



136 «...», «...»  
131 «...»  
1 / ... : ... , ... .. ,  
... - : ... , 2018 – 62 .

Укладачі: В.В. Наумик, д.т.н., професор  
В.М.Сажнев, к.т.н., доцент  
Ю.П.Петруша, к.т.н., доцент

Рецензент: ... , ... ,

Відповідальний  
за випуск: В. В. Луньов, д.т.н., професор

“ ... ”

5  
«25» 2018 .

6  
«13» 2018 .

## ЗМІСТ

	стор.
1 Вступ. Стан і перспективи розвитку ливарного виробництва в Україні. Організація проектування.....	5
2 Організація проектування. Допроєктний та проєктний періоди. Стадії проектування. Склад та зміст проєктної документації.....	6
2.1 Проєктні організації.....	6
2.2 Стадії проектування.....	6
2.3 Організація проєктних робіт.....	8
2.4 Вибір майданчика під будівництво.....	11
3 Режими роботи ливарних цехів. Паралельний, послідовний, і їх різновиди. Фонди часу обладнання робочих і робочих місць.....	14
4 Виробнича програма. Характеристика, методи задання та розрахунку. Потужність та структура ливарного цеху.....	18
4.1 Класифікація ливарних цехів.....	19
4.2 Особливості складу ливарних цехів спеціальних методів лиття.....	21
5 Порядок розрахунку плавильного відділення. Вибір технології плавки і потрібних плавильних агрегатів. Баланс металу. Визначення кількості печей та кранів.....	22
5.1 Плавильне відділення чавунно-ливарних цехів.....	24
5.2 Плавильне відділення сталеливарних цехів.....	27
6 Розрахунок та проектування формувально-заливо-вибивальних відділень.....	29
6.1 Особливості проектування формувально-заливо-вибивальних відділень цехів крупносерійного та масового виробництва.....	31
6.2 Особливості проектування формувальних відділень цехів дрібносерійного та одиничного виробництва.....	34
7 Розрахунок та проектування стержньових відділень. Різновиди техпроцесів. Вибір обладнання.....	37
7.1 Особливості проектування стрижневих відділень в цехах масового та крупносерійного виробництва.....	38
8 Розрахунок та проектування сумішоприготовувальних відділень. Різновиди сумішей, що застосовуються. Обладнання для підготовки та регенерації суміші.....	44

8.1 Формувальні суміші.....	44
8.2 Стержньові суміші.....	47
8.3 Визначення витрат сумішей.....	48
8.4 Технологічний процес та обладнання регенерації оборотної суміші.....	50
8.5 Регенерація самотвердіючих сумішей.....	51
8.6 Приготування формувальних та стрижневих сумішей..	52
9 Розрахунок та проектування термообрубних відділень. Технологічні процеси та обладнання.....	54
Список рекомендованої літератури.....	62
Частина друга	

## **1 ВСТУП. СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА В УКРАЇНІ. ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ**

Розвиток ливарного виробництва невід’ємно пов’язаний із проектуванням ливарних цехів. Із самого початку Україна займала одне із ведучих місць по розвитку ливарного виробництва в колишньому СРСР. Так, із трьох спеціалізованих науково-дослідних інститутів один був розташований у Києві – Інститут проблем лиття АН СРСР (тепер НАНУ). Ще два НДІ знаходились у Москві та Ленінграді.

Ще в 1926 р. за пропозицією Серго Орджонікідзе в м. Ленінграді було засновано перший в державі інститут, спеціалізований на проектуванні металургійних заводів – «Гіпромет». Через відсутність власного досвіду у цій новій та дуже складній справі, в перші роки до роботи були широко залучені іноземні фахівці. Але вже в 1932 році швидкій розвиток виробництва та проектування власних кадрів дозволили майже повністю відмовитись від іноземної допомоги і до 1940 року було фактично закінчено формування ливарного виробництва, як механізованої заготівельної бази власного вітчизняного машинобудування.

В роки Вітчизняної війни ливарне виробництво було вимушено перебудовано на потреби фронту, але вже з 1943 р. знову почали проектуватися виробництва, спрямовані на виготовлення мирної продукції.

У 50-х роках проектування в основному жило шляхом створення дробних та середніх цехів потужністю 5-12 тис. т виливків на рік. Але вже наприкінці 50-х років методи проектування ливарних цехів були змінені на користь крупних спеціалізованих підприємств потокового виробництва з окремими автоматизованими процесами, що дозволяло суттєво знизити собівартість продукції, що виробляється.

На політичному та економічному переході від СРСР до незалежної України ливарне виробництво виявляло собою комплекс, що складався як із крупних спеціалізованих ливарних підприємств (центролітів), так і середніх та дрібних цехів, орієнтованих на потреби окремих виробничих комплексів. Важливими та необхідними завданнями сьогодення є одночасно, як підтримання вже існуючої потужної бази ливарного виробництва, так і створення нових гнучких підприємств здатних задовольняти постійно змінюючийся ринковий попит у найрізноманітніший ливарний продукції.

## **2 ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ. ДОПРОЕКТНИЙ ТА ПРОЕКТНИЙ ПЕРІОДИ. СТАДІЇ ПРОЕКТУВАННЯ. СКЛАД ТА ЗМІСТ ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ**

Проектування є першим та основним етапом капітального будівництва, що забезпечує створення нових, а також розширення, реконструкцію та технічне переозброєння діючих підприємств.

### **2.1 Проектні організації**

Державні проектні та пошуково-винахідницькі організації поділяють на інститути, що здійснюють генеральне проектування (ГПРО) та інститути, що ведуть проектування спеціалізованих частин проекту (ГП). Також є комплексні проектувальні та науково-дослідницькі організації (ГПРОНДІ).

Генеральний проектувальник забезпечує розробку комплексного проекту пов'язаного між собою в усіх частинах. При цьому звичайно розробляють технологічну частину основного виробництва, або проект основних об'єктів будівництва. Інститути (ГП) по завданням ГПРО виконують інженерно-геологічні, гідрологічні та геодезичні дослідження та окремі частини комплексного проекту, а також проектують зовнішній мережі та споруди водопроводу, каналізації, газифікації і т.і. Також є ГП, що розробляють окремі види спеціальних споруд та обладнання (печі, установки кондиціонування і т.д.)

### **2.2 Стадії проектування**

Підприємства, будівлі та споруди проектують, як правило в одну стадію шляхом розробки техноробочого проекту (ТРП), який являє собою технічний проект суміщений з робочими кресленнями. Складні підприємства проектують у дві стадій з розробкою окремо технічного проекту (ТП) та робочих креслень (РК).

#### ***Техноробочий проект.***

ТРП розробляється при одностадійному проектування та являє собою технічний проект, суміщений з робочими кресленнями. Такі проекти розробляються для проектів, будівництво яких буде проводитись за типовими та тими, що повторно застосовуються економічними проектами, а також для технічно нескладних об'єктів. В ТРП наводять тільки ті креслення та дані, яких немає в типових або в тих проектах,

що повторно застосовуються. До складу ТРП окрім того включають: пояснювальну записку з техніко-економічними показниками; генеральний план підприємства; суміщений план комунікацій; перелік техноробочих, типових та проектах, що повторно застосовуються; матеріали змін та доповнень цих проектів в зв'язку з прив'язкою їх до місцевих умов; проект організації будівництва; проект відновлення ушкоджених земель; кошторисну документацію.

Склад технологічної та транспортної частини ТРП аналогічний складу ТП. Одностадійне проектування дозволяє скоротити терміни проведення проектних робіт.

### ***Технічний проект.***

Проектування у дві стадії з розробкою ТП допускається для великих та складних промислових комплексів, у випадку застосування нової, неосвоєної технології виробництва, головних примірників складного обладнання, складних архітектурно-будівельних споруд та при особливо складних умовах будівництва.

В усіх частинах ТП промислового підприємства допрацьовують, уточнюють та взаємно пов'язують технічні умови, прийняті в техніко-економічному обґрунтуванні. При цьому розробляють оптимальний варіант генерального плану; оптимальні об'ємно-планувальні; архітектурні та конструктивні рішення будівель; механізацію та автоматизацію виробництва; раціональні форми організації виробництва з врахуванням автоматизованих систем керівництва; сучасні умови праці; організацію будівництва та черговість вводу виробничих потужностей; уточнення кошторисних витрат та техніко-економічних показників будівництва та інше.

ТП розробляють комплексними. До їх складу входять такі частини: технологічна та транспортна, архітектурно-будівельна та організації будівництва; генеральний план та загальнозаводський транспорт; санітарно-технічне, теплоенергетичне, електротехнічне господарство; організація праці та система управління виробництвом; громадянське будівництво; загальна пояснювальна записка. В графічній частині (кресленнях) проекту розробляють та вирішують об'ємний взаємозв'язок будівель з обладнанням, інженерними комунікаціями.

Якість розробленого ТП або ТРП та його економічність визначаються рівнем продуктивності праці, собівартістю продукції, питомими капіталовкладеннями та строком їх окупності, а також рентабельністю роботи заводу або цеху в процесі його експлуатації.

На затверджений ТП або ТРП складається паспорт, після чого відкривається фінансування будівництва, замовлень основного обладнання та розробки робочих креслень.

### ***Робочі креслення.***

Будівельні та монтажні роботи, розташування обладнання та транспортних засобів, забудова комунікацій та виготовлення нестандартного обладнання виконують за робочими кресленнями, які розробляють в процесі розробки ТРП або на основі затвердженого ТП.

При розробці робочих креслень, деталізують та уточнюють прийняті в технічному проекті рішення в тій мірі, в якій це необхідно для виконання будівельно-монтажних робіт. У відповідності з завданням на проектування уточнюють планування корпусів, специфікації обладнання та кошториси. На основі цих планувань розробляють загальнобудівельні робочі креслення будівель (каркас будівлі, фундамент будівлі), робочі креслення загально-обмінної вентиляції, трансформаторних підстанцій та розподільчих пристроїв, очисних споруд, вводів магістральних мереж водо-, енерго- та електрозабезпечення.

На розроблених робочих кресленнях загально-будівельної частини будівель складають монтажні плани корпусів та цехів, на основі яких розробляють робочі креслення відділень цехів та корпусів з розміщенням систем безперервного та періодичного транспорту.

Оптимізація основних техніко-економічних варіантів проектних рішень дозволяє підвищити якість та ефективність положень прийнятих в ТЕО.

## **2.3 Організація проектних робіт**

Для організації та керівництва передпроектними та проектними роботами генеральною проектною організацією призначається головний інженер проекту (ГІП), що відповідає за увесь комплекс проекту в цілому. ГІП оформлює фінансування, організує та координує передпроектні та проектні роботи, організує узгодження кошторисів на будівництво з підрядними будівельними організаціями, захист ТЕО та проекту у вищестоящих організаціях та органах експертизи, здійснює авторський нагляд та оперативне усунення неузгоджень в технічній документації, приймає участь в прийманні та вводі об'єктів будівництва в експлуатацію.

При проектуванні підприємства необхідно забезпечити його високий технічний рівень і економічну ефективність, максимально вико-

ристовуючи сучасні розробки науки та техніки, широко застосовувати типові та використовувати повторно економічні індивідуальні проекти, а також типові конструкцій та виробу, що зменшують терміни та вартість проектних робіт.

Строки та тривалість виконання проекту залежать від методу проектування. Існує графічний, об'ємний та макетний методи проектування.

Графічний метод виражається площинними кресленнями.

Об'ємне проектування ведуть в системи трьох координат та використовуються в основному для оформлення генеральних планів об'єктів, що будуються. Цей процес трудомісткий та потребує великих навичок.

Макетний метод – полягає в тому, що на стіл в визначеному масштабі наноситься координатна сітка, після чого за допомогою макетів та шаблонів вирішуються усі питання розташування обладнання, інженерних мереж, вантажопотоків, підземних шляхів. Цей метод прискорює рішення складних технічних задач, зменшує кількість помилок в проекті та значно знижує його вартість.

В період, що передусь розробці проектної документації складається ТЕО будівництва, завдання на проектування та виконуються роботи по вибору майданчика будівництва.

Виходячи з рішення про будівництва та з врахуванням перспективних планів розвитку окремих галузей промисловості та економічних районів, проектна організація виконує ТЕО виробництва у вигляді проектних міркувань або докладної записки.

Найбільш суттєве питання, що розглядається в ТЕО- це обґрунтування необхідності та потреби в продукції нового підприємства або підприємства, що реконструюється. Для цього наводять виписку з перспективного плану галузі по виробництву та споживанню виливків. Для виявлення дефіциту приводять баланс потреби та виробництва виливків на поточний період та на рік вводу в експлуатацію нового виробництва, або того, що розширюється.

В ТЕО наводять розрахунки, що обґрунтовують ефективність реконструкції підприємства, порівняно з заходами, що спрямовані на поліпшення використання потужностей, що вже існують, або ефективність нового будівництва, порівняно з реконструкцією діючого виробництва.

При розробці ТЕО враховують останні досягнення і розробки науки і техніки.

ТЕО розробляють на проектну потужність підприємства та на першу чергу будівництва за галузевими покрупненими техніко-економічними показниками.

В ТЕО наводиться

1 Основа для розробки ТЕО: обґрунтування потреби в продукції підприємства, програма випуску та спеціалізація виробництва (за видами сплаву, серійності, по масі виливків в тонах або у тис. грн.) та перелік заводів споживачів продукції.

2 Характеристика та основні напрямки проекту нового будівництва або реконструкції діючого підприємства (за результатами досліджень): склад заводу, що планується; площі забудови та розвернутий план будівель, включаючи компоновочні схеми основних цехів; кооперування допоміжних та обслуговуючих підприємств з врахуванням дольової участі в їх будівництві; основні технічні умови для забезпечення підвищення якості відливків; викиди та перелік заходів, що плануються для охорони природи (захисту водних та повітряних басейнів); кількість працюючих та робочих (забезпечення кадрами).

3 Потреба у вихідних матеріалах, відходи виробництва; енергетичне господарство (забезпечення енергоресурсами).

