічні камені та панелі з них;
- покрівельні – черепиця;
- облицювальні – лицьова цегла, кахель, облицювальна плитка для внутрішніх робіт, фасадна й наземна плитки (рис. 1.1), архітектурно-художні деталі;
- вироби для перекриттів – пустотілі камені, блоки й панелі з пустотілих каменів;
- дорожні – чотириклинкерна цегла й плитка;
- вироби для підземних комунікацій – каналізаційні та дренажні труби;
- санітарно-будівельні – умивальники, унітази, біде, ванни;
- теплоізоляційні – ніздрювата кераміка, перлітокераміка, діатомітові, шамотні легковаги.

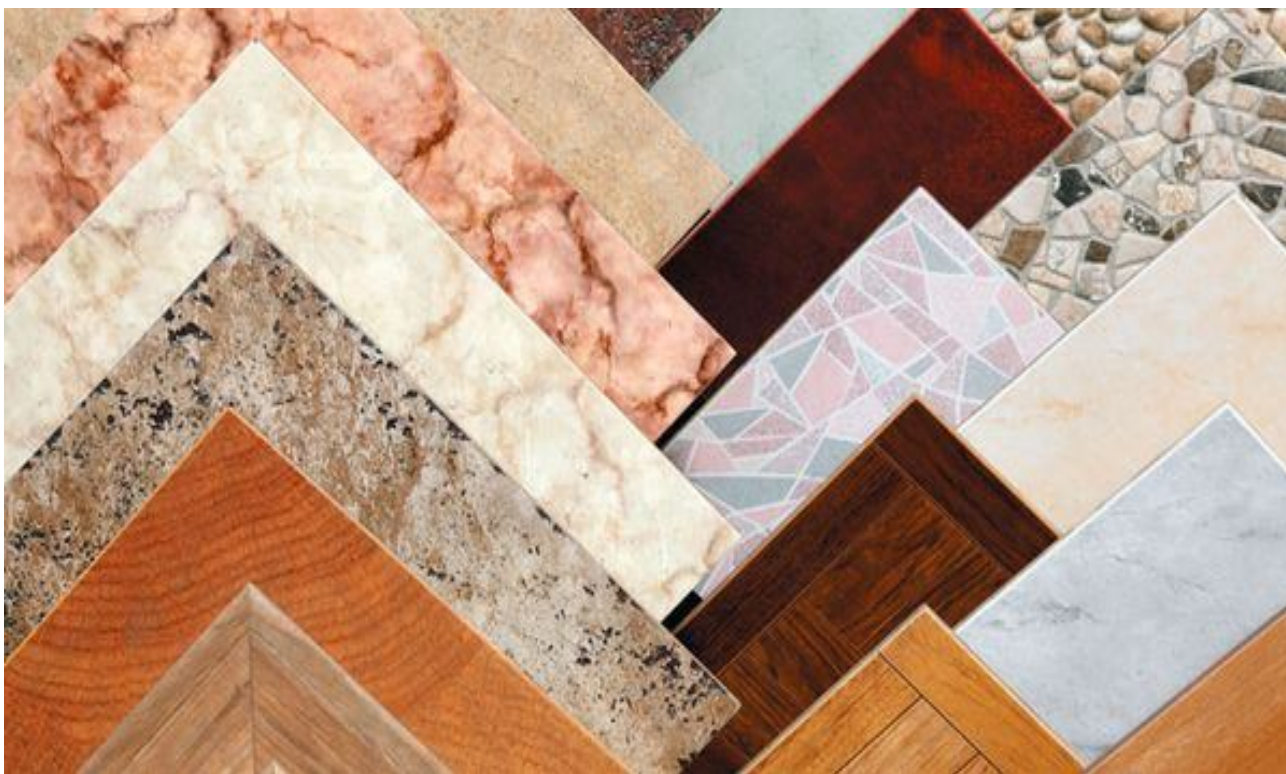


Рисунок 1.1 – Облицювальна плитка для внутрішніх робіт, фасадна й наземна плитки

Керамічними є й деякі види штучних поруватих заповнювачів – керамзит і аглопорит.

Різноманітність застосування керамічних виробів передбачає забезпечення найширшого діапазону показників їх властивостей. Це досягається шляхом застосування численних способів виготовлення, різноманітних типів обладнання, різних технологічних прийомів.

Залежно від призначення виробу повинні мати певний набір необхідних базових властивостей. Наприклад, для цегли головними властивостями є різні види механічної міцності, водопоглинання, морозостійкість, для черепиці – морозостійкість, дренажних труб – поруватість. Для цегли й черепиці визначальними видами механічної міцності є міцність під час стиснення, вигинання й розтягування, для підлогових і дорожніх плиток – міцність під час удару й стиранні, для каналізаційних труб – міцність під час розриву.

Міцність під час стиснення керамічних виробів коливається в широких межах; для стінної кераміки вона становить 7,5...30 МПа, дорожнього цегли – 40...100 МПа, підлогових плиток – 180...250 МПа. Межа міцності керамічних виробів під час розтягування в 10...12 разів менша за межу міцності під час стиснення.

Морозостійкість керамічних матеріалів залежить від межі міцності на розрив, модуля пружності, різновиду поруватості. За морозостійкістю марки керамічних виробів становлять F10, F15, F25, F35, F50, F75 і F100. Морозостійкість є показником якості, що визначає тривалість використання виробів у природних умовах.

Керамічні вироби можуть бути щільними – погано пропускають воду і видають дзвінкий звук при ударі, і поруватими – під тиском пропускають воду й під час удару видають глухий звук.

Умовно щільними вважаються вироби з водопоглинанням по масі до 5 % і поруватими – із водопоглинанням за масою понад 5 %. До поруватих керамічних виробів належить плитка для підлоги, дорожня плитка й цегла, каналізаційні труби. До поруватих – стінні, покрівельні, облицювальні вироби.



Загальна поруватість цегли сягає близько 30 %, а відкрита становить 10...20 %. Щільність керамічної цегли – 1 500...1 900 кг/м<sup>3</sup>, пустотілих керамічних великоформатних каменів – 800 кг/м<sup>3</sup>.

Показники водопоглинання (у відсотках за масою): цегли – не менше 6...8, неглазурованих підлогових плиток – до 4, черепиці – не більше 10, фасадних плиток – 6...12.

## **1.2 Сировинні матеріали та добавки**

Компонентами, що входять до складу керамічних мас, є глинясті матеріали й різноманітні добавки. Змінюючи відносний вміст цих компонентів у сировинній суміші, застосовуючи різні способи впливу обладнання на компоненти суміші й напівфабрикати, використовуючи їх різнонаправлено й регулюючи в процесі виготовлення, можна отримати вироби, що різняться призначенням, властивостями, структурою, виразним зовнішнім виглядом.

Базовим компонентом сировинної суміші для виготовлення керамічних виробів є тінисті матеріали – продукти природного вивітрювання польовошпатних гірських порід.

Придатність глинястої сировини для виготовлення того чи іншого виду виробів визначається її властивостями, що залежать від хіміко-мінералогічного та гранулометричного складів.

Керамічні (гончарні) глини здебільшого складаються з каолініту й гідрослюд із домішками кварцу, польового шпату, оксидів заліза, карбонатів тощо. Вони широко застосовуються у виготовленні лицьової цегли, фасадних і підлогових плиток, дорожніх цегли й плитки.

Цегляні – вторинні осадові утворення, непостійні за мінеральним і гранулометричним складом, що включають каолініт, гідрослюду, монтморилоніт зі значними домішками кварцу, карбонатів, оксидів заліза тощо, використовуються для виготовлення глиняної цегли, черепиці, облицювальних плиток, керамзиту. Це низькоспікливі глини й суглинки, легкоплавкі, із вогнетривкістю менше ніж 1 350 °С, із пластичністю не менше ніж 7...15.

Можуть використовуватися також бентонітові глини, аргіліти, діатоміти, опоки, трепели, глинясті сланці тощо (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Цегляні глини

Хімічний склад глин коливається в широких межах, і оксиди, що входять до складу глин, по-різному впливають на процес отримання кінцевих властивостей кераміки.

У глинах найпоширеніших видів міститься (у відсотках за масою): кремнезему – 46...85, глинозему – 10...35, оксиду заліза – 0,2...10, діоксиду титану – 0,2...1,5, оксидів лужних металів – 0,1...6, сірчистого ангідриду – 0...0,5, втрати під час прожарювання (надалі – в.п.п.) – 8...14.

Домішки в глинах перебувають у вигляді тонкодисперсних частинок або включень і істотно впливають як на формувальні властивості глин, так і на властивості готових виробів.

Кварцовий пісок, кількість якого може досягати в глинах за масою 60 %, погіршує пластичність, сполучну здатність глин і спричиняє утворення тріщин

на стадії охолодження в процесі випалу, що, зі свого боку, призводить до зменшення міцності й морозостійкості готових виробів.

Оксид алюмінію (глинозем –  $Al_2O_3$ ) під час підвищенні його кількості в глині призводить до збільшення температури випалу й інтервалу спікання, а вироби з низьким вмістом глинозему різняться невисокою міцністю.

Наявність залізистих домішок (оксидів і гідроксидів заліза, лимоніт, пірит, сидерит) надає виробам, що обпікаються, залежно від кількості колір від світло-кремового до червоно-бурого. Глини з підвищеним вмістом фарбувальних оксидів заліза можуть слугувати природними пігментами: до 25 % гідроксиду заліза – жовта вохра, до 40 % оксиду заліза – червона вохра, до 60 % оксиду заліза – яскраво-червоний сурик. У певних кількостях залізисті з'єднання підвищують кількість керамічних виробів, а також свідчать про здатність глин до здуття.

Включення піриту й гіпсу є причиною появи на поверхні готових виробів зеленуватих вицвітів і виплавів. Наявність сульфатів після випалу спричиняє появлення на поверхні виробів висолів.

Карбонатні домішки (кальцит, доломіт) знижують вогнетривкість глин, зменшують інтервал спікання, підвищують поруватість і знижують міцність готових виробів. Тонкодисперсні домішки карбонатних порід майже не впливають на якість стінної кераміки, але дуже шкідливі для виготовлення виробів із щільним черепком – підлогових плиток, каналізаційних труб, дорожнього цегли. Великі ж включення (понад 1 мм) змінюються під час випалювання сирцю на вапно, яке гідратується, поглинаючи водяні пари з повітря або під час зволоження виробів, різкому збільшенні обсягу, що призводить до появи локального здуття («дутиків») або повного руйнування виробів.

Оксид кальцію у вигляді  $CaCO_3$  також знижує температуру плавлення, змінює забарвлення випалюваних виробів, надаючи їм жовтого або рожевого кольору, підвищує поруватість, знижує міцність і морозостійкість виробів.

Оксиди лужних металів є сильними топниками. Вони знижують температуру випалу, підвищують щільність і поруватість виробів, послаблюють фарбувальні властивості оксиду заліза.

Органічні домішки (в.п.п.) у вигляді залишків рослин і гумусових кислот забарвлюють вироби в темні тони, підвищують пластичність унаслідок великої кількості зв'язаної води і, отже, спричиняють повітряне осідання. Зі збільшенням їхнього вмісту збільшується поруватість, а отже, знижується механічна міцність виробів. Вони корисні під час виготовлення стінної кераміки, але небажані під час виготовлення підлогових плиток, особливо білоспамованих.

Важливі властивості глин – пластичність, з'єднувальна здатність, повітряне й вогняне зсідання, спікання.

Пластичність глин – здатність під час замішування водою утворювати в'язке тісто, якому під впливом навантаження можна надати будь-якої форми, що зберігається після зняття навантаження. Пластичність глин залежить від їх гранулометричного й мінералогічного складів. Найпластичніші монтморилонітові глини, найменше – каолінітові. Природну пластичність глин можна регулювати за допомогою різних технологічних прийомів. Щоб зменшити пластичність у глини вводять спіснювальні добавки, а для підвищення використовують добавки високопластичних глин і пластифікаторів, додаткове подрібнення вихідної сировини, вилежування, відмулювання, обробку паром і / або вакуумування глиняної маси.

Єднальна здатність глин – здатність зв'язувати частинки непластичних матеріалів і утворювати під час замішування водою добре формовану масу. Від ступеня зв'язуваності залежить здатність свіжосформованих виробів до витримування транспортування, зсідання, нанесення декору тощо. Для підвищення зв'язувальної здатності в глини вводять і невелику (0,25...0,5 % за масою) кількість поверхнево-активних речовин (далі – ПАР).

Критерієм зв'язувальної здатності слугує ступінь пластичності. Високопластичні глини (пластичність понад 25) здатні зв'язувати за масою

більше ніж 50 % піску, пластичні (пластичність 7...25) – 20...50 %, малопластичні (пластичність 3...7) – до 20 %.

Повітряне й вогневе лінійне та об'ємне зсідання – це скорочення лінійних розмірів або об'єму під час сушіння й випалювання. Для зменшення повітряного зсідання й зсідальних напруг, а також підвищення тріщиностійкості виробів до складу формувальної маси вводять опіснювачі, ПАР або застосовують вакуумування глини, зрошення поверхні глиняного бруса вологозатримувальними складами.

Спикливість глин – це їхня здатність під дією високих температур перетворюватися на щільний каменеподібний черепок з водопоглинанням менше ніж 5 %. За температурою спікання розрізняють глини низькотемпературного спікання (до 1 100 °С), середньотемпературного (1 100...1 300 °С) і високотемпературного (понад 1 300 °С).

Найважливішим технологічним показником є інтервал спікання, що визначає режим кінцевої стадії випалювання виробів.

Оскільки глини є складними полімінеральними, полідисперсними системами, певної точки плавлення у них немає, а температурою плавлення умовно вважають показник вогнетривкості.

Відповідно до цього глинясту сировину розподіляють на вогнетривку – температура плавлення понад 1 580 °С, важкотопку – 1 350...1 580 °С, легкотопку – до 1 350 °С.

Вогнетривкі глини з малим вмістом домішок використовують під час виготовлення тонкої кераміки й вогнетривів; важкотопкі з оксидами заліза, кварцового піску й домішок – лицьової цегли, підлогових плиток, каналізаційних труб, а легкотопкі полімінеральні з великою кількістю домішок – цегли, черепиці, пористих заповнювачів.

Для коригування властивостей вихідної сировини, непридатної для отримання виробів необхідної якості, у керамічні маси вводять різні мінеральні й органічні добавки.

Опіснювальні добавки під час висушуванні керамічних виробів із високопластичних глин забезпечують зменшення повітряного зсідання, а отже, підвищення тріщиностійкості, зменшення тривалості просушування та викривлення сирцю. Під час випалювання опіснювальні добавки сприяють також зниженню вогневого зсідання.

Опіснювальними добавками можуть бути збіднені глини зі ступенем пластичності не більше 7, дегідратована глина, відходи вуглевидобутку з умістом глинястих фракцій до 60...70 %, шамот, бій цегли, кварцові піски з переважно кутастими зернами розміром 0,25...1 мм, подрібнений шлак, зола, мелені пісковики, кварцити, кремені, маршалит, діатоміт, трепел тощо.

Під час виготовлення санітарно-будівельних виробів опіснювачем слугує тальк і пірофіліт. Уведена у формувальну масу кількість опіснювача у вигляді кварцового піску становить 10...25 %, шамоту – 10...50 %, а в разі застосування багатошамотних мас – до 90 %.

Опіснювально-вигоральними добавками є вугілля, тирса, мелені шлаки й золи з паливними залишками, а також відходи вуглезбагачення. Вони можуть замінювати до 85 % маси твердого палива, необхідного для випалу. Рівномірно розподілені в тілі сирцю ці добавки сприяють хорошему внутрішньому спіканню черепка поруватих виробів.

Пластифікувальні добавки використовують для підвищення пластичності малопластичної глинястої сировини, наприклад лісів або лісовидних суглинків. Це високопластичні («жирні») тугоплавкі й бентонітові глини, різноманітні ПАР (технічні лігносульфонати), електроліти (кальцинована сода, рідке скло, соляна кислота, хлорне залізо). Високопластичні й тугоплавкі глини вводять у масу в кількості до 50 % маси глини, а ПАР – 0,2...0,5 % маси шихти. Добавка електролітів становить 0,05...2,5 % маси сухої речовини.

Топники вводять для підвищення щільності й міцності, а також ступеня спікання за знижених температурах випалу. Топиками є матеріали, які самі мають меншу порівняно з глиною температуру плавлення (пегматити, сиеніти,

польові шпати) або утворюють в процесі випалу з компонентами глини легкоплавкі з'єднання (вапняки, доломіт, перліт, магнезит тощо).

Для підвищення морозостійкості керамічних виробів у формувальну масу вводять до 2,5 % хлористих кальцію, натрію або алюмінію.

З метою запобігання вицвітів додають вуглекислий або хлористий барій у кількості до 0,5 % маси, а для руйнування небезпечних великих вапняних включень – до 1,5 % маси глини хлористий натрій або соляну кислоту.

Керамічне виробництво повинно включати максимальне використання техногенної глинястої сировини, розкриті, горілі породи та інші матеріали, істотно розширюючи сировинну базу керамічного виробництва й забезпечуючи екологічний баланс.

## **ЛЕКЦІЯ 2 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИ ВИГОТОВЛЕННЯ КЕРАМІЧНИХ ВИРОБІВ**

Загальні методи виготовлення керамічних виробів містять такі етапи: видобуток, транспортування й зберігання глинястої сировини і добавок, первинну обробку глинястої сировини; приготування формувальної маси; формування; сушіння й випалювання сирцю (напівфабрикату); декорування; приймання, пакування, складування та відправлення продукції споживачеві.

Велика розмаїтість видів будівельної кераміки зумовлює широкий діапазон їхніх властивостей і показників цих властивостей. Базовими складниками методів виготовлення керамічних виробів, що визначають властивості одержуваних виробів, є, насамперед, сировинні матеріали та процес формування. Залежно від способу формування, обладнання, що застосовується, і параметрів процесу можна отримати вироби з широким діапазоном показників властивостей – від щільних до високопоруватих за структурою, від простих до складних за формою. Спосіб формування визначає необхідну якість формувальної маси, що забезпечується обраним способом її підготування. Таким чином, спосіб формування є визначальним фактором під час вибору способу підготування формувальної маси. Іншим чинником, що впливає на вибір способу підготування маси, є характеристика вихідної сировини, особливо глинястого складника, хіміко-мінералогічний склад глини, пластичність, вологість. Наявність включень також відіграє важливу роль у визначенні способу підготування формувальної маси. Таким чином, під час проектування методів виготовлення будівельної кераміки необхідно, насамперед, брати до уваги вид призначеної до випуску продукції, характеристику використовуваної сировини й передбачуваний спосіб її формування.

### **2.1 Видобуток, транспортування й складування глинястої сировини**

Підприємства грубої будівельної кераміки (цегляні, черепичні), що працюють на поширених легкоплавких глинах, зазвичай розміщені безпосередньо близько від родовищ таких глин, тоді глиняний кар'єр є складником кераміч-



ного заводу. Підприємства тонкої кераміки – кахлів, підлогових, фасадних і облицювальних плиток використовують тугоплавкі й вогнетривкі глини, а також каоліни, працюють здебільшого на привізній сировині, що постачають спеціалізовані підприємства.

Видобуток глини – важливий етап у виготовленні керамічних виробів, що полягає у вийманні глини з масиву й навантаженні її на транспортний засіб. Глиняста сировина зазвичай залягає на невеликій глибині, тому розроблення кар'єрів проводиться відкритим способом. Видобуток глини в кар'єрах цегельних заводів здійснюється здебільшого за допомогою багатоковшевих екскаваторів або скреперів (рис. 2.1), а на великих кар'єрах – одноківшевих екскаваторів.



Рисунок 2.1 – Видобуток глини багатоковшевими екскаваторами

У разі однорідного залягання глини вибір видобувного обладнання визначається лише економічним фактором, за нерівномірного – вигідніше застосовувати багатоковшеві екскаватори, які не тільки видобувають глину, а й у першо-

му наближенні перемішують і усереднюють склад глини, оскільки зрізають тонкий шар глини по всій висоті фронту видобутку.

Залежно від району розміщення родовища видобуток глини проводиться весь рік у південних районах країни і тільки в літній період – у північних. За необхідності проводити видобуток глини в зимовий період у північних районах (а відомо, що замерзлу глину не видобувають) кар'єри, щоб уникнути замерзання глини, утеплюють пересувними тепляками, утепленими перекриттями або шаром тирси.

Транспортування глини з кар'єру здійснюють автомашинами, скреперами, тракторами, фронтальними навантажувачами або вагонетками. Вибір виду транспортного засобу залежить від обсягу споживаної сировини, відстані від місця його видобутку до місця споживання й рельєфу місцевості.

На близькі відстані (у разі відсутності спеціальних доріг) глину зазвичай возять тракторами з причепами або скреперами. Застосування перекидних вагонеток на рейковому ходу або залізничного транспорту потребує значних капітальних витрат, однак у деяких випадках може бути виправданим. Автотранспорт відносно недорогий, вирізняється значною маневреністю, швидко розвантажується, здатний переміщуватися по пересіченій місцевості і може використовуватися на значній відстані підприємства від кар'єру. Під час транспортування на великі відстані доцільно перевозити глину великовантажними автомашинами.

Для забезпечення безперебійної роботи заводів, особливо в зимовий період, необхідно мати певний запас глинястої сировини, тому на підприємствах влаштовують глинозапасники: відкриті котловани, наземні штабелі (конуси) й (найбільш зручні) капітальні утеплені глиносховища. Ємність глинозапасника ( $\text{м}^3$ ) визначається продуктивністю підприємства та часом, необхідним для зберігання глини, а розміри – відношенням ємності глинозапасника до корисної ємності ( $\text{м}^3$  на 1 пог. м довжини), що залежить від конструкції запасника.

Під час зберігання глини в котлованах ширина котловану має дорівнювати 20...35 м, а глибина – відповідати довжині стріли видобувного обладнання. Верх котловану й торець виїмки утеплюють, щоб уникнути промерзання навіть невеликого шару глини.

У разі штабельного зберігання влаштовують майданчик з водовідведенням. Глину в штабель укладають пошарово – по 15...20 см, круті схили ущільнюють для забезпечення стоку води, а поверхню штабеля закривають водонепроникною плівкою й утеплюють тирсою, стружкою, солом'яними або мінераловатними матами. До того ж товщина шару утеплювача залежить від часу подавання глини у виробництво – що пізніше її виймають, то товщим повинен бути шар утеплювача.

Глиноскладище – капітальні наземні або заглиблені споруди зі стандартною шириною прогону – 18 або 24 м. Залежно від технології завантаження й вивантаження глини їх обладнують мостовими або монорейковими кранами з грейферними ковшами, стрічковими транспортерами, ківшовими навантажувачами (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Глиноскладище зі стрічковими транспортерами

Найзручнішими є склади, обладнані мостовими кранами з грейферним ковшем, який може здійснювати перевалювання глини під час її зберігання кілька разів, усереднюючи її за речовим складом і вологістю. Як наслідок, це спричиняє отримання якіснішої готової продукції порівняно з тією, для виготовлення якої застосовувалася глина, перероблена відразу після видобутку. Якщо подавання глини з кар'єру на склад здійснюється залізничним транспортом, то необхідна естакада для розвантаження платформ.



Рисунок 2.3 – Вивантаження матеріалу розвантажувальними машинами

Заводи тонкої кераміки працюють, здебільшого, на привізній сировині. Зберігають сировинні матеріали зазвичай у критих складських приміщеннях. Кускову й зернясту сировину – глини, каоліни, кварцовий пісок, доломіт, перліт, склобій – доставляють на завод автомобільним або залізничним транспортом навалом у піввагонах з люками в підлозі або бортах, відкритих платформах або перекидних вагонах. Для вивантаження матеріалу з платформ використовують розпушувальні й розвантажувальні машини (див. рис. 2.3), які зіштовхують матеріал у приймальний бункер, розташований під залізничною колією. Далі по системі конвеєрів сировину передають на зберігання у відсіки складу сировини.

Добавки, соду технічну, барвники доставляють у мішках і бочках у критих вагонах. Розвантаження й доставлення їх у відсіки складу виконують електронавантажувачі.

Протягом останніх років сучасні керамо-плиткові підприємства надають перевагу отримувannya компонентів формувальних мас (крім глинястих) в уже готовому вигляді зі спеціалізованих підприємств у мішках і контейнерах.

## 2.2 Підготування формувальних мас

Переробленням глини називають усі процеси, внаслідок яких глина перетворюється на керамічну масу із заданими реологічними й технологічними властивостями. Усі процеси перероблення поєднуються в чітко визначеній послідовності, що забезпечує отримання після кожного процесу глини з властивостями, необхідними для кожного наступного процесу. Технологічне обладнання, що застосовується для здійснення цих процесів, пов'язане аналогічно. Кінцева мета – досягнення певних значень реологічних характеристик, що забезпечують хорошу «формованість» переробленої глини.

Варто зазначити, що для будь-якої глини з природними характеристиками можна підібрати певний комплект глинопереробних машин, що забезпечать найкраще перероблення сировини й формування виробів для кожного окремо взятого виду виробу. З іншого боку, використовуючи різні прийоми (зволоження, опіснення, запровадження коригувальних добавок), можна регулювати реологічні характеристики глинястої сировини, забезпечуючи їхнє перероблення на наявному обладнанні. Критерієм для прийняття того чи іншого рішення є його економічна доцільність.

Головні способи підготування сировини до виробництва такі: *напівсухий* (вологість маси 8...13 %), *пластичний* (вологість маси 18...26 %), *шлікерний* (вологість маси 45...60 %). Вибір способу визначається властивостями сировинних матеріалів і вимогами щодо якості готової продукції.

*Напівсухий спосіб* підготування маси полягає в грубому подрібненні вихідної сировини, його підсушуванні, тонкому подрібненні, відсіві великих

включень, змішуванні його з добавками й зволоженні. Кількість і послідовність технологічних переділів може змінюватися залежно від складу вихідної сировини й ефективності застосовуваного обладнання.

Готувати маси з глин з підвищеною вологістю 18...25 % рекомендовано з одно- або двостадійним сушінням і подальшим подрібненням до грубості не більше ніж 3...5 мм. Глини зі зниженою кар'єрною вологістю 13...17 %, сланцеві, аргіліти й інші матеріали з вологістю до 14 % рекомендовано подрібнювати з одночасним підсушуванням до грубості не більше ніж 2 мм.

За напівсухого (сушильно-помеленого) способу первинне розпушування здійснюють у ножових глинорізках (стругачах), глинорозпушувачах (рис. 2.4), зубчастих, гвинтових каменевидільних дезінтеграторних вальцях або бігунах мокрого помолу (див. рис. 2.5, 2.7).

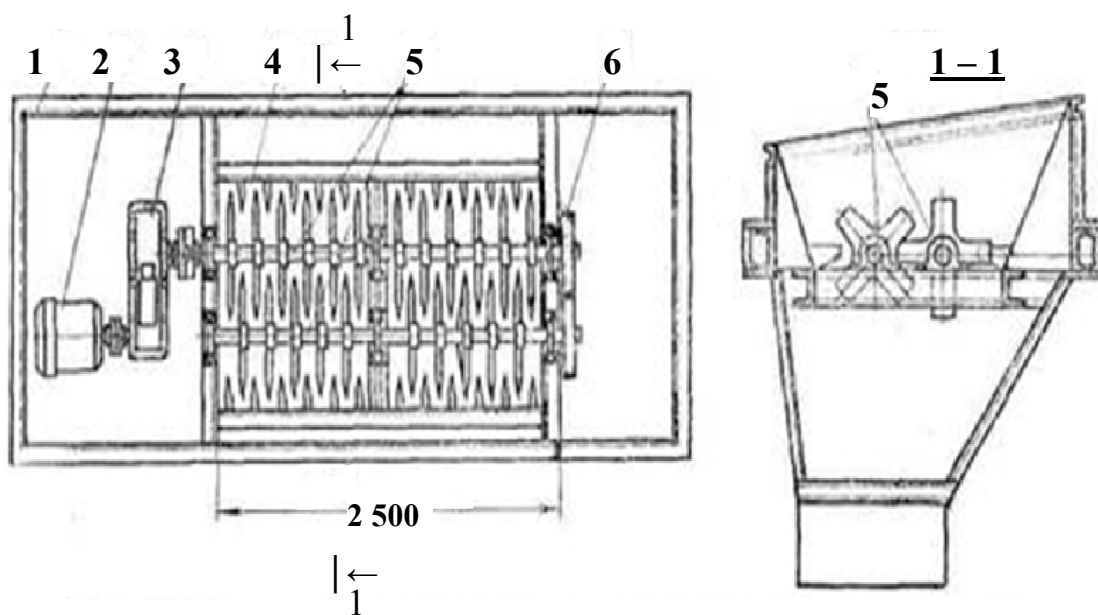


Рисунок 2.4 – Двохвальний глинорозпушувач: 1 – корпус; 2 – електродвигун; 3 – редуктор; 4 – бункер розпушувача; 5 – вали з білами; 6 – шестеренна передача

Перед тонким подрібненням глини, щоб запобігти забиванню й замазуванню нею перемелювальних агрегатів, її підсушують в прямоотечійних сушильних барабанах (див. рис. 2.6), знижуючи вологість глини від 15...25 % до 2...13 % за масою. Температура газів, що надходять на сушіння, становить зазвичай 600...800 °С, а тих, що відходять після сушіння, – 100...120 °С; температура глини після сушіння – 60...80 °С.

