

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Будник А.Ф., Сігова В.І.

КВАЛІФІКАЦІЙНІ РОБОТИ
В МАТЕРІАЛОЗНАВСТВІ

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів

Суми
Вид-во СумДУ
2008

ББК 34.53.4я73**Б 90****УДК 66.013.5:621.78(075.8)**

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(лист № 1.4/18-Г-2061 від 26.11.2007 р.)*

Рецензенти:

д-р техн.наук, проф. О.Б.Гірін
(Український державний хіміко-технологічний
університет, м. Дніпропетровськ);
д-р техн.наук, проф. В.Б.Тарельник
(Національний аграрний університет, м. Суми);
д-р техн. наук, проф. Л.О.Рябічева
(Східноукраїнський національний університет
ім.В.Даля, м. Луганськ)

Будник А.Ф., Сігова В.І.

Б 90 Кваліфікаційні роботи в матеріалознавстві:
Навчальний посібник. -Суми: Вид-во СумДУ, 2008.
-198 с.
ISBN 978-966-657-163-5

Навчальний посібник містить рекомендації з організації виконання та оформлення випускних кваліфікаційних робіт з прикладного матеріалознавства спеціальностей 0901, методичні вказівки для студентів щодо виконання всіх розділів і частин кваліфікаційних робіт, відомості з організації виконання комплексних і дослідних робіт, нормативні і довідкові матеріали, форми таблиць, типові форми завдань для робіт та ін., а також список рекомендованої літератури для виконання випускних кваліфікаційних робіт.

Особливу увагу приділено питанням розроблення прогресивних технологій, економіки виробництва, оформлення текстової та графічної частин кваліфікаційних робіт.

Для студентів-матеріалознавців III-IV рівнів акредитації всіх форм навчання та для самостійної роботи під час виконання курсових та кваліфікаційних робіт.

ББК 34.53.4я73**ISBN 978-966-657-163-5**

© А.Ф.Будник, В.І.Сігова, 2008
© Вид-во СумДУ, 2008

З М І С Т

Вступ.....	С. 5
1 Мета і завдання випускної кваліфікаційної роботи.....	5
2 Завдання до випускної кваліфікаційної роботи та особливості її виконання.....	6
3 Керівництво виконанням випускної кваліфікаційної роботи.....	15
4 Порядок допуску студента до захисту випускної кваліфікаційної роботи.....	18
5 Рецензування випускної кваліфікаційної роботи.....	19
6 Захист випускної кваліфікаційної роботи.....	19
7 Конкурси випускних кваліфікаційних робіт.....	25
8 Загальні зауваження щодо виконання випускної кваліфікаційної роботи.....	25
9 Методичні вказівки до складу, обсягу та розділів випускної кваліфікаційної роботи.....	27
9.1 Етапи, обсяг та графік виконання дипломного проекту.....	27
9.2 Реферат.....	30
9.3 Вступ.....	31
9.4 Виробничо-технологічна частина (загальні вимоги).....	31
9.4.1 Характеристика та умови експлуатації виробів, вимоги до матеріалів.....	32
9.4.2 Номенклатура виробів та маршрутна технологія їх виготовлення.....	33
9.4.3 Характеристика матеріалів виробів.....	35
9.4.4 Вибір і техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу термічної обробки... ..	37
9.5 Розроблення плану дільниці (відділення, цеху) та вантажопотоків.....	95
9.5.1 Специфічні елементи будівель.....	97
9.5.2 Визначення площі цеху.....	99
9.5.3 Загальне компонування і вантажопотік цеху.....	106