4 Схема генерального плану підприємства з додатком ситуаційного плану промислового та житлового будівництва, а також вказівкою території, що відводиться для відходів; зовнішній вантажообіг за видами транспорту та розмір дольової участі у будівництві шляхів та транспортних споруд за вимогами місцевих організацій; кількості мешканців, розмір території та енергоресурси на житловий масив з врахуванням культурно-побутового будівництва.

5 Основні будівельні рішення, черговість, пускові комплекси та строки будівництва; об'єми капітальних вкладень на промислове, житлове та культурно-побутове будівництво на повну потужність та по чергам будівництва; організація будівництва з даними про потужність будівельних організацій та необхідності створення додаткової будівельної бази (кількості робочих та основних будівельних матеріалів).

6 Техніко-економічне порівняння різноманітних пунктів або майданчиків будівництва та обґрунтування вибору оптимального варіанту; основні дані та техніко-економічні показники нового підприємства, у порівнянні з перспективними показниками по галузі та по світовому рівню розвитку відповідних виробництв; висновки та пропозиції з оцінкою економічної доцільності та господарчої необхідності

будівництва або реконструкції підприємства.

Розробку ТРП або ТП промислових підприємств проводять на підставі завдання на проектування. Затверджене ТЕО є частиною цього завдання. Розробка та створення завдання на проектування є обов'язком замовника проекту. Проектна організація за дорученням відомства безпосередньо приймає участь в розробці завдання на проектування. При розміщенні підприємств у смузі міста, замовник разом з завданням на проектування видає проектній організації архітектурно-планувальне завдання місцевої ради, а також будівельний паспорт ділянки та технічні умови на підключення до місцевих мереж та споруд. У завданні на проектування повинні бути враховані зауваження, що виявлені при узгодженні та затвердженні ТЕО.

Стадії проектування

1 Розробка завдання на ТЕО (замовник – генеральний проектувальник).

2 Розробка ТЕО (генеральний проектувальник за участю замовника і затверджує замовник).

3 Розробка завдання на проектування (замовник за участю генерального проектувальника).

4 Проектування (одно- або двостадійне).

Стадії 1, 2 і 3 складають допроектний період.

## **2.4 Вибір майданчика під будівництво**

Ділянки для будівництва підприємств та пов'язаних з ними об'єктів, що обслуговують їх, а також житлового та громадського будівництва, відводяться у відповідності з проектом забудови окремого населеного пункту.

Заводи розміщують з врахуванням необхідності найбільш раціонального використання землі. Законодавством заборонено використання під будівництво землі, що придатна для сільського господарства. На зрошуваних та осушених, водоохоронних та лісозахисних землях промислове будівництво допускається тільки в особливих випадках.

Для підприємств, що виділяють шкідливі викиди, в залежності від їх потужності, характеру та кількості шкідливих речовин, що потрапляють у навколишнє середовище, передбачають мінімально-припустимі відстані до житлових районів (санітарно-захисні зони). Розміри санітарно-захисних зон залежать від санітарної класифікації підприємства та відміряються від місць шкідливих виділення викидів, а не від меж підприємства.

Оскільки виробництво супроводжується виділенням шкідливих речовин (газ, кіптява), ливарні заводи розміщують по відношенню до житлових районів з під вітру. При розміщенні ливарного заводу в промисловому вузлі також треба враховувати розу вітрів та розмішувати з підвітряної сторони по відношенню до адміністративних та інших об'єктів.

Таблиця 2.1 – Розміри санітарно-захисних зон

Тип виробництва	Потужність тис т/рік	Санітарний клас	Розмір санітарно-захисної зони, м
Цехи фасонного литва чорних металів	>100	I	1000
	20-100	II	500
	10-20	III	300
Цехи точного кольорового лиття	10	III	300

Ливарні заводи рекомендовано розмішувати на ділянках, що забезпечують найкращу аерацію промислового майданчика. Не припустимо розмішувати підприємства ливарного виробництва в низьких місцях, між горами, в районах з тривалими штилями та на інших територіях з малим провітрюванням.

Для промислових підприємств непридатні майданчики зі слабкими ґрунтами у вигляді пливунів та фільтруючих ґрунтів. Також небажані тверді скельні породи.

Майданчик під будівництво повинен мати сприятливий рельєф для підводу шляхів залізничного транспорту.

При виборі майданчика необхідно передбачити можливість забезпечення її електроенергією, газом, а також наявність джерел забезпечення водою. Необхідно підібрати території для шламовідвалів (яри, кар'єри).

При виборі ділянки під будівництво розглядають декілька варіантів. На місце передбаченого будівництва виїжджає комісія з представників замовника та проєктантів. На основі висновків цієї комісії складається акт по виборі майданчика під будівництво, в якому вказують

1 Характеристику об'єкту будівництва: споживач продукції, капітальні вкладення, витратні показники (технічна вода, господарська

вода, водяна пара, електроенергія, природний газ, викиди в атмосферу та викиди промислових стоків).

2 Приблизний склад заводу.

3 Зовнішні комунікації та кооперування: подача вихідних матеріалів (наявність залізниці), забезпечення технічною та питною водою, тепло- та енергозабезпечення; викиди стокових вод; сполучення з автомобільними магістралями та залізницею.

4 Можливість забезпечення підприємства кадрами, з уточненням району культурно-побутового та житлового будівництва.

5 Умови будівництва; обговорюється наявність або необхідність розвитку будівельної бази.

У висновках та пропозиціях акту вказують переваги майданчика, що відводиться, порівняно з усіма, що розглядаються.

Землю під будівництво відводять після затвердження ТЕО, що є основою для видачі будівельного паспорту. Будівельний паспорт включає повну характеристику ділянки:

1 Топографічну зйомку місцевості з нанесенням рельєфу, водоймищ, існуючого озеленіння, шляхів сполучення, забудов, населених пунктів.

2 Геологічні та гідрогеологічні дані, карти ґрунтів і.т.і..

3 Кліматичні умови місцевості: дані про середню температуру, розу вітрів, сейсмічність.

4 Плани існуючих мереж інженерних комунікацій, водопроводу, каналізації, електромереж і.т.і.

### **3 РЕЖИМИ РОБОТИ ЛИВАРНИХ ЦЕХІВ. ПАРАЛЕЛЬНИЙ, ПОСЛІДОВНИЙ, І ЇХ РІЗНОВИДИ. ФОНДИ ЧАСУ ОБЛАДНАННЯ РОБОЧИХ І РОБОЧИХ МІСЦЬ**

Організація виробничого процесу в ливарному цеху зумовлена режимом роботи чи черговістю виконання технологічних операцій по виготовленню відливок в часі і просторі.

Вибір оптимального режиму роботи ливарного цеха залежить від його виробничої потужності, серійності виробництва, технологічної складності відливок, від сплаву, типа плавильних агрегатів і інших факторів.

В ливарних цехах застосовують три види режимів роботи: послідовний, паралельний, комбінований. Роботи в цеху по виконанню виробничого процесу можуть виконуватись в 3, 2 і рідко в 1 зміну.

При послідовному режимі роботі основні технологічні операції виконують послідовно в різний час доби на тій самій виробничій площі.

Розрізняють наступні види послідовних режимів

1 Двозмінний.

В I зміну виготовлення і збирання форм., в II – заливка і вибивка. Застосовується для середнього і дрібного литва, що не потребує багато часу на заливку, охолодження і вибивання, при невеликій площі і середньому рівні механізації.

2 Трьохзмінний.

В першу – формовка і збирання; друге – заливка; третя – вибивка і підготовка робочих місць. Такий режим застосовується для крупних відливок в мало-серійному і одиничному виробництві.

3 Трьохзмінний з двозмінною формовкою та збиранням і однозмінною заливкою, вибивкою та підготовкою до виробництва.

Застосовується при виробництві дрібних та середніх відливок.

Недолік: форми виготовленні в першу зміну пересихають.

При паралельному режимі: всі технологічні операції при виробництві відливок виконуються одночасно на різних ділянках.

По аналогії розрізняють 1, 2, та 3-змінні паралельні режими.

Найбільш розповсюдженим є паралельний двозмінний режим. При якому третя зміна відводиться для профілактики та ремонту обладнання.

Однозмінний режим застосовується рідко, тому що в цьому випадку обладнання і виробничі площі використовується неефективно.

Для крупно-тонажних печей та ділянок, де неможлива перерва в технологічному процесі, а також для унікального обладнання застосовується тримісний паралельний режим роботи. Такий режим (3 змінний) може бути також вимушеним оскільки ускладнює проведення профілактичних оглядів та ремонту, що призводить до передчасного зносу обладнання. Ливарні цехи, що працюють за цими режимами можуть мати відділення та ділянки або окремі види обладнання, що працюють не по основному режиму. Тоді вважають, що взагалі режим роботи цеху – комбінований.

Паралельний режим роботи має ряд переваг. При ньому забезпечується скорочення виробничого циклу виготовлення відливок, раціональне використання обладнання та площ цеха, підвищення якості, зниження собівартості. З'являється можливість ізольовувати ділянки зі шкідливим виробництвом, що неможливо при послідовному режимі. Тому при багатосерійному та масовому поточному виробництві в цеху застосовуються паралельні режими роботи. У дрібно серійному та одиничному – послідовний.

Для цехів спец видів литва застосовується паралельний одно-, двох- або трьохзмінний режим роботи. В фасово-сталеливарних цехах, у випадку якщо виробничий процес пов'язаний за безперервною роботою печей, необхідний паралельний трьохзмінний режим роботи. Згідно з прийнятим режимом при проектуванні ливарних цехів встановлюють фонди часу роботи обладнання, робочих місць без обладнання ( верстати, стенди ) та робочих. Розрізняють календарний номінальний та ефективний або дійсний фонди часу. Календарний фонд часу дорівнює добовому робочому дню на кількість робочих годин в рік ( $365 \cdot 24 = 8660$ ).

Номінальний фонд дорівнює кількості календарних днів не враховуючи вихідні та святкові дні, та передсвяткові години – це річний час протягом якого підприємство має працювати без втрат. Ефективний або дійсний річний фонд часу дорівнює номінальному мінус планові втрати часу. Для визначення ефективного фонду праці обладнання із номінального умовно виключають час перебування обладнання у планових ремонтах. Прості обладнання, що викликані недоліками в організації виробництва по зовнішнім причинам в визначенні ефективного фонду не враховують. Всі розрахунки при проектуванні основних та допоміжних ділянок ведуться відносно ефективного часу роботи обладнання. Календарний фонд використовують при розрахунках

площі складських приміщень. Номінальний – при розрахунках потреби кількості робочих місць без обладнання.

Інтенсивність використання обладнання відносно ефективного фонду часу роботи регламентується коефіцієнтом завантаження

$$K_3 = \frac{N_p}{N_{np}}, \quad (3.1)$$

де  $N_p$  – необхідна кількість обладнання згідно розрахунку;

$N_{np}$  – прийнята кількість обладнання згідно проекту;

$K_3$  має складати від 0,7 до 0,85.

Кількість плавильних печей розраховується згідно з середньою продуктивністю кожної, котру для деяких агрегатів можна змінювати від 10 до 15% (вагранки, дугові печі). З урахуванням можливостей більш інтенсивного використання цих плавильних агрегатів, їх  $K_3$  відносно середнього рівня продуктивності приймають вище нижнього рівня інтервалу, що застосовується, та рекомендується  $>0,8$ .

Для неавтоматичного обладнання (машин) при їх встановленні в цеху в кількості 1-3 одиниці допускається в окремих випадках зниження  $K_3$  до 0,5 та 0,67 відповідно

Для оцінки завантаження автоматичного обладнання в процесі експлуатації застосовується коефіцієнт використання, значення якого аналогічне  $K_3$ .

У зв'язку з виготовленням різних відливок у групових потоках в процесі поточного планування номенклатура їх змінюється, що викликає зміну споживання рідкого металу, формувальних та стержневих сумішей, готових стержнів та ін.

В термообрубні відділення також надходить різна кількість відливок, що мають різну масу і складність, тому середньо-годинні дані використання матеріалів та завантаженості обладнання неможливо використовувати при розрахунках їх кількості у поточному виробництві. Ці дані необхідно підвищити на коефіцієнт нерівномірності споживання матеріалів та виробництва ( $K_H$ ).

При поточному виробництві формувально-заливально-вибивні відділення вважають ядром виробництва, а всі обслуговуючі їх відділення проектують відносно необхідності забезпечення безперебійної роботи

формувальних ліній в автоматичному режимі з урахуванням нерівномірного споживання сумішей та стержнів.

Для обладнання формувальних відділень  $K_H$ . Споживання матеріалів і виробництва вважають рівним 1. Для інших відділень та видів обладнання при велико серійному та масовому виробництві  $1 < K_H < 1,2$ .

При середньо серійному та серійному  $1,1 < K_H < 1,3$ ;

При одиничному та дрібносерійному  $1,4 < K_H < 1,2$ .

## **4 ВИРОБНИЧА ПРОГРАМА. ХАРАКТЕРИСТИКА, МЕТОДИ ЗАДАННЯ ТА РОЗРАХУНКА. ПОТУЖНІСТЬ ТА СТРУКТУРА ЛИВАРНОГО ЦЕХУ**

Виробнича програма – це основний документ для розробки технологічної частини проекту. Вона повинна мати завдання на річне виготовлення відливок для кожного виробу та виду сплаву, випуск виробів на запчастини, яке має бути передбачено подетально для кожного виробу, але частіше вказується у відсотках до випуску, відносно основної продукції. Для ливарних заводів випуск на запчастини може не передбачатися. В програму цеху також вноситься випуск відливок на перекриття браку ливарного та механічного цехів, що виражається у відсотках до кількості відливок на основний випуск продукції та запчастин. У реальних проектах до виробничих програм включають також литво для особистих потреб, а також литво, що постачається по кооперації.

В залежності від особливостей, серійності та спеціалізації виробництва при проектуванні ливарного цеху застосовується точна, приведена або умовна програма. При розрахунку ливарного цеха крупносерійного або масового виробництва з стабільною або обмеженою номенклатурою, відливок, що виробляються, розрахунки виконують за точною програмою. До такої програми мають додаватися специфікації та креслення всіх відливок з зазначенням виду сплаву, його складу та механічних властивостей та інших додаткових вимог до виробу.