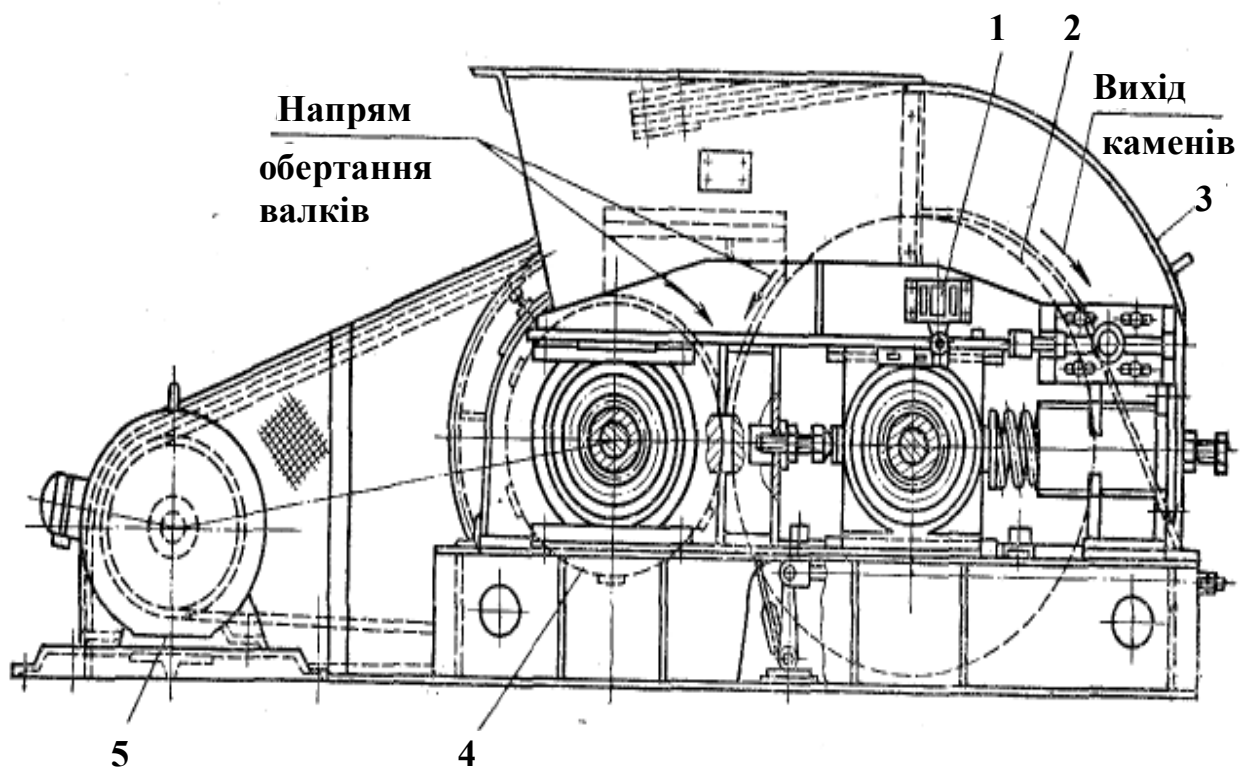


Рисунок 2.5 – Дезінтеґраторні каменеподібні вальці: 1 – кінцеві вимикачі; 2 – гладкий вал; 3 – кожух; 4 – ребристий валок; 5 – привід ребристого валка

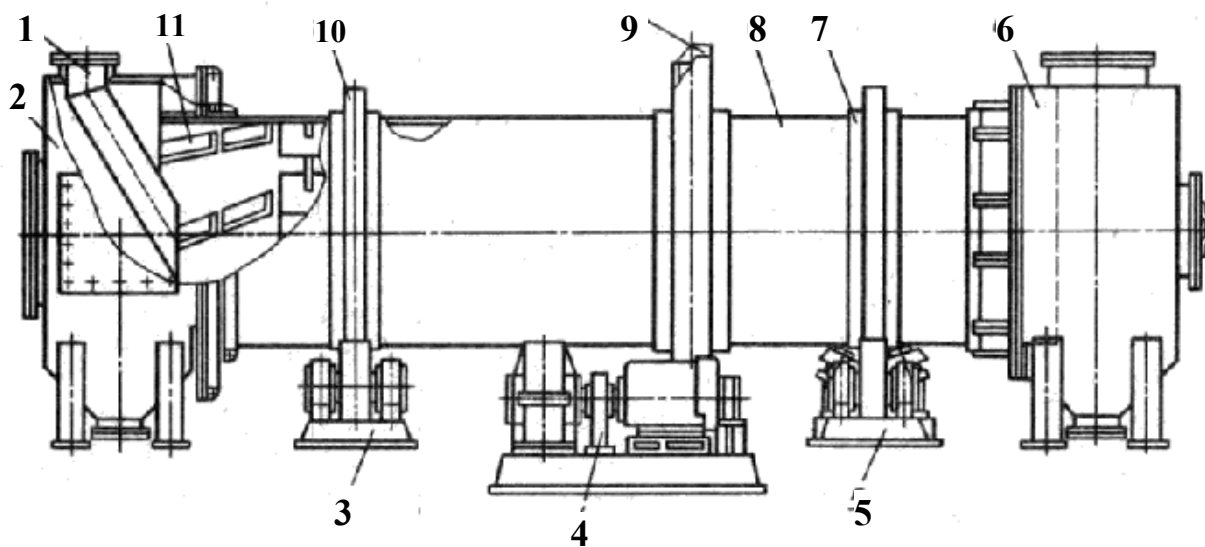


Рисунок 2.6 – Сушильний барабан: 1 – завантажувальний лоток; 2 – завантажувальна камера; 3 – опорна рама; 4 – привід; 5 – опорно-упорна станція; 6 – розвантажувальна камера; 7 – кільцева накладка; 8 – обичайка барабана; 9 – зубчастий вінець; 10 – бандаж; 11 – приймально-гвинтова насадка

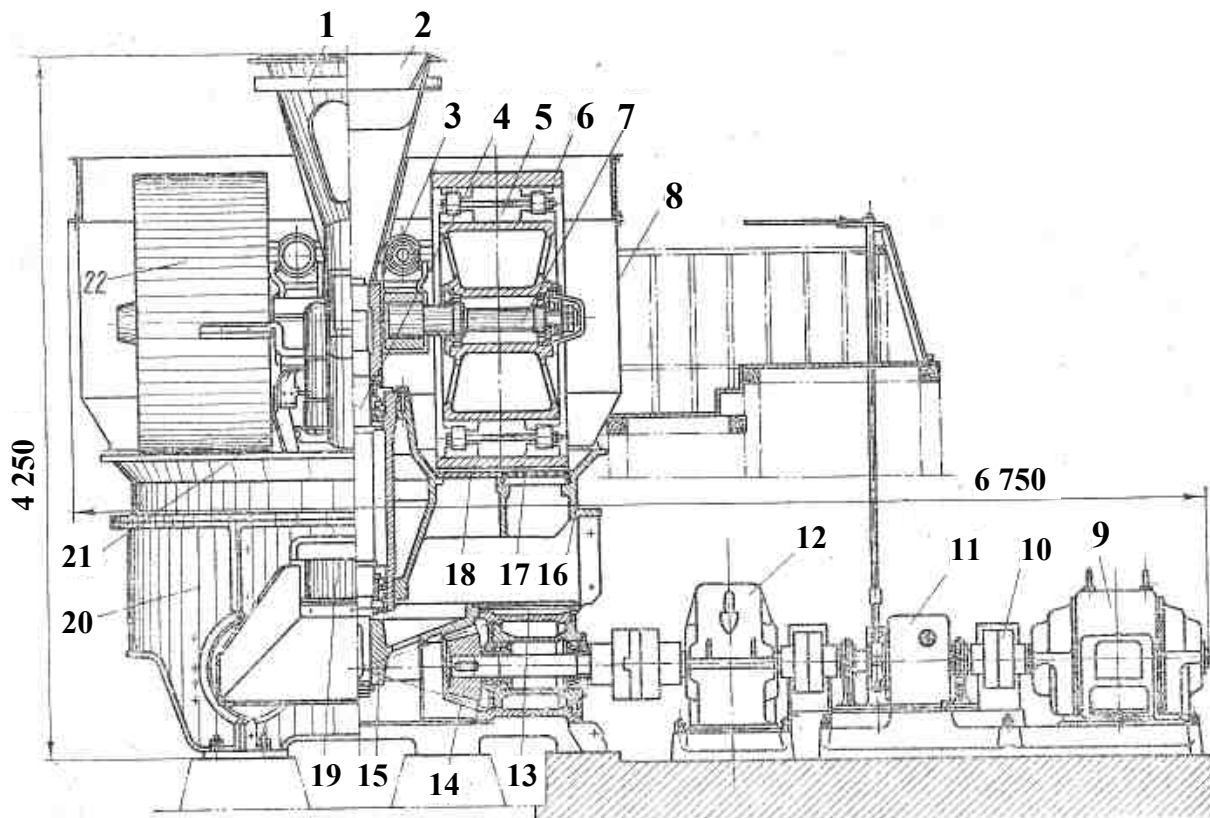


Рисунок 2.7 – Бігуни мокрого перемелювання: 1 – таріль; 2 – обертальна піч; 3 – пружинний притискач; 4 – вертикальний вал; 5 – корпус котка; 6 – бандаж; 7 – колінчастий вал; 8 – кожух; 9 – електродвигун; 10 – вирівнювальна муфта; 11 – фрикційна муфта; 12 – редуктор; 13 – розвантажувальна таріль; 14, 15 – конічні шестерні; 16 – чаша; 17 – дірчаста плита; 18 – суцільна плита; 19 – розвантажувальний скребок; 20 – станина; 21 – очисний скребок; 22 – коток

Для тонкого подрібнення застосовують дезінтегратори, гладкі диференціальні вальці (див. рис. 2.8), бігуни, молоткові, відцентровані й роторні млини. У разі використання суміші глин з різними властивостями рекомендовано після оброблення на бігунах або дірчастих вальцях (див. рис. 2.9) перетерти масу на глинорозтирачі (див. рис. 2.10).

Доцільно поєднувати процеси сушіння й тонкого подрібнення в шахтних або аеробільних млинах. У цьому разі для тонкого подрібнення застосовують трубні двокамерні млини з сепаратором для поділу великих і дрібних фракцій, вугільні барабанні млини або млини «самоздрібнювання». Вартість перемелювання в млинах порівняно з кульовими трубними млинами менше на 20...25 %. Вибір перемелювальних агрегатів здійснюють на підставі технологічних міркувань і економічних показників.



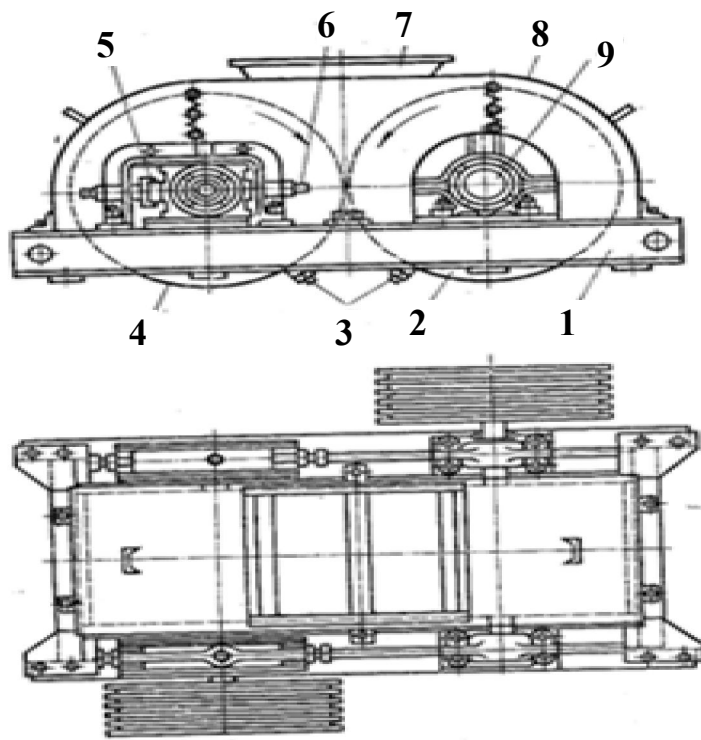


Рисунок 2.8 – Диференційні вальці тонкого перемелювання: 1 – рама; 2 – нерухомий валок; 3 – скребки; 4 – рухомий валок; 5 – амортизатор; 6 – регулювальний гвинт; 7 – завантажувальна лійка; 8 – кожух; 9 – підшипникові опори

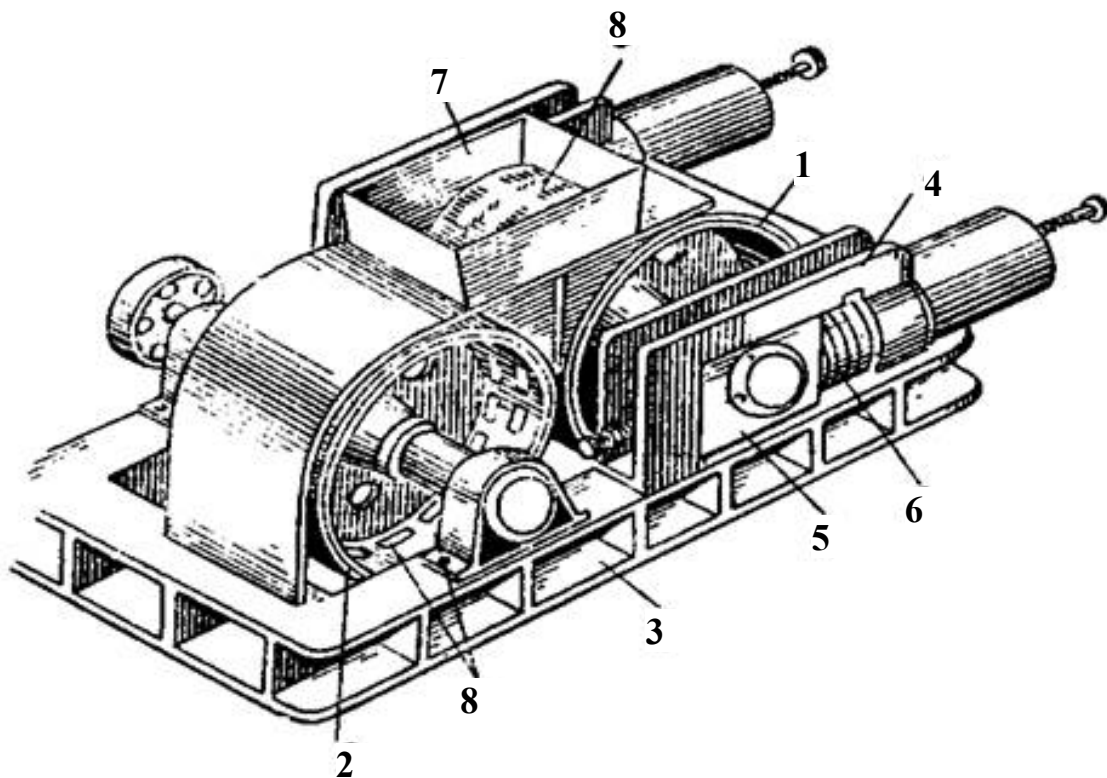


Рисунок 2.9 – Вальці дірчасті: 1 – тихохідний валок; 2 – швидкохідний валок; 3 – рама; 4 – напрямні; 5 – рухомий підшипник; 6 – пружина; 7 – приймальна воронка; 8 – отвори

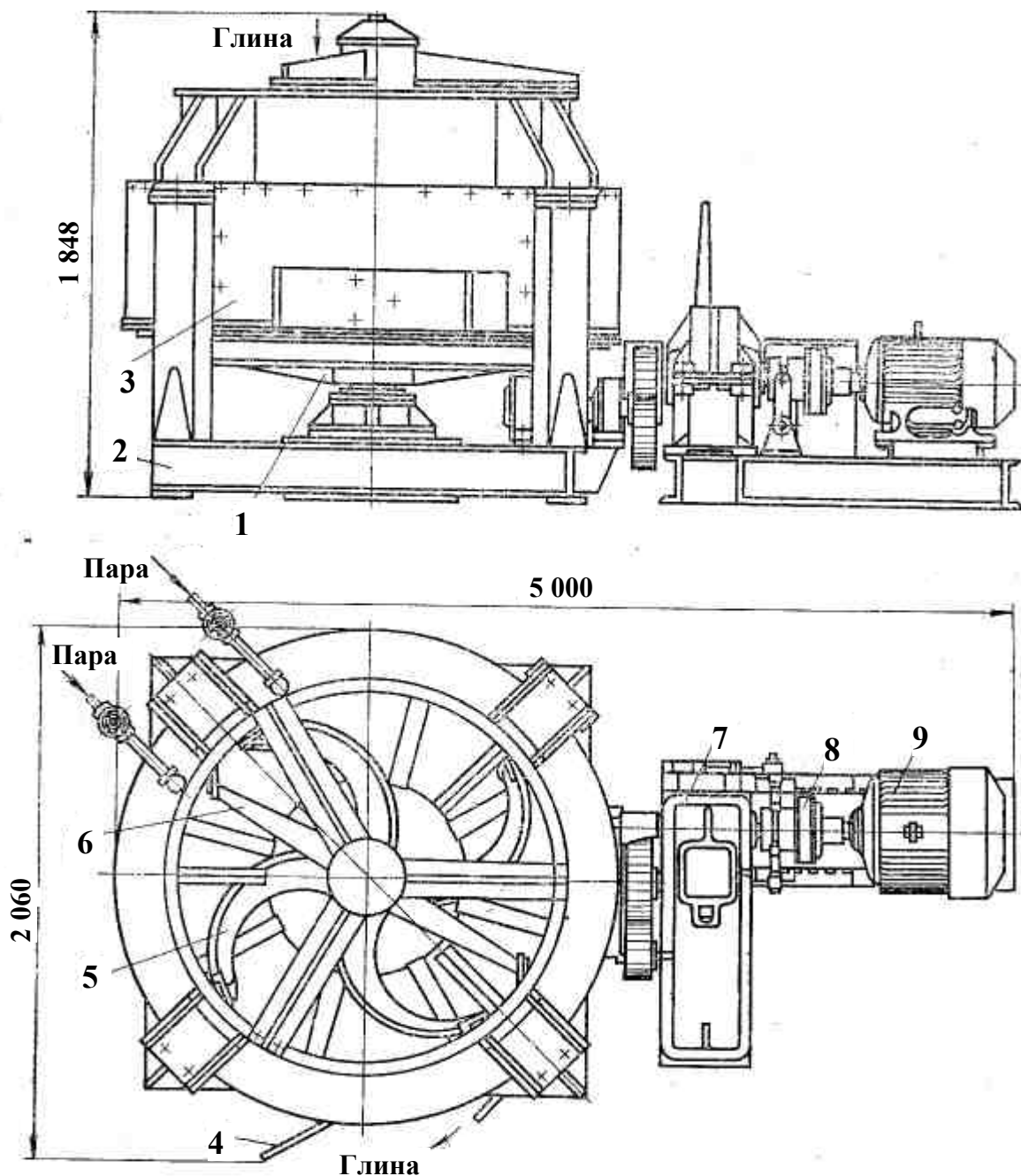


Рисунок 2.10 – Схема глинорозтирача: 1 – диск; 2 – рама; 3 – корпус; 4 – скребки; 5 – крильчасті лопаті; 6 – ворушник; 7 – редуктор; 8 – фрикційна муфта; 9 – електродвигун

Щоб відділити великі частинки й поділити подрібнену сировину на фракції, застосовують сито-бурат, плоскі хитні або вібраційні сита, грохоти й повітряні сепаратори. Вібраційні сита найпродуктивніші. Вони вирізняються високим ККД, невеликими габаритами й простотою конструкції; на них можна просівати липкі й злежані глини.

Для отримання маси високої якості й виробів підвищеної міцності після попередньої оброблення глину витримують в шихтозапасниках (див. рис. 2.11)

або механізованих баштових силосах місткістю 100...150 м<sup>3</sup>, що уможливають створення необхідного запасу формувальної маси перед пресуванням. Витримання в шихтозапасниках (вилежування) забезпечує усереднення складу приготовленої маси й поліпшення її формувальних властивостей.



Рисунок 2.11 – Шихтозапасник

Приготування мас за допомогою змішування підготовленої глини з опіснювальними й іншими добавками і зволоження її гарячою водою або, що краще, паром для поліпшення її технологічних властивостей у разі пластичності мас виконують у двовальних змішувачах (див. рис. 2.12), малопластичних мас – у лопатевих вакуумних або швидкохідних бігункових мішалках, пісних мас – у змішувальних бігунках. Для парозволоження використовують шахтні парозволожувачі з примусовим набором порошку. Парозволоження рівномірно підвищує пластичність маси і міцність виробів. Теплий сирець, що надходить для сушіння, не потребує додаткового прогрівання й зазнає менших просадкових напруг. Парове зволоження сприяє збільшенню продуктивності стрічкових пресів, знижуючи при цьому споживану ними потужність на 20 %.

Для парозволоження використовують пар низького тиску – 0,05...0,07 МПа, перегрітий на 20...30 %.

Для приготування формувальних мас рекомендовано використовувати також стрижневі змішувачі (див. рис. 2.13), у яких відбувається комплексне оброблення мас – усереднення маси, домелювання великих і агломерація пилоподібних фракцій.

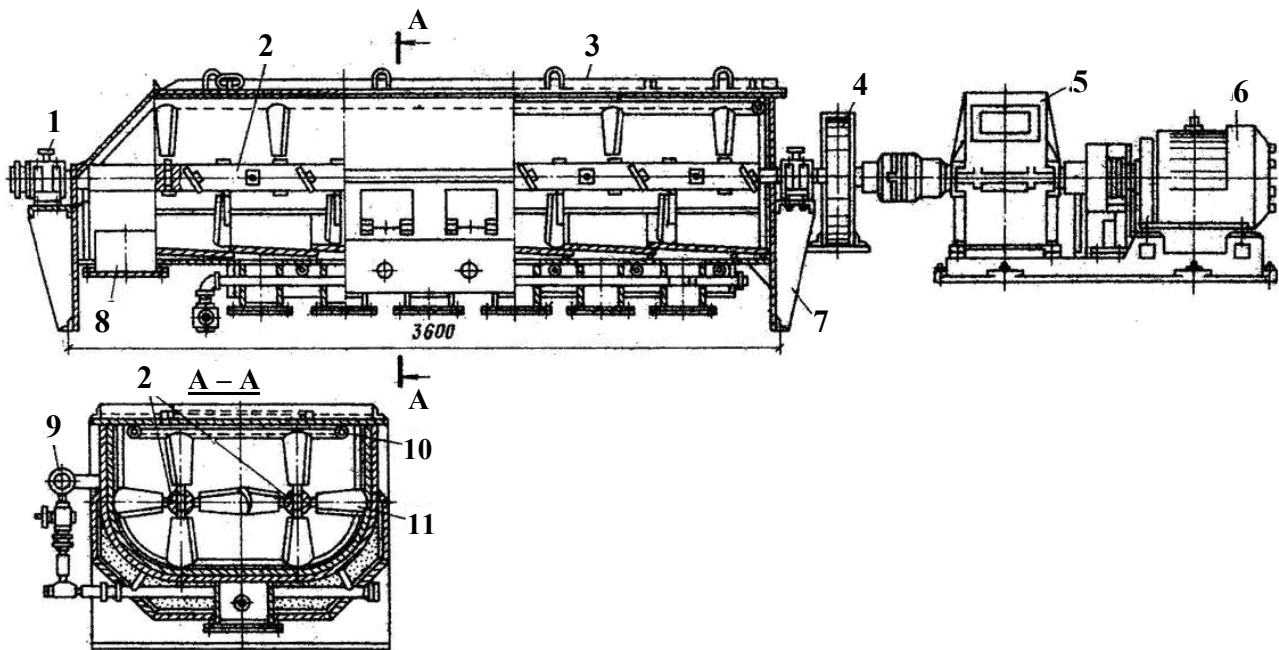
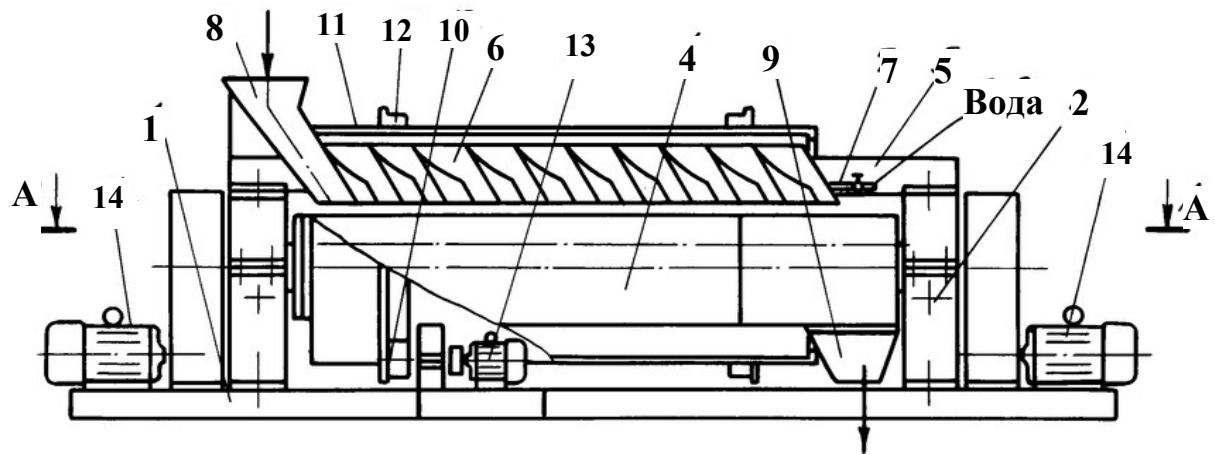


Рисунок 2.12 – Лопатевий двовальний змішувач: 1 – підшипники; 2 – перемішувальні вали; 3 – корпус змішувача; 4 – шестеренчаста передача; 5 – редуктор; 6 – електродвигун; 7 – опорні стояки; 8 – розвантажувальний отвір; 9 – трубопровід для подавання пари; 10 – трубопровід для подавання води; 11 – змішувальні лопаті

Оптимальна вологість формувальних мас на базі глин, аргілітів і відходів вуглезбагачення становить 7...10 %, на базі діатомітів – 12...17 %. Перевищення цих значень знижує якість одержуваних виробів; вологість нижча за ці значення призводить до збільшення пружних деформацій і утворення перепресувальних тріщин. За високої вологості вводять зволожувальні добавки (відсоток за масою): шлаки – 10...15, зневоднені глини – 30...50.

Для вирівнювання вологості здійснюють вилежування прес-порошку в бункерах протягом декількох діб, однак подовжувати технологічний процес не бажано.



A – A

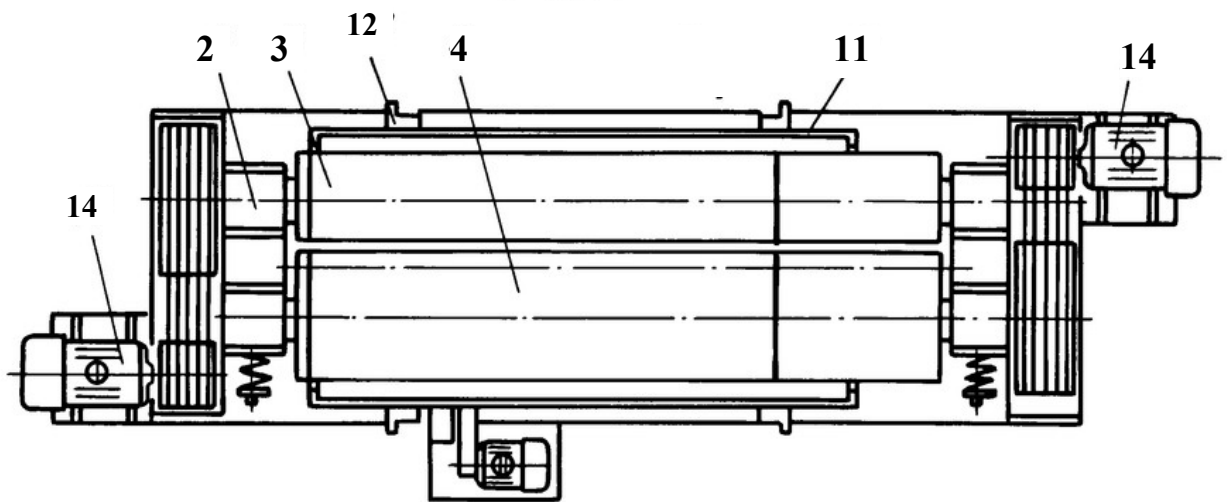


Рисунок 2.13 – Стрижневий розтирар-змішувач: 1 – рама; 2 – стояки; 3, 4 – обертові валки; 5 – нерухома балка; 6 – скребки; 7 – зволожувач; 8 – завантажувальна воронка; 9 – розвантажувальна воронка; 10 – котки; 11 – обертовий барабан; 12 – здімані бандажі; 13 – привід барабана; 14 – привід валків

Добавки готують так:

- кварцовий пісок просівають через сито з отворами 3 мм для видалення великих включень;
- деревну тирсу просівають через сито з отворами 8×8 мм;
- вугілля, шлак, шамот подрібнюють спочатку в щоківих або одно- й двороторних молоткових дробарках, а потім – у кульових млинах і просівають через сито з отворами 2...3 мм або в кульових млинах без подальшого просіювання. Для просіювання використовують сито-бурат, інерційний похилий грохот, струнне сито;

– дегідратовану глину отримують в обертових печах за температури 500...600 °С, подрібнюють у молоткових або валкових дробарках і просівають через сито з отворами 1...2 мм. Якщо ж оброблення маси в бігунах мокрого та вальцях тонкого перемелювання із проміжком 1...2 мм передбачається і надалі, то просіювання не застосовують. Дегідратовану в обертових печах глину перед випалюванням пропускають через каменеподібні вальці, а в печах киплячого шару – ще й змішувач, дірчасті вальці, прес або гранулятор для отримання гранул;

– оксиди-барвники тонко подрібнюють і просівають через сито № 008 (4 900 отв./см<sup>2</sup>), на якому не повинно залишатися більше ніж 5 % порошку.

Сировину з високою кар'єрною вологістю (15...25 % для глини і до 45 % для діатомітів) перед сушінням в сушильному барабані гранулюють на пресі з гранулювальною приставкою або дірчастих вальцях, а після сушіння подрібнюють у стержневому змішувачі та витримують певний час у бункері проміжного зберігання.

*Пластичний спосіб* підготування мас полягає в двостадійному грубому й тонкому подрібненні вихідної сировини, змішуванні її з іншими матеріалами в разі природної вологості або із зволоженням – для отримання пластичного тесту. Глину розпушують стаціонарними або пересувними тінорозпушувачами, що встановлені під корпусом живильника ящика. Щільні глини розпушують двовалковим розпушувачем зі збільшеною кількістю бил.

Пластичні й в'язкі глини подрібнюють в зубчастих вальцях, глини середньої пластичності – у дірчастих вальцях, крихкі і мерзлі глини – у глинорізках, а важкорозмочувані глини із включеннями вапняку – у бігунах.

Сухі спіснювальні, вигоряючі й інші добавки дозують живильниками, зазвичай тарілчастими, стрічковими, гвинтовими, барабанними. Тонке подрібнення виконують у гладких і зубчастих вальцях або бігунах. Опіснювальні добавки готують так само, як і за напівсухого способу.

Змішують компоненти шихти, одночасно розминаючи її у двовальних глинозмішувачах або глинозмішувачах із фільтрувальними ґратами, із

додаванням води в розпиленому стані або з парозволоженням, що забезпечує кращі результати.

Якщо глина, яка надходить у виробництво, дуже перезволожена (25...35 %), її звожують сухими добавками, наприклад дегідратованою глиною, шамотом, або перед подрібненням сушать в барабанних сушарках. Щоб сушіння й перемелювання відбувалося одночасно, після грубого подрібнення використовують млини молоткові тангенційні.

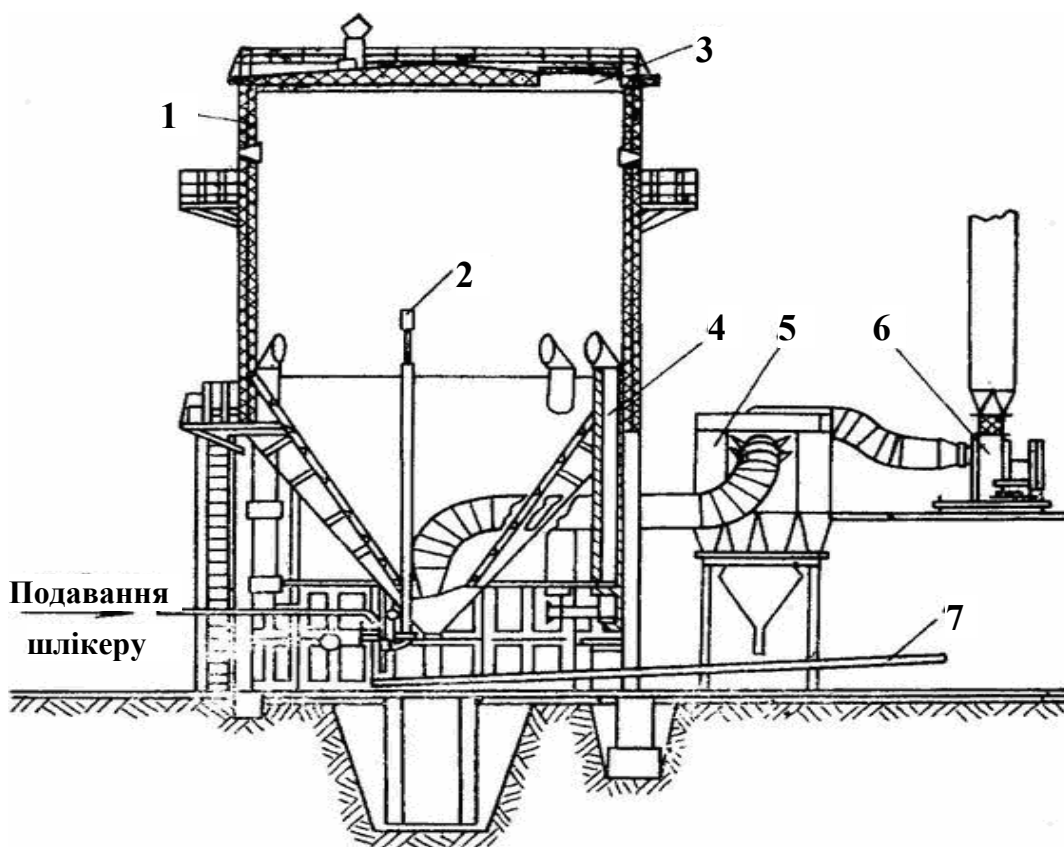


Рисунок 2.14 – Схема баштової розпилювальної сушарки: 1 – корпус; 2 – форсунка подачі шлікера; 3 – вибуховий клапан; 4 – топка; 5 – батарейний циклон; 6 – вентилятор; 7 – конвеєр

Для підвищення однорідності та пластичності підготовленої маси, а також міцності одержуваних виробів їх витримують деякий час в проміжних сховищах. Крім поліпшення властивостей маси й виробів, влаштування проміжних сховищ забезпечує ритмічність роботи глинопереробного та формувального устаткування. На цегляних заводах для цього перед стрічковим пресом зазвичай встановлюють ящикові живильники й бункери місткістю до 50 м<sup>3</sup>, на плиткових і черепичних – силоси-гомогенізатори або шихтозапасники

бункерного чи інших типів. Після вилежування керамічну масу пропускають ще раз через змішувач і передають на формування.

*Шлікерний спосіб* підготування мас полягає в грубому подрібненні глини, розпусканні її у великій кількості води, проціджуванні шлікера, його зберіганні або зневодненні. Шлікер використовують під час виготовлення керамічних виробів складної форми, наприклад санітарно-будівельних, або для отримання прес-порошку. Останній отримують шляхом зневоднення шлікера в розпилювальних сушарках (див. рис. 2.14).

З огляду на різноманіття глинястої сировини й добавок, типів технологічного обладнання, кількість і послідовність технологічних переділів можуть змінюватися, тобто об'єднуватися, мінятися місцями або додаватися нові.

Грубе подрібнення сировини виконують на дезінтеграторних вальцях, стругачах, валкових зубчастих дробарках. Опіснювальні добавки готують так само, як і за напівсухого способу підготування маси.