9.6 Розрахунок потрібної кількості паливно-енергетичних ресурсів і допоміжних матеріалів.....	108
9.6.1 Розрахунок потреби в електроенергії.....	111
9.6.2 Розрахунок потреби в енергоносіях інших видів.....	114
9.6.3 Розрахунок потреби в допоміжних технологічних матеріалах.....	115
9.7 Спеціальна частина.....	116
9.8 Теплотехнічна частина.....	119
9.9 Механіко-технологічне обладнання відділення (цеху).....	127
9.9.1 Обладнання відділення (цеху).....	127
9.9.2 Засоби механізації.....	127
9.10 Автоматизація технологічних процесів термічної обробки.....	128
9.11 Економічна частина.....	130
9.11.1 Розрахунок капітальних вкладень.....	130
9.11.2 Розрахунок собівартості термічної обробки.....	136
9.11.3 Розрахунок економічної ефективності проектних рішень.....	146
10 Оформлення кваліфікаційних робіт.....	164
10.1 Оформлення текстових документів (пояснювальної записки).....	164
10.2 Оформлення графічної частини.....	183
Додаток А.....	187
Додаток Б.....	188
Додаток В.....	189
Додаток Г.....	190
Додаток Д.....	191
Додаток Е.....	192
Додаток Ж.....	193
Додаток И.....	195
Список літератури.....	196

ВСТУП

Випускна кваліфікаційна робота (ВКР) бакалавра, спеціаліста або магістра за спеціальністю .090101 «Прикладне матеріалознавство» в університеті є роботою, в якій студент вирішує комплекс взаємозв'язаних професійних завдань згідно з вимогами кваліфікаційної характеристики відповідного освітньо-кваліфікаційного рівня.

Виконується кваліфікаційна робота відповідно до затверджених методичною радою Сумського державного університету (СумДУ) положень про випускні кваліфікаційні роботи освітньо-кваліфікаційних рівнів «магістр» та «спеціаліст» та регламенту державної атестації студентів за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр».

1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ДО ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1.1 Підготовка випускної кваліфікаційної роботи всіх рівнів є завершальним етапом навчання студента в університеті й має на меті:

- систематизацію, закріплення, поглиблення та розширення теоретичних і практичних знань зі спеціальності «Прикладне матеріалознавство», отриманих студентом;

- надання навичок творчого використання цих знань під час вирішення конкретних наукових, науково-технічних, конструкторсько-технологічних та організаційно-економічних питань;

- розвиток навичок ведення самостійної роботи та оволодіння методикою дослідження при вирішенні розроблюваних у роботі проблем та питань матеріалознавства;

- з'ясування підготовленості студента до самостійної роботи відповідно до набутої кваліфікації в умовах сучасного виробництва, прогресу науки, техніки і культури.

У зв'язку з цим запропоновані у роботах рішення повинні бути актуальними, прогресивними та перспективними як з науково-технічного, так і з економічного погляду.

1.2 Випускна кваліфікаційна робота всіх рівнів повинна відповідати таким вимогам і містити:

- обґрунтування актуальності та практичного значення роботи на підставі аналізу стану питання, що вирішується;

- застосування математичних методів досліджень, комп'ютерних технологій, комп'ютерного моделювання, соціально-економічних, екологічних, науково-технічних рішень, що засвідчують рівень фундаментальної та гуманітарної підготовки фахівця;

- наявність у роботах спеціальних розділів, у яких розглядаються питання економіки, техніки безпеки та охорони праці, екологічної безпеки;

- наявність загальних висновків, у яких повинні бути сконцентровані висвітлені у роботі методологія та методи досліджень, основні наукові, науково-методичні та практичні результати, можливості їх використання, а також напрямки подальшого розвитку досліджень.

1.3 У кваліфікаційній роботі можуть використовуватися матеріали раніше виконаних студентом курсових або кваліфікаційних робіт за погодженням з керівником кваліфікаційної роботи.

2 ЗАВДАННЯ ДО ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇЇ ВИКОНАННЯ

Завдання до кваліфікаційної роботи є основним вихідним документом, в якому обумовлюються суть завдання, мета, **план роботи та графік** її виконання. Розробляється завдання керівником роботи, а затверджується завідувачем кафедри.