Згідно з вищевказаним, розробляють технологічний процес для кожного найменування відливка та розраховують технологічні дані по всім операціям процесу. Точну програму застосовують при кількості найменувань відливок у номенклатурі від 50 до 70 одиниць. Розрахунки ведуть згідно відомості встановленої форми.

Для цехів дрібно- та середньо-серійного виробництва, коли програма характеризується номенклатурою відливок до 500 найменувань при повторюваності не менше 200 одиниць на рік кожного найменування, розрахунки приводяться по приведеній програмі. При цьому всю номенклатуру відливок розбивають на групи згідно ваги, для кожної групи вибирають типові відливки з представлених та по ним розраховують програму. В якості типових відливок можна обирати ті, на які маємо повний комплект документацій та креслень, а також ті, що мають

найбільш питому вагу в програмі випуску, аналогічні по масі, ступеню складності, трудоемності та в технологічному відношенні до основних процесів виробництва до інших відливок. До цих типових приводять всі інші відливки кожної групи за допомогою приводного коефіцієнта, котрий розраховують відношенням сумарної ваги всіх відливок даної групи до маси річного випуску відливка, прийнятого в якості представника. Усі подальші розрахунки пов'язані з розробкою технологічних карт або відомостей виконуються по точній програмі, але тільки по відливкам-представникам.

При проектуванні ливарних цехів одиничного виробництва з широкою номенклатурою і нестійкою програмою відливок, що випускаються, коли немає специфікацій або креслень відливок, розробляють умовну програму. Про цьому номенклатура повинна бути не менше ніж 500 найменувань відливок при повторюємості дрібних відливок не більше 200 і великих не більше 20. В таких випадках виробнича програма представляється приблизним співвідношенням литва за вагою. При цьому технологічний процес не розробляється. Розрахунки виконуються базуючись на середніх по галузі укрупнених техніко-економічних показників, які складаються за даними роботи аналогічних заводів типових чи економічних проектів, за нормами технологічного проектування і довідниковим даним. Для програми в цілому і для кожної вагової групи відливок по аналогії з схожими програмами встановлюються такі основні технологічні показники, як: вихід придатного литва, баланс, метод формовки, кількість литва, що отримується по-сирому і по-сухому, витрати сумішей, трудоемність за основними операціями, з'їм литва з 1 м<sup>2</sup> площі та інше.

#### **4.1 Класифікація ливарних цехів**

Ливарні цехи поділяють

1 За видом ливарного сплаву:

- чавунно-ливарні (СЧ, КЧ, СпЧ);

- сталеливарні (цехи лиття вуглецевих сталей, легованих , марганцевих);

- кольорово-ливарні цехи (цехи лиття важких ливарних сплавів (мідь, цинк); цехи лиття легких ливарних сплавів (алюміній, магній, титан).

2 За типом виробництва:

- масового;

- багатосерійного;
- середньо-серійного;
- дрібносерійного;
- одиничного.

3 За вагою однієї відливки:

- дрібного литва;
- середнього;
- крупного;
- важкого;
- особливо важкого.

4 По об'єму виробництва підрозділяють на цехи:

- малої;
- середньої;
- великої потужностей.

5 За технологічним процесом підрозділяють на цехи:

- виробництва відливоків в разових піщано-глинистих формах;
- спеціальних методів литва.

Для характеристики кожного типу цеха вводиться поняття оптимальної потужності. Це та мінімальна потужність цеха, при якій забезпечується отримання відливоків в кількісному і номенклатурному виразі з найкращими техніко-економічними показниками з застосуванням сучасних технологій, а також високого рівня механізації і автоматизації виробничих процесів.

Склад і структуру цеха визначають номенклатура і призначення відливоків, що виготовляються, потужність і режим роботи цеха, тип виробництва і ступінь спеціалізації ливарного цеха.

Сучасний ливарний цех складається з основних виробничих і допоміжних відділень, а також складських і службово-побутових приміщень. Цехи, відливки в яких отримують виготовленням в разових піщано-глинистих формах формах, в своєму складі мають

1 Виробничі відділення:

- а) плавильне, що включає ділянку, для зважування шихти;
- б) формувально-заливально-вибивне, включаючи сушильні установки;
- в) суміше-приготувальне з бункерами-відстойниками;
- г) стрижневе, з сушилами і складами готових стрижнів, а також каркасною ділянкою;
- д) термообрубне відділення, що включає площі для охолоджен-

ня відливків, ділянки видалення залишків стержнів, виправлення дефектів і гідро випробувань;

ж) ґрунтовочне відділення;

2 Допоміжні відділення та ділянки:

а) підготовки шихти та формувальних матеріалів;

б) ремонту ковшів та футеровки плавильних та термопечей і приготування вогнестійких мас та ливарних красок;

в) регенерації сумішей і видалення відходів;

г) ремонтні служби цехового механіка і електрика, трансформаторні і насосні станції, вентиляційні та пилоочисні ділянки, пульти управління;

д) цехові лабораторії

3 Склади шихти (і палива), свіжих формувальних матеріалів і вогнетривів, а також опок, моделей та стрижньових ящиків, інструментів, готових відливків і складові допоміжних матеріалів.

4 Службово-побутові приміщення, в яких розміщуються контора цеха; технологічне бюро; служба механіка та електрика; бюро праці і зарплатні; виробничо-диспетчерська та планово-економічна служби; бюро технічного контролю; гардероб; душеві; столові; кімнати відпочинку, медпункти, санвузли;

## **4.2 Особливості складу ливарних цехів спеціальних методів лиття**

До складу цехів лиття за моделями, що виплавляються (ЛВМ) входять: модельне; відділення покриттів чи виготовлення оболонкових форм; відділення підготовки форм; плавильно-заливальне відділення і термоочисне.

До допоміжних відділень додаються відділення по виготовленню і ремонту модельних прес-форм.

До основних відділенням цехів лиття під тиском (ЛПТ) відносять: ливарне; насосне; плавильне; відділення фінішної обробки відливків. Специфічними для цих цехів, є ділянка доводки та ремонту прес-форм і склади готових прес-форм і запчастин.

Цехи лиття в кокіль, за структурою аналогічні цехам ЛПТ. В складі вони мають 3 основних виробничих відділення: плавильне; заливальне; фінішної обробки виливок.

В залежності від потреби в піщаних стрижнях, передбачають ділянку чи відділення по виготовленню таких стрижнів. В таких цехах

обов'язково наявні допоміжні ділянки ремонту і доводки кокільів, ремонту кокільних машин і іншого обладнання.

Завдяки деякій аналогічності технологічних процесів та однаковому складу виробничих відділень, в практиці проектування ливарних цехів, часто в одному цеху розташовують лиття під тиском та лиття в кокіль.

Склад допоміжних відділень, складських та службово-побутових приміщень цехів спец видів лиття, окрім зазначених особливостей аналогічні цехам виготовлення відливок в разових ППФ.

## **5 ПОРЯДОК РОЗРАХУНКУ ПЛАВИЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ. ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ПЛАВКИ І ПОТРІБНИХ ПЛАВИЛЬНИХ АГРЕГАТІВ. БАЛАНС МЕТАЛУ. ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ПЕЧЕЙ ТА КРАНІВ**

Проектний розрахунок плавильного відділення заключається в складанні балансу металу по маркам, які виплавляються, в обґрунтуванні вибору плавильного агрегату і визначенні їх кількості, в розрахунку складу шихти і складанні відомості витрати шихтових матеріалів на рік. А також в виборі і розрахунку кількості допоміжного обладнання.

Спочатку розробляється технологічний процес плавки, який складається в виборі та обґрунтуванні обраного процесу плавки (моно- чи дуплексе процес - для чавунів; кислий чи основний; на свіжих матеріалах; переплавом чи сплавленням для сталі; з лігатурою чи без для кольорових сплавів. В виборі типу плавильного агрегату і визначенні його ємності чи необхідної годинної продуктивності. Роботу плавильного відділення необхідно узгоджувати з роботою обслуговуемого їм формувального відділення, тому про виборі типу плавильного агрегату, в першу чергу виходять з марок сплаву, що потрібно плавити та ваги відливоків, що виготовляються.

Далі складається баланс металу по формі № 6 (таблиця 5.1.).

Дані по придатним відливкам, ливникам та надливкам, браку та рідкому металу приймають по відомості, кількість та маси відливоків на річну програму (форма №1).

Дані по угару та безворотним втратам для різних чорних сплавів приймають в залежності від типу плавильного агрегату та метода плавки для визначеної маси відливоків, а для кольорових сплавів, в залежності від конструкції плавильної печі та стану шихти.

Таблиця 5.1 – Баланс металу (форма № 6)

Витрата металу	Марка №1		Марка №2		Всього по цеху, т/рік
	т/рік	%	т/рік	%	
1 Годне литво	+				
2 Ливникова система та надливки	+				
3 Брак	+				
4 Всього рідкого металу	+	95			
5 Угар та незворотні втрати		5			
6 Металозавалка		100			

Знаючи річну кількість металозавалки, визначають річну потребу цеху в шихтових матеріалах, для чого виконують розрахунок шихти.

Норми витрати шихтових матеріалів при виробництві сталі 35Л

1 Чавун переробний	Марки М1	ГОСТ 805-80	3,7%.
2 Лом сталевий	Марки А1, А2	ГОСТ 2787-87	65,8%.
3 Вороття			29%.
4 Феромарганець	Марки ФМн75	ГОСТ 4755-78	0,5%.
5 Феросиліцій	Марки ФС45	ГОСТ 1415-78	1%.
Усього			100%.

Норми витрати шихтових матеріалів при виробництві сталі

110Г13Л

1 Чавун переробний	Марки М1	ГОСТ 805-80	2%.
2 Лом сталевий	Марки А1, А2	ГОСТ 2787-87	56,5%.
3 Вороття			26,5%.
4 Феромарганець	Марки ФМн75	ГОСТ 4755-78	11,5%.
5 Силікомарганець	Марки СМн17	ГОСТ 4756-78	3,5%.
Усього			100%.

Норми витрати шихтових матеріалів при виробництві сірого чавуну

1 Чавун ливарний чущковий	Марки ЛК2, ЛК3	ГОСТ 4834-80	44%.
2 Чавун переробний	М1, М2	ГОСТ 805-80	4,5%.
3 Чавун дзеркальний	ЗЧ2, ЗЧ3	ГОСТ 5164-80	0,7%.
4 Лом сталевий		ГОСТ 2787-87	5,5%.
5 Лом чавунний		ГОСТ 2787-87	22,7%.

5 Власне вороття			21%.
6 Феросиліцій	Марки ФС45	ГОСТ 1415-78	1,6%.
Усього			100%.

Норми витрати шихтових матеріалів при виробництві відбіленого чавуну

1 Чавун переробний	M1, M2	ГОСТ 805-80	33%
2 Чавун дзеркальний	ЗЧ2, ЗЧ3	ГОСТ 5164-80	6%.
3 Лом сталевий		ГОСТ 2787-87	15,3%.
4 Лом чавунний		ГОСТ 2787-87	22%.
5 Власне вороття			23%.
6 Феромарганець	ФМн75	ГОСТ 4755-78	0,7%.
Усього			100%.

Плавильне відділення повинно складатися з двох основних ділянок:

- набору і зважування шихти(шихтовий двір).
- плавильної ділянки.

До складу плавильного відділення входять допоміжні ділянки:

- ремонту та футеровки печей;
- сушки та підігрівання ковшів;
- експрес лабораторії та інше;

### 5.1 Плавильне відділення чавунно-ливарних цехів

При проектуванні нових чавунно-ливарних цехів для плавки чавуну передбачають електропечі і дуплекс-процеси. Застосування дугових електропечей доцільне при використанні металозавалки нестабільного хімічного складу.

Для дуплекс-процесу рекомендовано застосовувати наступні комплекси

- 1 Індукційна тигельна піч та індукційна канална піч.
- 2 Дугова піч та індукційна канална електропіч
- 3 Вагранка закритого типу з підігріванням дуття та індукційна канална піч.

При визначенні кількості блоків вагранок, роботу плавильного відділення економічно доцільно проектувати таким чином, щоб обійтись мінімальною кількістю блоків вагранок високої продуктивності. Про цьому раціонально застосування в цеху вагранок одного типорозміру.

Задаючись кількістю вагранок, визначають необхідну розрахункову їх годинну продуктивність ( $q_p$ ):

$$q_p = \frac{Q_p \cdot K_n}{\Phi_e \cdot P}, \quad (5.1)$$

де  $Q_p$  - маса рідкого чавуну необхідного для виконання річної програми цеху;

$K_n$  - коефіцієнт нерівномірності роботи обладнання та споживання матеріалів;

$\Phi_e$  - ефективний річний фонд часу роботи вагранок;

$P$  - число блоків вагранок, що застосовується;

Визначивши необхідну годинну продуктивність вагранок, підбирають потрібну вагранку з нормального ряду, таким чином, щоб забезпечити коефіцієнт використання продуктивності: 0,7-0,8

$$K_e = \frac{q_p}{q_{np}}, \quad (5.2)$$

де  $q_p$  - розрахункова продуктивність;

$q_{np}$  - прийнята продуктивність.

У конвеєрних ливарних цехах блоки вагранок можна встановлювати перпендикулярно (завантаження шихти у вагранку здійснюється підйомниками під нахилом) і паралельно (шихта у вагранку завантажується консольними кранами), стосовно ливарного конвеєра.

В цехах безконвеєрного виготовлення ливарних форм, планування ваграночного прольоту вирішується в кожному випадку індивідуально. Норми відстаней між всіяма вагранок:

- для вагранок з внутрішнім діаметром шахти 700, 900, 1100 мм – 6 м.

- з діаметром 1300, 1500 мм – 6 чи 12 м.

- з діаметром 1800 і більше – 12 м.