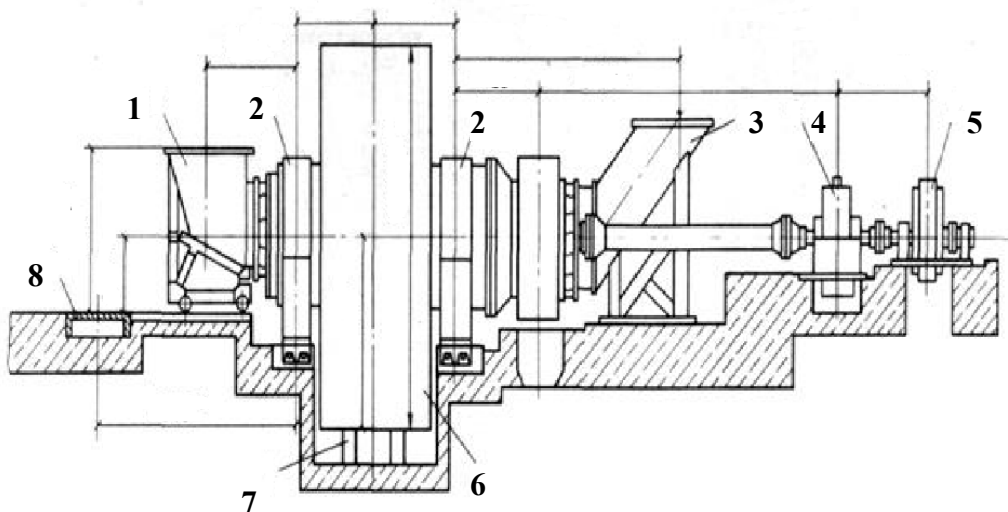


Рисунок 2.15 – Кульовий млин: 1 – завантажувальна частина; 2 – підшипники; 3 – розвантажувальна частина; 4 – редуктор; 5 – електродвигун; 6 – барабан млина; 7 – пристосування для підймання барабана млина; 8 – пристосування для підймання завантажувальної частини

Розпускання глини здійснюють одночасно з тонким подрібненням у кульових млинах мокрого перемелювання (див. рис. 2.15), лопатевих змішувачах (див. рис. 2.16), шарових млинах (див. рис. 2.17) або фрезерно-метальних млинах; останні зазвичай використовують під час виготовлення плиток. Для



розпускання глини гарячою водою під час виготовлення стінової кераміки застосовують глинозбовтувачі з наступним проціджування шлікера через дугове сито й зберіганням у шламбасейні за постійного перемішування і барботажі шлікера стисненим повітрям.

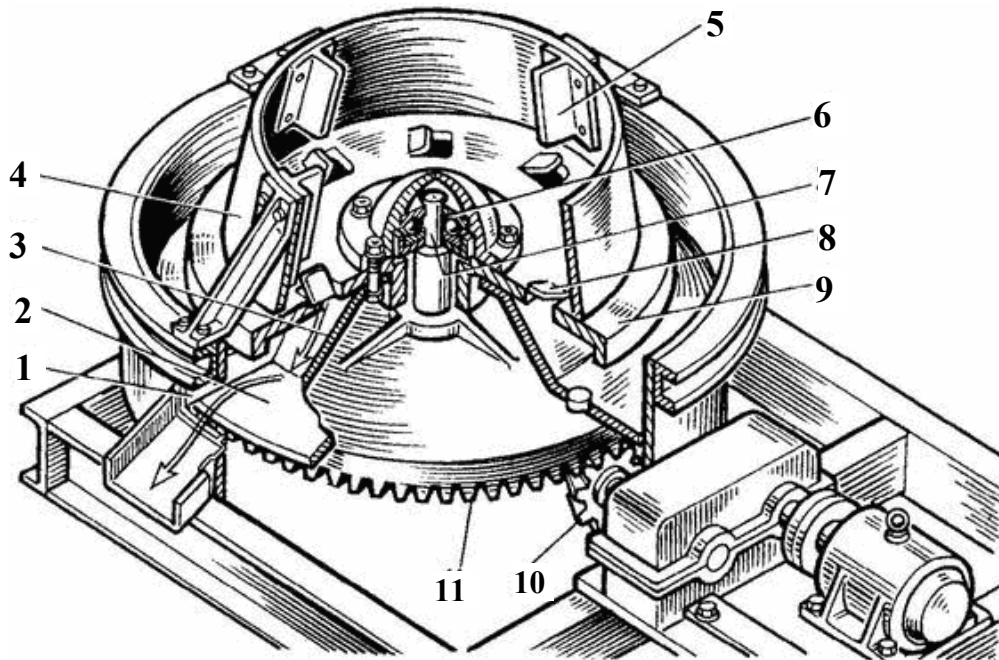


Рисунок 2.16 – Лопатевий змішувач: 1 – скребок; 2 – тарілка; 3 – напрямний зрізаний конус; 4 – воронка; 5 – ребра; 6 – підп'ятник; 7 – вісь; 8 – ножі; 9 – диск; 10 – шестерня; 11 – кінчна шестерня

Компоненти (пластичні, опіснювальні, плавні) за шлікерного способу змішують у кульових млинах і пропелерних змішувачах, одночасно тонко подрібнюючи.

Шлікер, який пройшов електромагнітне очищення й проціджування (вологість до 80 %), надходить на зберігання в пропелерні мішалки, де перебуває протягом 5...6 діб при постійному перемішуванні й підігріванні до 40...60 °С. Підготовлений шлікер перекачують мембранним насосом у витратні мішалки відділення виливання виробів.

Під час виготовлення керамічних облицювальних плиток шлікерний спосіб підготування мас застосовують для отримання прес-порошку. У цьому разі процес приготування шлікера дещо спрощується.

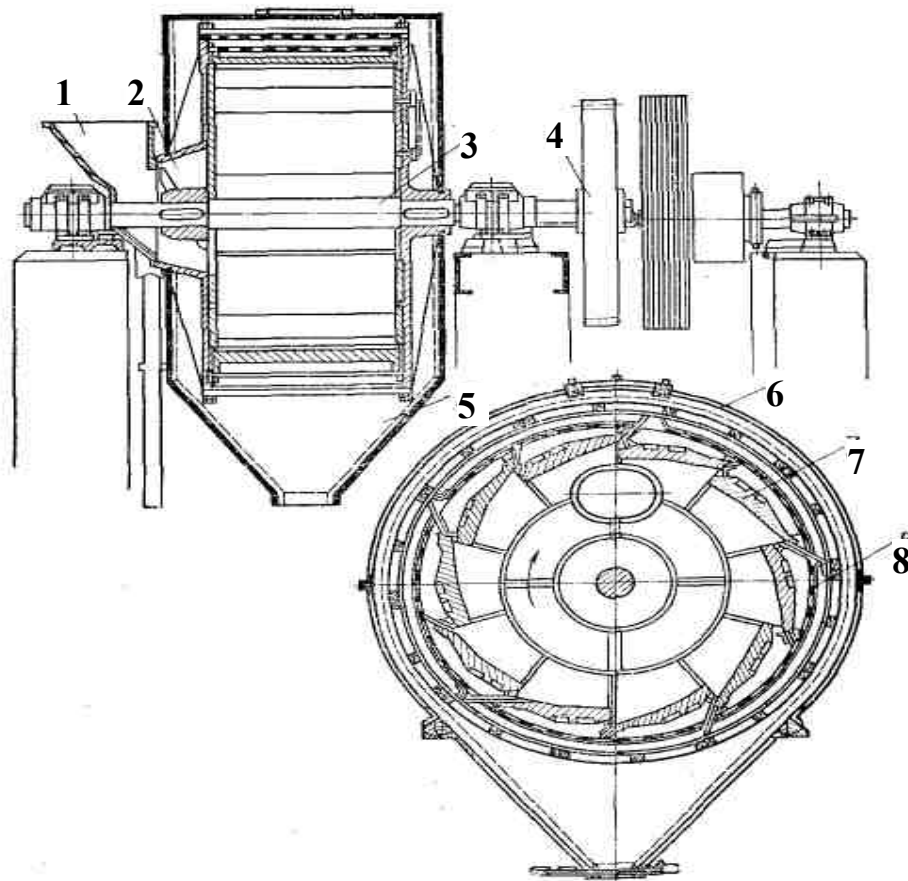


Рисунок 2.17 – Кульовий млин безперервної дії: 1 – завантажувальний бункер; 2 – пустотіла цапфа; 3 – центральний вал; 4 – привід; 5 – розвантажувальний бункер; 6 – сталевий барабан; 7 – бронеплити; 8 – сита

Застосування шлікерного способу підготовки прес-порошку порівняно з напівсухим способом забезпечує значне зменшення часу підготовки порошку, поєднання процесів сушіння і подрібнення, стабілізацію властивостей порошку, поліпшення умов праці.

### 2.3 Формування виробів

Залежно від пластичної консистенції формувальної маси розрізняють такі способи формування керамічних виробів: із пластичних мас – стрічкове (пластичне) й жорстке формування та штампування, із порошкових мас – напівсухе й сухе пресування, із шлікера – лиття.

Вироби складної конфігурації – санітарно-будівельні (унітази, раковини), отримують литтям, цегла – пресуванням і стрічковим формуванням, пічні кахлі, фальцову черепицю – штампуванням.

Пластичне (стрічкове) формування застосовують для отримання цегли й керамічних каменів і труб, а також інших видів кераміки у разі використання пластичних формувальних мас на стрічкових шнекових вакуумних пресах (рис. 2.18). Преси такого типу, що до надання масі форми забезпечують вакуумування формувальної маси з метою збільшення її зв'язаності й щільності, можливості перейти до маси з меншою вологістю, а також поліпшити властивості готових виробів.

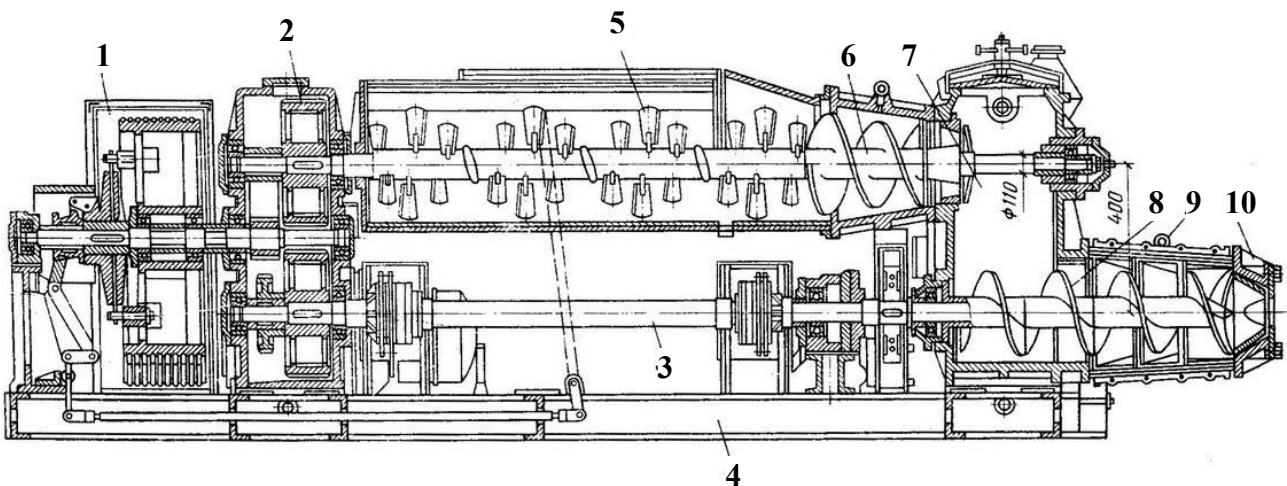


Рисунок 2.18 – Стрічковий вакуумний комбінований прес: 1,2 – системи передач; 3 – змішувач; 4 – шнек; 5 – вакуум-камера; 6 – шнековий вал; 7 – корпус; 8 – головка преса; 9 – станина; 10 – вал

Стрічковий вакуумний прес складається з глинозмішувача, вакуум-камери, шнека, пресувальної головки й мундштуків різних форм: прямокутної для цегли, кільцевої для труб тощо.

Прогріту паром в глинозмішувачі масу до температури 50...80 °С в разі необхідності дозволяють і продавлюють через дірчасту перегородку в вакуум-камеру для видалення повітря й парів води, далі надсилають шнеку, який ущільнює вакуумовану масу і передає її в профільовану пресувальну головку. У разі водного охолодження пресувальної головки витрата води на

формування 1 000 шт. сирцю приймають близько 70 л. Безперервний глиняний брус заданого поперечного перерізу, який виходить з мундштука, різальним апаратом розрізають за необхідним розміром на вироби й розсовують сирець на певну відстань один від одного. Відбір цегли-сирцю з преса й укладання його на транспортні засоби для передавання в сушильно-обпалювальне відділення здійснюють автоматично за допомогою автоматів-укладальників.

Штампуння використовують під час виготовлення з пластичних мас виробів складної конфігурації – фальцевої черепиці, кахлів тощо. Попередньо сформовані на стрічкових пресах валки потім штампують на револьверних або важільних пресах.

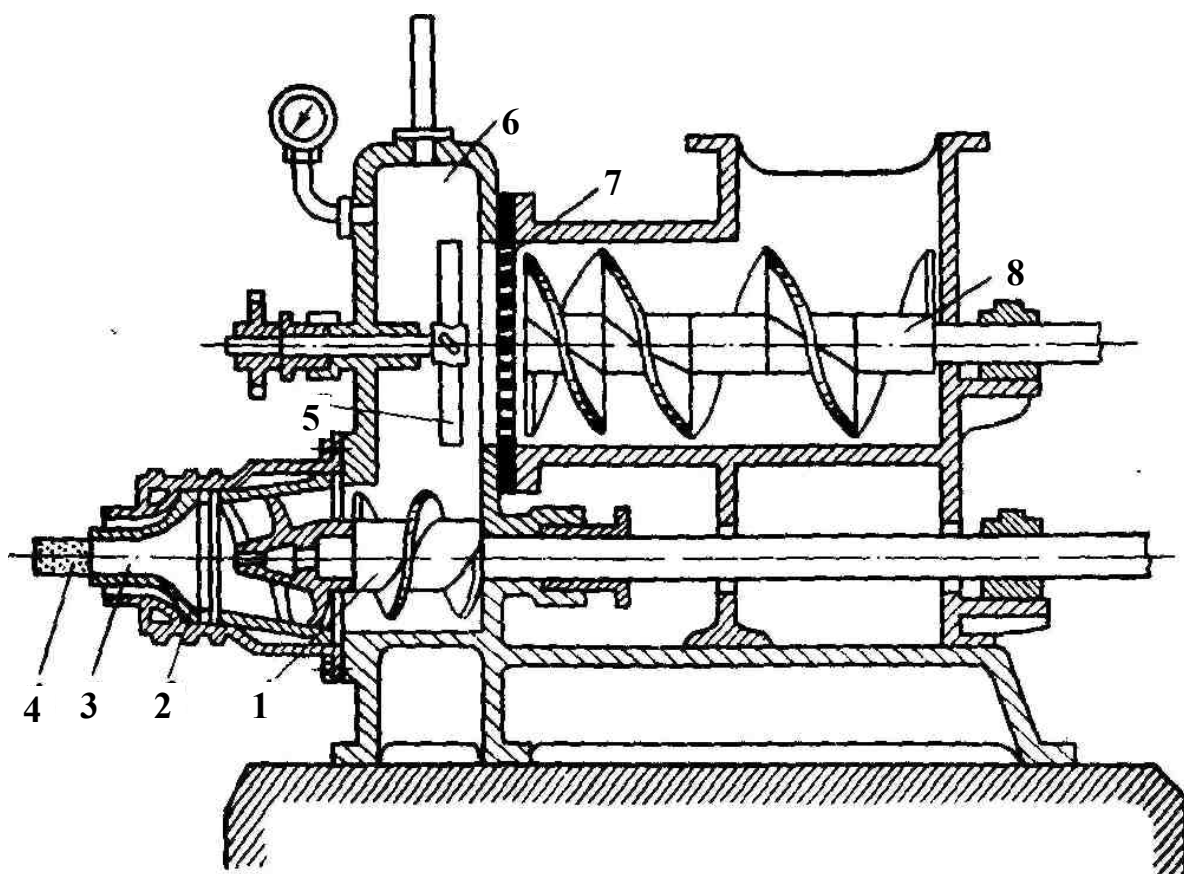


Рисунок 2.19 – Стрічковий вакуумний прес: 1 – гвинтовий вал; 2 – конусна головка; 3 – мундштук; 4 – глиняний брус; 5 – ніж; 6 – вакуумна камера; 7 – решітка; 8 – гвинтовий конвеєр

Напівсухе й сухе пресування виробів з порошкових мас використовують для отримання керамічних плиток, цегли й каменів. Напівсухе пресування цегли проводять на вітчизняних і зарубіжних важільних, коліно-важільних,

ротаційно-важільних пресах під тиском 15...40 МПа: для глин – 20...30 МПа, діатомітів – 15...25 МПа, аргилитів і відходів вуглезбагачення – 25...40 МПа; тривалість пресування – до 6 с (див. рис. 2.19). Раціональним способом формування напівсухого пресування вважається такий зерновий склад прес-порошку (відсоток за масою): 0...1 мм – 50, 1...2 мм – 25, 2...3 мм – 25.

Лиття в гіпсові форми застосовують для отримання керамічних виробів складної конфігурації – санітарно-будівельних, архітектурних деталей тощо. Відливають вироби на двохярусних візкових ливарно-підв'ялювальних конвеєрах (рис. 2.20). Візки з формами проштовхують і переміщують з одного ярусу на інший за допомогою гідравлічних штовхачів і підіймачів. На першому ярусі готують форми і заливають у них шлікер.

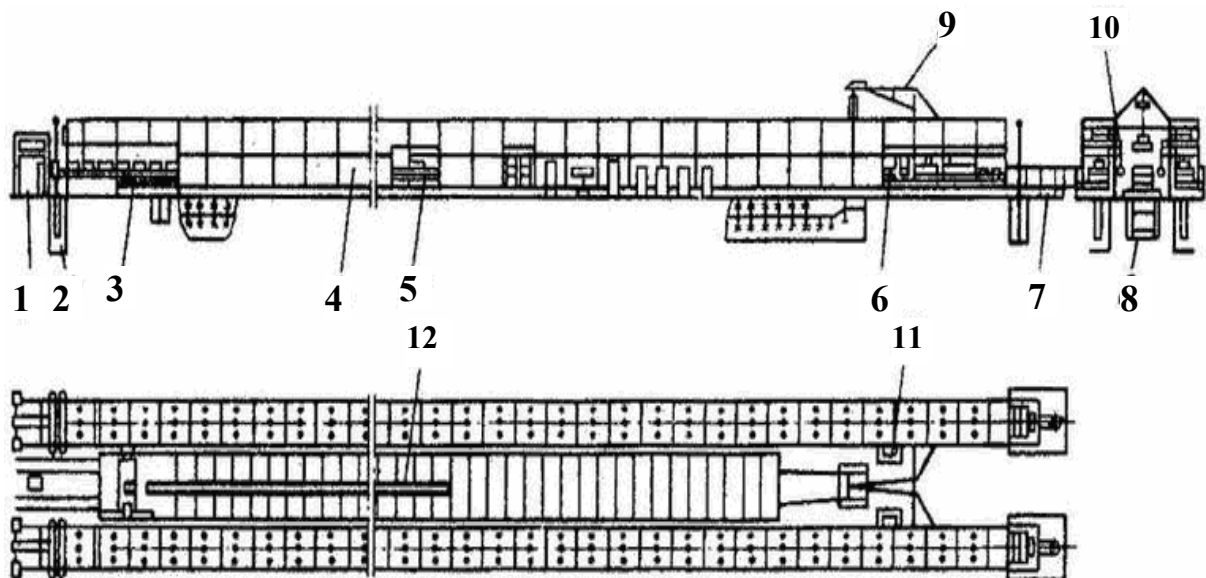


Рисунок 2.19 – Схема ливарно-підв'ялювального конвеєра: 1 – гідроштовхач верхній; 2 – гідропідіймач; 3 – механізм зливу шлікера; 4 – камера; 5 – механізм заливання шлікера; 6 – візки; 7 – гідроштовхач нижній; 8 – підв'ялювальний конвеєр; 9 – пневмопідіймач; 10 – монорельс прибирання відходів; 11 – механізм знімання виробів; 12 – конвеєр повернення воронки і кілочків

Візки з формами проштовхують у камеру набору черепка з температурою 35...40 °С на 1,5 год (довжина камери приблизно 2/3 довжини ярусу). Термін ущільнення шлікерної маси залежить від властивостей шлікера й гіпсових форм, температури та вологості навколишнього середовища. Потім візок з формами нахилиють і зливають надлишок шлікера. Наприкінці нижнього ярусу

гідропідіймач піднімає візки з формами на верхній ярус, а гідроштовхач проштовхує їх у камеру закріплення черепка на три години за температури 35...50 °С. Потім візок із формою знову опускають на нижній ярус. Тут гіпсову форму відкривають, вилівок витягають, усувають дефекти. Підв'ялюють і подають в сушильну камеру. Гіпсові форми перед черговим заливанням шлікера висушують при температурі 55...60 °С.

## 2.4 Сушіння й випалювання

Сушіння й випалювання призначені для того, щоб за мінімально можливих витратах палива й часу отримати вироби необхідної якості, що визначає їхню технічну цінність.

Для проектування нових і реконструкції діючих підприємств будівельної кераміки використовується велика різноманітність типорозмірів сушил і печей різних конструкцій – тунельних, камерних, щілинних тощо.

Вибір типу сушарки або печі й призначення режиму сушіння або випалювання залежать від складу, маси, форми і розмірів виробів.

Сушіння грубої будівельної кераміки – цегли, великорозмірних керамічних каменів, дренажних та каналізаційних труб черепиці виконують у тунельних сушарках безперервної дії (рис. 2.21) і камерних сушарках періодичної дії.

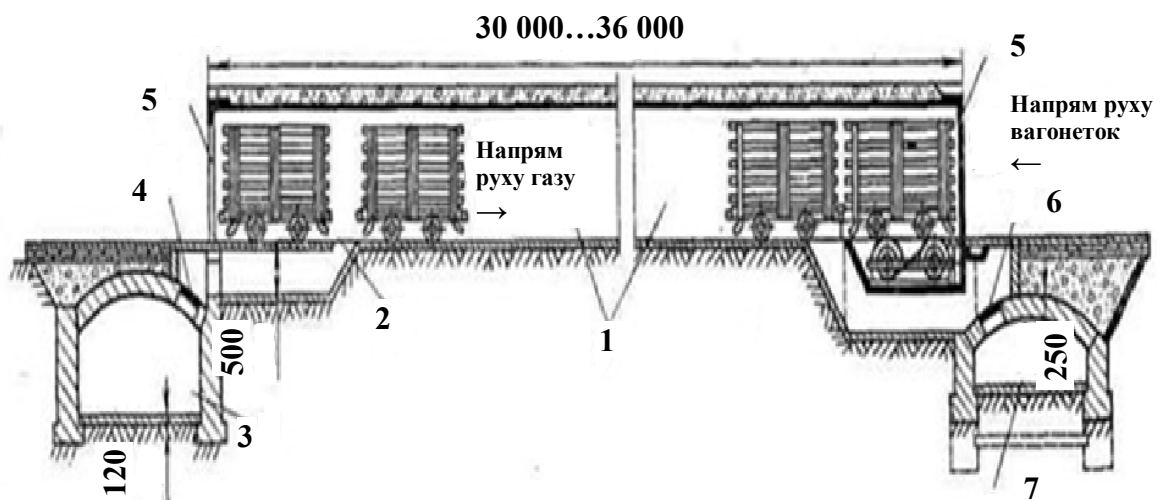


Рисунок 2.21 – Протипотокова тунельна сушарка: 1 – камера-тунель; 2 – вузькоколіїний шлях; 3 – припливний канал; 4, 6 – заслонки; 5 – двері; 7 – витяжний канал

Теплоносієм слугують димові гази випалювальних печей або спеціальних топків. Щоб забезпечити циркуляцію теплоносія і, таким чином, прискорення й підвищення рівномірності сушіння, теплоносій подають через ротаміксери на підлозі сушарок або осьові вентилятори на візках (рис. 2.22).

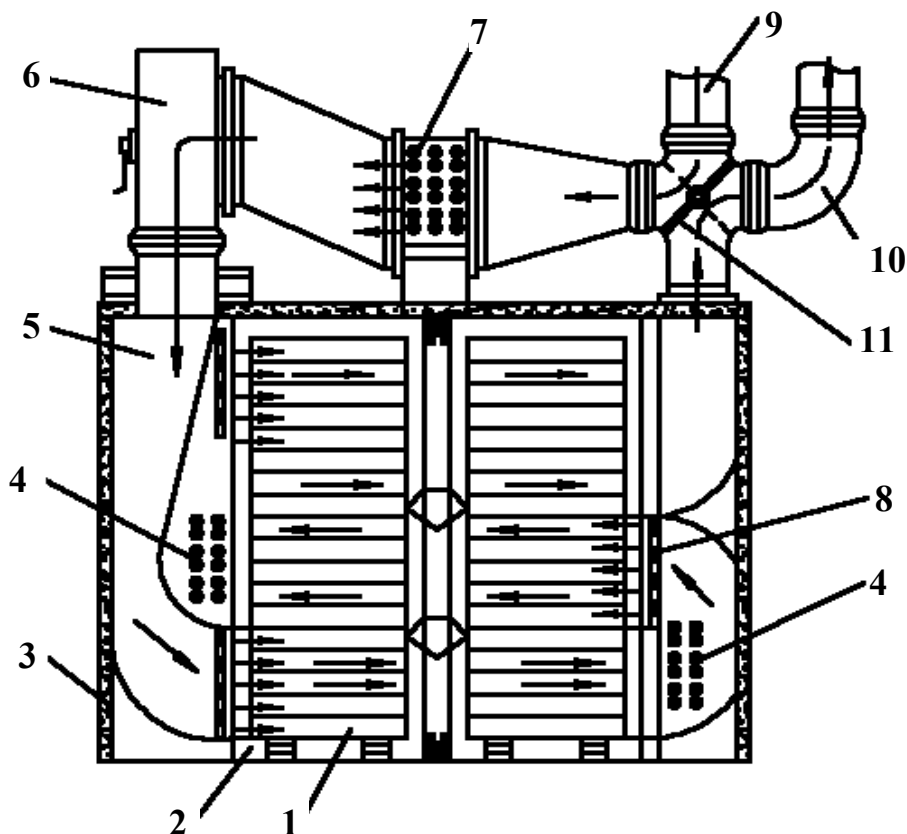


Рисунок 2.22 – Шафова повітряно-циркуляційна сушарка: 1 – вагонетки; 2 – сушильна камера; 3 – корпус; 4, 7 – підігрівачі повітря; 5 – повітропровід; 6 – вентилятор; 8 – сітка; 9 – вхід повітря; 10 – вихід повітря; 11 – шибер

Керамічні плити різних видів сушать у конвеєрних радіаційних і радіаційно-конвективних сушарках з однорядною посадкою на роликів, сітчастих і ланцюгових конвеєрах. Теплоносієм слугує гаряче повітря, що нагрівається в калориферах.

Для випалювання виробів грубої кераміки застосовують тунельні печі (зазвичай), камерні, печі зі знімним склепінням, ковпакові тощо. Перевагою тунельних печей є можливість автоматизувати процес саджання цегли-сирцю на випалювальну вагонетку. Тунельні печі вирізняються високим енергоспоживанням, але якщо низька вартість енергії, то цей тип печей вважається найкра-

щим. Крім цього, спорудження тунельних печей потребує істотних капітальних витрат, які значною мірою складаються з вартості парку випалювальних вагонеток і системи рециркуляції газів. Ці елементи становлять близько 50 % від вартості печі і, перебуваючи в області високих температур, постійно вигорають, тому потребують повної або часткової заміни кожні 2...4 роки, не говорячи про поточні ремонти.

Витрата газу на випал цегли в тунельних печах – 130...160 кг на 1 000 шт. ум. цегли. Довжина обпалювального каналу тунельних печей – 48...408 м, ширина – 1,7...4,7 м, робоча висота – 1,3...1,9 м. Але використовують печі й великих розмірів. Тунельні печі можуть бути одно- й багатоканальними з прямолінійним випалювальним каналом. Виробів нагрівають прямим вогнем або через муфель. Останній спосіб дорожчий, але вироби отримують якісніші. Застосування глинястої сировини, малочутливої до сушіння, дає змогу поєднати сушіння і випалювання в одному агрегаті. Садження свіжосформованого сирцю в цьому разі здійснюється одразу на пічні вагонетки. Поєднання сушіння й випалювання в одному агрегаті знижує працевитрати на 35 % і витрата палива на 20...25 %.

Продуктивність камерних випалювальних печей до 7 млн. шт. ум. цегли на рік. Печі вирізняються невеликими габаритами, незначною витратою газу – 300...400 кг. ум. палива на 1 000 шт. ум. цегли.

Покриттям для печі зі знімним склепінням слугує безперервний замкнутий випалювальний канал із рухомою зоною випалу, який поєднує переваги кільцевої і тунельної печей: з одного боку, вони повністю механізовані, з іншого – не потребують наявності парку випалювальних вагонеток.

Цегла завантажується в ці печі й вивантажується через склепіння пакетами по 300...600 шт. Після завантаження склепіння перекривається плитами з вогнетривкого матеріалу і випалювання відбувається як і в звичайній кільцевій печі.

Перевагою цієї конструкції можна вважати розосереджений відбір димових газів і низьке розташування пальників, що дає змогу виготовляти



цеглу вищої якості порівняно з тунельною піччю. Оскільки немає випалювальних вагонеток і систем рециркуляції, а за однакової продуктивності кільцева піч у три рази коротша за тунельну, капітальні витрати на будівництво такої печі в 2,5...3 рази нижчі. Витрата газу – 100...120 кг ум. палива на 1 000 шт. ум. цегли. У разі невеликої продуктивності й пластичного способу формування (5...8 млн шт. ум. цегли на рік) підлогові печі можуть суміщати із сушарками. Паливом у таких печах можуть слугувати газ, вугілля, мазут, дизельне паливо; вони можуть бути і електричними.

Під час реконструкції наявних підприємств із кільцевими печами арочне склепіння останніх замінюють плоским знімним із високотемпературних легковагових матеріалів на металевій рамі. Підіймають і установлюють панелі знімних склепінь, завантажують і вивантажують пакети виробів за допомогою пересувних кранів, установлених над піччю. Це забезпечує поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці, зменшення чисельності обслуговувального персоналу на 15...20 %, збільшення продуктивності печі на 20...40 % і зниження витрат палива на випалювання цегли на 10...20 %.

Набувають поширення поки що експериментальні випалювальні печі, як-то: ковпакові та інших конструкцій. Ковпакові циркуляційні печі з робочим обсягом 3,5...50 м<sup>3</sup> дають змогу скоротити площі обпалювального відділення порівняно з тунельними печами в 3...4 рази і, отже, витрати на будівництво, оптимізувати процес випалювання за допомогою рівномірного нагрівання та охолодження досить щільного саджання виробів – цегли, черепиці тощо. Питома продуктивність 1 м<sup>2</sup> череня печі – до 500 тис. шт. ум. цегли на рік, питома витрата палива – 150...200 кг ум. палива/1 000 шт. цегли, к.к.д. – до 50 %. Час випалювання виробів у печі – 8...12 год (див. рис. 2.23). Порівняно з тунельними й камерними печами питома продуктивність 1 м<sup>2</sup> череня ковпакової печі вище в 6...8 разів.



Рисунок 2.23 – Ковпакова циркуляційна піч

Вироби з тонкої кераміки обпалюють у щілинних печах однорядного випалу з роликівими й сітчастими конвеєрами.

## 2.5 Декорування виробів

Для поліпшення зовнішнього вигляду й деяких експлуатаційних властивостей керамічних виробів – атмосферостійкості, водонепроникності, їх декорують або під час формування – створюють рельєфну поверхню, торкретують сирець, використовують ангобування або двошарове формування, або після сушіння або випалювання – поливлюють, фарбують спеціальними фарбами з подальшим повторним випалюванням. Поширення набуло поливлювання, особливо під час виготовлення керамічних плиток, санітарно-будівельної кераміки, кахлів; іноді поливлювання застосовують під час виготовлення лицьової цегли, черепиці. Поливну суспензію наносять на вироби шляхом занурення з витриманням в поливі протягом 2...6 с, розпиленням або поливом на спеціальних поливних конвеєрах і машинах.

Розпилюють полив пневматичними форсунками або відцентровими дисковими розпилювачами, для поливу застосовують пристрої типу «щілина», лоткові, дзвоноподібні. Ангобування застосовують з метою економії барвників під час виготовлення лицьової цегли шляхом напилення тонкого шару кольорової керамічної суспензії на довжиковий і поперечниковий боки глиняного бруса, що виходить з-під преса. Двошарове формування базується на поєднанні в спеціальній формувальній головці двох формувальних мас, що надходять із перпендикулярно встановлених один до одного стрічкових пресів з метою утворення двошарового бруса. Торкретування під час виготовлення лицьової цегли здійснюється з використанням забарвленого піску, кам'яної крихти тощо, що наносяться за допомогою піскоструминних апаратів на свіжосформований глиняний брус, і подальшим втискуванням мінеральної крихти гумовим валиком.

Рельєфну фактуру отримують шляхом накочування, вдавлювання під час формування та допресування сирцю під час виготовлення плиток і лицьової цегли. Під час виготовлення плиток широко використовують поверхнєве фарбування методом шовкотрафаретного друку (серіографії). Малюнок наносять після утильного випалювання за допомогою друкарських верстатів, що входять до складу спеціальних конвеєрних ліній, і закріплюють за допомогою подальшого повторного випалювання. Можливе нанесення сухої глазури під час пресування, що не потребує застосування глазурувального конвеєра, скорочення термінів сушіння та використання одноразового випалювання.