Перевагами вагранки є: простота конструкції, простота процесу плавки, високий термічний ККД при плавці металу (що доходить до 55%) і, виходячи з цього, - менші витрати енергії, а також безперервність процесу плавки.

Недоліки: використання дефіцитного коксу; складність отримання рідкого металу з точним хімічним складом і низька температура рідкого металу на виході (1400-1500 °С). При установці вагранок необхідно використовувати засоби механізації дозування та завантаження шихти, грануляції шлаку, механізації прибирання вогнетривів після

ремонту вагранки. Плавильний та фурменний пояса вагранки повинні охолоджуватися.

У вагранках з основною футеровкою можливий процес десульфурації. Дозування та завантаження шихти у вагранки здійснюється: для вагранок великої продуктивності – за допомогою транспортерів; для вагранок середньої та малої потужності – за допомогою скіпових підйомників.

Широке розповсюдження в чавунно-ливарних цехах для плавки, перегріву та витримки металу, отримали індукційні тигельні печі.

Переваги: можливість плавки чавуна без використання коксу та можливість використання в шихті до 50% стружки.

Особливо вигідне застосування індукційних печей при застосуванні попереднього підігріву шихти. Індукційні тигельні печі, як правило, застосовують у вигляді плавильних установок, що складаються з 2, 3 тиглів, з різною комбінацією електрообладнання.

В довідниках наведені дані продуктивності установок, що складаються з 2 або 1 тиглів і 1 основного трансформатора. При установці 3 тиглів і 2 основних трансформаторів, продуктивність такої установки збільшується у 2 рази.

Дугові електропечі, що застосовуються для плавки чавуну, як у вигляді моноагрегата, так і в складі дуплекс-процесу, конструктивно представляють собою ті ж печі, що і для плавки сталі.

У дуплекс-процесах для підігрівання і витримки розплавленого чавуну в умовах крупно-серійного та масового виробництва, найбільш часто застосовують індукційні каналні печі промислової частоти. В умовах дрібносерійного та одиничного виробництва про достатньо частих змінах марок чавуну, що виплавляється, в якості міксерів варто використовувати індукційні тигельні печі промислової частоти. Тип і продуктивність плавильних печей необхідно пов'язувати з режимом роботи формувального обладнання, намагаючись про цьому застосувати найменшу кількість більш великих печей.

Число одночасно працюючих електропечей визначають з врахуванням кількості марок, що виплавляються, виходячи з необхідності одночасного забезпечення рідким металом всіх формувальних ліній. При плавці чавуну в індукційних електропечах необхідну кількість печей ( $P_p$ ) визначають за формулою:

$$\Pi_p = \frac{Q_p \cdot K_e}{\Phi_e \cdot q}, \quad (5.3)$$

де  $q$  - розрахункова годинна продуктивність електропечі.

Прийнята в проєкті кількість плавильних агрегатів визначається:

$$\Pi_{np} = \frac{\Pi_p}{K_e}; K_e = 0,7-0,8. \quad (5.4)$$

## 5.2 Плавильне відділення сталеливарних цехів

Плавку сталі в таких цехах варто передбачати в дугових плавильних електропечах з обов'язковим застосуванням ефективних систем очищення газів, що відходять. Вибір футеровки печі (основна чи кисла) і варіанта плавки в ній (з окисленням або без), залежить від марки сталі, що виплавляється і шихтових матеріалів, що використовуються. Середньо-вуглецеві і низько-вуглецеві сталі звичайних марок, варто виплавляти в печах з кислою футеровкою. Шихта, що використовується при цьому, по сірці та фосфору і легуючим елементам повинна відповідати технічним вимогам до марки сталі, що виплавляється. Для виробництва відливок з високолегованих та спеціальних марок сталі, необхідно передбачати печі з основною футеровкою. Для отримання відливок з низько вуглецевих, жаростійких сталей при плавці їх в дугових електропечах, потрібно передбачати продувку ванни рідкого металу киснем.

Для виплавки спеціальних високолегованих сталей застосовують індукційні печі підвищеної частоти.

Кисла футеровка печі забезпечує менш тривалий цикл плавки, менші затрати енергії та більшу стійкість футеровки.

Необхідна кількість плавильних агрегатів визначається за тією ж формулою, що і кількість індукційних печей.

При установці дугових електропечей в сталеливарному цеху, печі ємністю до 12т розміщують так, щоб їх вісь була перпендикулярна вісі формувального конвеєра.

Печі ємністю більш ніж 12 т розміщують таким чином, щоб їх вісь була паралельна вісі ливарного конвеєра. У цілях економії електроенергії про виплавці сталі в дугових електропечах варто передбачати попередній підігрів шихти до 400-700 °С, застосовуючи дешеві сорти палива чи за рахунок використання теплоти газів, що відходять.

Застосування індукційних тигельних електропечей без попереднього підігріву (сушки) шихти не допускається. В плавильних відділеннях цехів точного сталевого литва, як правило використовують індукційні тигельні печі підвищеної частоти типу ИСТ різної місткості, в залежності від годинної потреби в рідкому металі, чи від металоємкості форм, що заливаються.

При розміщенні обладнання між колонами, відстань до колон визначається конструктивно. При обслуговуванні обладнання краном, відстань обладнання від стін чи колон встановлюють з врахуванням нормального положення крюка над обладнанням. Приведені норми (таблиця 5.2) відстаней не відносяться до підйомно-транспортного обладнання.

Таблиця 5.2 - Норми мінімальної відстані від стін, колон та проїздів до обладнання чи до огороження рухомих частин обладнання

Відстань	Максимальні габаритні розміри обладнання, мм				Печі сушильні та термічні
	1,0×1,5	3,5×4	6×8	>6×8	
Від стіни до тильної чи бокової сторони обладнання	800	1000	1100	1200	1000
Від стіни до робочої сторони обладнання	1300	1400	1500	1600	1800
Від колони до тильної чи бокової сторони обладнання	800	900	1000	1100	1000
Від колони до робочої сторони обладнання	1200	1300	1400	1500	1000

Площа плавильного відділення визначається розташуванням основного обладнання та засобів транспортування шихти та рідкого металу. Орієнтовно вона складає від 20-50% від площі формувального відділення.

## **6 РОЗРАХУНОК ТА ПРОЕКТУВАННЯ ФОРМУВАЛЬНО-ЗАЛИВО-ВИБИВАЛЬНИХ ВІДДІЛЕНЬ**

В цьому відділенні виконують технологічно та організаційно пов'язані між собою операції формовки, збирання та заливання форм, охолодження та вибивання відливків. Проектування формувальних відділень заключається в розбивці заданої номенклатури на групи по масі, підборі для кожної групи економічно вигідного способу виготовлення форм та в підготовці технічної документації для прийнятого технологічного процесу. Розрахунок ведуть по відомості формувального відділення встановленої форми (Форма №2). Відливки в цехах масового та крупно-серійного виробництва, як правило, виготовляють у формах, що виготовлені по-сирому методом комбінованого ущільнення з використанням єдиних піщано-глинистих сумішей на автоматичних та комплексно-механізованих формувальних лініях з застосуванням автоматичних засобів заливки рідкого металу.

В ливарних цехах дрібносерійного та одиничного виробництва виготовлення м'яких відливків передбачають по-сирому з використанням бентонітових сумішей на формувальних машинах з комбінованими способами ущільнення.

Для відливок масою більше 50кг необхідно передбачати застосування облицювальних сумішей. Для виготовлення форм при отриманні відливків підвищеної точності масою більше 100кг в умовах мілко-серійного та одиничного виробництва, рекомендовано використовувати холодно-твердіючі суміші. Поточне виготовлення середніх та крупних відливків для серійного виробництва варто передбачати в формах з використанням пластичних самотвердіючих сумішей, а також в ПГС, що швидко сохнуть з органічними зв'язуючими чи CO<sub>2</sub> процесу в потоці на струшуючих машинах з підпресовкою чи піскометами.

Для виготовлення крупних та важких відливків можна застосувати також ЖСС. Ливарні форми підрозділяють на об'ємні, (піщано-глинисті, самотвердіючі) та оболонкові.

При литві в разові піщані форми всю номенклатуру відливків розбивають на групи по масі для кожної з яких підбирають оптимальний розмір опоки в світу, а потім, відповідно з прийнятим технологічним процесом виготовлення відливки, в залежності від розміру опок та необхідної годинної продуктивності підбирають формувальне об-

ладнання та транспортні пристрої для переміщення форм між окремими технологічними операціями. Формувальне відділення в масовому та крупносерійному виробництві обладнуються конвеєрними лініями з формувальними апаратами або машинами, що розміщуються по умовам планування всередині або зовні ливарних конвеєрів.

При середньо-серійному виробництві відливків середньої маси конвеєрні лінії доцільно обладнувати пісcomedами з карусельними столами та з вмонтованими протяжними машинами.

Кількість формувальних агрегатів для кожного окремого технологічного потоку визначають по формулі:

$$n_p = \frac{N_\phi}{\Phi_e \cdot t \cdot q}, \quad (6.1)$$

де  $N_\phi$  - кількість форм або напівформ для виконання річної програми цеха;

$\Phi_e$  - ефективний річний фонд часу роботи формувальних установок;

$t$  - втрати часу на зміну модельних плит та обладнання.

При двозмінному режимі роботи  $t$  приймають рівним 0. При трьохзмінному режимі  $t$  складає 1-1,5% від ефективного річного фонду часу.

$q$  - продуктивність формувальної установки;

Прийнята в проєкті кількість обладнання:

$$n_{np} = \frac{n_p}{k_e}.$$

При цьому  $k_e$  - 0,7-0,8 для автоматичних ліній та 0,7-0,85 для формувальних машин. Необхідна кількість пісcomedів для формувальної ділянки визначається за формулою:

$$n_p = \frac{N_\phi \cdot V_\phi}{\Phi_e \cdot q \cdot k_y}, \quad (6.2)$$

де  $N_\phi$  - річна кількість форм на виконання річної програми;

$V_\phi$  - об'єм форм, що визначається за внутрішніми розмірами опок, мінус об'єм рідкого металу та стрижнів.

$q$  - продуктивність пісcomedа за ущільненою сумішшю;

$k_y$  - коефіцієнт, що враховує час необхідний на встановлення та знімання опок, який залежить від розміру опок, часу на про-

становлення каркасу та продуктивності піскомету (1,02-1,05).

При проектуванні усіх технологічних операцій формувально-заливо-вибивального відділення на комплексно-механізованих або автоматичних лініях, їх необхідну кількість встановлюють за типовою методикою:

$$n_p = \frac{N_{\phi}}{\Phi_e \cdot q} \quad (6.3)$$

### **6.1 Особливості проектування формувально-заливо-вибивальних відділень цехів крупносерійного та масового виробництва**

Для таких цехів характерний поточний метод формовки, тобто виконання усіх технологічних операцій на автоматичних лініях або ливарних конвеєрах. Автоматичну лінію варто встановлювати лише в тих випадках, коли забезпечується її завантаженість.

Як правило, автоматичні лінії розміщують по одній в кожному прольоті будівлі цеху. Автоматичні лінії випускаються оздоблені сумішопріготувальними комплексами та автоматичними заливальними пристроями. Автомати та формувальні машини підбирають за розмірами опоки в світу та з урахуванням необхідної годинної продуктивності. Для масового виробництва, як правило, використовують прохідні автомати. Для крупно-серійного та серійного - автомати карусельного типу.

При встановленні в цеху формувальних машин, вони можуть розміщуватись відносно ливарного конвеєра

1 Між гілками ливарного конвеєра.

При такому способі установки економиться площа ливарного цеху, але ускладнюється доступ для ремонту.

2 Встановлення поза гілку ливарного конвеєра.

Переваги та недоліки протилежні попереднім.

3 Комбінований(поза гілок та поміж).

Машини верху та низу вздовж ливарного конвеєра, в свою чергу можуть розміщуватись попарно або груповим способом.

Попарний спосіб розміщення використовується при умові того, що на конвеєрі виробляють відливки декількох найменувань. Загальна продуктивність машин при попарному розміщенні на 20% нижче ніж при груповому. Груповий метод розміщення застосовується, коли на конвеєрі іде виготовлення одного найменування відливки, тобто в ма-

совому виробництві. Цей метод дозволяє скоротити довжину формувальної ділянки або при тій самій довжині встановити більшу кількість формувальних машин, а відповідно збільшити продуктивність. До недоліків такого метода відноситься важка ідентифікація браку.

В формувальному відділенні може бути прийнятий паралельний або послідовний режим роботи. При послідовному режимі з машинною формовкою форми під заливку можуть накопичуватись або на плацу, тоді необхідний розрахунок кількості робочих місць, або на роликівих конвеєрах-накопичувачах, довжина яких розраховується в залежності від довжини та кількості заливальних робочих місць.

При паралельному режимі роботи, зв'язок між окремими технологічними операціями у відділенні здійснюється конвеєрним транспортом. Частіше візкового типу, рідше підвісного або пульсуючого типу.

При проектуванні технологічного процесу виготовлення відливків на ливарному конвеєрі, обирають тип конвеєра та після розрахунку його довжини визначають модель.

Кількість ливарних конвеєрів одного типу визначається за формулою:

$$n_k = \frac{N_\phi}{\Pi_k}, \quad (6.4)$$

де  $N_\phi$  - кількість форм заданого типорозміру для виконання річної програми;

$\Pi_k$  - пропускна здатність ливарного конвеєра;

$$\Pi_k = \frac{60 \cdot \Phi_e \cdot V_k \cdot n_\phi \cdot \eta}{\sum L_k}, \quad (6.5)$$

де  $\Phi_e$  - ефективний річний фонд часу роботи ливарного конвеєра;

$V_k$  - швидкість конвеєра, м/хв;

$n_\phi$  - кількість візків або підвісок конвеєра;

$n_\phi$  - кількість ливарних форм, що встановлюються на візку;

$\eta$  - коефіцієнт заповнення візків формами(0,8);

$\sum L_k$  - сумарна довжина ливарного конвеєра;

Необхідна швидкість ливарного конвеєра визначається за формулою:

$$V_k = \frac{q \cdot a}{60 \cdot n_\phi \cdot \eta}, \quad (6.6)$$

де  $q$  - годинна продуктивність ливарного конвеєра, ф/год;

$a$  - крок ливарного конвеєра;

$n_{\phi}$  - кількість форм, що встановлюються на 1 візку;

$\eta$  - коефіцієнт заповнення візків формами;

Швидкість ливарного конвеєра складає від 10 до 0,5 м/хв.

При цьому при швидкості конвеєра  $>5$  м/хв., конвеєр повинен обладнуватись рухомих тротуаром на заливальній ділянці конвеєра.

$$\sum L_k = L_{\phi} + L_z + L_{ox} + L_{\epsilon} . \quad (6.7)$$

Довжина формувальної ділянки:

$$L_{\phi} = n \cdot l + L_n$$

де  $n$  - кількість машин, встановлених біля ливарного конвеєра;

$l$  - відстань між висями машин, що допускається;

$L_n$  - довжина ділянки проставлення стрижнів;

$$L_n = V_k \cdot t_n , \quad (6.8)$$

де  $t_n$  - час простановки стрижнів для форм найбільшої складності;

Довжина заливальної ділянки ливарного конвеєра:

$$L_z = t_p \cdot m \cdot V_k , \quad (6.9)$$

де  $t_p$  - час розливання одного ковша;

$m$  - кількість одночасно працюючих на розливці ковшів;

Довжина заливальної ділянки складає від 8 до 12м.

Довжина ділянки охолодження :

$$L_{ox} = V_k \cdot t_o , \quad (6.10)$$

де  $t_o$  - час охолодження відливка до температури вибивання;

Довжина ділянки вибивання:

$$L_{виб} = n \cdot l , \quad (6.11)$$

де  $n$  - кількість вибивних решіток, що встановлені біля конвеєра;

$l$  - довжина вибивної решітки з врахуванням припустимої відстані між ними;

Коефіцієнт використання ливарного конвеєра визначається:

$$K_{\epsilon} = \frac{\Pi_{\kappa}}{\Pi_{\mu}} , \quad (6.12)$$

де  $P_k$  - пропускна здатність ливарного конвеєра;

$P_m$  - річна продуктивність формувальних машин, що встановлені біля ливарного конвеєра;

$$P_m = n \cdot q \cdot \Phi_e, \quad (6.12)$$

де  $n$  – число пар машин;

$q$  - продуктивність однієї пари машин.

## 6.2 Особливості проектування формувальних відділень цехів дрібносерійного та одиничного виробництва

Виготовлення форм крупного та важкого литва, як правило, виконується на плацу з застосуванням піскометів різної потужності. Для розрахунку необхідної площі відділення плацової формовки підраховують площу окремих робочих місць на площадках формовки та заливки.

На ділянці формовки повинні відводитись площі: для виготовлення форм на плацу; для їх підсушування; для вибивки залитих форм і для зберігання запасу моделей. На ділянці заливання форм в свою чергу виділяються: збиральна ділянка, заливальна ділянка, а також ділянка охолодження залитих форм.

Площі всіх вказаних ділянок визначають виходячи з розмірів опок, що використовуються, та необхідних проходів між ними. Для збирання форм, плац обладнують підйомно-транспортними механізмами, а саме мостовими та консольними кранами. При виготовленні виливків в сухих формах в формувальному відділенні передбачається обладнання для теплової сушки. Підсушування великих форм здійснюють за допомогою переносних сушильних агрегатів, кількість яких встановлюється виходячи з розрахунку: 1 агрегат на 4-6 м<sup>2</sup> площі форм.

Для сушки форм (таблиця 6.1) в умовах дрібносерійного та одиничного виробництва застосовуються камерні сушила з викатними візками, що працюють на природному газі або на мазуті.

Таблиця 6.1 - Рекомендована тривалість сушки форм, год.

Розміри опок, мм	Для чавунного та кольорового литва	Для сталевого литва
500×400×250	4-6	6-8
1000×800×400	6-8	8-12
3000×2000×500	8-12	12-16
5000×3000×700	12-24	16-24
більше 5000×3000×700	24-36	24-36

Необхідна кількість камерних сушил визначається за формулою:

$$n = \frac{V_{\phi} \cdot t_{\psi} \cdot k_{\eta}}{\Phi_e \cdot V_c \cdot \eta} \quad (6.13)$$

де  $V_{\phi}$  - об'єм форм, що повинні бути просушені протягом року, м<sup>3</sup>;

$t_{\psi}$  - час циклу сушки, з врахуванням часу завантаження та розвантаження;

$V_c$  - внутрішній об'єм камерного сушила;

$\eta$  - коефіцієнт використання об'єму камерного сушила (0,15-0,30);

При виготовленні форм на поточних лініях підсушку форм здійснюють в прохідних сушилах, які працюють в робочому режимі всієї лінії.

В залежності від циклу оборотності, розраховується парк опок. Для умов масового та багатосерійного виробництва з застосуванням автоматичних ліній розрахунковий парк опок складає:

$$N_o = (1,25 \dots 1,3) N_{\phi} \cdot t_o$$

1,25-1,3 – коефіцієнт, що враховує резерв та ремонтну частину парку опок; зазвичай приймають 15% на ремонт та 15% на резерв;

$N_{\phi}$  - кількість виготовлення форм за годину;

$t_o$  - цикл оберту опок;

Тривалість циклу обороту приймають для форм металоємністю до 20 кг рідкого металу – 40-90 хв; для більш важких – від 2 до 4 год.

В залежності від типу плавильної печи, її місткості, марки металу, маси відливків та режиму роботи цеху підбирають тип, місткість та визначають парк розливочних ковшів.

При розливці чавуну у великі форми застосовують конічні поворотні ковші. При транспортуванні чавуну на великі відстані використовуються барабанні ковші місткістю до 2 т.

Для отримання чавунних виливків масою до 1т рекомендується застосування чайникових ковшів. Для розливання сталі застосовують конічні стопорні або чайникові ковші. Для розливання кольорових металів – поворотні (конічні або барабанні) або чайникові ковші.

При масовому виготовленні дрібних та середніх виливків випуск металу з печі здійснюється в роздавальний ківш, місткість якого визначається місткістю плавильної печі, а потім на стендах конвеєра метал переливають в розливочні ковші (таблиця 6.2), якими і заливається безпосередньо у форму.

Таблиця 6.2 - Дані по вибору місткості заливочних ковшів

Середня маса рідкого металу в формі, кг	Середнє число форм, що заливуються з одного ковша	Місткість ковша
10	18-20	150-200
15	14-18	200-250
25	8-10	200-250
100	5-6	500-600

Кількість ковшів, що одночасно знаходяться у роботі ( $n_p$ ):

$$n_p = \frac{N_p \cdot K_n}{\Phi_e \cdot n_o \cdot n_\phi}, \quad (6.14)$$

де  $N_p$  - річна кількість форм, що мають бути залиті для виконання програми цеху з урахуванням браку;

$K_n$  - коефіцієнт нерівномірності;

$n_o$  - кількість обертів ковша за годину, яка визначається виходячи з тривалості обертів 1 ковша, яке складає для ковшів місткістю 150-200 кг – 10 хв.; 200-250 кг – 15 хв.; вище 500 кг – 20 хв.

$n_\phi$  - кількість форм, що заливуються з одного ковша.

Для визначення необхідного парку ковшів в ливарному цеху, отриману розрахункову кількість ковшів, що одночасно знаходяться у роботі, збільшують на 15% на ремонт та 15% на резерв.

При конвеєрній заливці форм, чи при виконанні цієї операції на автоматичних лініях, відливки до вибивання з опок охолоджуються безпосередньо на вказаних агрегатах, в розрахунковій довжині яких врахований час необхідний на охолодження відлиwkів. При великій металоемності форм, коли потрібен значний час для охолодження відлиwkів, в заливочному відділенні передбачають додаткові площі, розміри яких визначають виходячи з існуючих норм витримки відлиwkів у формі після заливки до вибивки.

Вибивку відлиwkів з опок, а також частково стержнів з відлиwkів здійснюють різними вибивними пристроями: з ексцентриковими, інерційними та інерційно-ударними решітками. Установки для вибивки крупних форм представляють собою блок, що складається з 4,6, або 8 серійних вибивних решіток, що встановлюються на загальній фундаментній рамі.

В автоматичних та комплексно-механізованих лініях вибивні пристрої вбудовуються в потік. В цьому випадку використовуються провальні інерційні та провальні з видавлюванням кома пуансоном прохідні вибивні пристрої.

При виготовленні та заливці форм на плацу, при виготовленні форм на машинах з наступною сушкою та заливкою на плацу, корисна площа формувального відділення визначається за кількістю та розміром робочих місць для виготовлення та заливання форм. В механізованих ливарних цехах, площі формувальних відділень не розраховують, а визначають плануванням обладнання, враховуючи норми проектування.

## **7 РОЗРАХУНОК ТА ПРОЕКТУВАННЯ СТЕРЖНЬОВИХ ВІДДІЛЕНЬ. РІЗНОВИДИ ТЕХПРОЦЕСІВ. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ**

Проектний розрахунок стержньового відділення полягає в виборі технологічного процесу виготовлення стрижнів, та в розрахунку потрібної кількості стержньових машин, сушильних агрегатів, зачисних станків. При цьому складають розрахункову відомість стержньового відділення за формою №9.

Якщо в завданні на проектування не приводяться відомості щодо кількості та маси стержнів для кожної виливки, або приведених даних недостатньо, - стержньове відділення проектується за нормами розрахункового числа стержнів, та об'єму стержньової суміші на 1т придатного литва. Розрахункову відомість при цьому розробляють за формою №10.

Стержні, що підлягають виготовленню у відділенні, що проектується різноманітні за багатьма параметрами, тому їх класифікують за розмірами, конфігурації, масою (таблиця 7.1), методом виготовлення, та складу стрижневої суміші. Це дає можливість об'єднати їх в групи для організації технологічних потоків з раціональним процесом виготовлення на типовому обладнанні.

Технологічні процеси виготовлення стержнів, що застосовуються в ливарних цехах, в залежності від метода їх укріплення підрозділяють на 3 групи

1 З застосуванням нагріву (виготовлення стрижнів в гарячих ящиках; виготовлення з короткочасним сушінням та з довготривалою сушкою).

2 З обробленням зовнішніми реагентами (з продувкою вуглекислим газом або з застосуванням каталізаторів).

3 З твердінням в атмосфері цеху в ящику (з використанням ХТС та РСС).

Таблиця 7.1 – Класифікація стрижнів за об'ємом і вагою

Групи стрижнів	Об'єм, дм <sup>3</sup>		Маса, кг		Габаритні розміри, мм	
	Масове та крупносерійне виробництво	Дрібносерійне та одиничне виробництво	Масове та крупносерійне виробництво	Дрібносерійне та одиничне виробництво	Масове та крупносерійне виробництво	Дрібносерійне та одиничне виробництво
Дрібні	До 3	До 24	До 6	До 40	350×250×100	600×450×220
Середні	3-15	24-150	6-25	40-250	550×450×170	110×700×450
Крупні	>15	>150	>25	>250	600×450×220 і більше	1300×900×500 і більше

## 7.1 Особливості проектування стрижневих відділень в цехах масового та крупносерійного виробництва

Загальні положення:

- найбільш перспективним є процес виготовлення стрижнів за гарячими ящиками;
- рекомендується встановлювати лінії, що включають не тільки виготовлення стрижнів, але і їх очищення, збирання, фарбування та сушку;
- треба зводити до мінімуму кількість типів стрижневих машин;
- при використанні сумішей, що швидко сохнуть, рекомендується застосовувати конвеєри, горизонтальні та вертикальні сушила;
- склад стрижнів варто організувати на підвісних штовхаючих конвеєрах або на етажерках з автоштабелерами;

Для цехів масового виробництва, як правило, організують одне централізоване стрижневе відділення, яке забезпечують сумішоприготувальним обладнанням.

Обладнання для стрижневого відділення, що проектується вибирають згідно прийнятому технологічному процесу з урахуванням характеру виробництва виливків. В умовах масового та крупносерійного виробництва, коли трудомісткість виготовлення стрижнів досягає 30-40 % від загальної трудомісткості виготовлення відливків, в стрижневих

відділеннях треба застосовувати високопродуктивне багатопозиційне автоматизоване технологічне обладнання на основі піскодувних та піскодувно-піскострільних автоматів та напівавтоматів.

В ливарних цехах дрібносерійного та одиничного виробництва застосовують універсальне обладнання, придатне для виготовлення більш широкої номенклатури стрижнів ніж в умовах масового та крупносерійного виробництва. Для вказаних умов рекомендується застосовувати пневматичні струшу вальні з перекидним столом стрижневі машини; напівавтоматичні піскодувні машини; стаціонарні рухомі та підвісні піскомети; шнекові змішувачі для виготовлення стрижнів з РСС та інше.

Кількість обладнання для стрижневого відділення розраховують по формулам, що аналогічні для розрахунку обладнання формувального відділення.

Кількість однотипних стрижневих машин для технологічного потоку:

$$n = \frac{N_c \cdot K_n}{(\Phi_e - t) \cdot q}, \quad (7.1)$$

де  $N_c$  – річна кількість стрижневих ящиків на виконання програми за цією масовою групою стрижнів;

$K_n$  – коефіцієнт нерівномірності роботи стрижневих машин та споживання стрижнів;

$\Phi_e$  – ефективний річний фонд роботи стрижневих машин;

$t$  – витрати часу на переналагодження машин для виготовлення стрижнів іншого найменування:

$$t = k \cdot t_{cp} \cdot m, \quad (7.2)$$

де  $k$  – кількість найменувань стрижнів, що закріплені за стрижневою машиною;

$t_{cp}$  – середній час одного переналагодження;

$q$  – паспортна продуктивність стрижневої машини, ящ/рік;

Якщо відома не паспортна, а фактична продуктивність, час втрат на переналагодження не враховується.