## ЛЕКЦІЯ 3 ЗАСАДИ ПРОЕКТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ІЗ ВИГОТОВЛЕННЯ КЕРАМІЧНИХ ВИРОБІВ

### 3.1 Компонувальні рішення заводів із виготовлення керамічних виробів

До виробничих будівель висувають низку вимог: технологічні, санітарно-гігієнічні, економічні, протипожежні тощо. Базовими є технологічні вимоги, що визначаються найраціональнішою організацією технологічного процесу. У цегляному виробництві найдоцільнішими розмірами виробничих будівель є будівлі з шириною прогону – 12 і 18 м, крок колон – 6 м, довжина прогону визначається необхідною кількістю кроків колон, що залежать від довжини технологічної лінії. Найкращою формою будівлі в плані є прямокутник, у якому легше розмістити технологічне обладнання та виконати вимоги щодо організації трудових процесів (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд підприємства з виготовлення цегли

Застосовувати конфігурацію будівлі з виступами й западинами в плані небажано, оскільки в цьому разі погіршуються техніко-економічні показники і,

крім того, з'являються погано провітрювані (застійні) місця. Компонуються виробничі приміщення не тільки в плані, а й у просторі.

Обираючи висоту поверху, беруть до уваги максимальні габаритні розміри обладнання та зручність його ремонту за допомогою підвісних кранів, талів, інших підіймально-транспортних пристроїв. Однак при цьому необхідно брати до уваги, що необґрунтоване підвищення висоти приміщення спричиняє збільшення обсягу будівлі, а отже, і збільшення капітальних і експлуатаційних витрат на його опалення та вентиляцію. Для всіх висот будівлі передбачена єдина позначка головки кранової рейки, призначена за умовами установа крана максимальної вантажопідйомності для кожної габаритної схеми. Висотою приміщень вважається відстань від відмітки чистої підлоги до низу несучих конструкцій покриття на опорі. Висота кранової рейки з прокладками – 150 мм.

Прийнята висота й обсяг виробничих приміщень повинні відповідати нормам будівельного проектування (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Виробниче приміщення керамічного підприємства

Мінімальний обсяг виробничого приміщення, що допускається на одного працівника, становить 15 м<sup>3</sup>. У приміщеннях, у яких під час проведення техно-

логічних операцій виділяються гази або тепло, які не видаляються шляхом природного провітрювання, передбачають систему примусової вентиляції.

Побутові приміщення (гардеробні, умивальні, душові, туалети тощо) повинні бути максимально наближені до виробничих приміщень і, водночас, ізольовані від виробництва тамбуром, коридором або сходовою кліткою.

У побутових і допоміжних приміщеннях, зазвичай розташованих по периферії будівель на декількох поверхах, застосовується сітка колон 6,0×6,0 м.

Розташування і конфігурація виробничого корпусу на промайданчику обумовлюються умовами виробництва. Корпус повинен бути повернений приймальним відділенням у бік надходження сировини, а видавання готової продукції – із протилежного боку, щоб уникнути перетину вантажних потоків, сировини й готової продукції.

Розміщення технологічного процесу в просторі проводиться з урахуванням наявного обладнання (його габаритів, особливостей роботи, завантаження й вивантаження) і норм проектування, що визначають розташування обладнання й забезпечення сталих умов праці.

До розміщення процесу в просторі висувають такі вимоги:

- раціональне проведення технологічного процесу, створення сталих санітарно-гігієнічних умов праці для обслуговувального персоналу;
- низька вартість будівництва.

Компонувальні рішення обирають, беручи до уваги типові або раніше прийняті прогресивні рішення. Устаткування розташовують у плані відповідно до схеми технологічного процесу й транспортних операцій. Принципи розташування обладнання такі:

- забезпечення потоковості виробництва шляхом розташування обладнання в послідовності технологічного процесу, за винятком неробочих пробігів транспортних засобів;
- відсутність перетинів виробничих потоків в одній площині;
- гарантування безпечного проведення технологічних операцій;

– зручність робочого місця, монтажу й демонтажу обладнання, а також підходів до нього;

– якомога компактніше розміщення обладнання, оскільки вартість будівлі і витрати на її утримання пропорційні його обсягу;

– транспортні комунікації між обладнанням і ємностями для прийому сировини й проміжного зберігання матеріалу, що переробляється, повинні бути короткими, із найменшою кількістю підйомів;

– розташування однотипного технологічного обладнання (зазвичай) в один або кілька рядів на одному рівні;

– дотримання вимог пожежної безпеки.

Виконання цих умов забезпечує раціональну організацію обслуговування обладнання за мінімальної чисельності обслуговувального персоналу, підвищення надійності роботи обладнання.

У всіх випадках, коли це допускається умовами технологічного процесу, обладнання розташовують на нульовій позначці. У цьому разі виключається необхідність спорудження дорогих металоконструкцій і значно полегшуються обслуговування та поточний ремонт.

Подрібнювально-сортувальне обладнання розташовують на етажерках, які з метою уникнення вібрації не з'єднують із конструкціями будівлі. На верхніх поверхах будівель встановлюють бункери, дозатори, змішувачі, мішалки.

Устаткування можна розміщувати безпосередньо близько від виходів із приміщень. Розташування бункерів обов'язково перевіряють на значення необхідного кута нахилу зливника – трохи більше кута природної укосини матеріалу, що транспортується.

Аспіраційне обладнання (циклони, фільтри, вентилятори) зазвичай встановлюють на вільних площах поверхів, не зайнятих базовим технологічним обладнанням. До того ж беруть до уваги, що габарити аспіраційного обладнання, особливо фільтрів, великі.

Транспортувальне й передавальне обладнання розташовують так, щоб висоти перепадів матеріалів були мінімальні, а кількість вузлів перевантажень

якогомога меншою. Щоб максимально скоротити відстані між окремими машинами, необхідно застосовувати крутопохилі транспортні пристрої.

Ширина проходів між найбільш виступаючими частинами обладнання повинна бути не менше ніж 0,8 м; ширина проїздів для руху внутрішньоцехового транспорту визначається габаритами транспортних пристроїв і збільшується на 0,8 м з кожного боку до виступаючих частин обладнання (рис. 3.3).

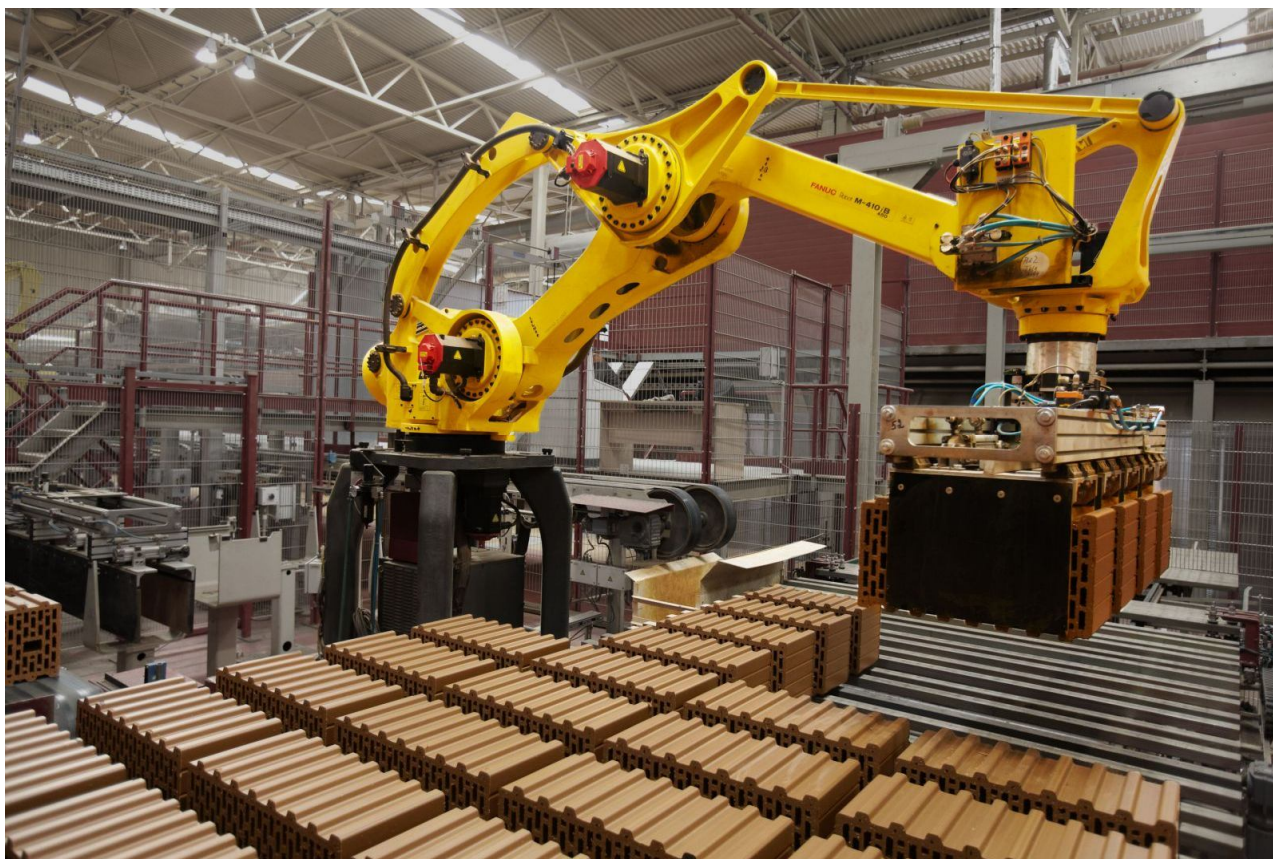


Рисунок 3.3 – Виробниче обладнання керамічного підприємства

Уздовж стін по всьому периметру будівлі залишають вільні проходи, а біля обладнання – наскрізні проходи. Дотримуватися цих вимог дуже важливо в разі аварійних ситуацій, коли необхідно швидко залишити приміщення, наприклад під час пожежі.

Для витримування готових виробів згідно з технологією, зберігання їхніх форм, змінного виробничого обладнання в цеху виділяють площі відповідно до норм технологічного проектування.



Обираючи обладнання та його компонування, необхідно передбачити максимальну механізацію й автоматизацію всіх виробничих процесів, із установленням (де це необхідно) монтажних балок, кранбалок, талів тощо.

У разі наявності суміжних переділок виробництва з різними режимами роботи між ними необхідно передбачити буферні склади (бункери).

Під час улаштування у виробничих приміщеннях майданчиків, висота від підлоги майданчика до низу виступаючих частин конструкцій будівлі, обладнання або лінії комунікації повинна становити не менше ніж 2 м. У разі розташування конвеєрів у галереях (на естакадах) у них передбачаються проходи між конвеєрами або конвеєром і стіною не менше ніж 1 м завширшки для проходу над трасою конвеєра в певних місцях, через кожні 30...50 м необхідно влаштувати перехідні містки з драбинами для підйому і спуску (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Конвеєрна лінія

Допустима відстань від верхньої габаритної точки елеватора до стелі перекриття або до виступаючих конструкцій повинна становити не менше ніж 1 м. Ширину виходів із приміщень визначають залежно від кількості

працівників у приміщенні: вона повинна становити не менше ніж 1 м, а висота – не менше ніж 2 м; ширина головних проходів у цехах – не менше ніж 1,5 м.

### **3.2 Розроблення генеральних планів**

Розташування виробничого корпусу на проммайданчику і його компонування повинні передбачати можливість подальшого розширення виробництва. Під час розроблення генерального плану підприємства з виготовлення кераміки вирішуються питання планування, забудови та благоустрою території на базі функційно-технологічних зв'язків між виробничими ділянками, напрямів головних людо- й вантажопотоків, санітарні характеристики виробництва, природно-кліматичних факторів, вимог економіки будівництва.

Складається схема функційно-технологічного взаємозв'язку між базовими виробничими будівлями та зазначаються їхні розміри в плані й по висоті. Визначаються цехи зі значною кількістю шкідливих викидів, особливості транспортних взаємозв'язків між будівлями.

Розглядається можливість блокування виробничих будівель для отримання економічного рішення.

Генплану підприємства розробляють відповідно до чіткого виробничо-функційного зонування:

- перша зона – передзаводська (допоміжні будівлі загальнозаводського призначення);
- друга зона – виробнича (базові й підготовчі цехи);
- третя зона – підсобно-виробнича (ремонтні, інструментальні цехи, енергетичне обладнання);
- четверта зона – транспортно-складська.

Головний вхід, загальнозаводські будівлі, а також стоянка особистого транспорту працівників розташовуються на лицьовому боці проммайданчика у бік руху головного потоку людей від житлової забудови на підприємство.

Енергетичні об'єкти необхідно максимально наблизити до споживачів енергії, цехи й ділянки третьої зони розташовують поблизу будівель базового виробництва. Об'єкти транспортно-складської зони групують уздовж зворотної і бічних сторін проммайданчика, що забезпечує ефективне використання транспортних шляхів (рис. 3.5).

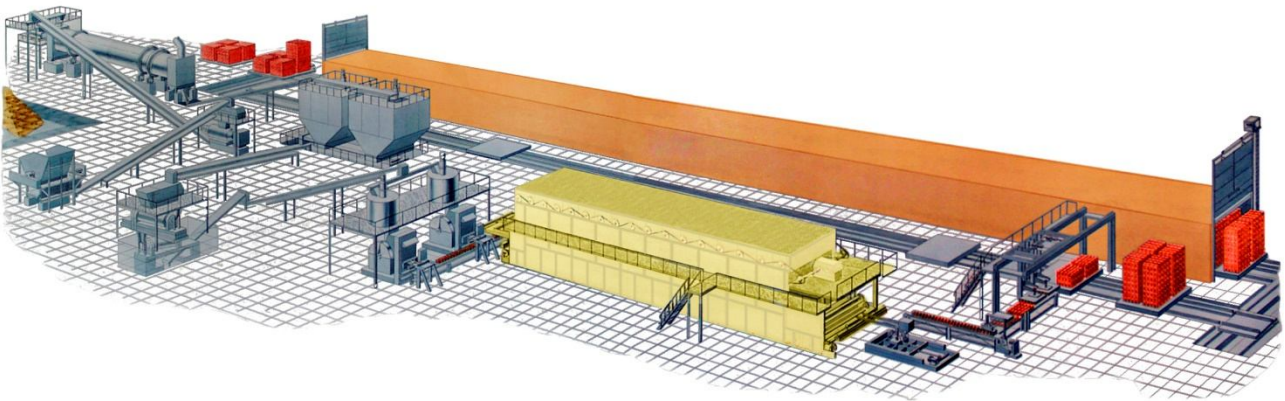


Рисунок 3.5 – Об'єкти транспортно-складської зони

Поєднання транспортних шляхів і об'єктів складського господарства дає змогу скоротити протяжність доріг, упорядкувати схему людських і транспортних потоків і ефективніше використовувати вантажно-розвантажувальні механізми. Однак із огляду на значну різноманітність об'єктів підсобно-виробничого призначення їх не завжди можна розташувати в одній зоні. Деякі об'єкти можуть розташовуватися не в своїй зоні, наприклад, у транспортно-складській зоні іноді розташовують відділення попереднього оброблення глини. Заводську лабораторію зазвичай розміщують у виробничій зоні. Іноді взагалі відмовляються від організації, наприклад, підсобно-виробничої зони. Зон може бути менше, а їх кордони не дуже чіткі.

На підприємствах із виготовлення керамічних виробів зазвичай застосовують принцип блокування будівель, тобто об'єднують кілька цехів і відділень в одній будівлі. Це дуже зручно з технологічного боку, але не завжди доцільно, оскільки в цьому разі різко погіршуються умови освітлення й вентиляції виробничих приміщень.

Під час розроблення генплану беруть до уваги також і аерацію проммай-данчика, тобто розміщення об'єктів із урахуванням напряму панівних вітрів. Будинки та споруди довгим боком орієнтують у напрямі панівних вітрів з метою влаштування аераційних коридорів. Джерела викидів необхідно розташовувати з підвітряного боку стосовно інших виробничих об'єктів. Невисокі об'єкти розташовують із навітряного боку, а в разі відсутності переважального напряму вітру високі будівлі й споруди розташовують ближче до центру.

Упорядкованість планування забезпечує система повздовжніх і поперечних проїздів, територію підприємства розбивають на прямокутні квартали.

Дороги для автомобільного транспорту на території підприємства проектують за наскрізною, кільцевою, тупиковою або змішаною схемами. За тупиковою схемою для розвороту автомобілів влаштовують спеціальний майданчик розміром 12×12 м або кільцевий об'їзд. Ширину проїздів приймають рівною 3 або 6 м, під'їздів до будівель – 4 м; ширину проїжджої частини дороги з двобічним рухом – не менше 6 м.

Мінімальний радіус заокруглення дороги в плані залежно від категорії приймається рівним 12,5...20 м.

Залізничні колії на підприємстві з колією 1 524 мм можуть бути прохідні або тупикові, введення залізничних колій у виробничу будівлю зазвичай тупикові. Радіус кривих на внутрішньозаводських шляхах – 200 м для звичайних умов і до 60...80 м в умовах обмеженого планування.

Ширина воріт для автомобільних в'їздів приймається рівною 4,5...6,0 м, для залізничних – не менше 4,9 м.

До комплексу архітектурного благоустрою керамічних підприємств входить проектування тротуарів, спортивних майданчиків, стоянок для індивідуального транспорту, розміщення зелених насаджень.

Спортивні майданчики та місця відпочинку зазвичай розташовують на шляхах руху робітників від виробничих будівель до їдалень, перед входами в побутові та робочі приміщення. Стоянки засобів індивідуального транспорту розміщують у передзаводській зоні.

На території підприємства передзаводський майданчик озеленюють біля головної прохідної, смуги вздовж огорожі підприємства, ділянок, вільних від забудови біля адміністративно-побутових будівель і приміщень, місця відпочинку та спорту тощо. Загальна площа озеленення підприємства будівельної кераміки повинна становити не менше 10...15 % загальної площі території. Мінімальна ширина смуги зелених насаджень за однорядного насадження дерев – 2 м, дворядного – 5 м, газону – 1 м, чагарнику – 0,8...1,2 м.

Розроблений за цими принципами генеральний план підприємства оцінюють за коефіцієнтом щільності забудови, мінімальне значення якого для цегляного або черепичного заводу становить 42 %, для заводу з виготовлення керамічної плитки і санітарно-будівельної кераміки – 0,45.

## ЛЕКЦІЯ 4 ПРОЕКТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ІЗ ВИГОТОВЛЕННЯ ЦЕГЛИ

Виготовлення керамічних матеріалів може здійснюватися окремо (на заводі) або входити до складу домобудівних комбінатів чи подібних підприємств.

Заводи з виробництва керамічних цегли і каменів включають склади глини, опіснювальних та інших матеріалів, масопідготовче, формувальне, сушильне, обпалювальне відділення, склад готової продукції. Цегельні заводи можуть також мати цехи, що випускають черепицю, пічні кахлі тощо.

Будівельні й лицьові цегла і камені розподіляють так:

- цегла одинарна –  $250 \times 120 \times 65$  мм;
- потовщена –  $250 \times 120 \times 88$  мм;
- модульних розмірів, одинарна і потовщена –  $288 \times 138 \times 63$  мм і  $288 \times 138 \times 88$  мм;
- камені порожнисті –  $250 \times 120 \times 138$  мм, модульних розмірів –  $288 \times 138 \times 138$  мм і укрупнені –  $250 \times 250 \times 138$  мм.

Останнім часом використовують великоформатні камені з розміром  $380 \times 253 \times 219$  мм і навіть  $510 \times 260 \times 219$  мм.

### 4.1 Компоненти формувальних сумішей

Під час виготовлення цегли й керамічних каменів використовують здебільшого помірно-пластичні низькоспікні легкоплавкі глини з вогнетривкістю нижче ніж  $1350$  °С і пластичністю не менше ніж 7...15, суглинки, глинясті сланці, а як пластифікувальні добавки або фактурний шар – туготопкі глини. Хімічний склад цегляних глин перебуває в широких межах, %:  $\text{SiO}_2$  – 45...80,  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$  – 8...28,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 2...15,  $\text{CaO}$  – 0,5...25,  $\text{MgO}$  – 0,0...4,  $\text{R}_2\text{O}$  – 0,3...5, п.п.п. – 3...16.

Природна вологість звичайних глин, суглинків та супісєй – до 18 %, лесів і лесоподібних глин – 6...12 %, стрічкових хитких глин – до 35 %.

Для виготовлення стінних виробів складного профілю мало придатна або зовсім не придатна сировина з підвищеним умістом піску, оскільки пісок

сприяє підвищенню поруватості черепка, погіршує сушильні властивості сирцю й знижує його механічну міцність.

Виготовлення тонкостінних багатопустотних керамічних каменів передбачає 13...20 % вмісту глинозему в глинах має бути, кремнезему – 50...75 %. Якщо вміст глинозему менший, формувальна маса має готуватися дуже ретельно, щоб унеможливити погіршення міцності готових виробів. Щодо гранулометричного складу сировини, то в цьому разі вміст фракцій розміром менше ніж 2 мк має становити 24...50 %, а фракцій розміром 2...20 мк – 30...47 %. Вміст фракцій, розмір яких понад 20 мк, допускається в межах 6...34 %.

Для надання готовим виробам необхідних властивостей вводять різні добавки – опіснювальні, випальні, зволожувальні тощо. Якщо підготовка маси пластична, мелені добавки вводять на початку технологічної лінії і обробляють разом із базовою глиняною сировиною. Якщо підготовка напівсуха, мелені добавки вводять у напівсуху подрібнену глиняну масу.



Рисунок 4.1 – Печі для виготовлення цегли

Сировину, що надходить на дегідратацію, перед випалюванням в обертювних печах пропускають через каменеподібні вальці, а перед випалюванням у печах киплячого шару – ще й через дірчасті вальці, прес або гранулятор для отримання гранул (див. рис. 4.1). Витрата глини в щільному стані для отримання 1 000 шт. повнотілої цегли пластичного пресування без добавок із неваку-

умованої маси становить  $2,5 \text{ м}^3$ , а з вакуумованої –  $2,7 \text{ м}^3$ . Для визначення обсягу шини в розпушеному стані використовують коефіцієнт  $1,2 \dots 1,25$ .

У разі використання в складі сировини добавок витрата глини відповідно до кількості добавок, що вводяться, зменшується. Якщо продукція заводу представлена продукцією інших видів або розмірів, витрату сировини розраховують на новий обсяг і порожнистість.

Витрата глинястих матеріалів у щільному ґрунті на 1 000 шт. звичайної цегли пластичного формування – близько  $2,5 \text{ м}^3$ , напівсухого пресування –  $2,6 \text{ м}^3$ , у розпушеному стані –  $3,13 \text{ м}^3$ , для дірчастого й саману –  $1,75 \dots 2$  і  $2,2 \dots 2,5 \text{ м}^3$  відповідно, тобто менше на  $25 \dots 30 \%$ .

#### **4.2 Вихідні дані для проектування цегляного заводу**

Проектна продуктивність нового або реконструйованого цегляного заводу визначається техніко-економічним обґрунтуванням і приймається кратною продуктивності прийнятих типів печей в одиницях продукції, що переводиться в умовну цеглу. Проектна продуктивність підприємства обчислюється в одиницях продукції, що виготовлюється, із переведенням її в умовну цеглу і встановлюється з урахуванням регламентованих втрат під час підготування сировини, сушінні й випалюванні.

Проектування дрібних підприємств із продуктивністю до 5 млн. шт. на рік умовної цегли на базі дрібних родовищ глин доцільно проводити, щоб задовольнити потреби щодо цегли сільськогосподарських районів. Це можуть бути навіть мобільні підприємства, що легко монтуються на новому місці; виробничі приміщення в такому разі споруджуються зі збірних, легко-транспортованих конструкцій, тому вони належать і до теплових агрегатів.

Під час розрахування річного фонду робочого часу коефіцієнт використання експлуатаційного часу роботи технологічного обладнання, що передбачає облік витрат часу на чищення, мастило, налагодження й дрібний ремонт обладнання всередині зміни, витрат часу під час передавання зміни та прибиранні робочого місця, у разі тризмінної роботи приймають рівним  $0,9$ ; у



разі двозмінної – 0,97. Коефіцієнт використання обладнання з урахуванням планово-випереджального ремонту приймають у разі безперервної роботи (365 днів на рік) – 0,9; у разі переривчастої (305 днів на рік) – 0,93, коефіцієнт використання теплових агрегатів – 0,95.

### 4.3 Технологічні рішення

Для підготування формувальної маси використовують пластичний і напівсухий способи. Вибір способу підготування й технологічної схеми визначається властивостями глиняної сировини й вимогами щодо якості готової продукції. Найвживанішим є пластичний спосіб підготування сировини. Більш складний напівсухий спосіб підготування маси застосовується, коли пластичний спосіб не дає хороших результатів. У виняткових випадках, які підтверджуються техніко-економічними розрахунками, коли застосовуються деякі види сировини, із яких важко отримати формувальну масу за допомогою пластичного або напівсухого способу, можна застосувати шлікерний спосіб підготування маси.

У виготовленні цегли й керамічних каменів поширення набув пластичний спосіб підготування сировини й формування виробів.

Технологічна схема виготовлення виробів напівсухим способом підготування сировини й маси застосовується у виготовленні звичайної та ефективної цегли, пустотілих каменів (у разі напівсухого пресування виробів), використанні глинястої сировини зниженої пластичності й вологості, а також у виготовленні таких виробів, як лицьова цегла, хоча формуються вони за допомогою пластичного способу.

*Відділення приймання та перероблення сировини.* Тут здійснюється приймання сировини зі складу або зовнішнього транспорту, його дозування (ящичкові подавальники з глинорозпушувачем і дозатори інших типів) і підготування формувальної маси, яке полягає у виділенні з сировини мінеральних і органічних добавок (каменеподібні вальці, а також глинозмішувачі з фільтром); доведенні вологості глиномаси до формувальної шляхом підсушування й

зволоження (глинозмішувачі, бігуни, сушильні барабани); руйнуванні природної структури вихідної сировини (вальці тонкого й грубого перемелювання, глинозмішувачі, бігуни); і отриманні придатної для формування шихти. Крім цього, для подрібнення сухої сировини застосовують дробарки різних типів, можливе також застосування одночасного сушіння та подрібнення в шахтних млинах. Витрата тепла під час сушіння глини в сушильних барабанах становить 1 300, а в шахтних млинах – 1 500 ккал/кг випареної вологи.

У разі використання глини з високою вологістю, її зволожують шляхом вилежування в штабелях кар'єру, підсушування в сушильних агрегатах, введення зволожувачів – сухих добавок піску, глини того самого родовища, дегідратованої глини, шамоту тощо. Як теплові агрегати для сушіння глин використовують сушильні барабани, а в разі застосування сланцевих і каменеподібних порід або малопластичних глин – шахтні млини. Якщо зволожувачем слугує суха глина, то її підсушують у сушильних барабанах, а якщо дегідратована глина – обпалюють і печах киплячого шару або оберткових печах. Під час виготовлення ефективної, пустотілої або лицьової цегли чи каменів для створення резерву й підвищення якості формувальної маси необхідно передбачити шихтозапасник ямного або баштового типів, що влаштовується в опалювальній частині виробничого корпусу.

У разі одночасного парозволоження витрата технологічної води для доведення глиняної маси до формувальної вологості приймається 300...350 л, без парозволоження – 400...450 л на 1 000 шт. повнотілої цегли.

Для поліпшення формувальних і сушильних властивостей глиняної маси під час її оброблення в глиномішалці застосовують паропрогрівання до 45...50 °С. У цьому разі витрату води зменшують на обсяг конденсату, що залишається в глиняній масі від парозволоження.

Кількість конденсату пари від прогрівання глиняної маси приймають у розмірі 60...70 % від витрати пари.

*Відділення формування.* Для формування цегли й керамічних каменів використовують спосіб пластичного формування або напівсухого пресування.

Для пластичного формування застосовують як вакуумні, так і безвакуумні стрічкові, шнекові преси, обладнані автоматичними різальними установками, а також установками з відбирання та укладання сирцю на сушильні рамки й вагонетки. Відносна формувальна вологість сирцю за пластичного способу формування – 20 %, після сушіння – 8 % (рис. 4.2).



Рисунок 4.2 – Відділення формування цегли

Особливі керамічні матеріали з різними способами офактурювання однієї або двох лицьових поверхонь (торкретуванням, ангобуванням, двошаровим формуванням) укладають також пластичним способом на тих самих пресах. Формувальна вологість пластичних глиняних мас – 18...22 %, але допускається формування виробів із глиняних мас зі зниженою вологістю – близько 12...14 %. Однак в останньому випадку преси повинні бути обладнані автоматами для різання бруса, пристроєм, що забезпечує постійну формувальну вологість і укладання виробів на пічні вагонетки в штабелі для підсушування й подальшого випалювання.

У разі водяного зрошення мундштука стрічкового преса витрата води на формування 1 000 шт. цегли-сирцю має становити 70 л, а на охолодження вакуум-насосів стрічкових пресів – згідно з паспортами обладнання.

Способом напівсухого пресування з глиняних порошків із вологістю 8...10 % вироби формують на револьверних і коліно-важільних пресах з автоматами відбору сформованих виробів із пресів і укладанням їх у штабелі на пічні вагонетки.

*Сушильне відділення.* Для сушіння свіжосформованих виробів застосовують сушарки тунельного, камерного (рис. 4.3) та конвеєрного типів. Вибір того чи іншого типу сушарок залежить від властивостей сировини, номенклатури виробів, потужності, режиму роботи тощо.



Рисунок 4.3 – Камерна сушарка

Тунельні сушарки застосовують у разі безперервної триміної роботи формувального відділення протягом семи днів на тиждень, тривалість сушіння сирцю – до 48 год або коли не потрібно періодично змінювати режим сушіння (наприклад, якщо підприємство постійно випускає тільки один вид продукції).

Камерні сушарки використовують під час роботи відділень формування й випалювання в різних режимах, якщо підприємство випускає два й більше видів виробів, що потребують різні режими сушіння сирцю (48 год і більше).

Під час проектування нових, а також реконструкції наявних сушарок для пом'якшення режиму сушіння, скорочення термінів сушіння й витрати палива

передбачають рециркуляцію теплоносія. До того ж 20...60 % відпрацьованого теплоносія викидається в атмосферу, а решту 40...80 % повертається в сушарку у вигляді рециркулянта.

*Обпалювальне відділення.* Для випалювання виробів на цегляних заводах рекомендують застосовувати тунельні печі, особливо з великою шириною каналу й верхнім подаванням палива, камерні печі, печі зі знімним склепінням, ковпакові печі. Можна також застосовувати конвеєрні печі з однорядним або багаторядним випалюванням.

#### **4.4 Складське господарство цегляних заводів**

Склади добавок – шамоту й піску влаштовують на відкритих майданчиках з місцевими укриттями, добавок, що вигоряють – тирси і бурого вугілля на відкритих майданчиках із місцевими укриттями. Транспортні зв'язки з виробництвом у вигляді стрічкових конвеєрів організовують в закритих галереях з полегшеними обгороджувальними конструкціями.

Під час проектування складів сировини й добавок використовують такі нормативні дані:

– запас глинястої сировини й піску у відкритих або утеплених глиноскладищах протягом зимового періоду роботи підприємства залежно від кліматичних умов становить 25...125 робочих днів;

– висота укладання глинястої сировини в глиноскладище – 5 м;

– місткість закритих шихтозапасників залежно від властивостей сировини розраховується з умов зберігання протягом 7...15 робочих днів;

– кількість підготовлених сипких складників або шихти в бункерах має забезпечувати 8...12 год роботи наступної установки, а в проміжних цехових складах – 24 год.

Якщо витрата будь-якого матеріалу, що постачається на склад, невеликий, то його запас може бути більшим, ніж належить за розрахунком.

Склади готової продукції розраховують виходячи з таких міркувань:

– запас готових виробів на складі повинен становити не менше 7 днів;

- піддони з цеглою або керамічними каменями можна встановлювати по висоті в 1...2 яруси;
- на складах готової продукції застосовують такі підіймально-транспортні машини – козлові й мостові крани, автотранспортувачі, автомашини;
- місткість загальної площі складу у разі розміщення піддонів у два яруси становить 400 шт. на м<sup>2</sup>;
- коефіцієнт обліку проїздів і майданчиків під шляхами складських підіймально-транспортних засобів становить у разі використання автотранспортувачів – 1,3, козових кранів і автотранспортувачів – 1,7.

#### **4.5 Компонувальні рішення виготовлення керамічної цегли**

Різноманітність технологічних схем виготовлення керамічної цегли потребує багато компонентівних рішень, що забезпечують досягнення високих техніко-економічних показників у разі компактності розміщення й зручності експлуатації обладнання, мінімальних обсягах будівництва інженерних споруд і транспортних комунікацій, дотриманні вимог охорони праці, промислової санітарії та охорони навколишнього середовища. Компонування виробничого корпусу має забезпечувати потоковість виготовлення внаслідок розташування цехів і відділень у послідовності технологічного процесу за винятком можливих неробочих пробігів внутрішньоцехового транспорту.

Необхідно намагатися використовувати гравітаційні сили під час переміщення матеріалу, щоб зменшити кількість транспортувальних машин і, таким чином, знизити витрату електроенергії.