Прийнята в проєкті кількість однотипних стрижневих машин:

$$n_n = \frac{n_p}{k_e} \quad 0,7 < k_e < 0,8. \quad (7.3)$$

$k_g$  для обладнання відділень та ділянок, що обслуговують формувальню-заливо-вибивальню відділення не повинен перевищувати  $k_g$  формувального обладнання, за виключенням  $k_g$  плавильного обладнання. В стрижневих відділеннях використовують велику кількість допоміжного обладнання: кантувачі стрижневих ящиків та сушильних плит, сушильні плити, шліфувальні станки; установки для продувки стрижнів вуглекислим газом, фарбомішалки, установки для фарбування стрижнів, столи для обробки та збирання стрижнів; стелажі для зберігання стрижнів.

На території стрижневого відділення розміщують наступні допоміжні відділення:

- каркасне;
- установка для виготовлення вуглекислоти або розчину рідкого скла;
- склади стрижнів та стрижневої оснастки;

У випадку, якщо при виготовленні стрижнів використовуються литі каркаси, цю ділянку розміщують на території формувального відділення. При використанні дротових каркасів, на цій ділянці повинні бути машини для рихтування, різання, згинання дроту.

Площа зайнята каркасною ділянкою у цехах з випуском 10-20 тис.т придатного литва на рік складає 15-25 м<sup>2</sup>; 20-50 тис.т – 20-120 м<sup>2</sup>. Необхідна площа для встановлення однієї установки для отримання CO<sub>2</sub> – 60 м<sup>2</sup>. У випадку розміщення двох установок – вони займають 108 м<sup>2</sup>.

Площа складів для зберігання стрижневої оснастки складають 8-12% від площі стрижневого відділення (таблиця 7.2). Організація складів готових стрижнів визначається характером виробництва в ливарному цеху. Склади готових стрижнів бувають рухомі (на підвісних конвеєрах) та стаціонарні (крупні стрижні зберігають на полу, дрібні – на стелажках).

Взагалі площа складів готових стрижнів складає 10-15% від площі стрижневого відділення.

Кількість кранів в стрижневому відділенні визначається за нормою краногодин в залежності від ваги відливка (таблиця 7.3).

Для визначення необхідної кількості сушильних печей, стрижні розподіляють по сушилам з врахуванням необхідного циклу сушки стрижнів, та типорозміру печі, що прийнята.

Підсушка стрижнів передбачається в прохідному сушилі після склеювання протягом 30 хв. при температурі 250-280 °С, та після фарбування сухих стрижнів водною фарбою протягом 15-30 хв. при температурі 250-280 °С.

Таблиця 7.2 – Норми запасу стержнів та площі складів для їх зберігання

Група стрижнів	Спосіб зберігання	Норма зберігання в календарних днях для виробництва			Норма напруженості корисної площі, т/м <sup>2</sup>		Коефіцієнт використання корисної площі	
		масового	серійного	одиночного	мала механізація	велика механізація	мала механізація	велика механізація
Крупні	На полу	0,5-1	1-1,5	1,5-2	1,5-2	2-2,5	0,3-0,4	0,35-0,45
Середні та дрібні	На етажерках та стелажках	0,2-1	1,5-2	2-2,5	1-1,5	1,5-2	0,35-0,4	0,4-0,45
	На підвісних штовхаючих конвеєрах	0,2-1	-	-	-	1-1,5	-	0,4-0,45

Таблиця 7.3 – Норми краногодин

Вага відливка, кг	50-250	100-500	100-1000	500-1000	1000-2000	1000-5000	>5000
Норма краногодин	0,55-0,8	0,65-0,85	0,7-0,9	0,75-0,9	0,8-1,1	1-1,2	0,9-1,1

Визначивши річну кількість стрижнів, габаритні розміри сушильних плит та їх площу з урахуванням раціонального розміщення на плиті(заповнивши відомість стрижневого відділення), визначають необхідну кількість сушил:

$$\text{конвеєрних} \quad n = \frac{S \cdot t \cdot l \cdot K_n}{S_n \cdot N_n \cdot \Phi_e \cdot L_k \cdot \eta}, \quad (7.4)$$

$$\text{камерних} \quad n = \frac{V_{cm} \cdot t \cdot k_M}{V_c \cdot \Phi_e \cdot \eta}, \quad (7.5)$$

де  $S$  – площа сушильних плит, необхідна для виконання річної програми,  $\text{м}^2$ ;

$t$  – тривалість циклу сушки, год (таблиця 7.4);

$l$  – відстань між етажерками, м;

$K_n$  – коефіцієнт нерівномірності роботи сушил та споживання стрижнів;

$S_n$  – площа одної полиці етажерки,  $\text{м}^2$ ;

$N_n$  – кількість полиць на етажерці;

$L_k$  – довжина конвеєра в зоні сушіння;

$\eta$  – коефіцієнт заповнення полиць етажерки (для конвеєрних 0,6-0,8) або коефіцієнт заповнення об'єму камерного сушила (див табл.7.2);

$V_{cm}$  – річний об'єм стрижнів, що підлягають сушінню з урахуванням браку відливків та пошкодження стрижнів;

$V_c$  – об'єм сушила,  $\text{м}^3$ .

При визначенні площі стрижневого відділення керуються наступними положеннями

1 При розрахунку за покрупненими показниками площу відділення приймають в залежності від кількості робочих місць. При цьому на одне робоче місце виділяють для дрібних, середніх та крупних стрижнів відповідно 6, 8 та  $12 \text{ м}^2$ .

2 При отриманні особливо складних виливків в ливарних цехах автомобільних та тракторних заводів площа стрижневого відділення складає від 70-100% від площі формувального відділення.

3 В ливарних цехах транспортного машинобудування площа стрижневого відділення складає 30-60% від площі формувального.

4 При виробництві відливків масою більше ніж 100 кг з використанням крупних стрижнів площа стрижневого відділення 70% від формувального.

Таблиця 7.4 – Норми тривалості циклу сушки стрижнів

Група стрижнів за об'ємом, дмЗ	Максимальна температура сушки, °С	Повний цикл сушки без врахування завантаження та розвантаження, год	Коефіцієнт заповнення об'єму сушила
ПГС			
Дрібні до 6	320-350	2,5-3	0,06
Дрібня 6-24	320-350	3-4	0,08
Середні 24-150	350-380	5-7	0,12
Крупні 150-600	350-380	7-9	0,14
Крупні >600	350-380	10-12	0,14
Суміші на органічних зв'язуючих			
Дрібні до 6	220-250	2-2,5	0,06
Дрібні 6-24	220-280	2,5-3,5	0,08
Середні 24-150	220-300	4-5	0,12
Крупні 150-600	220-330	5-7	0,14
Крупні >600	220-350	8-10	0,14
РСС			
Дрібні до 6	220-250	3-4	0,06
Дрібні 6-24	220-250	4-5	0,08
Середні 24-150	250-300	5-6	0,12
Крупні 150-600	250-300	6-8	0,14
Крупні >600	250-300	8-10	0,14

5 Для механізованих ливарних цехів площі стрижневого відділення визначають компоновкою обладнання та плануванням робочих місць, а також встановленням транспортних засобів, з урахуванням площі допоміжних ділянок, а також складських, службових приміщень, проходів та проїздів.

6 Площі допоміжних ділянок приймають за покрупненими середньогалузевим показниками.

## **8 РОЗРАХУНОК ТА ПРОЕКТУВАННЯ СУМІШОПРИГОТУВАЛЬНИХ ВІДДІЛЕНЬ. РІЗНОВИДИ СУМІШЕЙ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ТА РЕГЕНЕРАЦІЇ СУМІШІ**

До складу сумішоприготувального відділення входить

1 Ділянка для підготування свіжих формувальних та стрижневих сумішей.

2 Ділянка регенерації відпрацьованої формувальної суміші.

3 Ємності для зберігання горілої та свіжої формувальної суміші.

Формувальні та стрижневі суміші є основними компонентами технологічного процесу виготовлення відливків в разових ПГФ. Власності та склад сумішей обирають в залежності від технології виготовлення форми, стрижнів, від роду металу, від конфігурації та маси відливків.

### **8.1 Формувальні суміші**

Формувальні суміші поділяють на 3 групи:

I група: сирі глинисті суміші малої міцності, що досягають кінцевої міцності на моделі в процесі формування після механічної дії та не підлягають якій-небудь тепловій або хімічній дії.

Область застосування: вилівки до 100 кг (інколи до 250 кг).

II група: зміцнювані суміші середньої міцності, що досягають початкової міцності на моделі в процесі формування та кінцевої міцності після вилучення моделі, завдяки тепловій обробці.

До цієї групи відносять глинисті сухі та швидкотвердіючі суміші з додаванням різних зв'язуючих, що скорочують час на підсушування форм.

Область застосування: відливки масою до 250 кг (інколи дрібніші). Такі суміші застосовують досить рідко, по причині тривалого циклу теплового зміцнення та погіршення при цьому геометрії форми.

Розрізняють сухі суміші – коли форма висушується повністю (для виготовлення відливків масою до 250 кг, та ті, що підсушуються – коли підсушується поверхневий шар 20-30 мм (відливки вагою 250-2000 кг).

III Самотвердіючі суміші високої міцності, що досягають достатньо для збереження точного відбитка на моделі міцності, в результаті

хімічного процесу твердіння. В залежності від вихідного стану ці суміші поділяють на рідкі самотвердіючі (РСС), пластичні самотвердіючі (ПСС), суміші для CO<sub>2</sub> процесу та холоднотвердіючі (ХТС).

Область застосування цих сумішей така ж сама, що і для зміцнюваних тепловою сушкою глинистих сумішей середньої міцності. Ці суміші інтенсивно витісняють сухі глинисті суміші при виробництві середніх та крупних відливків, для яких потрібні форми підвищеної міцності.

Формувальні суміші в залежності від призначення поділяють на лицювальні, наповнювальні та єдині (таблиця 8.1).

Таблиця 8.1 – Приблизні рецепти і властивості вологих формувальних сумішей

Суміші та їх призначення	Кількість в % по масі				Основні властивості		
	Оборотна суміш	Кварцовий пісок	Глина (бентоніт)	інші	Вологість %	Газопроницливість, од.	Межа міцності при стисканні, г·с/см <sup>2</sup>
<b>Чавунне литво</b>							
Єдина	85-90	10-5	3(1-0,5)	1% сульфідної барди, 0,5% вугілля	4-5	70-80	0,4-0,6
Лицювальна	50-60	40-30	6,5-5 (2-1,5)	2% СБ 3% вугілля	4,5-5	80-100	0,5-0,6
Наповнювальна	96-98	3-1,5	1-0,5	-	5-5,5	60	0,3-0,4
Єдина з підвищеною міцністю	93-96	3,5-2	(2-1,5)	1 % вугілля; 0,1 % крахмаліту	3-3,5	120-150	1,5-1,7
<b>Кольорове литво</b>							
Єдина алюмінієва	82-87	10-5	10-8	-	4,5-5	20	0,3-0,5
Єдина бронзова	80-85	10-5	12-8	1,5 % вугілля	4,5-5	30	0,3-0,5

Примітка: суміші для сталевого литва відрізняються відсутністю вугільної добавки та високою якістю кварцового піску. В цих сумішах необхідно використовувати бентоніт замість глини.

До лицювальної суміші, що безпосередньо контактує з розплавленим металом пред'являються найбільш суворі вимоги. В умовах масового та крупно серійного виробництва лицювальну та наповнювальну суміші, як правило, замінюють на єдину.

Застосування сирих піщано-глинистих сумішей забезпечує найбільш високу продуктивність та добру точність відбитка. Основні компоненти глинистих сумішей: оборотна суміш, кварцовий пісок, зв'язуючі (бентоніти або формувальні глини).

Зміцнювані суміші середньої міцності поділяють на лицювальні та наповнювальні.

Сирі глинисті та зміцнювальні суміші середньої міцності можна транспортувати стрічковими конвеєрами на великі відстані до місць виготовлення форм, тобто виготовляти суміші в централізованому сумішеготувальному відділенні.

Само твердіючі суміші (РСС та ХТС) не забезпечують високої продуктивності по причині тривалого процесу хімічного зміцнення. Однак при цьому забезпечують високу міцність форм, точний відбиток моделі та добру поверхню відливка.

Основні компоненти таких сумішей: регенерована або оборотна суміш, кварцовий пісок, хімічне зв'язуюче (рідке скло, синтетичні смоли) та каталізатор хімічного процесу твердіння.

Рідкі самотвердіючі суміші фактично не потребують ущільнення. РСС, та суміші для  $\text{CO}_2$ -процесу ущільнюються, як і вологі піщано-глинисті, на формувальних машинах або пісcomedами. ХТС ущільнюються за рахунок вібрації на вібростендах.

Недоліком форм з використанням в якості зв'язуючого рідкого скла є їх надмірне ущільнення під дією теплоти металу, що заливається, що ускладнює вибивку та регенерацію суміші. Найкращим зв'язуючим для формувальних сумішей є синтетичні смоли, що забезпечують достатню вихідну міцність форм та її розущільнення під дією тепла, що виділяється відливком при твердінні.

РСС, ХТС та ПСС мають дуже малу живучість. У зв'язку з цим не можливе їх транспортування. Ці суміші готують безпосередньо на місцях виготовлення форм та стрижнів. Сумішеготувальне відділення при цьому не виділяється.

Для ПСС та сумішей  $\text{CO}_2$ -процесу застосовується базова суміш, що готується в сумішеготувальному відділенні, а продування вуглекислотою або змішування зі зв'язуючим виконується безпосередньо на місці виготовлення форм.

## 8.2 Стержньові суміші

Стержньові суміші відрізняються більш складними умовами використання, порівняно з формувальними, тому що уся їх поверхня взаємодіє з рідким металом, а також випробують вплив високої температури та тиску.

Стержньові суміші поділяють на 2 групи (таблиця 8.2)

1 Зміцнювані середньої міцності, що досягають міцності під час сушки. Це суміші на зв'язуючих, сухі та швидкосохнучі глинисті суміші. Ці суміші готують в сумішеготувальному відділенні і транспортуються до місць виготовлення стрижнів. Однак на відміну від формувальних сумішей, транспортування стрижневих здійснюється не стрічковим конвеєром, а трубопровідним транспортом.

2 Самотвердіючі стрижньові суміші високої міцності (аналогічні формувальним).

Таблиця 8.2 – Приблизні рецепти та властивості стрижньових сумішей

Суміші та їх призначення	Кількість, % по масі					Основні властивості		
	Оборотна суміш	Кварцевий пісок	Глина	Опілки	Зв'язуючів	Вологість, %	Газопроникливість, од.	Межа міцності при сжи-манні кг·с/см <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Зміцнювані суміші середньої міцності для чавунного та сталевих литва								
Швидкосохнучі для дрібних виливків	-	94-92	3	-	2,5-3,5 % зв'язуючих П, ПТ, КО, 2 сульфитної барди	2-3	130	7-10
Суша для середніх та крупних виливків	35-20	70-53	3-4	3	3-4 сульфитної барди	4-6	60	2-3

Продовження таблиці 8.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Суміш для CO <sub>2</sub> -процесу для середніх та крупних	20	65	-	3-4	4,5-5 рідкого скла; 1,5 їдкоого натра; 4,5 графіту	2,5-3	120	10-15
Самотвердіючі суміші								
Гаряче твердіючі (гарячі ящики для дрібних та середніх виливків)	-	96	-	-	2,7 фуран. смоли; 0,5 катал.; 0,8 закис заліза	0,1	100-130	25-30
Швидко-твердіюча для дрібних виливків	-	96	-	-	2,6 фенол формфль-дегідної смоли; 1,4 каталізатору	0,2	100-140	8-12

### 8.3 Визначення витрат сумішей

Загальний річний фонд споживання формувальних сумішей в масовому та крупно-серійному виробництві, а також для безопочної формовки визначають розрахунком, виходячи з розмірів і числа форм, що виготовляються для всієї номенклатури виливків за мінусом об'єму зайнятого виливком з ливниковою системою та стрижнями.

Результати розрахунків записують у форму № 8, де по сумарній графі визначають річну витрату суміші на програму виробництва виливків в опоках даного типорозміру з урахуванням браку виливків та форм.

В усіх розрахунках приймають об'ємні маси формувальних та стрижневих сумішей в неущільненому стані – 1,2 т/м<sup>3</sup>; ущільнених під високим тиском – 1,8 т/м<sup>3</sup>; РСС – 1,35 т/м<sup>3</sup>; ХТС – 1,55.

В дрібносерійному виробництві розрахунок потреби в формувальних сумішах рекомендується також проводити по прийнятому розміру та кількості прийнятих форм. При відсутності необхідних технологічних даних допускається визначення витрати формувальних сумішей на 1 т годних виливків в залежності від їх маси (таблиця 8.3).

Таблиця 8.3 – Середні норми витрати формувальних сумішей для дрібносерійного та одиничного виробництва

Група по масі, кг	Розмір опоки, мм	Середня висота форми, мм	Середня маса придатних виливків, кг	Витрати сумішей для чавунного литва, т сумішей / т придатних виливків		
				Лицювальної	Наповнювальної	Єдиної
До 20	500×400	300	10	-	-	9,5
20-50	600×500	500	20	-	-	10
20-100	800×700	600	50	-	-	10,5
50-150	1000×800	600	90	3,8	5,5	9,3
50-250	1200×1000	800	160	3,7	5,5	9,2
100-1000	1600×1200	1000	400	3	4,5	7,5
500-1000	2000×1600	1400	700	2,9	4,4	7,3
500-1500	2500×1600	1400	1000	2,6	3,9	6,5
1000-2000	2500×2000	1400	1600	2,5	3,8	6,3
1000-5000	3000×2500	1800	3000	2,4	3,8	6,2

Примітки: 1 Для сталевого литва ці дані потрібно збільшити на 15-25% по причині збільшення висоти форми для розміщення надливків.

2 Витрата надана для сумішей з об'ємною масою в ущільненому стані 1,65 т/м<sup>3</sup>. Для інших сумішей його треба перерахувувати по співвідношенню густин.

3 У нормах витрати сумішей не враховані витрати на просипання.

Витрата стрижньових сумішей визначають за технологічною відомістю необхідних стрижнів на виконання річної програми, поділяючи їх за видами сумішей (форма № 9). При дрібносерійному та одиничному виробництві, коли відсутні усі технологічні дані, витрата

стрижньових сумішей визначається за середніми нормами витрати суміші на тону годних виливків, в залежності від їх маси (таблиця 8.4).

Таблиця 8.4 – Норми витрати стрижньової суміші для дрібносерійного та одиничного виробництва

Група відливків по масі, кг	Маса стриж, кг/т відливків, по масі стрижнів						Витрати суміші т/т	Витрати наповнювача, т/т
	<16	16-40	40-100	100-1000	>1000	Всього		
До 20	110	18	-	-	-	128	0,128	-
20-100	121	97	48,5	59,5	-	325	0,313	0,012
100-500	95	117	250	208	-	640	0,595	0,045
500-1000	68	89	265	535	132	980	0,859	0,121
1000-2000	43	111	230	650	132	1130	0,997	0,133
2000-5000	20	68	250	730	340	1400	1,208	0,192
5-10тис	13,2	53,5	163	490	470	1190	1,007	0,183
10-20тис	6,4	29,5	75	436	600	1126	0,930	0,196
>20тис	5,7	29,5	75	355	600	1070	0,885	0,185

Загальний річний фонд потреби формувальних та стрижньових сумішей збільшують з урахуванням втрат на просипання на 5-10%. Знаючи повні річні витрати сумішей по розмірам форм та групам стрижнів, а також їх склад, розраховують річні витрати компонентів суміші. Ці дані в подальшому використовують для розрахунку необхідної площі складів для зберігання формувальних матеріалів.

#### **8.4 Технологічний процес та обладнання регенерації оборотної суміші**

Основним компонентом всіх піщано-глинистих формувальних сумішей є оборотна суміш, тобто суміш, що вибита з залитих опок і знову спрямовується для виготовлення свіжої формувальної суміші. Оскільки усі інші компоненти подаються в сумішоприготувальне відділення готовими до використання, технологічний процес сумішеприготовування починається з підготовки оборотної суміші до використання (регенерації). Кінцевою метою регенерації є стабілізація температури та вологості оборотної суміші.

Регенерація включає в себе наступні операції

1 Роздавлювання грудок. Сухі грудки роздавлюють гладкими вальцями чи спеціальними дезінтеграторами, грудки з малою міцністю у вологому стані подрібнюють одночасно з просіванням на полігональних ситах. Суміші з великою міцністю подрібнюють спочатку в аераторах відпрацьованої суміші, а потім на вібраційних ситах.

2 Видалення металічних включень. Металічні включення і дрібний скрап видаляють магнітними заліззовловлювачами (сепараторами). Сепаратори існують двох видів: 1) електромагнітні шківні, що встановлюються замість привідного барабану стрічкового конвеєра; 2) підвісні залізвідділювачі, які розміщують над потоком відпрацьованої суміші. Доцільно встановлювати обидва типи залізвідділювачів одночасно.

3 Охолодження. Температура відпрацьованої суміші після цієї операції має бути не більше 30-35 °С. Для цього застосовуються або аераційні охолоджувачі, в яких суміш охолоджується при пересипанні та продувці холодним повітрям, або баштові, де охолодження проходить при пересипанні по водоохолоджуваним поверхням.

4 Стабілізація заданих температури та вологості (гомогенізація) оборотної суміші.

Здійснюється за допомогою комплексу обладнання, що складається з гомогенізатора та охолоджувача. В гомогенізатор потрапляє очищена суміш, та вода, кількість якої регулюється в залежності від температури та вологості суміші, що поступає. Суміш в гомогенізаторі перемішується, і в процесі цього її параметри вирівнюються.

В охолоджувачі суміш розподіляється рівномірним шаром по полотну стрічкового конвеєра, в якому є отвори для продувки повітрям, що подається з камери високого тиску. При цьому суміш охолоджується за рахунок випробування вологи. Вологість відпрацьованої суміші на виході має складати біля 2 %.

### **8.5 Регенерація самотвердіючих сумішей**

Полягає в вивільненні піску від залишків зв'язуючого та дрібних фракцій. Розрізняють три види регенерації

1 Механічна (суха). Застосовується для ХТС, в яких більша частина зв'язуючого вигорає та зникає під дією тепла рідкого метала.

2 Волога. Застосовується для РСС.

3 Термічна. Для повного видалення залишків оболонки застосовують прокалювання відпрацьованої суміші при температурі 700-900 °С.

## 8.6 Приготування формувальних та стрижневих сумішей

Процес складається з дозування усіх компонентів, включаючи рідкі зв'язуючі та воду, завантаження їх у змішувач та в перемішуванні для забезпечення однорідності та заданих властивостей готових сумішей. Формувальні та стрижневі суміші виготовляють у змішувачах різноманітних конструкцій періодичної та безперервної дії.

Необхідна кількість змішувачів розраховується за формулою:

$$n_{cc} = \frac{G_{ny} \cdot K_n}{\Phi_e \cdot q},$$

де  $G_{ny}$  – річна кількість не ущільненої формувальної або стрижневої суміші в м<sup>3</sup> для ПГС і в тонах для плакірованих ЖСС, ХТС та ПСС;

$q$  – продуктивність змішувачів, м<sup>3</sup>/год (т/год);

Норму розрахункової продуктивності змішувачів приймають в залежності від технічного процесу та призначення суміші (див. табл. Кнорре.)

Необхідну кількість змішувачів в проєкті приймають таким чином, щоб забезпечити їх завантаження з  $K_e = 0,7-0,8$ .

Також можливий розрахунок сумішопріготувального відділення за його продуктивністю. В цьому разі задаються необхідною кількістю автоматизованих сумішопріготувальних комплексів, яка, як правило, відповідає кількості встановлених в формувально-заливовибивальному відділенні автоматичних формувальних ліній. Визначають необхідну розрахункову продуктивність комплексу:

$$q = \frac{G_{ny} \cdot K_n}{\Phi_e \cdot n}.$$

Якщо в ливарному цеху організують єдине централізоване сумішопріготувальне відділення –  $n=1$ .

Далі підбирають типовий автоматизований сумішопріготувальний комплекс з такою продуктивністю, щоб забезпечити її завантаження з  $K_e = 0,7-0,8$ .

Для поліпшення якості формувальних ПГС, готова суміші з змішувачів автоматично видається та доставляється в спеціальні бункери-відстойники, в яких вилежується не менше ніж півгодини для рівномірного розподілу вологи в оболонках піску, а потім розподіляється по бункерам, встановленим безпосередньо понад формувальни-

ми або стрижневими машинами. Для розпушення суміші після виходу з бункерів-відстойників застосовують аератори.

Самотвердіючі суміші вилежуванню не підлягають.

Для подачі сипучих матеріалів (сухий пісок, суха глина, опілки) використовується, як правило, пневмотранспорт. Підготовлена оборотна суміш після регенерації транспортується стрічковими конвеєрами. Рідкі компоненти, такі як емульсії, вода, закріплювачі, подаються по трубопроводам. подача готових формувальних сумішей здійснюється стрічковими конвеєрами, а стрижневих – пневмотранспортом.

Дозування регенованої суміші здійснюється стрічковими дозаторами, рідких компонентів – або мірними ємностями або шести-рьончастими насосами.

Кількість працюючих в сумішоприготувальному відділенні приймають: 1 пультовщик та 1 робочий на 2 бігунів. При виготовленні сумішей автоматизованим способом. На кожен батарею бігунів, що виготовляють формувальну суміш ще 1 додатковий робочий та допоміжний працівник на обслуговування тунелів ділянки регенерації – 1 людину на 2000 т потужності цеха в рік, та на подачу готової суміші – 1 людину на 15-30 тис. т/рік готової суміші.

У ливарних цехах крупносерійного та масового виробництва формувальні та стержньові суміші виготовляють безпосередньо біля ліній по виготовленню форм та стрижнів. Це технологічно необхідно для самотвердіючих сумішей, а для піщано-глинистих сумішей це дозволяє скоротити витрати на транспортування та зменшити присипи. Для кожної формувальної ділянки або АФЛ створюється своя сумішоприготувальна ділянка.

В цехах дрібносерійного та одиничного виробництва з широкою номенклатурою виробів проектують єдине центральне сумішоприготувальне відділення. Це дає можливість варіювати потужність сумішоприготувального обладнання, та отримувати різні за складом суміші в різних кількостях.

## **9 РОЗРАХУНОК ТА ПРОЕКТУВАННЯ ТЕРМООБРУБНИХ ВІДДІЛЕНЬ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ**

Фасонні виливки, що проходять обробку в термообрубному відділенні для організації вантажопотоків розподіляють по роду сплаву, по масі, по складності конфігурації, по точності розмірів та шорсткості поверхні.

За ступенем складності відливки поділяють на: прості, нескладні, середньої складності відкритої коробчастої та циліндричної форми, складні та особливо складні, унікальні закритої коробчастої та циліндричної форми.

За точністю відливки, що отримують в ПГС з чавуну і сталі поділяють на 3 класи.

За масою відливки поділяють на: дрібні, середні, крупні, важкі, особливо важкі.

При визначенні кількості виливків, що підлягають обробці в термообрубному відділенні, за основу приймають річну виробничу програму ливарного цеху з врахуванням браку. Також при визначенні об'єму виробництва термообрубного відділення враховують дефектні виливки, що підлягають виправленню на спеціалізованій ділянці. Кількість дефектних чавунних та сталевих виливків, що підлягають виправленню в термообрубному відділенні приймають: для дрібних – 15-20% від річного випуску; для середніх – 25-30%; для складних та крупних – 40-60%.

Виливки, що вибиті з ливарних форм, проходять повний за тривалістю цикл охолодження, після чого їх передають в термообрубне відділення, де проведенням комплексу операцій, що поліпшують їх фізико-механічні властивості та надають їм товарного вигляду. Технологічний процес обробки виливків в термообрубному відділенні характеризується числом, послідовністю та особливостями виконання операцій, та встановлюється з врахуванням роду сплаву, габаритних розмірів, маси та конфігурації виливків.