Машини та агрегати потрібно встановлювати з урахуванням зручності обслуговування, можливості проведення монтажу й демонтажу, заміни окремих частин і ремонту. Важке обладнання розташовують або на самостійних фундаментах, або на вбудованих етажерках, не пов'язаних із конструкціями будівлі. Висота конструкції покриття пічного корпусу повинна допускати вільний прохід по зведенню тунельних печей для можливого огляду, ремонту та обслуговування обладнання й апаратури. Для розкочування вагонеток із

тунельних печей передбачають обгінні шляхи, кількість яких має становити не менше одного на кожні дві печі.

Ширина проїздів для цехового транспорту повинна перевищувати не менше ніж на 1 м максимальні габарити навантажених транспортних засобів (вагонеток, автонавантажувачів тощо).

Проходи між сусідніми пресами мають становити не менше ніж 2 м, відстань між виступаючими частинами двох паралельно розташованих тунельних печей із бічними пальниками або форсунками – не менше ніж 5 м, у разі використання тунельних печей із пальниками або форсунками на склепіннях – не більше ніж 2 м. Відстань від зовнішніх стін будівлі до виступаючих частин тунельних печей обирають не менше ніж 2,5 м.

Для економнішого використання виробничих площ цеху допускають великогабаритне, але не дуже важке обладнання сушарок (вентилятори, калорифери, змішувальні камери, трубопроводи тощо) розташовувати на перекриттях сушильних тунелів.

Якщо відділення формування й випалювання працюють за різними режимами, необхідно між формувальних агрегатом і піччю передбачити площу для створення запасів висушеного сирцю, щоб печі завантажувалися безперервно й тоді, коли прес не працює.

Усі операції щодо укладання свіжосформованої цегли на вагонетки, переміщення вагонеток, відкривання й закривання дверей сушарок, завантаження й розвантаження тунелів або камер, переміщення вагонеток із висушеним сирцем, розвантаження сушильних вагонеток і перекладення цегли на пічні вагонетки необхідно проводити в автоматичному режимі з форм агрегатів.

Розвантажують пічні вагонетки на складі готової продукції, навантажуючи продукцію на зовнішній транспорт або на виставковий майданчик, за допомогою кранів, автонавантажувачів та інших механізмів.

Реконструюють діючі підприємства, щоб розширити наявне виробництво або застосовувати на виробництві більш досконалі способи виготовлення

продукції шляхом упровадження нової техніки, що також супроводжується збільшенням потужності підприємства.

Під час реконструкції передбачають вдосконалення технології виробництва, повну автоматизацію виробничих процесів, зміну й розширення асортименту продукції з підвищенням її якості, заміну застарілого обладнання на більш сучасне, поліпшення умов праці й техніко-економічних показників.

Реконструкції передуює складання техніко-економічного обґрунтування, що доводить її доцільність. Передумовами, які свідчать про необхідність реконструкції заводу, є потреба району в запланованій до випуску продукції і наявність сировинних запасів, що забезпечують роботу заводу.

#### **4.6 Технологічне обладнання для цегляних заводів**

Технологічний комплекс БМК-350 призначений для повторно споруджуваних заводів керамічних виробів з тунельними великогабаритними сушарками й печами з каналом 7 м завширшки. До складу комплексу входять глинопереробне, пресове, транспортне, паливне та вентиляційне, робототехнічне обладнання й система управління із застосуванням мікропроцесорної техніки. Устаткування комплексу за своїм функційним призначенням розміщується на десяти автономних ділянках, об'єднаних єдиною централізованою системою управління.

До складу обладнання первинної обробки сировини входять два ящикових живильники, пластинчастий і стрічковий конвеєри, дезінтегратор, пластинчастий конвеєр, дірчасті вальці, стрічкові конвеєри, вальці грубого перемелювання, завантажувальний міст, змішувач із фільтрувальними ґратами, шихтозапасник місткістю 11 діб тощо.

Формувальна ділянка включає розвантажувальний міст, стрічкові конвеєри, пластинчастий живильник, вальці тонкого перемелювання, змішувач, прес шнековий, комплект пластинчастих і стрічкових конвеєрів, пульти управління, автомат-укладальник, автомат-навантажувач тощо.



Теплотехнічне обладнання включає сушарку безперервної дії, тунельні випалювальні печі, вагонетки сушильні (260 шт., із них 16 – резервні), вентиляційне обладнання (37 вентиляторів), передавальні візки, ланцюгові штовхачі, автомати-саджальники, пічні вагонетки, передавальні візки тощо.

На останніх ділянках розміщуються автомат-пакетувальник, автомат вертикального й горизонтального обв'язування.

Для утилізації димових газів передбачені теплоутилізатор і відцентровий вентилятор для подачі зовнішнього повітря, засувки регульовальні, щит електрообладнання тощо. Уся технологічна лінія обладнана центральною системою автоматичного управління.

На базі цієї лінії (комплексу) розроблені проекти заводів керамічної цегли потужністю 60 і 30 млн шт. на рік із тунельними печами ширина каналу яких становить 4,7 м для пластичного й жорсткого формування цегли-сирцю.

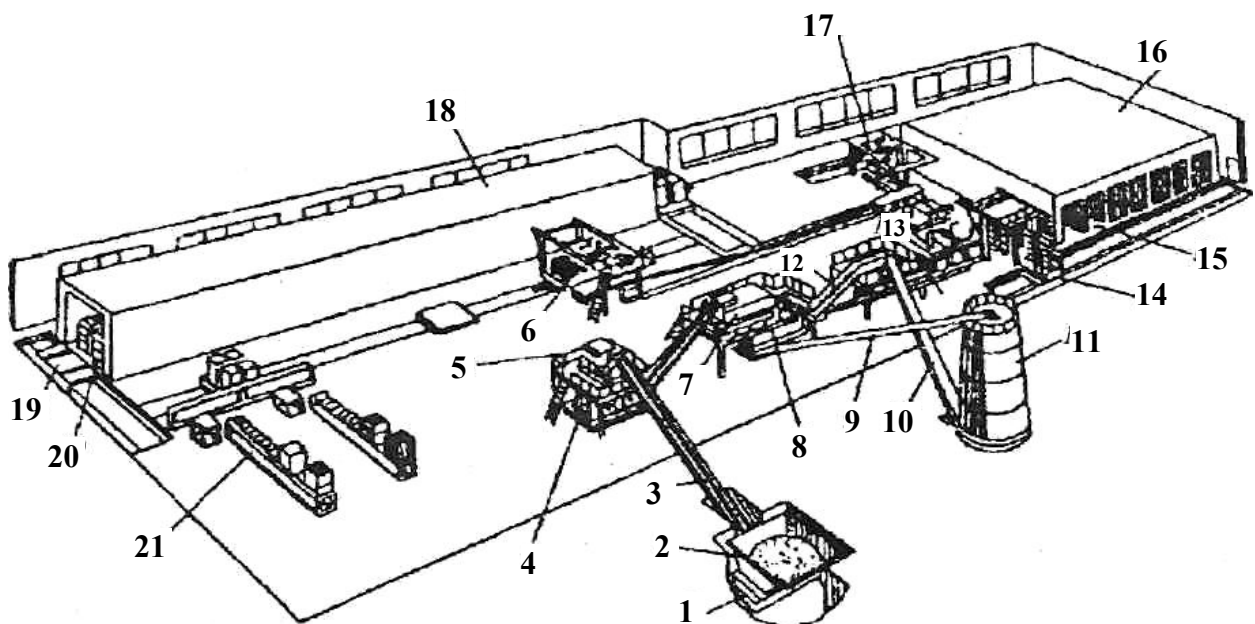


Рисунок 4.4 – Комплекс БМК-510: 1 – живильник пластинчастий; 2 – глинорозпушувач; 3, 9, 10, 12 – конвеєри стрічкові; 4 – вальці тонкого перемелювання; 5 – вальці каменеподібні; 6 – автомат-саджальник; 7 – змішувач лопатевий двовальний; 8 – конвеєр стрічковий реверсивний; 11 – шихтозапасник баштовий; 13 – поплачковий стіл – накопичувач рамок; 14 – візок електропередавальний; 15 – автомат-укладальник; 16 – сушарки камерні; 17 – автомат-розвантажувальник; 18 – піч тунельна; 19 – візок передавальний; 20 – вагонетка пічна; 21 – роликовий конвеєр

Комплекс обладнання БМК-510 призначений для виготовлення цегли способом пластичного формування потужністю 10...13 млн шт. умовної цегли на рік із камерними сушарками й тунельними печами з каналом 2,4 м.

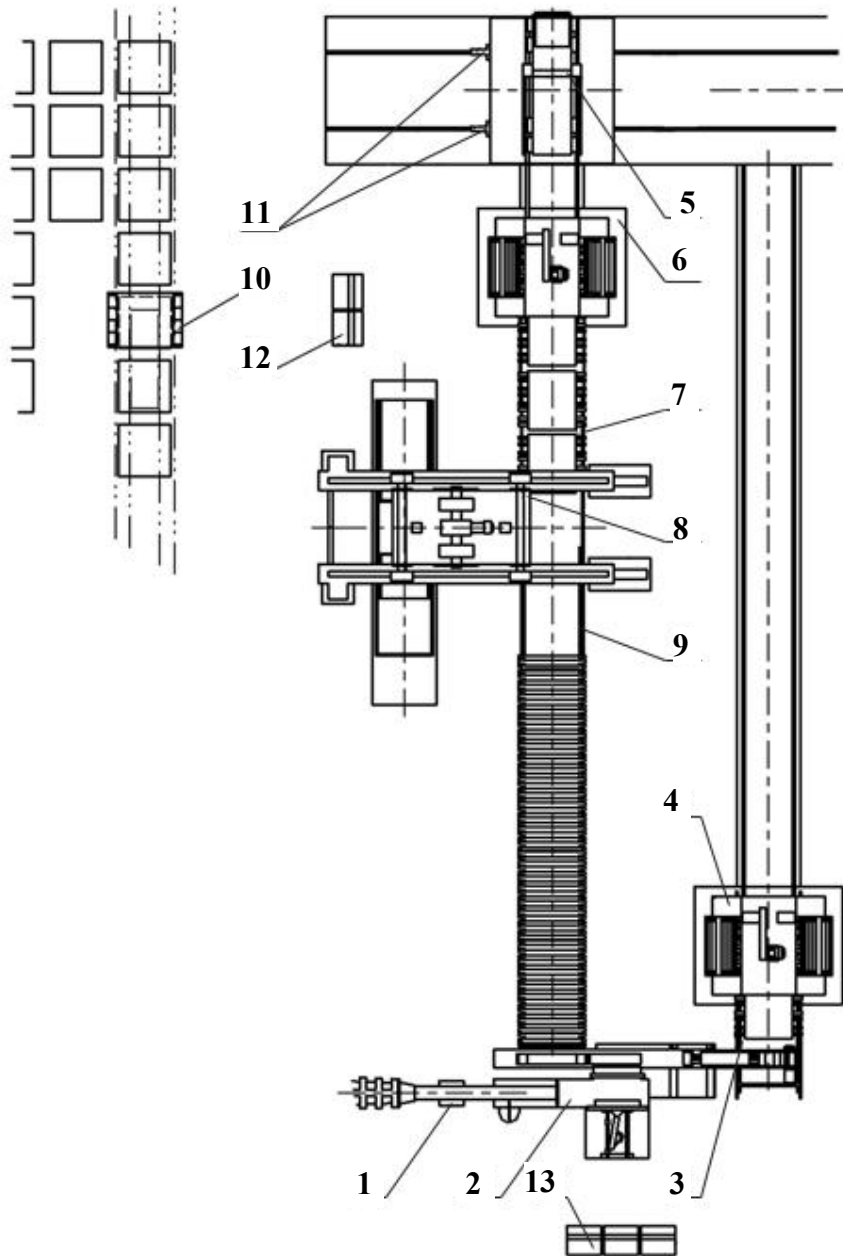


Рисунок 4.5 – Комплекс обладнання різання, укладання, комплектування, саджання й транспортування виробів БМК-560: 1 – стіл приймальний; 2 – автомат для різання й укладання сирцю; 3 – конвеєр подавання рамок (навантажених); 4 – елеватор (накопичувач); 5 – перевантажувач; 6 – елеватор (розвантажувальник); 7 – автомат комплектувальник виробів; 8 – автомат – маніпулятор виробів; 9 – конвеєр подачі рамок (порожніх); 10 – захват вилковий (і/або грейферний); 11 – складальні одиниці комплектації комплексу; 12 – система автоматичного управління обладнанням комплектування та саджання виробів; 13 – система автоматичного управління обладнанням різання й укладання сирцю

У комплекс входять глинорозпушувач, пластинчастий живильник, каменеподібні вальці, вальці тонкого перемелювання, змішувач двовальний, баштовий глинозапасник, прес шнековий, комплект стрічкових конвеєрів, автомат-укладальник, лінія обертання рамок, автомат-розвантажувальник, автомат-саджальник, передавальний візок камерної сушарки, комплект дверей сушарок, гідростіл, вила, пічна вагонетка, спецтранспорт пічного відділення, груповий захоплювач, перевантажувач (див. рис. 4.4).

Комплекс БМК-560 (див. рис. 4.5) призначений для використання в складі технологічної лінії з випуску цегли звичайної ( $250 \times 120 \times 65$  мм), цегли потовщеної ( $250 \times 12 \times 88$  мм), каменю керамічного ( $250 \times 120 \times 138$  мм) з потужністю до 12 млн шт. ум. цегли на рік.

Система автоматичного управління обладнанням різання й укладання сирцю забезпечує роботу обладнання в такому порядку: формований пресом брус подається на приймальний стіл і далі – в автомат різання й укладання сирцю для розрізання його на мірні відрізки, а після прискореного подавання відрізків на позицію багатострунного різання – на виробу. У процесі укладання виробів на рамки забезпечуються технологічні проміжки, необхідні для сушіння й подальшого випалювання. Потім укладені на рамки рядки (кожний рядок дорівнює довжині й ширині випалювального пакета) подаються на конвеєр подачі рамок, що виконує покрокову подачу рядків із рамками в накопичувач. Останній накопичує рядки з рамками на 10 рівнях (по 4 рядки у кожній парі полиць в горизонтальній площині) шляхом покрокового підймання полиць.

Після заповнення накопичувача навантаженими рамками перевантажувач виймає купку рамок з накопичувача, передає їх у блок камерних сушарок, вивантажує з сушильних каналів рамки з уже висушеними виробами й передає їх на розвантажувач.

Розвантажувач передає рамки з висушеним сирцем на автомат – комплектувальник виробів. Останній розсовує й комплектує (відповідно до малюнка саджання) навантажені рамки, а також завантажує порожні рамки

(після зняття з них виробів) у накопичувач, який потім повертає на конвеєр подавання рамок в автомат різання й укладання.

Сформовані пакети груповим захопленням передаються на конвеєр для транспортування пакетів на ділянку їх накопичення для подальшого завантаження печі.

Обпалені пакети встановлюють на піддони на ділянці упакування готової продукції; їх обв'язують стрічкою і вивозять на склад.

Під час створення заводів середньої потужності (до 40 млн шт. ум. цегли) лінію формують із двох технологічних потоків. Технологічні потоки забезпечені пересувними мостами для переміщення завантажувачів-перевантажувачів із одного потоку на інший, а також додатково двома накопичувачами, автоматом-комплектувальником виробів, автоматом-маніпулятором саджання виробів. Кожен технологічний потік виконує операції різання, укладання сирцю на сушильні рамки, установлення груп рамок із виробами в камерні сушарки, їх розвантаження, формування пакета виробів для випалювання, повернення порожніх рамок під завантаження, а машини одного технологічного потоку в разі зупинки машин іншого потоку виконують їх функції під час зупинки за допомогою пересувних мостів.

Таким чином, можна скомпонувати шість базових варіантів комплексів, розрахованих на широкий діапазон річної потужності – від 3 до 40 млн шт. ум. цегли.

#### **4.7 Різновиди цегляних заводів**

Технологічна лінія з виготовлення цегли потужністю 30 млн шт. ум. цегли на рік базується на комплексі обладнання БМК-540 (див. рис. 4.6). На цій лінії передбачена повна автоматизація всіх технологічних процесів – від приймання сировини до видавання готової продукції. Вхідне обладнання цього комплексу уніфіковане з обладнанням комплексу БМ-350 потужністю 75 млн шт. на рік.

Лінія призначена для виготовлення цегли (зокрема лицьової) методом пластичного формування (формувальна вологість 18...20 %). Режим роботи підприємства – двозмінний із одним вихідним днем, сушіння проводиться цілодобово шість днів на тиждень, випалювання – цілодобово й цілорічно. Чисельність обслуговувального персоналу основного виробництва без урахування підзміни, управлінського й допоміжного персоналу – 34 особи. Річні витрати сировинних ресурсів становлять 97 тис. т, електроенергії – 3 900 мВт/год, води – 2 000 м<sup>3</sup>, газу – 3 500 тис. м<sup>3</sup>, мазуту – 3 150 т. Площа головного виробничого корпусу – 12 700 м<sup>2</sup>, відмітка низу ферм – 8,4 м.

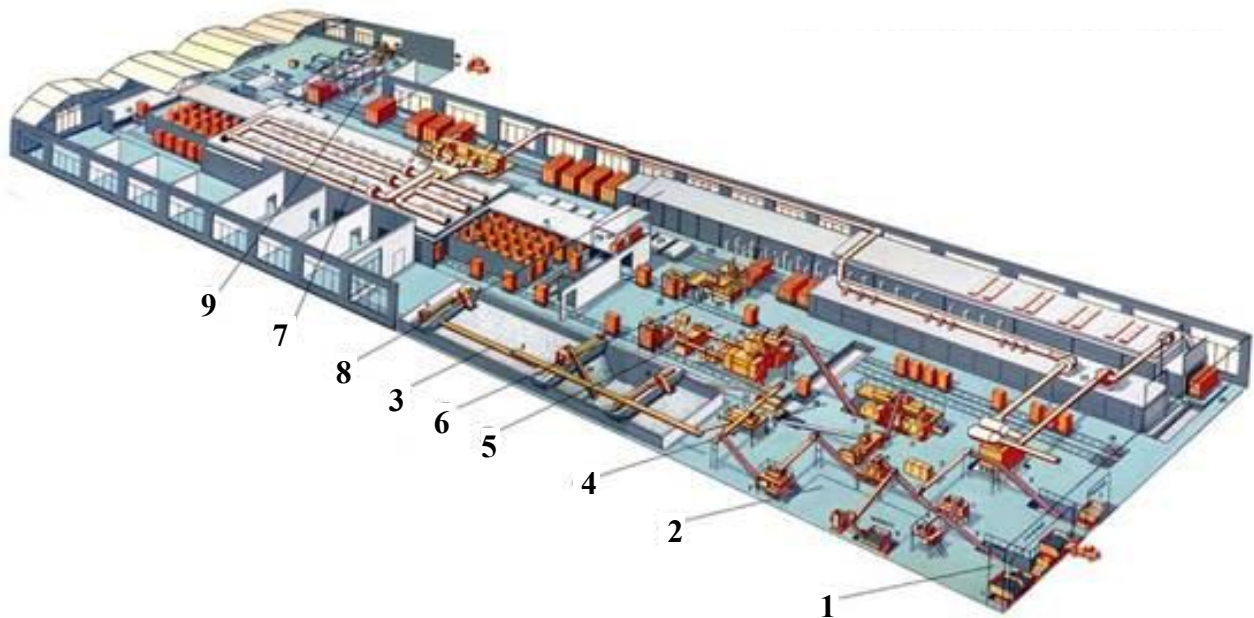


Рисунок 4.6 – Головний корпус цегляного заводу потужністю 75 млн шт. на рік:  
 1 – приймальне відділення; 2 – відділення первинного перероблення сировини;  
 3 – шихтозапасник; 4 – відділення вторинного перероблення сировини; 5 – ділянка формування, різання й укладання; 6 – ділянка саджання; 7 – тунельні сушарки; 8 – пічне відділення; 9 – ділянка пакетування

*Приймання й первинне перероблення сировини.* Сировина (середні за якістю глини) автотранспортом передається в два двовальні глинорозпушувачі й далі пластинчастими живильниками – в каменеподібні вальці. Потім – у технологічній послідовності встановлені бігуни мокрого перемелювання, вальці грубого перемелювання, змішувач із фільтрувальними ґратами, у якому за необхідності сировина дозвожується.

*Шихтозапасник.* Після первинного перероблення сировина надходить у шихтозапасник, місткість якого розрахована на 10...12 діб роботи цеху. До складу обладнання входять два завантажувальні мости, розвантажувальний міст з багатоківшевим екскаватором, а також стрічкові конвеєри (зокрема пересувні й реверсивні). Завантажувальний міст переміщується вздовж шихтозапасника й завантажує його горизонтальними шарами поперечним рухом реверсивного конвеєра. Розвантажувальний міст рухається також уздовж шихтозапасника, а встановлений на ньому багатоківшевий екскаватор – уперек.

Унаслідок завантаження шихтозапасника горизонтальними шарами й вертикального розвантаження його багатоківшевим екскаватором шихта ретельно переміщується. Окрім того, шихтозапасник є буферною ємністю, що забезпечує значне підвищення стабільності роботи внаслідок розриву технологічного ланцюжка послідовно працюючого обладнання.

*Відділення вторинного перероблення.* Із шихтозапасника шихта стрічковим живильником передається в змішувач (де за необхідності дозволюється).

Усе обладнання з'єднане системою стрічкових конвеєрів і автоматичним управлінням, що забезпечує необхідні алгоритми роботи й блокування.

*Ділянка формування, різання й укладання.* Підготовлена сировина надходить у змішувач шнекового вакуумного преса. Відформований пресом брус (або дві дошки) однострунний різьбяр розрізає на мірні відрізки, які багатострунний різальний автомат ріже на вироби. Останні передаються на систему ланцюгових, ремінних, роликівих і стрічкових конвеєрів, де утворюються необхідні для сушіння проміжки, формуються й накопичуються шари виробів, які потім подаються до укладальника. Тут видаляється брак формування, який повертається в живильник, розташований за шихтозапасником.

Укладальник завантажує вироби на поличкову вагонетку (шість рядів, 20 шт. виробів у ряду). Кроковий підйомник сушильних вагонеток переміщує вагонетку на наступну позицію по вертикалі, і цикл укладання повторюється. Місткість вагонетки з 13 полицями становить 1 560 шт. цегли.

*Тунельні сушарки.* Особливістю сушарок є наявність тільки двох дверей – вхідної і вихідної. Адресний розподіл вагонеток по каналах проводиться всередині сушарок, що забезпечує істотне скорочення втрат тепла й оптимізацію режиму сушіння. Перед сушарками розташовується накопичувальний тунель для вагонеток із місткістю на одну зміну, у якому підтримується необхідний тепловологісний режим. Аналогічний тунель влаштовують і для висушених виробів. У вихідний день вагонетки всередині сушарок не пересуваються, унаслідок чого забезпечується тризмінне сушіння виробів за двозмінної роботи формувального й саджального обладнання з одним вихідним днем на тиждень (рис. 4.7).

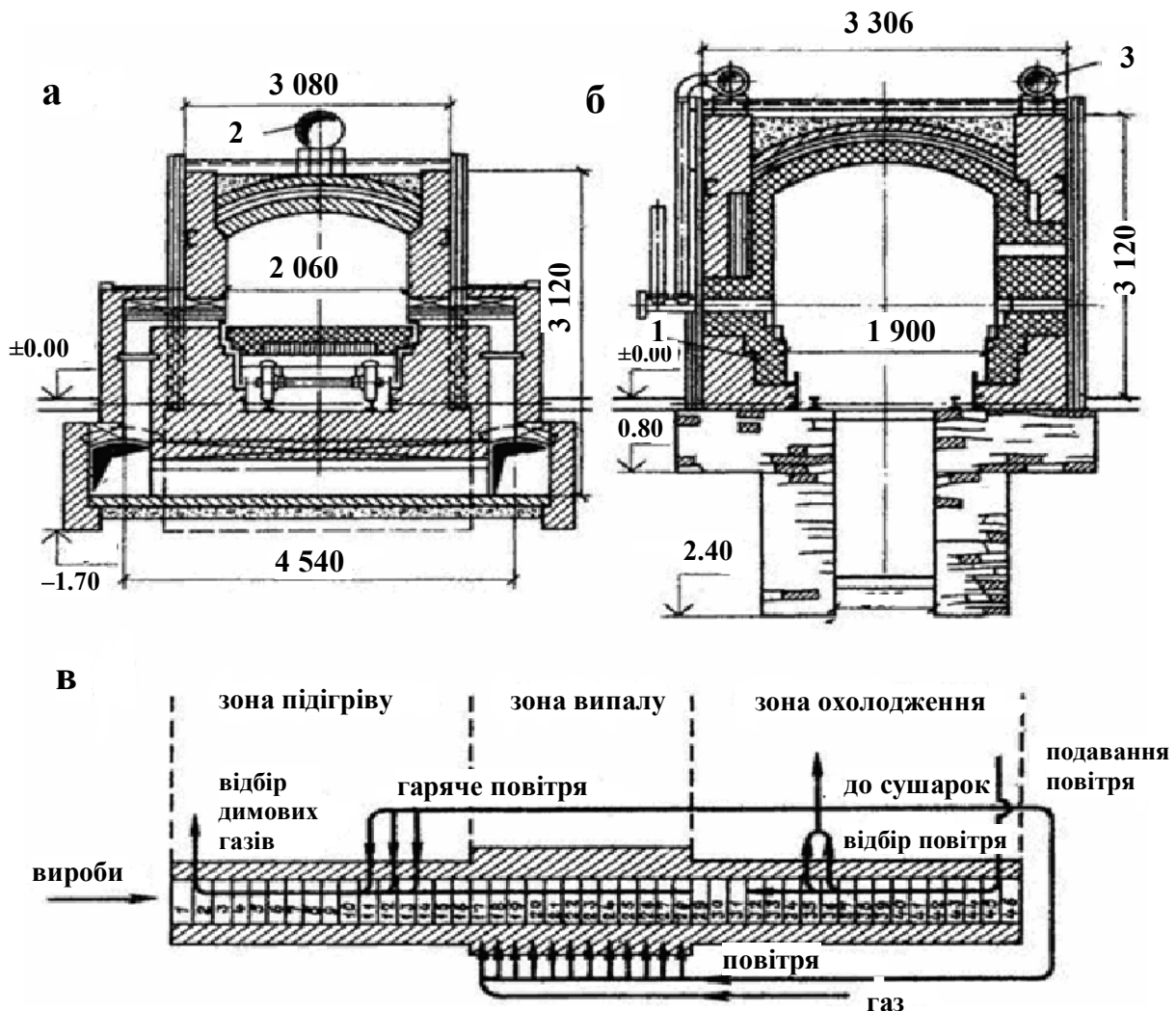


Рисунок 4.7 – Тунельна піч: а – зона підігрівання; б – зона узвару; в – схема теплових зон; 1 – мурування; 2 – повітропровід; 3 – газопровід

Усередині сушарок є шість робочих шляхів для вагонеток і три – для поїзда вентиляторних візків. Розподіл вагонеток по каналах, переміщення й робота вентиляторів відбуваються в автоматичному режимі.

*Ділянка садження.* Сушильна вагонетка розвантажується в порядку, зворотному до укладання, розвантажувача, за аналогічною до укладання схемою. Висушені шари виробів надходять у систему роликів і ланцюгових конвеєрів, де відбувається садження виробів у пакети розміром 1×1 м, які чоиризахватним маніпулятором переносяться на пічну вагонетку. На пічній вагонетці формуються вісім пакетів розмірами 1×1 м у плані і дванадцять рядів виробів по висоті. Місткість вагонетки становить 4 224 шт. цегли одинарного формату (рис. 4.8).

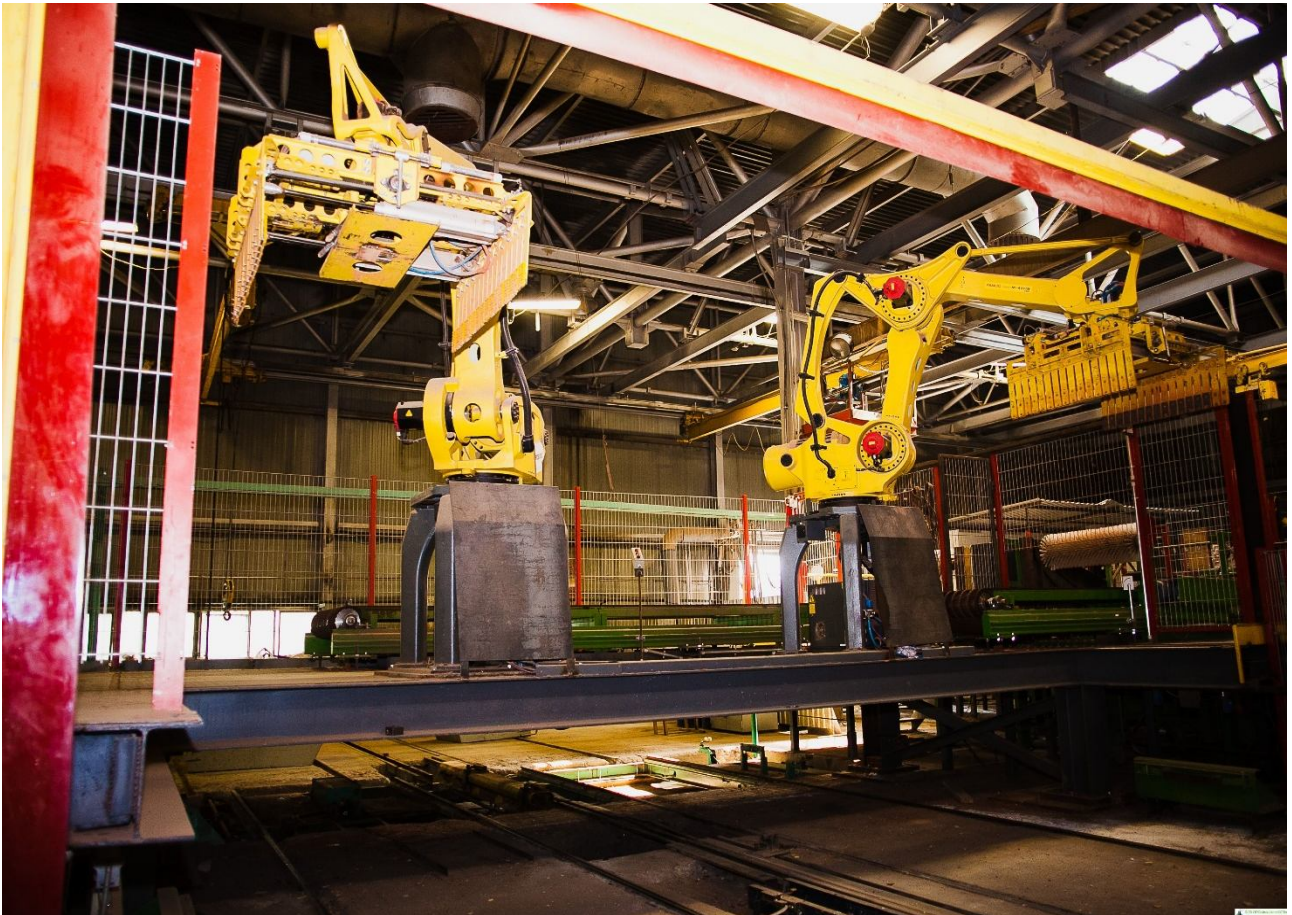


Рисунок 4.8 – Маніпулятори

*Пічне відділення.* Після сушіння й садження завантажені пічні вагонетки накопичуються в закритому тунелі для того, щоб перед випалюванням вироби



набрали атмосферної вологості. Місткість тунелю достатня для зупинення ділянки саджання на чотири зміни, що забезпечує двозмінний режим роботи з вихідним днем у разі рівномірного цілодобового й безперервного завантаження тунельною печі з шириною каналу 4,7 м, довжиною 128 м та з верхнім розташуванням пальників. Паливо – газ. Можливі інші варіанти вибирання палива й конструкції печі. Оскільки печі, використовують шляхи накопичення вагонеток місткістю чотири зміни.

Цегляний завод із потужністю 60 млн шт. ум. цегли на рік (рис. 4.9) призначений для виготовлення повнотілої й пустотілої цегли.