Відливки після вибивання проходять цикл охолодження перед термообробкою (таблиця 9.1). Оскільки процес природного охолодження тривалий, то в ряді випадків використовують штучне охолодження за рахунок обдування повітрям, душирування водою.

Після вибивання виливки вагою до 100 кг транспортують пластинчатим конвеєром; вагою 100-500 кг – підвісним конвеєром; >500 кг – кранами.

Таблиця 9.1 – Норми витримки виливків після вибивання

Маса виливка, кг	Норми часу на охолодження, год			
	СЧ	КЧ	Вуглецева сталь	Легована сталь
До 8	1-2,5	1-1,2	0,8-1,5	1,2-3
9-20	1,2-3	1,2-1,5	1-2	1,5-4
21-50	1,5-4	1,5-2,2	1,2-3	1,8-5
51-100	2-5	2-3	1,6-3,7	2,4-6
101-250	3-7,5	3-4,5	2,5-6	3,5-8
251-500	5-11	-	4-9	10-14
501-1000	9-18	-	7-14	14-20
1001-2000	15-24	-	12-20	-
2001-5000	24-35	-	18-28	-
5001-10000	32-48	-	24-38	-
10001-20000	40-60	-	32-48	-
>20000	48-72	-	36-60	-

Трудомісткість термообрубного відділення складає 30-35% від загальної трудомісткості ливарного цеху. При цьому біля 50% операцій виконуються вручну.

В термообрубному відділенні виконують наступні операції

1 Відбивання та відрізання ливників:

а) живильники та випори від дрібних чавунних відливків відокремлюються під час їх очищення в галтувальних барабанах;

б) від більш крупних чавунних відливків – молотом в процесі вибивання форм;

в) від дрібних сталевих, бронзових та латунних відливків ливники відрізають на кривошипних пресах або за допомогою ексцентрикових прес-кусачок;

г) від алюмінієвих та магнієвих виливків – стрічковими пилами;

д) живильні бобишки від відливків з сірого та ковкого чавуну, а також надливки від крупних сталевих, латунних та бронзових відливків з вуглецевої сталі та бронзових відливків відрізають на станках з дисковими пилами;

е) особливо масивні надливки від крупних відливків вуглецевої та малолегованої сталі відрізають полум'ям газокисневих різаків, або на спеціальних пристроях механізованого різання.

2 Очищення від пригару та окалини:

а) галтувальне очищення;

Відбувається в результаті співударів та тертя виливків в процесі їх взаємного переміщення у барабані, що обертаються відносно горизонтальної вісі.

Галтувальні барабани прості за конструкцією, але малопродуктивні. Їх застосовують для очищення дрібних (до 60 кг) відливків простої конфігурації.

б) дробометне очищення;

Виконується потоком чавунної дробі, що спрямовується на вилівок спеціальними дробометними головками. Відрізняється великою продуктивністю та гарною якістю очищення відливків, що досягається при швидкості потоку дробі 70-80 м/с. Існує наступне дробометно-очисне обладнання: барабани (для відливків 25-100 кг); столи (100-530 кг); камери (300-10000 кг);

в) дробоструйне очищення;

Виконується потоком дробі, що викидається стисненим повітрям під тиском 5-6 кгс/см<sup>2</sup>, крізь сопло спеціальних апаратів.

г) дробометно-дробоструйне очищення;

Виконується потоком чавунної дробі, що викидається одночасно дробометними головками та соплами дробоструйних апаратів. Застосовується для виливків масою від 10 до 30 т – очищення відбувається в камерах.

д) вібраційне очищення;

Виконується абразивом, що знаходиться разом з відливками в віброконтейнері, що має частоту коливань 1000-2000 на секунду. Застосовується для очищення дрібних відливків від пригару та окалини.

ж) гідравлічне очищення;

Виконується потоком води під високим тиском (>100кгс/см<sup>2</sup>), що спрямовується на відливу гідромоніторами. Застосовується для очищення відливків з чавуну та сталі масою від 500 кг до 100 т.

з) електрогідравлічне очищення;

Виконується за рахунок використання енергії високовольтних електричних розрядів, що створюються у воді між електродом та поверхнею відливка. Застосовується для чавунних відливків масою до 25 т.

к) електрохімічне очищення;

Виконується за рахунок розчинення пригару та відновлення окалини в лужному розчині під дією постійного струму. Застосовується для сталевих відливків масою до 7,5т

л) газове очищення;

Виконується полум'ям газокисневих пальників. Застосовується для очищення крупних, важких та особливо важких сталевих та чавунних відливків.

3 Видалення стрижнів з відливків.

Для деяких відливків стрижні частково або повністю видаляються під час їх очищення. Стрижні, що важко видаляються, видаляють на вібраційних установках, в дробометних, гідравлічних та електрогідравлічних камерах.

4 Обрубка.

Видалення заливів, швів та інших нерівностей на поверхні відливків, а також вирубку дефектів під заварку виконують пневмомолотками та зубилами.

5 Зачищення відливків.

Для зачищення залишків від живильників, надливків та інших дрібних нерівностей на зовнішніх поверхнях застосовують спеціальні установки, що забезпечені абразивними колами. Задири та гострі кромки видаляють на спеціальних вібраційних пристроях чи на станках.

6 Виправлення дефектних відливків.

Поверхневі нерівності відливків виправляють спеціальними мастиками та замазками. Для виправлення пористості застосовують насичення спеціальними рідинами. Більш крупні дефекти виправляють газовою та електричною заваркою.

7 Термічна обробка.

Застосовується, щоб зняти внутрішні напруження, для надання металу визначеної структури та отримання заданих фізико-механічних властивостей. Операції та режими термообробки призначають виходячи з вимог до якості відливків згідно з ТУ та виконують у термічних печах різних конструкцій.

8 Грунтовка.

Застосовується для захисту поверхні від корозії. Здійснюється густою фарбою (грунтом) в прохідних та тупикових фарбувальних камерах.

9 Контроль якості.

Розрізняють: проміжний контроль – в процесі очищення, обрубку та зачищення та кінцевий контроль – перед ґрунтовкою. Види контролю призначаються в залежності від рівня службових властивостей, що вимагаються від відливків.

Для термообрубного відділення, що проектується, обладнання треба вибирати на основі характеристик відливків, що обробляються (сплаву, маси, конфігурації, розмірів) з врахуванням серійності виробництва.

Не кожний відливок в одному й тому ж ливарному цеху підлягає всім або одним і тим самим з перерахованих операцій, тому при проектуванні відділень, що розглядаються, доцільно для кожного відливка або групи відливків передбачити окрему послідовність технологічних операцій, що потребується. Кількість відливків, що підлягають тій чи іншій технологічній операції, вказують у відомості встановленої форми.

Для виконання перерахованих операцій обирають відповідне обладнання, яке розміщують у відділенні у суворій послідовності виконання технологічних операцій, із зберіганням поточного методу обробки. Для створення поточних ліній необхідно виконувати послідовність операцій обробки відливків, яка залежить від матеріалу відливків та технологічного процесу їх отримання, а саме:

- для СЧ: відбивання ливників, очищення та видалення стрижнів, очищення наждаками, обрубка, контроль якості, виправлення дефектів, фарбування, приймання;

- для КЧ: відбивання ливників, очищення і видалення стрижнів, контроль якості, оснащення, обрубка, відпалювання, повторне очищення, правка, фарбування, приймання;

- для сталі: обрізання ливників, очищення і видалення стрижнів, контроль якості, оснащення, обрубка, заварка дефектів, термообробка, повторне очищення, правлення, фарбування, приймання.

В ливарних цехах масового та крупносерійного виробництва чавунних та сталевих відливків масою до 500кг, варто застосовувати найбільш продуктивне автоматизоване конвеєрного типу або безперервної дії технологічне обладнання.

В цехах дрібносерійного та одиничного виробництва чавунних та сталевих відливків (масою від 0,5 кг до 100 т) варто застосовувати універсальне обладнання періодичної дії, яке за продуктивністю поступається устаткуванню конвеєрного типу, але дозволяє обробляти відливки більш широкої номенклатури.

При проектуванні термообрубних відділень чавунно- та сталеварних цехів, операції та режими термообробки призначають виходячи із вимог, щодо якості відливоків згідно ТУ.

Для термообробки алюмінієвих відливоків найчастіше приймають гартування при температурі 510-535 °С у воді з температурою 10-60 °С після витримки в печі протягом 2-8 годин. Після гартування алюмінієві відливки проходять природне старіння протягом 4 діб.

Відливки з магнієвих сплавів, як правило, термообробці не підлягають.

Обладнання для термообробки обирають в залежності від її виду, маси та габаритних розмірів, а також від характеру виробництва. В масовому та крупносерійному виробництві застосовують методичні печі (штовхаючі, конвеєрні, елеваторного та тунельного типів), а в дрібносерійному та одиничному виробництві – камерні печі періодичної дії. Розрахунок кількості однотипного обладнання необхідного для проведення фінішної обробки відливоків, як і іншого технологічного обладнання термообрубних відділень виконують за загальною методикою:

$$n = \frac{Q_p \cdot K_n}{\Phi_e \cdot q}, \quad (9.1)$$

де  $Q_p$  – маса або кількість відливоків, що проходять обробку на обладнанні цього виду.

Продуктивність термічних печей визначають:

$$\text{- камерних: } \Pi = m/t; \quad (9.2)$$

$$\text{- прохідних з пульсуючим циклом: } \Pi = \frac{L_n \cdot m_1}{t \cdot l}; \quad (9.3)$$

$$\text{- прохідних конвеєрних: } \Pi = V_k \cdot m_2; \quad (9.4)$$

де  $\Pi$  – продуктивність термічної печі;

$m$  – садка печі;

$t$  – тривалість циклу термообробки;

$L_n$  – довжина печі;

$m_1$  – маса відливоків на одному піддоні;

$l$  – крок піддонів;

$V_k$  – швидкість конвеєра безперервно діючої печі;

$m_2$  – маса відливоків на одному погонному метрі довжини конвеєра печі.

Садку печі, масу або кількість відливоків на одному піддоні чи на одному погонному метрі довжини конвеєра печі визначають виходячи з норм навантаження на подину печі.

Якщо відома паспортна продуктивність печі, то їх кількість визначають за загальною методикою.

Завершальною операцією в циклі виготовлення відливоків є грунтовка, технологічний процес якої складається з підготування поверхні відливоків, фарбування та сушки після фарбування. Для виконання цих операцій існують типові комплекси устаткування прохідного типу, вибір яких визначається масою відливоків і потужністю ділянки.

В якості допоміжного обладнання в термообрубних відділеннях можуть застосовуватись мийні, обдувальні та сушильні камери, газові горни для попереднього нагрівання відливоків перед заварювання, столи для обробки та фарбування відливоків, та інше.

В механізованих ливарних цехах площі термообрубних відділень визначають компоновкою технологічного обладнання, плануванням робочих місць з урахуванням розміщення необхідного транспортного обладнання. Крім того на території цих відділень повинні бути передбачені лабораторії та пости проміжного та кінцевого контролю відливоків, а також площі для спеціалізованих та складських ділянок, кладових ґрунтів та інструменту, а також деякі інші службові приміщення. При плануванні необхідно враховувати, що на відміну від інших видів обладнання, відстань від стін будівлі до тильної або бокової сторони термічної печі, повинно складати 1,2 м, а від колон - 1 м.

Найчастіше площа термообрубного відділення в чавуноливарних цехах складає 40-70 %, а в сталеливарних та цехах КЧ – 80-120 % від сумарної площі формуально-заливо-вибивального відділення.

Принцип компоновки обладнання в термообрубних відділеннях заснований на розподілі процесів обробки груп і окремих відливоків за потоковими лініями.

Розміри прольотів термообрубних відділень та вантажопідйомність підйомно-транспортних засобів обирають у відповідності до існуючих норм проектування (таблиця 9.2).

Таблиця 9.2– Норми розмірів прольотів та вантажопідйомність підйомно-транспортних засобів термообрубних відділень

Макс. вага відли-вка, т	Максимальна вантажопідйомність, т				Розміри прольота, м			
	Мостових кранів		Кранбалок		Шири-на про-льоту	Крок колон	Висота до під-кранової рейки	Висота до низу констру-кцій пе-рекриття
	із сте-ржня-ми	без стер-жнів	із стер-жня-ми	без стер-жнів				
До 0,5	-	-	3-5	1-3	18;24	6;12	-	9,6;10,8
До 1	5	5	3-5	1-3	18;24	6;12	8,15	9,6;10,8
До 2	5	5	-	-	18;24	6;12	8,15	10,8
До 3	10	10	-	-	24	6;12	8,15	10,8
До 5	15/3	10	-	-	24	6;12	8,15	10,8
До 10	30/5	20/5	-	-	24	6;12	9,65	12,6
До 20	50/10	30/5	-	-	24	6;12	12,65	16,2
До 30	75/20	50/10	-	-	24	6;12	12,65	18
До 50	100/20	75/20	-	-	24;30	6;12	12,65	18

**СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

- 1 1. Основы проектирования литейных цехов и заводов / Под ред. Е. В. Кнорре. - М.: Машиностроение, 1979. - 376 с.
- 2 Сафронов В.Я. Справочник по литейному оборудованию. – М.: Машиностроение, 1985. – 319 с.
- 3 Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. Литейные цехи и склады шихтовых и формовочных материалов. ОНТП 07-83. Минавтопром, 1984. - 194 с.
- 4 Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. Фонды времени работы оборудования и рабочих. ОНТП 06-80. Минстанкопром, 1980. - 16 с.
- 5 Методические указания к лабораторным и практическим занятиям по курсу "Проектирование литейных цехов". Часть I к 2.- Запорожье, ЗМИ. 1986. - 154 с.
- 6 Логинов Н.Э. Проектирование литейных цехов. - Минск:
- 7 Вышэйша школа, . 1965. – 319 с.
- 8 Типаж технологического оборудования для литейного производства на 1986 - 1990 г г. - М.: ВНИИГЭМР. 1985. - 111 с.