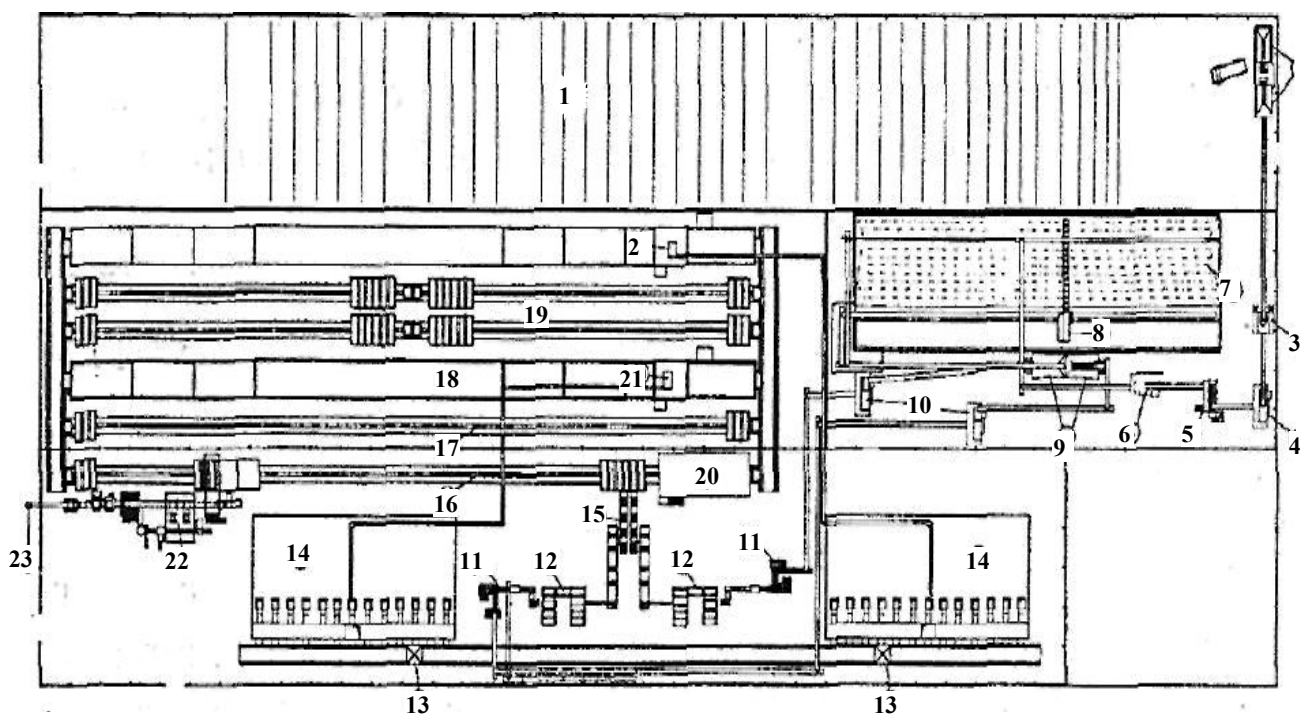


Рисунок 4.9 – Цегляний завод потужністю 60 млн ум. цегли на рік: 1 – глинозапасник; 2 – ящикові живильники; 3 – глинодробарка; 4 – дробарка грубого перемелювання; 5 – змішувач-змочувач; 6 – дробарка проміжного перемелювання; 7 – шихтозапасник; 8 – багатоківшевий екскаватор; 9 – проміжні бункери складування; 10 – дробарки тонкого перемелювання; 11 – вакуумні екструдери; 12 – автоматичне саджання сирцю й виймання сухих виробів; 13 – автоматичні трансбордери; 14 – камерні сушарки; 15 – автомат-саджалник; 16 – робочий шлях вагонеток із цеглою; 17 – запасний робочий шлях; 18 – тунельні печі; 19 – резервні шляхи; 20 – контрольний зал; 21 – теплообмінники; 22 – автоматичне вивантаження, штабелювання й пакування; 23 – вихід готової продукції

Виробнича лінія включає критий теплий глинозапасник на шість місяців роботи, лінію масопідготовки, шихтозапасник на десять днів роботи з

ковшовим екскаватором, дві паралельні лінії формування, дві камерні сушарки, автоматизований саджальник висушеної цегли, дві тунельні печі, автоматизовану лінію вивантаження й укладання цегли на палети з пакуванням за допомогою пластикової стрічки і/або поліпропілену.

Глину протягом теплого сезону видобувають у кар'єрі, розташованому за два кілометри від заводу, і доставляють в опалювальний взимку глинозапасник, прибудований до головного виробничого корпусу. Запас глини забезпечує безперервну роботу заводу протягом шести місяців. Крім цього, на заводі є проміжний шихтозапасник.

Відділення масопідготовки потужністю 45 т/год обслуговує дві лінії формування. Глину на лінію масопідготовки подають або з глинозапасника, або безпосередньо з кар'єру. Потім глину транспортером передають на каменеподібні вальці із проміжком між гладким і рифленим вальцями 10 мм, далі – до змішувача-змочувача, вальців первинного перемелювання із проміжком між вальцями 6 мм і вальців проміжного перемелювання із проміжком 3 мм. Після цього глину доставляють у шихтозапасник. У разі необхідності передбачено можливість обходу шихтозапасника за допомогою системи човникових транспортерів.

Із шихтозапасника багатоківшевий екскаватор подає шихту в два бункери для створення ще одного, проміжного запасу сировини. Із бункерів глина надходить на дві паралельні лінії формування. На кожній лінії вона проходить через вальці тонкого перемелювання із проміжком між гладкими вальцями 1 мм до вакуумного екструдера. Продуктивність кожного екструдера – 6 700 цегли на годину. Екструдер обладнаний змішувачем-змочувачем і, за необхідності дозовано додає воду.

Устаткування масопідготовки й формування забезпечено таймерами, що зупиняють машини в разі припинення подавання глини, що дає змогу значно економити енергоресурси.

Автоматична система різання й укладання сирцю та висушеної цегли складається з двох однакових установок переміщення сушильних решіток.

Пропущений через багатострунний різак сирець укладають на металеві решітки по двадцять шість цеглин в ширину і чотири – в довжину. Кожна сушарка складається з окремих камер, обладнаних індивідуальними газовими пальниками. У кожную камеру вміщується по десять сушильних етажерок вісімнадцять рівнів кожна, тобто всього 18 720 цеглин на камеру. Цикл сушіння становить 48 годин. Режим сушіння регулюється комп'ютером.

Висушені цеглини у вигляді пакетів укладають на решета й відправляють до єдиного місця автоматичного саджання. Чотири синхронно працюючі обертові захоплення автомата-саджальника укладають пакети на вагонетки в два ряди по висоті. На кожную вагонетку завширшки 4,5 м і завдовжки 4,35 м встановлюють дванадцять пакетів по 528 цеглин, тобто всього 6 336 шт. цегли.

Печі вирізняються високими герметичністю й тепловіддачею. Кожна піч має передпіч, розраховану на три вагонетки, що забезпечує досушування виробів перед їх надходженням власне в піч. Контроль за процесом випалювання й автоматичним пересуванням вагонеток здійснюється за допомогою комп'ютера. Випалювання відбувається за температури 1 020 °С і триває 48 годин. Обидві печі обладнані рекуператором, що уможливорює використання тепла з печі для нагрівання сушарок.

Висаджують по півпакета на один готовий для продажу піддон. Дерев'яні піддони автоматично подаються на пост палетизації. Готові сформовані палети упаковуються двома способами: у чохол із термоусадної плівки або горизонтально й вертикально обгортають пластиковою стрічкою. Потім вони автоматично надходять на склад готової продукції.

Компонування базового виготовлення цегляного заводу продуктивністю 5 млн шт. ум. цегли на рік з ковпаковими печами швидкісного випалювання представлено на рисунку 4.10.

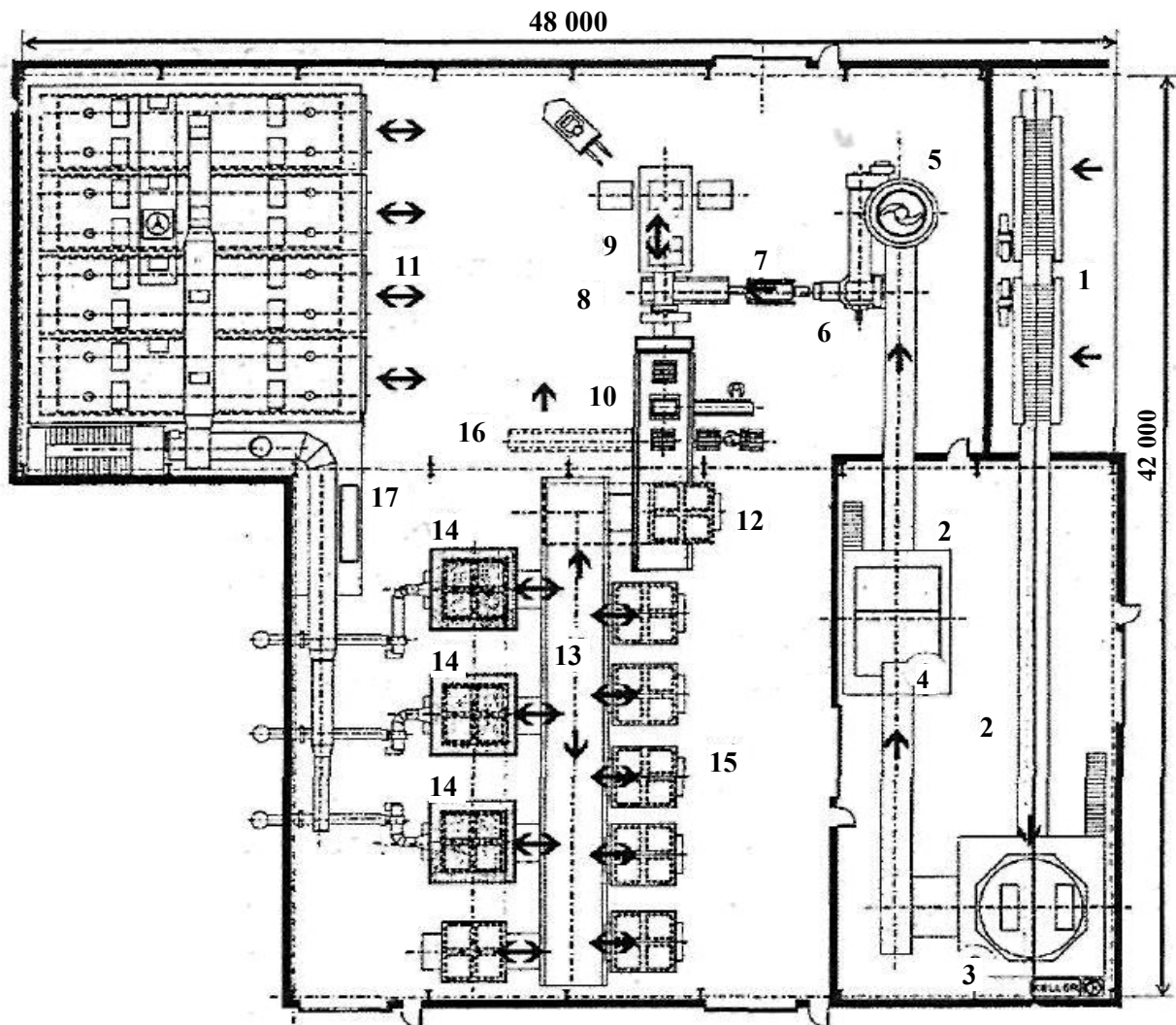


Рисунок 4.10 – Головний корпус цегляного заводу продуктивністю 5 млн шт. ум. цегли на рік: 1 – планшетний живильник; 2 – конвеєри; 3 – бігуни мокрого перемелювання; 4 – валкова дробарка тонкого подрібнення; 5 – сітчастий живильник; 6 – вакуумний прес; 7 – відрізний пристрій; 8 – навантажувач-розвантажувач сушільних каркасів (рамок); 9 – ділянка завантаження й розвантаження каркасів камерних сушарок; 10 – саджальник-розштабелювальник; 11 – камерні сушарки; 12 – ділянка завантаження (розвантаження) пічних вагонеток; 13 – ділянка транспортування пічних вагонеток; 14 – ковпакові печі; 15 – накопичувач випалювальних вагонеток; 16 – ділянка пакетування і відвантаження; 17 – центральний пульт управління

Глиняста сировина, пройшовши послідовно через планшетний живильник, бігуни мокрого перемелювання, вальці тонкого подрібнення, надходить у стрічковий вакуумний прес на формування. Сирець висушують у камерних сушарках, перекладають на сушільні вагонетки й обпалюють у ковпакових печах швидкісного випалювання в протязом 12 годин. Розмір печі –

5,8×6,2×3,7 м, місткість печі – 3 110 шт. ум. цегли, питома витрата палива 0,2 т ум. палива/1 000 шт.

Найскладнішим обладнанням цегляних заводів є комплекси різання, укладання сирцю, комплектування (див. рис. 4.11), а також садження й транспортування виробів.



Рисунок 4.11 – Дільниця комплектування

Складність їх пояснюється не тільки великою різноманітністю виконуваних різноманітних операцій, але й багатоваріантністю компонувальних рішень.

## ЛЕКЦІЯ 5 ПРОЕКТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ІЗ ВИГОТОВЛЕННЯ ЧЕРЕПИЦІ

### 5.1 Загальні відомості

Глиняна черепиця – довговічний, міцний, вогнестійкий покрівельний матеріал, що вирізняється значними архітектурними перевагами.

За призначенням черепицю поділяють на рядову – для покриття схилів покрівлі; гребеневу – для покриття гребенів і ребер; розжолобчасту – для покриття розжолобків; кінцеву – для замикання рядів, спеціального призначення тощо. Відомо багато різновидів рядової черепиці, що розрізняється за формою, розмірами і вкриваною поверхнею.



Рисунок 5.1 – Керамічна черепиця

Міцність під час стиснення черепиці – не менше ніж 7,0 МПа, міцність на злам – 12,5 МПа, зносостійкість під час стирання – 0,12 г/см<sup>2</sup>, морозостійкість 100 й більше циклів, водопроникність – 0,5 %, кислотостійкість – не менше ніж

98 %, вогнестійкість – повна, експлуатація – від  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , довговічність – 100 років. Черепиця повинна мати на зламі дрібнозернисту будову й під час удару видавати чистий звук. Поверхня черепиці має бути гладкою, без викривлень, рівномірно забарвленою, крайки рівні.

## 5.2 Проектування підприємств із виготовлення черепиці

Виготовлення черепиці може організовуватися на окремому підприємстві або як цех цегляного заводу. Черепичний завод, як і цегляний, включає склади глини, опіснювача й інших матеріалів, масопідготовче, формувальне, сушильне, обпалювальне відділення, склад готової продукції. Завод, який виготовляє черепицю, може мати також цехи, що випускають будівельну цеглу, пічні кахлі та іншу продукцію.

Продуктивність, режим роботи, організація технологічного процесу виготовлення черепиці, починаючи зі складу сировини й закінчуючи складом готової продукції, компоновальні рішення визначаються відповідно до подібних цегляних заводів, як і технологічні розрахунки та розрахунки обладнання.

Базовою сировиною виготовлення черепиці є легкоплавкі глини й суглинки. Хімічний склад глини для виготовлення черепиці коливається в широких межах:  $\text{SiO}_2$  – 57,49...70,88;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 12...14;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 3,5...5,1;  $\text{CaO}$  – 1,3...17,0;  $\text{MgO}$  – 0...3,5;  $\text{R}_2\text{O}_3$  – 0,07...1,0; п. п. п. – 3,5...14,0.

Гранулометричний склад (відсоток за масою) якісної черепичної сировини такий: фракцій із розміром менше ніж 0,005 мм – 10...64; 0,005...0,005 мм – 16...43; 0,05 і більше – 3...18. Глини не повинні містити великих зерен піску, включень вапняку, розмір яких більше ніж 1,0 мм, а також гіпсу, піриту, великих органічних включень тощо.

Показник пластичності черепичної глинистого сировини – 15...25, повітряне усідання – 6...8 %, загальне усідання за температури випалювання  $950\text{...}1\ 080\text{ }^{\circ}\text{C}$  – не більше ніж 12 %. В іншому разі в глину вводять опіснювачі – чистий пісок, шамот, зневоднені глину, каолін тощо. Інтервал спікання формувальної маси повинен міститися в межах  $60\text{...}80\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Дегідратовану глину, яка є найкращою опіснювальною добавкою, уводять в масу в кількості 20...40 %; шамот, одержуваний подрібненням бою цегли та черепиці – 10...20 %; чистий пісок – 15...25 %.

Витрата сировини на 1 000 шт. черепиці залежить від типу черепиці й становить: для фальцевої штампованої – 1,75 м<sup>3</sup> в щільному тілі або 2,2 м<sup>3</sup> в розпушеному стані, для фальцевої стрічкової – 1,5 і 1,85 м<sup>3</sup> відповідно, для плоскої стрічкової – 1,00 і 1,25 м<sup>3</sup>.

Зазвичай формувальну масу готують пластичним способом, рідше – напівсухим, коли використовують глини, забруднені вапняними включеннями. В особливих випадках використовують також дорогий шлікерного способу. Добавки готують тільки напівсухим способом.

Первинне оброблення глини проводиться так само, як і під час виготовлення цегли. Глиняста сировина послідовно проходить через усі глинопереробні машини – ящиківий живильник із глинорозпушувачем, каменеподібні вальці, бігуни мокрому перемелюванню, глинорозтирач. Потім здійснюється первинне змішування в двовальних змішувачах і тонке подрібнення в гладких або зубчастих вальцях чи бігунах мокрому перемелюванню. Величина зерен після перероблення не повинна перевищувати 0,6 мм. Опіснювальні добавки готують напівсухим способом.

Усе підготовче обладнання повинно поєднуватися системою стрічкових конвеєрів і автоматичним управлінням.

Формувальну масу готують у двовальних змішувачах з парозволоженням. Формувальна вологість маси становить 18...20 %.

Поширення набула фальцева черепиця. Формують черепицю шляхом штампування на пресах різних конструкцій – коліно-важільних або гідравлічних. Штампування проводять у добре змазаних спеціальним мастилом металевих формах. Витрата мастила на 1 000 шт. черепиці – 4...5 кг. Перед штампуванням на стрічковому пресі готують валки – заготовки для подальшого формування черепиці, розміри яких відповідають розмірам черепиці. Для цього глиняний брус, що виходить зі стрічкового преса за допомогою різального



пристрою розрізають по довжині на відрізки (валки), які надсилають на вилежування протягом 3...5 діб в спеціальні камери для вирівнювання вологості. Після вилежування валки розрізають на пласти, із яких штамнують черепицю. У разі використання свіжовидобутої глини валки потрібно вилежувати 7...10 діб.



Рисунок 5.2 – Штампування черепиці

Для формування плоскої стрічкової і гребеневої черепиці зазвичай використовують вакуумні стрічкові преси. Глиняний брус, що виходить з преса розрізають на окремі черепиці різальними автоматами, які виконують операції відрізання черепиці, відбирання їх від преса, автоматичного обрізання задирок і укладання черепиці на сушильні рамки та вагонетки.

Сушіння й випалювання черепиці проводять у тих самих теплових агрегатах, що й будівельну цеглу. Вибір теплового агрегату визначається масштабом виробництва й економічними причинами.

Сушать черепицю в тунельних і камерних сушарках із радіальними вентиляторами й рециркуляцією теплоносієм підвищеної вологості. Тривалість су-

шіння – до 36 год, вологість висушеної черепиці – 6...7 %. Можна сушити черепицю і в конвеєрних щілинних конвективних і радіаційних сушарках.

Параметри сушіння черепиці в камерних сушарках такі: початкові температура теплоносія – 20...35 °С і його відносна вологість – 80...90 %; кінцеві 50...55 °С і 20...25 % відповідно; тривалість сушіння – 25...70 години.

У тунельних протипотокових сушарках для зменшення тривалості сушіння до 36 год і збільшення заповнюваності тунелю черепицю укладають на вагонетки похило. Цикл штовхання вагонеток – 50...60 хвилин. Параметри подаваного в сушарку теплоносія такі: температура – 70 °С, відносна вологість – 20 %, швидкість руху – 2,0...2,2 м/с; відпрацьованого – 25...32 °С, відносна вологість – 92...96 %. Вологість черепиці після сушіння – 3...4 %.



Рисунок 5.3 – Сушіння черепиці

Використання в складі шихти 15...20 % шамоту або дегідратованої глини зменшує тривалість сушіння черепиці внаслідок збільшення параметрів теплоносія: температури – до 70...80 °С, відносної вологості – до 60...75 % і швидкості – до 2,5 м/с. Температура черепиці на виході з сушарки – 65...70 °С.

Витрата палива на сушіння черепиці залежить від виду черепиці та параметрів теплоносія й становить 45...100 кг. у. п./1 000 шт. черепиці. На сушіння штампованої й пазової стрічкової черепиці витрачається палива на 30...35 % більше, ніж на сушіння плоскої стрічкової черепиці.

У разі використання для сушіння черепиці щілинних конвеєрних сушарок із однорядним саджанням виробів термін сушіння зменшується до 2 год, а в радіаційних сушарках – до 20 хвилин.

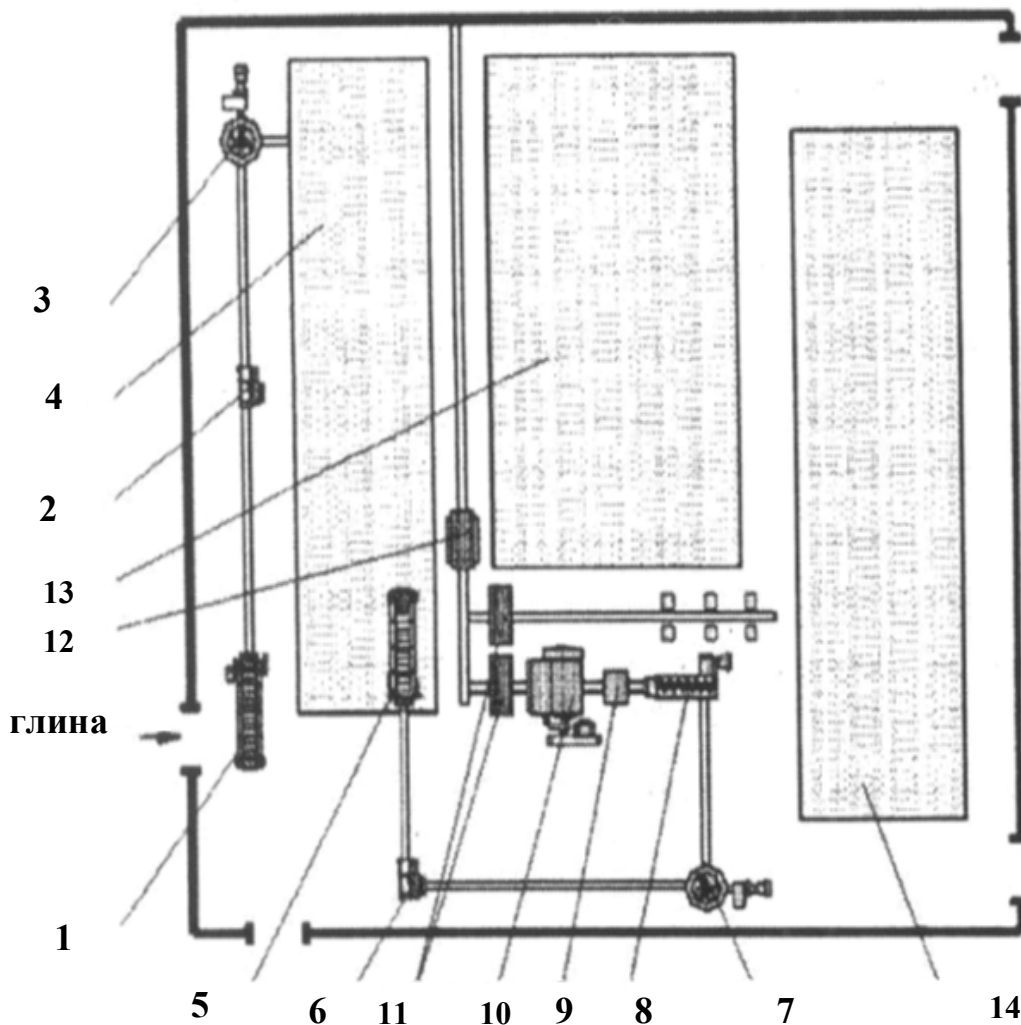


Рисунок 5.4 – Технологічна схема виготовлення стрічкової черепиці: 1, 5 – живильники скринькові; 2 – вальці грубого перемелювання; 3 – бігуни мокрого перемелювання; 4 – шихтозапасник із грейферним краном; 6 – вальці тонкого перемелювання; 7 – глинорозтирач; 8 – стрічковий прес для черепиці; 9 – різальний автомат; 10 – підйомник-накопичувач; 11 – передавальний візок; 12 – сушильні камери; 13 – піч для випалювання черепиці; 14 – транспортери

Під час виготовлення кольорової черепиці її вкривають ангобом або глазур'ю після формування або після сушіння. Для цього на свіжоформовану черепицю способом пульверизації наносять тонкий шар (0,1...0,2 мм) ангобу у вигляді шлікера, склад ангобу (у частинах за масою) приблизно такий: 20 – пластичної глини; 35 – ніфелінового сиеніта; 10 – кремнезему; 30 – каоліну; 5 – тальку; 5 – слюди й барвнику відповідного кольору. Потім укриту ангобом черепицю сушать і відправляють на випалювання. Щоб надати черепиці блискучого вигляду її вкривають прозорою глазур'ю шляхом розпилення або поливу. За наявності в сировині розчинних солей ангоб або глазур наносять на висушену черепицю.

Для випалювання черепиці використовують тунельні, камерні, ковпакові печі. Режим випалювання черепиці подібний до режиму випалювання цегли.

Якщо виготовлення черепиці відбувається на цегляному заводі, то черепицю можна обпалювати в тунельних печах одночасно з цеглою і порожнистим камінням за єдиним тепловим режимом. Щільність зсідання – 0,55...0,65 т/м<sup>3</sup> пічного обсягу, тривалість випалювання – 32...50 год, витрата палива – 112...154 кг. ум. п./1 000 шт. черепиці.

Щоб підвищити водовідштовхувальні властивості й морозостійкість, а також усунути вицвіти на обпалену черепицю наносять гідрофобізатор. Це здійснюють двома способами: зануренням у розчин або розпиленням розчину.

Щоб підготувати формувальну масу, сировину послідовно пропускають через скриньові живильники подрібнювача, дезінтегратор, вальці, змішувач, шихтозапасник із ківшевим екскаватором, вальці тонкого перемелювання під високим тиском. Черепицю формують на двох лініях – добірних елементів і рядової черепиці. Лінія добірних елементів обладнана скриньовими живильниками, змішувачем, екструдером, різальником і автоматом подачі в прес, пресом для добірних елементів, п'ятьма сушильними камерами (тривалість сушіння 48 год), розвантажувачем етажерок, укладальником черепиці в касети й автоматом-саджальником на пічні вагонетки. На лінії звичайної черепиці встановлені екструдер, різальник і автомат подачі в прес,

два двопозиційні ротаційні преси з двома пресуваннями за один хід, автоматичний завантажувач сушильних візків, триканальна тунельна сушарка (по два шляхи в кожному каналі) загальною довжиною 120 м і тривалістю сушіння 48 год, агрегат для розвантаження сушарки, укладання черепиці в касети й саджання повних касет на пічні вагонетки (див. рис. 5.4).

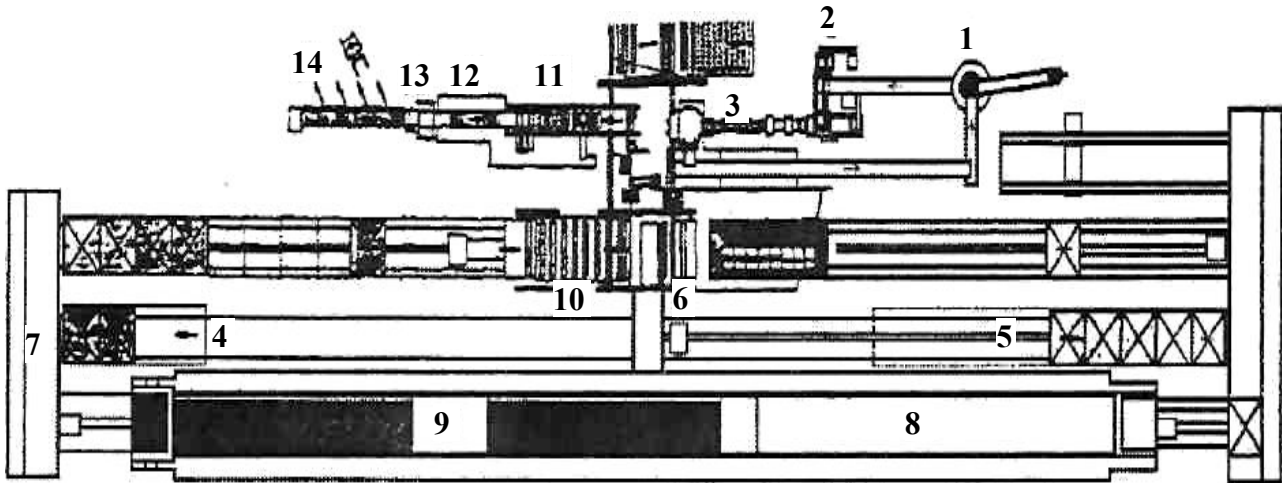


Рисунок 5.5 – Компонувальні рішення черепичного заводу продуктивністю 14 млн шт. черепиці на рік: 1 – вертикальна мішалка; 2 – прес; 3 – прес із двома формами; 4 – транспортування порожніх касет; 5 – штабелер касет; 6 – саджання на вагонетки; 7 – контрольний пункт; 8 – сушарка; 9 – піч; 10 – розвантаження вагонеток; 11, 12, 13 – обв’язування пакетів і укладання в плівку; 14 – піддон для відправлення на склад

На рисунку 5.5 наведене компонування черепичного заводу з продуктивністю 14 млн шт. на рік.

## ЛЕКЦІЯ 6 ПРОЕКТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ІЗ ВИГОТОВЛЕННЯ КЕРАМІЧНОЇ ПЛИТКИ

### 6.1 Загальні відомості

Керамічні плитки за довговічністю й високими декоративним якостями перевершують багато видів оздоблювальних матеріалів для внутрішнього й зовнішнього оброблення житлових, промислових і громадських будівель і споруд. Незважаючи на те що випуск вітчизняних керамічних плиток на сьогодні невеликий, потреба щодо них величезна, тому виготовлення плиток постійно збільшується. Зростає необхідність випуску декорованих плиток для внутрішнього облицювання стін і великорозмірних офактурених підлогових і фасадних плиток. Виготовлення керамічних плиток розвивається за шляхом вдосконалення високопродуктивної поточно-конвеєрної технології.

Керамічні плитки можуть бути облицювальними (для внутрішнього облицювання стін), підлоговими й фасадними. Розмір плиток коливається від 2,1×2,1 мм для коврово-мозаїчних до 600×1200 мм – для навісних фасадних систем (рис. 6.1).



Рисунок 6.1 – Керамічна плитка

Керамічні плитки можуть виготовлятися на окремому підприємстві чи входити до складу домобудівних або керамічних комбінатів. Кераміко-

плиткове підприємство включає склади сировини й готової продукції, масозаготівельний цех, цех основного виробництва, ремонтно-механічний цех. Підприємство щодо випуску керамічних плиток може мати в своєму складі й цехи з випуску цегли, черепиці та інших будівельних керамічних виробів.

Керамічні плитки різного призначення отримують способами напівсухого і сухого пресування з порошків вологістю 5...7 % (основний спосіб), лиття з шлікера вологістю 30...35 % і пластичним формуванням із мас вологістю 14...20 %.

Декорують плитки (рис. 6.2) або в процесі їх формування (нанесення рельєфу, двошарове формування), або після сушіння й навіть випалювання виробів (глазурування, серіографії) з подальшим повторним випалюванням.



Рисунок 6.2 – Декорування плитки

Підготування глинястої сировини на заводах, що випускають керамічні плитки, полягає у видаленні або подрібненні кам'янистих включень і досягненні однорідності й легкоукладуваності формувальної маси.

Основні способи перероблення глинястої сировини у формувальну масу під час виготовлення керамічних плиток – напівсухий, сухий (різновид напівсу-

хого), пластичний і шлікерний. Вибір способу визначається властивостями вихідної сировини, видом продукції, що випускається, і обсягом виготовлення.

Суміш сировинних компонентів готують для сушіння, сушать, подрібнюють до певної товщини й зберігають у силосах. Сухий спосіб підготування доцільно використовувати в разі наявності одного або двох видів сировини, близьких за складом і властивостями.

У деяких випадках процеси сушіння й тонкого подрібнення поєднують в одному агрегаті. З цією метою застосовують аеробільні або шахтні млини. Сушіння в них здійснюється за допомогою гарячих спалювальних газів, які підхоплюють дрібні частинки й несуть їх у циклони, де вони осідають; до того ж великі частки самопливом повертаються в млин. Застосовують також млини самоздрібнювання типу «аерофол», у яких поєднані дроблення й перемелювання. Якщо вологість матеріалу до 10...12 %, його можна й висушувати в них, подаючи замість повітря гарячі газу.

Маси готують у стрижневих змішувачах, у яких маса усереднюється, домелюються великі фракції й агломеруються пилюваті фракції.

## **6.2 Способи підготування формувальної маси**

*Підготування формувальної маси напівсухим способом.* Цей спосіб полягає у змішуванні підготовленої глини з плавнями, опіснювальними та іншими добавками та одночасному зволоженні її гарячою водою або, що краще, парою у разі отримання пластичних мас, яке виконують у двовальних змішувачах, малопластичних у швидкохідних бігункових змішувачах, пісних мас – у бігунах.

Для підвищення однорідності й пластичності маси під час виготовлення фасадних плиток її витримують протягом 6...10 діб в силосах-гомогенізаторах або в шихтозапасниках баштового чи іншого типу (див. рис. 6.3).

Застосування гомогенізаторів, шихтозапасників і проміжних бункерів спричиняє підвищення міцності виробів, забезпечує ритмічність роботи глинопереробного формувального обладнання.



Напівсухий спосіб підготування формувальної маси, як і сухий, доцільно використовувати в разі наявності одно- або двокомпонентної глинястої сировини, подібної за складом і властивостями.



Рисунок 6.3 – Витримування глини в силосах

Під час шлікерного підготування маси подрібнення й грубе перемелювання глинястих матеріалів проводять в дробильно-розмелювальних установках первинного дроблення (вальцях різних конструкцій, дезінтеграторах, бігунах, стругачах); тонке перемелювання і змішування компонентів – у кульових млинах або пропелерних мішалках та інших установках протягом 5...7 години.

Для ефективного подрібнення компонентів використовують сильнодіючі ПАР (ефіри моно, ди- або триалкілфосфату). Керамічну суспензію зневоднюють у баштових розпилювальних сушарках, що забезпечують однорідність порошку за вологістю, зерновим і хімічним складом, високошвидкісним режимом зневоднення й технологічності.

Серед трьох зазначених вище способів підготовки маси поширення набув *шлікерний спосіб* зі зневодненням у розпилювальних сушарках, який забезпечує отримання однорідного прес-порошку.

Найперспективнішим способом формування, що широко застосовуються під час виготовлення керамічних плиток, є пресування з керамічних порошків, яке може бути напівсухим або сухим (рис. 6.4). Середня вологість порошку становить 5...7 %. Цей спосіб здійснюється на потоково-конвеєрних лініях, що включають комплекс обладнання, кожен агрегат якого є самостійним вузлом у єдиному технологічному ланцюгу: преси напівсухого пресування, розподільно-розвантажувальні пристрої пресованих напівфабрикатів до сушіння й випалювання, щілинну конвеєрну сушарку, полив'яні та декорувальні пристрої, печі швидкісного випалювання, установки для сортування та пакування виробів.



Рисунок 6.4 – Формування плитки з керамічних порошків

Пресування здійснюють під час виготовлення облицювальних, фасадних і підлогових плиток на гідравлічних, коліно-важільних пресах і гідравлічних

пресах КРУ-160 з двоступінчастим пресуванням і скиданням тиску між першою та другою ступенями для запобігання запресування повітря. Останнім часом застосовують аналогічні до преса КРУ-160 досконаліші преси РУ-250 і РУ-500.

Тонкостінні дрібнорозмірні керамічні плитки формують шляхом лиття на литтєвому конвеєрі. Сумарний час формування виливки на лещадках становить 7...9 хвилин. Потім виливок на лещадці надходить на зачисний і потім різальний пристрій, де його дисковими ножами розрізають на плитки необхідних розмірів.

Після формування відбувається сушіння в протипотокових тунельних сушарках із поличними вагонетками, а також у конвеєрних радіаційних і радіаційно-конвективних сушарках з однорядним сушінням на роликівих, сітчастих і ланцюгових конвеєрах. На сьогодні перевага надається однорядному сушінню в секційних конвеєрних сушарках. Температурні режими сушіння всіх видів плиток м'які і встановлюються залежно від розмірів, початкової та кінцевої вологості, щільності, кількості опіснювачів у масі. Кінцева вологість плиток становить менше ніж 0,5 %.

Терміни сушіння залежать від щільності й товщини плиток і для потоково-конвеєрних ліній коливаються в межах 9...10 хв для облицювальних плиток, 35...65 хв – для підлогових і 12...35 хв – для фасадних.

Застосування тепла відхідних пічних газів і подавання теплоносія через форсунки уможлиблює скорочення терміну сушіння майже вдвічі й значно покращує компонування всієї потоково-конвеєрної лінії.

Випалювання керамічних плиток проводять в одно- й двоповерхових щілинних печах протягом 17...50 хвилин. Печі можуть бути з відкритим полум'ям і газовим опаленням, муфельні на газоподібному й рідкому паливі та електричні з нагрівачами типу «зиг-заг». Найпоширенішим видом палива є газове. Використання електроенергії забезпечує підвищення якості продукції, більш повну автоматизацію теплових процесів, поліпшення умов праці. Однак собівартість електровипалення значно вища, а надійність, довговічність і міжремонтний цикл електропечей значно нижче, ніж у печей, що працюють на

газоподібному паливі. На рисунку 6.5 представлений загальний вид конвеєрної роликової печі для випалювання керамічних плиток.

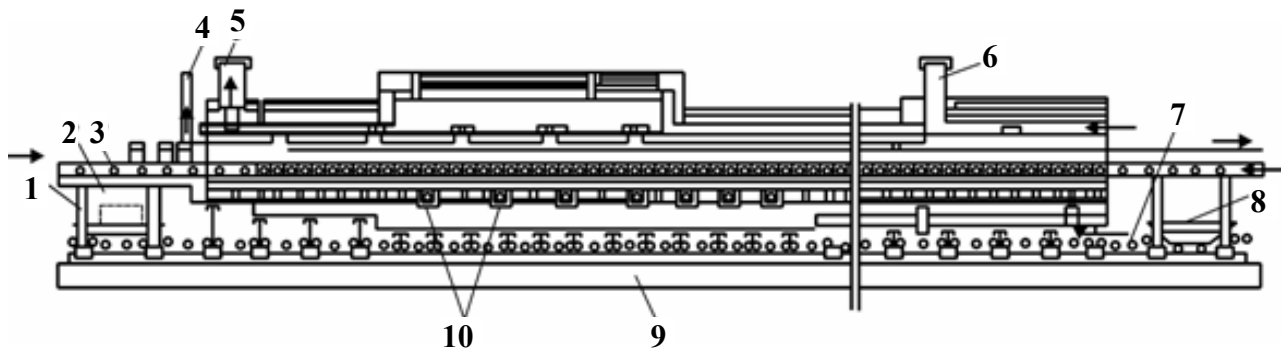


Рисунок 6.5 – Конвеєрна роликова піч: 1 – каркас; 2 – привід нижнього роляганга; 3 і 7 – ролики; 4 – коробка відбирання парів води; 5 – коробка відбирання пічних газів; 6 – колектор відбирання гарячого повітря; 8 – конвеєр повернення піддонів; 9 – фундамент; 10 – пальники

Щоб прискорити охолодження плиток до температури нижче 40 °С, наприкінці печі на ділянці завдовжки 4,5 м встановлені обдувальні пристрої.

Завершують технологічний процес виготовлення керамічних плиток сортуванням і пакуванням готової продукції. Сортувально-пакувальні установки сортують плитки по довжині грані, товщині й кривизні поверхні. Упаковують плитку в картонні коробки, обтягуючи останні термоусадною поліетиленовою плівкою.

Для декорування керамічних плиток використовують різноманітні способи, серед яких найпоширенішим є поливання. Поливну суспензію наносять шляхом розпилення й поливу на поливувальних конвеєрах.

Найчастіше застосовують розпоршування поливу пневматичними форсунками або відцентровими дисковими розпилювачами.

Полив економічніший і забезпечує більш рівну глазуровану поверхню після випалювання, але до й після глазуровання потрібні складні перегрупувальні пристрої та механізми щодо зачищення бічних граней і нижнього боку плиток від напливів глазури. Поливові пристрої, що діють за принципом «через вал», дозволяють глазурувати одночасно 4...6 рядів плиток.

Використовують і поєднання різних способів – спочатку шляхом поливу наносять основний шар світлого тону, а потім набризкують глазур більш темних тонів, створюючи, таким чином, мармуроподібний малюнок.

Поширене поверхневе фарбування методом серіографії на верстатах-автоматах СМ-155, який полягає в послідовному продавлюванні через сітку-трафарет кольорових мастик і подальше закріплення малюнка за допомогою глазурування й випалювання. Одноколірні малюнки наносять за допомогою друкарського верстата, кольорові – декількох друкарських верстатів.



Рисунок 6.6 – Загальний вигляд заводу з виготовлення будівельної кераміки

Схеми компоновки пристроїв для нанесення глазури, механізмів для зачищення плиток у потоково-конвейєрних лініях можуть бути різними.

## ЛЕКЦІЯ 7 ПРОЕКТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ІЗ ВИГОТОВЛЕННЯ САНІТАРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ

### 7.1 Характеристики санітарно-будівельних виробів

Санітарно-будівельними виробами вважають ті (рис. 7.1), що призначені для санітарного благоустрою житлових, громадських і промислових будівель. Це умивальні столи (умивальники) з переливом і без переливу, зі спинкою і без спинки; прямокутні, напівкруглі, кутові тощо; унітази з випуском під кутом  $60^\circ$  і  $30^\circ$ , а також дитячі; біде; пісуари тощо – усього понад 30 найменувань. Санітарно-будівельні вироби тонкокерамічні з поруватим (фаянсовим), щільним (порцеляновим) або напівфарфоровим черепком, укритим прозорою або глухою білою чи кольоровою глазур'ю.



Рисунок 7.1 – Керамічні санітарно-будівельні вироби

Загальні вимоги щодо виробів санітарно-будівельного призначення такі: вони повинні мати задану форму, без вибоїн, тріщин та інших дефектів, добре обпалені, видавати під час удару чистий звук, мати глазурований покрив хорошого розливу без цека, напливів, плям і інших дефектів.

Порцелянові та напівфарфорові вироби довговічніші й характеризуються кращими гігієнічними властивостями.

Виготовлення санітарно-будівельних виробів може організовуватися у вигляді окремого підприємства або входити до складу домобудівних чи керамічних комбінатів. Підприємство включає склади сировини й готової продукції, масозаготівельний цех, цех основного виробництва, ремонтно-механічний цех. Підприємство по випуску санітарно-будівельної кераміки може мати у своєму складі цех із виготовлення керамічної плитки або інших будівельних керамічних виробів.

Режим роботи підприємства, запаси сировини на складі встановлюються такими ж, як і на кераміко-плиткових підприємствах.

## **7.2 Сировинні матеріали**

Санітарно-будівельні вироби виготовляють із фаянсових, напів- і порцелянових мас за допомогою тривалого й трудомісткого методу лиття в гіпсових формах із наступним сушінням і випалюванням. Під час виготовлення санітарно-будівельних виробів як основна сировина використовуються пластичні білопалені глини й каоліни мокрого та сухого збагачення.

Як опіснювальні матеріали використовують кварцовий пісок або кварцовий митий пісок, череп – відходи випалювання виробів. Топниками можуть слугувати польові шпати першого сорту без домішок слюди, пегматит, тальк, доломіт, нефелін-сієніт, перліт. Перліт, нефелін-сієніт, нефелін-сподумен є заміниками польового шпату або пегматита. Найшкідливішими домішками в глинястих і опіснювальних матеріалах є сполуки заліза й титану, які надають сірого й жовтого відтінків виробам, знижуючи їх білизну.

Як додаткові матеріали їх зазвичай уводять у маси понад 100 %, використовують кальциновану соду технічну, рідке скло, сірчаноокислий кобальт або азотноокислий кобальт, гідрат окису барію, вапно.

Для приготування сирих, фритованих прозорих, заглушених і кольорових полив (окрім глинястих матеріалів, польового шпату і кварцу) також викорис-

товують тальк, крейду, цинкові сухі білила, збеззалізнений циркон I сорту, вуглекислий барій тощо.

Склади мас повинні забезпечувати отримання необхідних ливарних властивостей шлікера й фізико-механічних властивостей черепка, що забезпечують швидке отримання виробів із форм; допустиме зсідання виробів під час лиття; достатню міцність сирих виробів, яка припускає їх відновлення; відповідність коефіцієнтів розширення черепка й глазури тощо.

Склад мас коригується в широких межах. Уміст кварцу у фаянсових масах становить 28,5...30 %, у напівфарфорових – 12...28 %; пегматиту 4...9 % і 9...13 % відповідно; перліт у фаянсових масах частково замінює пісок, знижуючи температуру випалювання до 950...1050 °С.

Під час виготовлення шлікера використовують відходи ливарного цеху в кількості 10...30 % від обсягу шлікера. З практики відомо, що доцільніше в багатокомпонентну масу вводити 2...3 види глин і не менше двох каолінів. Потреба щодо сировини – 1 500...1 540 кг/т виробів.

На вибір складу мас впливає і прийнятий спосіб виливання виробів – конвеєрний або стендовий.

Для глазурування санітарно-будівельних виробів використовують сирі полешпатові (напівпорцеляна й фарфор), фриттовані (фаянс) і напівфриттовані глазури. Ангоби використовують для покриття великорозмірних виробів із шамотованих фаянсових мас (ванни).

Під час виготовлення кольорових санітарно-будівельних виробів із напівфарфорових мас барвники вводять у глазур у процесі її подрібнення в кульовому млині мокрому перемелювання.

### **7.3 Приготування формувальних мас і формування виробів**

Виготовлення санітарно-будівельної кераміки трудомістке. Це пояснюється складністю їхньої конструкції, великими розмірами та масою.

Технологія виготовлення санітарно-будівельних виробів із будівельних порцеляни, напівпорцеляни й фаянсу однакова. Основна відмінність полягає в



тому, що під час виготовлення фарфорових і напівфарфорофих виробів застосовуються більш високі ступінь подрібнення шлікера й зміст плавнів порівняно з фаянсовими.

Виготовлення санітарно-будівельних виробів в загальному вигляді включає наступні такі моменти: підготування шлікера, виливання в гіпсові форми, сушіння, глазурування й випалювання виробів.

У виготовленні санітарно-будівельних виробів первинна підготовка сировини в загальному аналогічна до використовуваної під час виготовлення керамічних плиток. В першому випадку первинну підготовку здійснюють безпосередньо на підприємстві санітарно-будівельних виробів, у іншому – підприємство отримує вже підготовлену сировину. Однак, необроблена мінеральна сировина, що надходить на заводи, має нестабільні склад і властивості, тому його часто доводиться коригувати. Отже, другий спосіб дорожчий, хоч і краще, оскільки фізико-технічні властивості підготовленої сировини стабільніші й, відповідно, легше підтримувати параметри виготовлення щодо отримання продукції необхідної якості.

Під час підготування глинястих матеріалів на підприємстві їх спочатку подрібнюють до розмірів не більше ніж 300 мм у діаметрі й відокремлюють шматки, що містять великі включення заліза. Пісок сортують для проходження через сито з отворами 8 мм.

Польовий шпат і пегматит сортують, промивають, обпалюють за температури 950...1 000 °С і подрібнюють спочатку на бігунах із гранітними котками, а потім в кульовому млині сухого перемелювання, просіюють і пропускають через магнітний сепаратор. Польовий шпат, пегматит, нефелін-сієніт та інші матеріали, що утворюються в мішках, пропускають тільки через магнітний сепаратор. Череп попередньо сортують, подрібнюють на бігунах і пропускають через магнітний сепаратор.

Підготування формувальних мас полягає в приготуванні ливарного шлікера, оскільки пластичні маси під час виготовлення виробів майже не використовуються.

У разі наявності в складі компонентів сировини або води від промивання гіпсових форм шкідливих домішок – розчинних сульфатів і гіпсу вводять вуглекислий барій для нейтралізації їх шкідливого впливу.

У разі використання каоліну мокрого збагачення до складу маси обов'язково додають кальциновану соду, рідке скло, гідрат окису барію.

Чисті відходи маси з ливарного цеху розпускають в окремій мішалці і за досягнення готовності додають у збірну мішалку до свіжоприготованого шлікера. Потім шлікер витримують 2...3 доби в мішалці, періодично перемішуючи. За дві години до подавання в ливарний цех склад шлікера коректують, додаючи воду й рідке скло.

Глазур готують шляхом загального перемелювання всіх компонентів у кульовому млині за вологості 38...45 %. Тривалість перемелювання – 7...7,5 год, кількість уведеного барвника – 8...12 % (понад 100 % глазури в перерахунку на суху речовину).

Формують вироби за допомогою методів шлікерного лиття в гіпсових формах або гідростатичного пресування.

Метод шлікерного лиття базується на здатності глин давати стійкі суспензії в дисперсійному середовищі, унаслідок чого формують основні санітарно-будівельні вироби. Механізм утворення стінки виробу в гіпсовій формі полягає в осіданні твердої фази шлікера на внутрішній поверхні гіпсової форми за одночасного поглинання рідкої фази порами цієї форми. Під час підігрівання форм до 60 °С утворення стінки виробу прискорюється майже в два рази. Вакуумування шлікера й гіпсових форм також сприяє скороченню часу утворення стінок виробу.

Відливають вироби в окремих гіпсових формах, у формах, зібраних в батареї, і на конвеєрі. Залежно від виду виробів шлікерне лиття виконують кількома способами: наливним, зливним і комбінованим.

*Наливним способом* відливають компактні вироби зі значною товщиною стінок. Гіпсові форми збирають у батареї по 16...20 шт. і скріплюють металевими стяжками (шви промазують), встановлюють на ливарному столі з нахилом

10...15° у бік зливного отвору й заливають форми шлікером в один прийом за 1,5...2 хв, доливаючи останні 10...20 мм по висоті через 10...15 хвилин.

Через 1...3 год після набуття формою стінки виробів необхідної товщини надлишок шлікера зливають через спеціальні отвори внизу форми, вироби у формах вистоюють 7...16 год для закріплення черепка, після чого їх звільняють із форм прикріплюють окремо відлиті частини (наприклад денця унітазу до корпусу). Гіпсові форми через 5...7 виливок надходять на сушіння для зниження вологості до 5...6 %. Оборотноість гіпсових форм – 30...40 разів. Наливним способом також відливають вироби з шамотованих фаянсових мас із товщиною стінки 25...45 мм (ванни, мийки тощо).

Істотним недоліком наливного способу є необхідність використовувати розбірні форми складної конструкції.

*Зливним способом* відливають умивальні столи та інші тонкостінні вироби. У разі використання зливного способу заповнені шлікером форми вистоюються 1...3 год до набуття формою необхідної товщини стінки виробу. Час набуття залежить від складу маси, якості шлікера, вологості гіпсових форм, температури приміщення.

Після набуття необхідної товщини стінок виробу надлишок шлікера зливають в чисті відстійники, виріб витримують у формі 5...16 год для набуття ним міцності й зниження вологості до 22...24 %, після чого виймають із форми і зачищують. У разі використання зливного способу відбувається одnobічне набирання товщини стінки виробу, він найпростіший і застосовується під час виготовлення виробів на конвеєрі, а також для відливання тонкостінних виробів.

*Комбінованим способом* відливають умивальні столи (залежно від типу), пісуари тощо. У разі використання комбінованого способу виливання одні частини вироби відливають наливним, інші – зливним способом. З'єднують частини під час оправлення й складання виробів.

Вироби, звільнені з гіпсових форм (незалежно від способу виливання), проходять первинне оправлення, яке включає обрізування слідів швів форми, оброблення поверхонь і отворів, приставляння окремо формованих частин,

нарізання різьблення (в унітазах) тощо. Далі вироби відправляють у спеціальні камери для підв'ялювання (до вологості 12...18 %).

Ливарно-підв'ялювальний конвеєр для виготовлення умивальних столів комбінованим способом складається з двох паралельних, самостійно діючих гілок, розташованих у два яруси. Між ними міститься ділянка підв'ялювання. Переміщення візків по ярусах здійснюється по рейках; переміщення з ярусу на ярус – за допомогою гідропідйомника. У робочих камерах конвеєра здійснюються складання та розбирання форм, заливання й зливання надлишку шлікера, набирання та закріплення черепка, оправлення зворотних частин виробів і сушіння гіпсових форм. Ритм роботи конвеєра в середньому – 4 хвилин.

На початку нижнього ярусу конвеєра робітник оглядає й очищує гіпсові форми, встановлює воронки й заливає форми шлікером. Переміщуючись по рейках, візок із формами проходить камери набуття товщини стінки виробу, які становлять близько  $\frac{2}{3}$  довжини конвеєра. Температура в камері набуття товщини стінки – 30...40 °С; за середнього ритму роботи конвеєра 4 хв перебування в камері становить 1,5 години. Далі візки з формами надходять на автоматичний пристрій нахилу гіпсової форми для зливання надлишку шлікера. Наприкінці нижнього ярусу конвеєра візки з формами подаються гідропідйомником на другий ярус конвеєра і верхнім штовхачем проштовхуються в камеру закріплення виробу. Тривалість закріплення стінок виробу становить близько 3 год за температури 35...50 °С (для порцеляни 5...7 год). Під час виходу візків з другого ярусу гідропідйомник опускає їх вниз, де вони надходять на позицію розкриття форм.

Тут закладають наливні та зливні отвори, проколюють отвори для кронштейнів і сухарів для кранів, облямовують зворотний і лицьовий боки тощо. Умивальний стіл проходить в підв'ялювальну частину конвеєра, де упродовж 30 хв за температури 30...55 °С відбувається підв'ялювання.

Далі вироби надходять на сушильній вагонетці в сушарку. Гіпсову форму сушать за температури 55...60 °С протягом 1,5 год, подають на початок нижнього ярусу на позицію підготування до заливання, і цикл повторюється.

Середній ритм конвейєра становить 4 хв, але може змінюватися в межах 3...6 хвилин. Конвеєр обслуговує вісім осіб. Загальна тривалість виливання виробів – 6,5...8 годин.

Ливарно-підв'ялювальний конвеєр для виготовлення унітазів зливним способом має дещо іншу конструкцію. На конвеєрі виконуються такі операції: складання гіпсових форм, заливання їх шлікером, зволоження поверхні шлікера водою (для запобігання утворенню кірки), набирання черепка, розмішування шлікера перед зливанням, зливання надлишкового шлікера, закріплення черепка, розбирання гіпсових форм і попереднє оправлення виробів перед сушінням, підсушування гіпсових форм. Конвеєр складається з таких основних вузлів і механізмів: кран-балка для знімання кареток, гідроштовхачі, механізм розбирання форм, кареток (130 шт.), пристрій для очищення конвеєра й гіпсові форми (260 шт.), камери підсушування гіпсових форм, механізм складання гіпсових форм на ділянці їх заливання, механізм заливання форм, зволожувач, мішалка (після зони набуття товщини стінки виробу), механізм зливання надлишку шлікера, лоток, гідропідйомники (гідропонижувачі), майданчики розбирання форм, механізм приймання виробів, підв'ялювальний рольганг, майданчик збирання форм, майданчик зливання шлікера.

У ливарну частину конвеєра входять два яруси й три камери, із яких дві – для сушіння гіпсових форм і набуття товщини стінки виробу – знаходяться на верхньому поверсі і одна – закріплення виробів – на нижньому. Гіпсові форми встановлюють по 2 шт. на візках-каретках, що пересуваються ритмічно (через 4,3 хв) по рейкових шляхах камер конвеєра за допомогою гідравлічних штовхачів. Передаються каретки з ярусу на ярус гідропідйомником. Знімання виробів і передавання їх на підв'ялювальну частину конвеєра здійснюються спеціальним механізмом. Ця частина конвеєра складається з камери, обладнаної рольгангом з верхніми і нижніми рядами роликів. Верхній ряд роликів призначений для пересування піддонів з виробами, нижній – для повернення піддонів у позицію знімання виробів.

На позиції збирання форм збирають гіпсові форми, ущільнюючи шви. Далі каретки з формами надходять на позицію заливання їх шлікером, зволоження поверхні шлікера водою для запобігання утворенню «кірки» й передавання заповненої форми в камеру набуття товщини стінки виробу. Тривалість набуття товщини стінки – 1,7...2 годин. Після зливання шлікера каретки гідропонижувачем передаються на нижній ярус конвеєра і за допомогою гідростовхача переміщуються через камеру закріплення виробу – для напівфарфорових мас 4...5 години, для порцелянових – 7...8,5 годин. Після виходу з камери каретки з формами подають гідропідйомником на верхній ярус конвеєра в позицію оправлення внутрішньої поверхні виробів і приєднання деталей.

Після звільнення виробів з форм розібрані форми надходять на передавальних візках у камеру сушіння форм. Температура сушіння – 60...65 °С, тривалість сушіння – 1,8 годин.

Потім вироби надходять на підв'ялювальний рольганговий конвеєр. Тривалість підв'ялювання до вологості 16...17 % – 4 години, загальна тривалість виготовлення виробів на конвеєрі – 8 годин. Продуктивність конвеєра – 200...220 тис. унітазів на рік. Конвеєр обслуговує 10 осіб.

Метод гідростатичного пресування умивальних столів із напівсухих мас (вологістю 10...12 %) полягає в тому, що тиск пресування, переданий на матеріал через еластичну форму, діє з однаковою силою на всю поверхню пресованого матеріалу, забезпечуючи його рівномірне ущільнення. Це сприяє отриманню виробів з рівномірним зсіданням і щільністю, без тріщин, напруг і розшарувань. Вироби, виготовлені методом гідростатичного пресування, порівняно з виробами, виготовленими методом лиття в гіпсовій формі потребують у два рази менше вологості, таку ж механічну міцність, трохи більшу середню щільність, не спричиняють зсідання під час сушіння й мало відрізняються за поруватістю.

#### 7.4 Сушіння, глазурування й випалювання виробів

Вироби надходять на сушіння після підв'ялювання (вологість менше 18 %). Сушать вироби в конвеєрних, тунельних або камерних сушарках. Як теплоносії використовують гаряче повітря із зони охолодження печей або калориферів. Загальна тривалість сушіння санітарно-будівельних виробів у камерних сушарках – 32...42 години для виробів із фаянсової маси і до 50 годин для виробів із напів- і порцелянових мас. Залишкова вологість виробів після сушіння – 1...1,5 %.

Тунельні сушарки до 36 м завдовжки, до 6,5 м завширшки і до 3,2 м заввишки обладнані рейковим транспортом на дві або чотири колії. Вагонетки переміщуються по шляхах штовхачем. Тривалість сушіння – 24...30 годин.

Конвеєрна (кареточна) сушарка є напівавтоматичним сушильним пристроєм для сушіння унітазів і умивальних столів. Сушарку встановлюють на єдиний потік з ливарно-підв'ялювальними конвеєрами. Конвеєрні сушарки до 33,7 м завдовжки, до 1,7 м завширшки і до 5,2 м заввишки. Сушильні камери складаються з п'яти робочих ярусів і одного ярусу повернення порожніх кареток.

Унітази та умивальники, що надходять із ливарно-підв'ялювальних конвеєрів, встановлюють по два вироби на каретки сушарки за допомогою підйимального столу. Вироби підйимальним столом піднімають до рівня одного з ярусів і скидають зі стола в сушарку. Одночасно всі каретки з виробами просуваються на крок до розвантажувального кінця. Висушені до 1 % вологості вироби знімають із кареток біля розвантажувального кінця, і каретки повертаються до місця завантаження виробів по ярусу повернення. Кожен ярус працює як самостійний сушильний канал, у якому міститься по 50 кареток. Теплоносієм слугує гаряче повітря. Відносна вологість теплоносія –  $82 \pm 3$  %. Тривалість сушіння унітазів – 24...28 годин, умивальних столів – 18...20 годин.

Продуктивність сушарки – 18...19 виробів на годину, питома витрата палива на 1 кг випареної вологи – близько 8,37 МДж/кг, годинна витрата пари – 170 кг.

Глазурують санітарно-будівельні вироби шляхом занурення, пульверизації, поливанням й комбінованим методом. Більшість виробів глазурують пульверизуванням у спеціальних камерах. Способом поливання глазурують порожнисту продукцію незалежно від простоти форми – змивні бачки тощо.

Під час занурення виріб, підвішений до траверси, послідовно проходить обдування, замивання й покриття парафіном місць, що не потребують глазурування, занурення в глазур, підсушування, доглазурування окремих місць способом пульверизації, зняття з траверси й обмивання захоплення від глазури.

Після глазурування вологість виробів підвищується до 3,5...5 %, тому їх досушують в конвеєрній сушарці до вологості 0,5...1 % (температура до 150 °С, час – 20...25 хв) і відправляють на випалювання.

Комбінований спосіб глазурування полягає в зануренні недоступних для глазурування місць і пульверизації решти поверхні виробу. Глазуруючи, наприклад, унітази, спочатку наливають глазур і, повертаючи виріб, глазурують його закриті внутрішні поверхні. Після зливання надлишку глазури способом пульверизації в спеціальній камері глазурують зовнішню й відкриті внутрішні поверхні унітазу.

Вироби з шамотованих фаянсових мас перед глазуруванням укривають ангобом, що необхідно для приховування шорсткості поверхні й темного забарвлення черепка виробів. Ангобують сирі вироби або обпалені на бісквіт. Ангоб наносять на вироби в кілька (6...7) прийомів із проміжками в 2...3 години між покриттями або напиленням. Ангобовані вироби підсушують протягом 15...20 годин. Підсушені великогабаритні вироби з шамотованих мас глазурують сирію польовошпатовою глазур'ю, вдруге підсушують і відправляють на випалювання.

Обпалюють санітарно-будівельні вироби здебільшого (85...90 % загального випуску) один раз за температур, які визначаються таким складом мас: фаянсові – 1190...1280°, шамотованні фаянсові – 1280...1300°, напівфарфорові



– 1280...1350°, порцелянові – 1320...1380° і типу порцелянових з низько-спікальних мас – 1150...1250 °С.

Випалювання виробів проводять у тунельних, камерних печах, печах з висувним черенем. В останніх обпалюють великорозмірні вироби – ванни тощо. Тривалість випалювання – 90...100 годин.

Тунельні печі різних конструкцій, які використовуються для випалювання санітарно-будівельних виробів, здебільшого такі самі за конструкцією, як і печі, застосовувані в інших керамічних виробництвах. Тривалість випалювання в тунельних печах становить 21...35 годин, але може бути знижена до 12...18 годин у разі використання мас, що не містять вільного кремнезему і випалювання виробів у печах з малим перетином робочого каналу. Витрата умовного палива – близько 0,62...1,33 т на 1 т обпалених виробів.

Після випалювання вироби сортують, пакують і відправляють на склад готової продукції.

## ЛЕКЦІЯ 8 ПРОЕКТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ІЗ ВИГОТОВЛЕННЯ КЕРАМІЧНИХ ТРУБ

### 8.1 Дренажні труби

Дренажні труби (рис. 8.1) зазвичай мають циліндричну круглу або грановану форму, довжину 333...500 мм, внутрішній діаметр 25...250 мм, товщину стінок 8...24 мм залежно від діаметра труб. Внутрішня поверхня труби – гладка, черепок у зламі повинен мати однорідну структуру й у разі удару видавати чистий звук. Відмінна якість дренажних труб – поруватість, складник – 12...18%.



Рисунок 8.1 – Керамічні дренажні труби

Дренажні труби витримують руйнівне навантаження на одну трубу 1,5...2,0 МПа, гідравлічний тиск – не менше 0,05 МПа, вирізняються високою стійкістю до стирання мінеральними суспензіями, що містяться у воді, і агресивними ґрунтовими водами, достатньою механічною міцністю і довговічністю. Водопоглинання труб – не вище 18 %, морозостійкість – не менше 15 циклів.

Для спрощення розрахунків виготовлення дренажних труб використовують їхнє переведення в умовний діаметр (50 мм) за допомогою відповідного

коефіцієнта. Наприклад, для труб діаметром 75 мм коефіцієнт переведення 1,8, діаметром 100 і 150 мм – 2,7 і 5,3 відповідно.

Основною сировиною для виготовлення дренажних труб є середньопластичні й помірнопластичні шини, які містять включення вапняку, гальки та інших домішок і зазвичай використовуються під час виготовлення черепиці та пустотілих керамічних каменів. Пластичність шин становить 7...25, повітряне зсідання – 4...8 %, вогняне зсідання – 1...2 %, загальне зсідання – 6...10 %, температура спікання – 1 100...1 200 °С. Помірнопластичні шини без домішок використовуються під час виготовлення труб тільки невеликих діаметрів. Мергелісті, піщанисті й забруднені вапняними включеннями шини для виготовлення дренажних труб не придатні. Гранулометричний склад шин такий: частинок розміром менше ніж 0,005 мм – не менше 20...25 %, пилюватих (0,005...0,05 мм) – не більше 40...50 %. До шин з підвищеним умістом пилюватих фракцій для досягнення необхідної морозостійкості труб додають до 25...30 % пластичної шини, а поруватості – 2...3 % тонкомеленого вугілля. Глини, придатні для дренажних труб малих діаметрів, – кислі ( $Al_2O_3$  менше 15 %); великих діаметрів – напівкислі ( $Al_2O_3$  – 15...23 %).

Як опіснювальні матеріали (особливо під час виготовлення труб великого діаметра) використовують шамот (25 %) з бою труб, мелений бій сухого напівфабрикату (25 %) і пісок (7...30 %) без пилюватих фракцій.

Виготовлення дренажних труб може бути організовано як на діючих цегляних заводах шляхом спорудження цеху під час реконструкції підприємства, так і шляхом створення окремого спеціалізованого заводу.

Завод керамічних дренажних труб включає склади сировинних матеріалів і готової продукції, масопідготувальне, формувальне, сушильне та обпалювальне відділення. У разі організації виробництва на цегляному заводі можна використовувати наявні склади сировини й готової продукції, а також сушильне й пічне відділення, що забезпечують виготовлення цегли за умови, що це дозволяють зробити виробничі потужності і площі.

Продуктивність і режим роботи підприємства, організація всього технологічного процесу від складу сировини й до складу готової продукції, компонувальні рішення приймаються аналогічно до рішень виготовлення черепиці та керамічних каменів, як і технологічні розрахунки та розрахунки обладнання.

Глиняста сировина зазвичай доставляється на завод автотранспортом. Для отримання усередненої глинястої маси зазвичай змішують окремі шари родовища вже під час зберігання глини в глиносковищі.

Первинне оброблення сировини й підготування маси здійснюють за технологічними схемами пластичного способу, що забезпечує отримання гомогенної, добре й рівномірно зволоженої маси, застосовуючи те саме обладнання, що й під час виготовлення черепиці та керамічних пустотілих каменів. До того ж особливу увагу приділяють видаленню або тонкому перемелюванню кам'януватих включень, особливо вапняку.

Глину завантажують у планшетний живильник, у задній відсік якого подають пісок. Суміш глини й піску надходить на вальці грубого перемелювання для початкового подрібнення, а потім у глиномішалку, куди надходять і добавки. Для початкового грубого подрібнення добавок по чергово використовують щокову дробарку. Для вторинного тонкого перемелювання шамоту зазвичай застосовують молоткову дробарку. Мелений шамот пропускають через сито, де велике зерно (більше 1,5 мм) відсіюється і повертається на домелювання в молоткову дробарку. Вугілля дроблять у щоковій дробарці і у кульовому млині. Глина, пісок, шамот і вугілля надходять через бункери й дозатори в глиномішалку, де змішуються за одночасного зволоження водою та обробленні конденсованою парою.

Отримана глиняна маса надходить для подальшого подрібнення й змішування в бігуни мокрого перемелювання й далі в шихтозапасник на вилежування протягом 10...15 діб. Подавання шихти на вальці тонкого перемелювання із проміжком між вальцями не більше ніж 3 мм здійснюється багатоківшевим екскаватором і живильником. Потім подрібнена маса проходить через планшетний живильник-накопичувач і регулятор подавання маси, глино-

розтирач для гомогенізації маси і надходить на прес. Іноді зволожену масу перед вилежуванням пропускають через прес з дірчастою плитою.

Формують труби на горизонтальних, зрідка вертикальних вакуумних стрічкових пресах роздільним, пакетним і пакетно-роздільним способами.

Безвакуумні преси використовують лише за наявності якісних пластичних (черепичних) глин і лише для малих діаметрів.

Під час використання нарізного способу декілька труб, що виходять одночасно з мундштука, формують окремо одна від одної. Під час пакетного – формовані труби, з'єднані в пакети спаюванням, що розподіляються на окремі труби тільки після випалювання; під час пакетно-роздільного одночасно формують декілька пакетів. Пакетно-роздільний спосіб формування має певні переваги порівняно з пакетним і роздільним способами щодо формування. У разі його використання краще використовуються потужності сушильних і пічних агрегатів, зменшується кількість операцій щодо розділення пакетів. Цей спосіб найпростіший і не потребує наявності сировини високої якості.

Формування багатогранних труб уможлиблює зменшення товщини стінок і маси труб (на 30...35 %), витрат сировини, підвищення щільності саджання на сушильні й пічні вагонетки, поліпшення заповнення пічного обсягу (від 59 до 86 %), скорочення термінів сушіння (на 20...22 %) виробів, підвищення продуктивності печі на 26...30 %.

Керамічні дренажні труби формують на горизонтальних і вертикальних пресах, що застосовуються в керамічній промисловості для виготовлення цегли, пустотілих каменів, черепиці та каналізаційних труб.

Пакети труб надходять на різальний верстат і далі на пристрій зачищення торців труб. Автомат-укладальник завантажує сушильну вагонетку, яка надходить у камерну або тунельну сушарку. Вологість труб перед завантаженням у піч становить 6...8 %.

Режим сушіння труб приблизно такий самий, як і під час сушіння пустотілих каменів або черепиці та залежить не тільки від властивостей сировини, але й від розміру труб.

У тунельної сушарці тривалість сушки труб діаметром 50 мм – 10...32 год, 75...100 мм – 12...30 год, 125...200 мм – 18...60 год. Сушка дренажних труб в камерних сушарках довше, ніж в тунельних через розбіжність пустот виробів з напрямком руху теплоносія.

У разі використання конвеєрних сушарок з однорядним укладанням труб на сітчасту стрічку сушіння труб триває 3...4 години.

Труби великого діаметра перед сушінням підв'ялюють у камерах.

Обпалюють труби в тунельних та камерних печах. Труби малого діаметру обпалюють зазвичай в горизонтальному положенні; труби великого діаметра – у вертикальному. У разі одночасного випалювання труб великого й малого розміру труби меншого діаметра вкладають у труби більшого. Режим випалювання труб аналогічний до режиму випалювання цегли або черепиці, температура випалювання – 950...1 050 °С, тривалість випалювання труб у тунельних печах – 22...45 год, знімання з 1 м<sup>3</sup> тунельної печі – 4 000...6 600 шт. на місяць. Під час випалювання труб у вигляді пакетів останні розколюють на окремі труби після вивантаження з печі спеціальним пристроєм.

Після випалювання проводиться розбраковування труб. На складі готової продукції труби укладають горизонтальними рядами в штабелі, окремо за різними діаметрами.

## **8.2 Каналізаційні труби**

Завод керамічних каналізаційних труб включає склади сировинних матеріалів і готової продукції, масопідготування, формувальне, сушильне та обпалювальне відділення. Продуктивність і режим роботи підприємства, організація всього технологічного процесу від складу сировини до складу готової продукції, компонувальні рішення, технологічні розрахунки й розрахунки обладнання приймаються аналогічно до рішень інших керамічних виробництв.

Керамічні каналізаційні труби (див. рис. 8.2) належать до виробів із щільним черепком, що спікся, і виготовляються з вогнетривких або тугоплавких низькоспікних глин з добавками.

Каналізаційні розтрубні та безрозтрубні труби й комплектувальні деталі до них (хрестовини, трійники, відводи тощо) виготовляють із діаметром 125...600 мм, 800, 1 000 і 1 200 мм завдовжки за товщини стінок 18...41 мм.



Рисунок 8.2 – Керамічні каналізаційні труби

Залежно від діаметра труби повинні витримувати гідравлічний тиск не менше 0,2 МПа. Водопоглинання труб – 9...11 %, кислотостійкість – не менше 90 %, водонепроникність – висока, що дає змогу використовувати їх для відведення стічних вод (рН 5...9). Захисту труб від агресивних вод і зменшенню опору протіканню рідин сприяє покриття глазур'ю на внутрішній і зовнішній поверхні труби.

Основною сировиною під час виготовлення каналізаційних труб є вогнетривкі й тугоплавкі глини з низькою температурою спікання (1 100...1 200 °С) і великим інтервалом між початком спікання і плавлення – 100...150 °С. Це каолініто-гідрослюдиста і гідрослюдиста-каолінітова сировина, мінералогічний склад якої значною мірою визначає основну ознаку труб – водонепроникність. Кращими вважаються глини, у яких вміст  $Al_2O_3$  становить не менше 20...26 %,

SiO<sub>2</sub> – не більше 70 %, CaO – не більше 2 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 3,0...3,5 %, лугів – до 4 %, гіпс відсутній. Уміст вільного піску повинен становити не більше ніж 15 %. Під час складання шихти для ущільнення черепка, зниження водопоглинання, підвищення міцності в масу додають до 5 % нефелін-сіеніту, польового шпату або перліту.

Якісна глиниста сировина для виготовлення труб має характеризуватися високою або середньою пластичністю, зсіданням під час сушіння 4...9,5 %, загальним зсіданням не більше ніж 17...18 %.

Для додаткового ущільнення черепка труб вводять до 40 % місцевих легкоплавких суглинків із температурою плавлення 1 350 °С. Для опіснення використовують шамот, рідше крупнозернястий кварцовий пісок. Залежно від місцевих умов і характеристики глини до 10 % шамоту можна замінювати грубозернястим кварцовим піском. Для збільшення виходу придатних виробів після випалювання на 1,5...2 % в шихту для виготовлення каналізаційних труб вводять 0,2...0,5 % сухої маси поверхнево-активних добавок.

Для приготування глазури використовують легкоплавкі глини, перліт, марганцеву руду (уміст марганцю не менше ніж 43 %), гіпс. Перероблення сировинних матеріалів і підготування маси проводять пластичним і більш досконалим для виготовлення каналізаційних труб сухим способами.

Підготування шамоту полягає в отриманні глиняного брикета, випалюванні, подрібненні його й просіюванні. Брикетування глини виконується на стрічкових пресах або прес-вальцях, де отримують брикет з отворами для прискорення його випалювання і підвищення якості шамоту.

Для випалювання брикетованої глини на шамот використовують шахтні й обертові печі, а також печі киплячого шару. Температура випалювання 1 030...1 150 °С. Після вивантаження шамот сортують, недопал повертають для повторного випалювання. Знімання шамоту з 1 м<sup>3</sup> пічного обсягу шахтної печі – 0,03...0,04 т/год, обертової печі обсягом до 40 м<sup>3</sup> – 0,08...0,09 т/год.



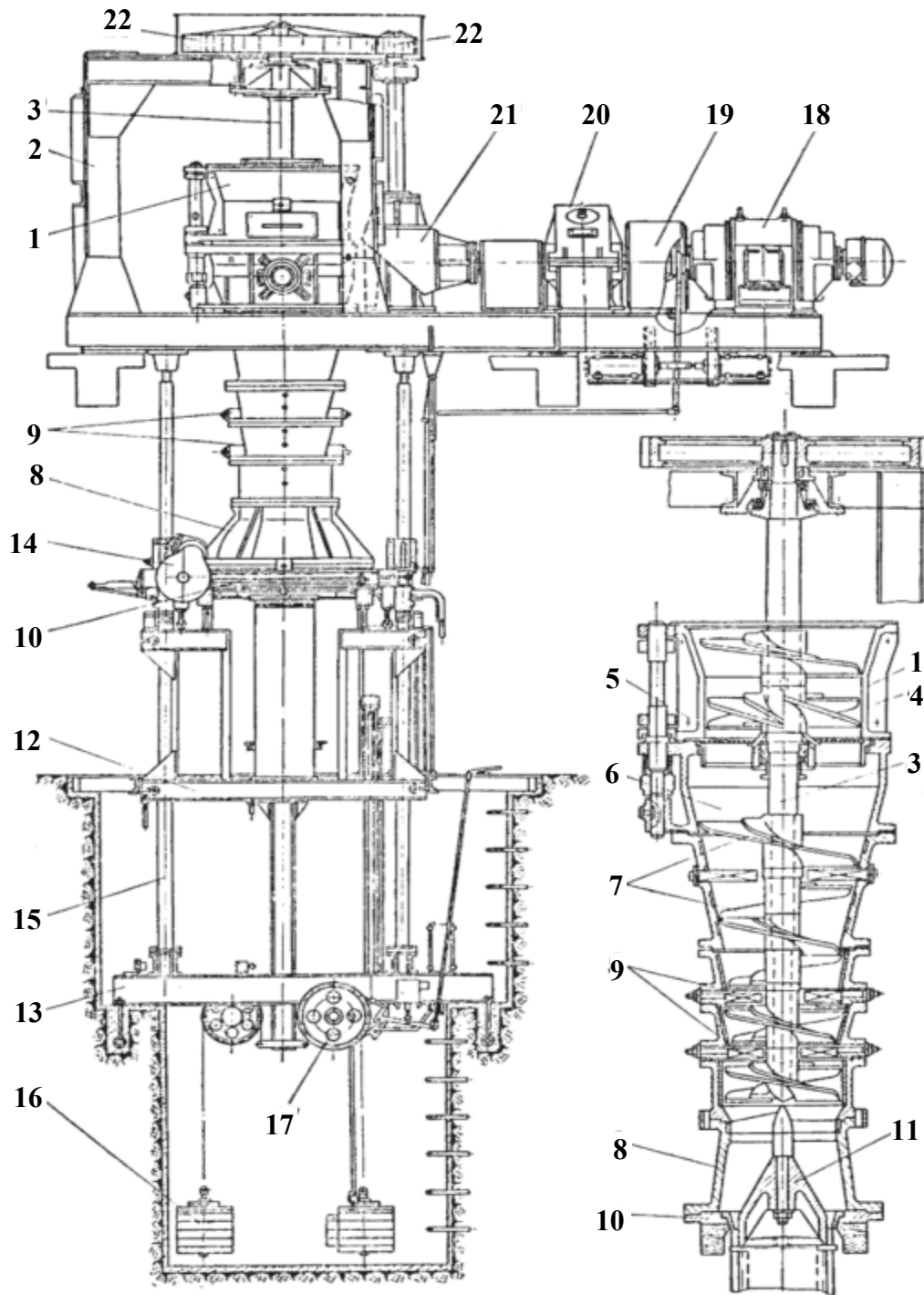


Рисунок 8.3 – Вертикальний вакуумний прес: 1 – корпус; 2 – рама; 3 – вертикальний вал; 4 – подавальні шнеки; 5 – перфорована плита; 6 – вакуум-камера; 7 – шнеки; 8 – пресова головка; 9 – контрножі; 10 – змінні мундштуки; 11 – ковпаки; 12 – рухомий стіл; 13 – нерухомий стіл; 14 – відрізний пристрій; 15 – вертикальні колони; 16 – противаги; 17 – балансувальний пристрій; 18 – електродвигун; 19 – фрикційна муфта; 20 – редуктор; 21 – конічна зубчаста передача; 22 – циліндрична зубчаста передача

Подрібнюють шамот щоківими дробарками з подальшим тонким перемелюванням у кульовому або трубному млині безперервної дії, у які вводять до 50 % бою бракованих виробів (труб).

Гранулометричний склад використовуваного під час виготовлення каналізаційних труб шамоту такий: зерен розміром менше ніж 4 мм – 5 %; 3...4 мм – 14 %; 3...1 мм – 30 %; 1...0,5 мм – 11 %; 0,5 – 23 %; пилу – 17 %.

Під час виготовлення неглазурованих труб обов'язковою умовою є застосування шамоту з максимальним розміром зерна не більше ніж 2 мм, у разі вмісту фракції менше ніж 0,5 мм – 60...70 %.

Кількість уведеного шамоту для труб із діаметром понад 300 мм становить до 40 %, для труб меншого розміру – до 35 %.

Перемішують компоненти в двовальному змішувачі зі зволоженням гарячою водою або паропрогріванням до вологості 18...19 %, додаючи поверхнево активні речовини або бентоніт. Ущільнюють масу й формують вальці на стрічкових пресах, після чого вони надходять на вилежування (5...7 діб). Якщо для формування труб передбачені вакуумні преси, то вилежування можна не застосовувати.

Труби формують пластичним способом на шнекових вакуумних і безвакуумних вертикальних, зрідка горизонтальних пресах (див. рис. 8.3). Витрата маси на тонну труб – приблизно 1,5 т.

Недоліками формування труб на вертикальних пресах варто вважати високу трудомісткість, неможливість сформувати труби значної довжини, використання мас із вологістю 18...21 %.

Відформовані труби знімають із преса й відправляють на підв'ялювання протягом 8...10 год для зменшення вологості до 15...16 %, а далі на сушіння. Після сушіння труби подають конвеєром до автоматичної обдувальної машини й далі до глазурувального агрегата. Після глазурування труба підсихає на повітрі під час руху до відділення пічних вагонеток.

У разі необхідності підв'ялювання труб-сирцю перед сушінням у відділенні підв'ялювання виділяють до 30 % площі трубного цеху.

Застосування методу горизонтального формування з мас низької вологості (15...16 %) забезпечує виключення процесу підв'ялювання, зменшення

тривалості сушіння, виготовлення труб збільшеної довжини, зменшення виробничої площі та часу процесу виготовлення труб.

Сушать каналізаційні труби в камерних, тунельних і конвеєрних сушарках. Камерні сушарки використовують рідше, ніж тунельні. Труби в камері встановлюють у два яруси – внизу більшого, а вгорі меншого діаметра. Тривалість сушіння в камерних сушарках – 60...70 годин залежно від діаметра труб.

Тунельні сушарки – протипотокові з рециркуляцією теплоносія, завдовжки до 50 м дво-, три- і чотирипутні. Труби переміщуються на звичайних вагонетках, їхня кількість на вагонетці залежить від діаметра труб. Температура теплоносія, що надходить у тунель становить 90...140 °С, що відбирається – 35...40 °С за відносної вологості приблизно 90 %. Тривалість сушіння 14...22 годин для труб діаметром 150...250 мм і 28...40 годин для труб більшого розміру. Вологість після сушіння – 3...6 % залежно від діаметра труб.

У конвеєрних сушарках сушіння підвішених на штангах до ланцюга конвеєра труб відбувається за їхнього безперервного переміщення по паралельно розташованих зигзагоподібно сполучених тунелях. Труби з преса надходять спочатку в підв'ялювальну частина конвеєра, а потім у сушильну.

Температура теплоносія в сушильній частині становить 80...140 °С. Поєднуючи підвішування труб на різних висотах, ємність конвеєра збільшується на 22...30 %. Швидкість руху ланцюга конвеєра – 0,64...1,3 м/хв. Залежно від діаметра труб тривалість сушіння становить 40...60 годин.

Після сушіння труби надходять на обдування, розбракування й глазурування звичайними глазурями, що готуються шляхом загального перемелювання в кульовому млині. Глазують труби за допомогою занурення в глазур або поливання глазуру на спеціальних глазурувальних машинах. Витрата глазури – приблизно 3 % від маси труби.

Під час виготовлення труб на горизонтальних пресах із мас низької вологості можна отримувати труби з водопоглинанням до 7 %, які не

потребують глазурування. Браковані труби після сушіння й глазурування обпалюють на шамот.

На відміну від цегли, керамічних каменів, черепиці та інших виробів, що відрізняються поруватою структурою черепка, каналізаційні труби обпалюють так, щоб отримати щільний черепок. Для випалювання використовують тунельні, конвеєрні, зрідка камерні печі; температура випалювання – 1080...1180 °С.

Зазвичай використовують тунельні печі. Щільність саджання труб на розвинений черинь пічної вагонетки – 290...320 кг/м<sup>2</sup>. Тривалість випалювання труб – 34...65 годин залежно від діаметра. Витрата умовного палива – 170...300 кг/т труб. Після випалювання труби сортують і відправляють на склад готової продукції.

Двоюрисні конвеєрні печі припускають випалювання каналізаційних труб на вагонетках в один ряд. Вагонетки пересувають гідроштовхачем, ланцюговим штовхачем (повернення вагонеток) і двома підйомниками, які передають вагонетки з нижньої на верхню лінії і назад. Тривалість випалювання труб – 9 год, питома витрата умовного палива – 184 кг ум. палива/т труб, продуктивність печі – до 9 000 т/годину. Конвеєрні печі можна використовувати для створення потокових автоматизованих ліній виробництва труб.

На складі готової продукції труби зберігають окремо – за сортами, горизонтально, у штабелях не більше ніж 1,5 м заввишки, укріплених по краях упорами.

### **8.3 Виготовлення пічних кахлів**

Пічними кахлями (кахлем) називають керамічні вироби, що застосовуються для облицювання й мурування лицьових поверхонь опалювальних і побутових печей. Кахлі довговічні, вогнестійкі, добре витримують температурні коливання, гігієнічні, виконують конструктивні, теплоізоляційні та декоративно-художні функції.

Пічний кахель складається з двох частин: лицьової і зворотної, що мають замкнутий борт – румпу. Румпа призначена для кріплення кахлів до печі дротом

або дужками. Для цього в ній влаштовують два отвори. Лицьова частина має форму прямокутної плити з гладкою або рельєфною, здебільшого глазурованою поверхнею; краї прямі або у вигляді напівкруглої фаски (рис. 8.4).



Рисунок 8.4 – Пічний кахель

Основна форма кахлів – прямокутна й кутова, додаткова – карнизні, полички, виступи, цокольні тощо. Довжина кахлів може досягати 400 мм, ширина – 220 мм, товщина лицьової частини – 12...16 мм.

Кохлі не повинні мати викривлень, опуклостей, западин, тріщин; поверхня глазурована, із дзеркальним і чистим розливом, без забруднень, шорсткостей, подряпин і волосяних тріщин.

Виготовлення кахлів зазвичай влаштовують у складі керамоплиткових заводів як цех або відділення. Самостійно виготовляти пічні кахлі недоцільно внаслідок дуже малою потужності, яка визначається потребою щодо цих виробів. Склади сировини й готових виробів у виготовленні пічних кахлів є частиною складів основного виробництва.

Для виготовлення пічних кахлів використовують ті самі глини, що й для облицювальних плиток, і ті самі матеріали для утворення мас, глазурей і фарбування. Обов'язковою вимогою щодо глинястої сировини є достатній вміст у ній

карбонату кальцію (у тонкодисперсному стані), що обумовлює часткове знебарвлення черепка й надає йому світло-кремове забарвлення, а це сприяє хорошому з'єднанню глазури з черепком і оберігає від утворення на глазури цека.

Глини повинні характеризуватися середньою пластичністю, загальне зсідання – перебувати в межах 6...10 %. Якщо використовуються прозорі глазури без ангобів, то важливу роль відіграє хімічний склад глин, що визначає колір черепка після випалювання. Якщо черепок після випалювання покривають шаром ангоба або непрозорою глухою глазур'ю, то хімічний склад не має значення. Застосовувана під час виготовлення пічних кахлів глиняста сировина також має містити до 40 % тонкого піску, до того ж до 75 % піску повинно мати фракцію 0,01 мм. Температура плавлення глин – приблизно 1 200 °С. До глин, збіднених за змістом вапняку, додають крейду, мармур, вапняк, зрідка польовий шпат.

Як опіснювальні добавки використовують шамот і дрібний кварцовий пісок. Максимально допустима крупність шамоту – не більше 1 мм, кількість його залежить від властивостей глин і становить 35...50 %. Зрідка як опіснювальну добавку використовують дрібний кварцовий пісок, але він знижує міцність і термічну стійкість кахлів.

Переробляють сировину й готують масу двома способами – напівсухим і пластичним. Кахлі створюють шляхом пластичного формування або напівсухого пресування на різних за конструкцією пресах в спеціальних формах.

*Склад готової продукції.* Кахлі-сирець підв'ялюють у камерних, тунельних, конвеєрних сушарках у горизонтальному положенні на рамках. Тривалість підв'ялювання приблизно – 14 год, вологість після підв'ялювання – 15...16 %.

Сушать кахлі в камерних, тунельних або конвеєрних сушарках. Тривалість сушіння кахлів пластичного формування – 24...35 год, напівсухого пресування – 12...18 год, залишкова вологість – не більше ніж 3 %.

Обпалюють кахлі один або два рази в печах періодичної дії або щілинних.

Під час дворазового випалювання після першого випалювання за температури 900...950 °С в камерних печах лицьову поверхню кахлів

шліфують на шліфувальних верстатах, щоб вирівняти. Після шліфування кахлі глазурують за допомогою поливу або розпилення сирими чи фритованими глазурями. Потім кахлі вдруге обпалюють при 950 °С для кахлів з фритованими глазурями й 950...1 000 °С – із сирими.

У щілинних печах обпалюють кахлі за 10...12 годин, камерних – 30...40 годин. Обпалені вироби іноді розмальовують керамікою, що закріплюється додатковим випалюванням. Після випалювання кахлі сортують, шліфують і відправляють на склад готової продукції.

#### **8.4 Виготовлення клінкеру**

Клінкером називають цеглу або плитки, обпалені до повного спікання, але без склування поверхні. Застосовують клінкер для дорожніх покриттів, влаштування підлог промислових будівель, мурування фундаментів, цоколів, облицювання каналізаційних колекторів, набережних та інших споруд. Клінкер, призначений для облицювання будівель, іноді глазурують.

Клінкер характеризується щільною однорідною структурою без пор і тріщин, під час удару молотком дзвенить. Середня щільність клінкеру – 1 900...2 400 кг/м<sup>3</sup>; міцність під час стискання – 40...120 МПа, водопоглинання – 2...6 %, твердість за Моосом – 4...7, опір удару й стиранню висока, морозостійкість – 30...100 циклів.

Розміри клінкерної цегли зазвичай становлять 250×110×65(75) мм, клінкерної плитки – 240×71(52)×17(9) мм. Клінкерні плити відрізняються різною фактурою лицьової поверхні (див. рис 8.5).

Основною глинястою сировиною, використовуваною під час виготовлення клінкеру, є важкотопкі глини з великим інтервалом спікання. Найякіснішими вважаються глини, що містять 1,5...3 % лужних оксидів, кількість Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не повинна перевищувати 8...10 %, а CaO – 7...8 %.

Найпридатнішими для виготовлення клінкеру є тонкодисперсні середньо-пластичні глини з умістом глинястої фракції 25...85 % і піску – не більше ніж 15...20 %, оскільки пісок надає виробам підвищеної крихкості й поруватості.

Водозамішування таких глин становить 18...25 %, повітряне зсідання – 6...9 %. Температура спікання глин перебуває в межах 1 100...1 300 °С, а інтервал топкості становить не менше 70 °С (зазвичай 120...180 °С).

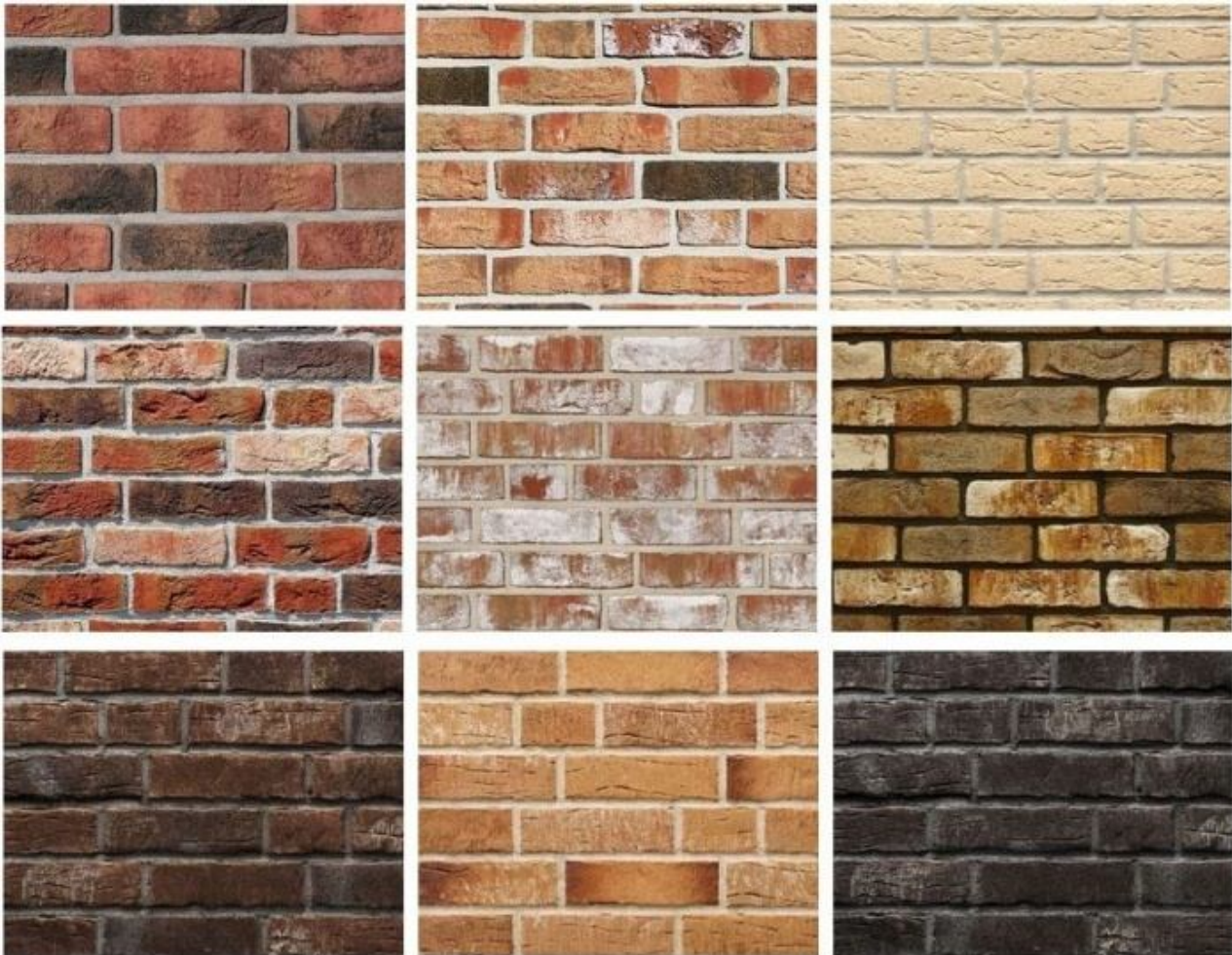


Рисунок 8.5 – Типи поверхонь клінкерних плиток

Як опіснювальні матеріали використовують тонко подрібнений бій клінкеру, зрідка пісок (до 20 %), як плавні – польовий шпат, крейду, доломіт, мергель, золу або інші в кількості до 8...9 %.

Оптимальний склад маси для клінкерної цегли і плиток такий:  $\text{SiO}_2$  – 65...70 %;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 23...25 %, плавнів – 6...8 %.

Сировинні матеріали під час виготовлення клінкеру готуються за технологіями, що застосовуються під час виготовлення цегли і керамічних каменів.

Під час використання пластичного способу підготування маси після первинного оброблення її пропускають через бігуни або вальці й глином'ялки.



Потім після тривалого вилежування масу знову пропускають через глином'ялки. Іноді щоб пришвидшити технологічний процес вилежування замінюють вакуумуванням.

Під час використання напівсухого способу підготування маси тверді глини подрібнюють у дробарка і зубчастих вальцях, а тонко подрібнюють у бігунах. Пластичні глини підсушують у сушильному барабані, а потім пропускають через дезінтегратор або інший перемелювальний агрегат і змішувач. Гранулометричний склад порошку під час використання напівсухого пресування клінкеру такий: зерен – 2...3 мм не більше ніж 25 %, 1...2 мм приблизно 25 % і менше ніж 1 мм – 50 %.

Формують клінкер зазвичай пластичним і зрідка напівсухим способами. Формування пластичним способом здійснюють за вологості маси 20 % на стрічкових вакуумних пресах, для підвищення якості клінкеру допресовуючи на допресувальних верстатах.

Напівсухе пресування клінкеру здійснюють на звичайних коліно-важільних або гідравлічних пресах двобічного тиснення за тиску 12...15 МПа і вологості порошку 8...12 %.

Сушать клінкер-сирець у таких самих сушарках, як і для цегли – камерних і тунельних із рециркуляцією теплоносія, але режим сушіння сирцю м'якший, ніж для цегли, а тривалість сушіння становить 35...60 год.

Обпалюють клінкер у тунельних, камерних печах, печах зі знімним склепінням. Температура випалювання залежно від властивостей вихідної сировини зазвичай становить 1 150...1 250 °С. Тривалість випалювання 18...22 годин, охолодження – 75...100 годин. Витрата умовного палива – до 170 кг на 1 000 шт. клінкерної цегли.

Саджання сирцю в піч у ялинку щільніша, ніж під час випалювання звичайної цегли – до 280...320 шт/м<sup>3</sup>. Щоб уникнути деформування, висота саджання обмежується 18...20 рядами.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Проектирование предприятий по производству строительных материалов и изделий : учебник / Ю. М. Баженов, Л. А. Алимов, В. В. Воронин, Н. В. Трескова. – М. : Издательство АСВ, 2005. – 472 с ил.
2. Гурьева В. А. Проектирование производства изделий строительной керамики : учеб. пособие / В. А. Гурьева. – Оренбург : ОГУ, 2013. – 179 с.
3. Іщук О. О. Конспект лекцій з дисципліни «Організація технологічних процесів на підприємствах будівельної індустрії» / О. О. Іщук, О. В. Безусяк. – Рівне : НУВГП, 2010. – 182 с.
4. Кондращенко О. В. Матеріалознавство : навч. посібник / О. В. Кондращенко ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2007. – 182 с.
5. Кравцов А. И. Проектирование предприятий по производству бетонных и железобетонных конструкций : учебное пособие / А. И. Кравцов – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2012. – 196 с.
6. Михайловский В. П. Информационные приложения к выполнению технологических дипломных (курсовых) проектов и работ для студентов уровня подготовки «бакалавр производства строительных материалов, изделий и конструкций» : учебное пособие / В. П. Михайловский. – Омск : СибАДИ, 2011. – 352 с.
7. Никифорова Э. М. Проектирование и оборудование цехов по производству порошковых и композиционных материалов. Версия 1.0 [Электронный ресурс] : курс лекций / Э. М. Никифорова, Е. Д. Кравцова. – Электрон. дан. (12 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 1 электрон. опт. диск (DVD).
8. Якименко О. В. Технологія будівельного виробництва : навч. посібник / О. В. Якименко ; Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 411 с.

*Навчальне видання*

**ЯКИМЕНКО** Олег Вікторович

**ПРОЕКТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ  
З ВИРОБНИЦТВА БУДІВЕЛЬНОЇ КЕРАМІКИ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для студентів 6 курсу денної форми навчання  
освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр-науковець»  
галузі знань 19 – Архітектура та будівництво  
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Відповідальний за випуск *А. А. Жигло*

Редактор *О. А. Норик*

Комп'ютерний набір *О. В. Якименко*

Комп'ютерне верстання *О. В. Якименко*

Підп. до друку 03.04.2019. Формат 60 × 84/16.

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 5,6

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,

вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002

Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.