Завдання до кваліфікаційної роботи **магістра та спеціаліста** видається студентові перед направленням його на переддипломну практику, а на кваліфікаційну роботу бакалавра – на початку восьмого семестру навчання.

Зразок бланка завдань до кваліфікаційної роботи наведено у додатку А.

Студентові надається право самостійного вибору теми кваліфікаційної роботи з обґрунтуванням доцільності її ро-

зроблення. Крім того, тема кваліфікаційної роботи може бути запропонована підприємством (організацією), яка направила студента на навчання за контрактом (тристоронньою угодою).

Теми випускних кваліфікаційних робіт усіх рівнів визначаються кафедрою прикладного матеріалознавства і технології конструкційних матеріалів (ПМ і ТКМ) СумДУ. Закріплення за студентами тем кваліфікаційних робіт, призначення баз практики, керівників практики та випускних кваліфікаційних робіт оформляються наказом ректора Сумського державного університету або за його дорученням деканом інженерного факультету (ІФ).

При закріпленні теми випускної кваліфікаційної роботи за студентом кафедра ПМ і ТКМ враховує його науково-теоретичну, професійну і практичну підготовку. Так, дипломні роботи, наприклад, доручаються тільки студентам, які мають високу загальну і спеціальну підготовку, певний «почин» з науково-дослідної роботи, і студентам, які виявили у процесі навчання схильність до науково-дослідницької роботи.

2.1 Особливості завдань та виконання випускної кваліфікаційної роботи спеціаліста (дипломного проекту (роботи))

Завдання до дипломного проектування повинно максимально орієнтувати студента на реальне проектування. Реальними проектами (роботами) слід вважати:

2.1.1 Проекти (роботи), виконані за замовленнями підприємств (організацій) і придатні до передачі підприємству (організації) для впровадження.

2.1.2 Проекти, що містять оригінальні рішення питань матеріалознавства та технології термічної обробки або конструювання термічних печей, агрегатів та іншого термічного обладнання, з яких подано заявки на патент чи винахід.

2.1.3 Проекти (роботи), що експонувалися на республіканських та міжнародних виставках.

2.1.4 Дослідні роботи, виконані з господарської або держбюджетної тематики університету.

2.1.5 Дослідні роботи і проекти, результати яких подано до публікації або опубліковані в періодичній науковій пресі.

2.1.6 Проекти (роботи), які рекомендовано Державною екзаменаційною комісією (ДЕК) до впровадження.

Теми кваліфікаційних робіт, як правило, актуальні в науково-технічному і практичному відношеннях, відповідають завданням, які виникають у виробництві. У проектах передбачається використання різноманітних сучасних матеріалів, прогресивних технологічних процесів. Рекомендована така тематика дипломних проектів:

- проект термічного відділення (цеху) машинобудівного підприємства;
- проект термічного відділення інструментального, ковальського, ливарного, пресового, зварювального цехів;
- проект відділення виготовлення деталей із порошкових, композитних матеріалів заготівельного цеху;
- реконструкція діючого відділення (дільниці) з виготовлення виробів з порошкових, композитних матеріалів;
- проект відділення з виготовлення деталей із композитних матеріалів машинобудівного цеху;
- проект механізованої (автоматизованої) лінії для теплової обробки виробів у потоці механозбирального виробництва.

2.1.7 Дослідницька дипломна робота

Крім дипломного проекту, альтернативною формою випускної кваліфікаційної роботи є дипломна робота, основою якої є результати аналітичного пошуку, науково-дослідної роботи, у виконанні якої брав участь студент.

Дипломну роботу дослідницького характеру виконують студенти, які брали участь у виконанні науково-дослідницьких робіт за тематикою кафедри прикладного матеріалознавства та ТКМ або виконували курсові проекти дослідницького спрямування.

Завдання до дипломної роботи орієнтовно передбачає проведення однієї з таких експериментальних робіт:

- дослідження структури та фізико-механічних властивостей нових матеріалів (сталей, сплавів, композитів, неметалевих, порошкових);

- дослідження впливу режимів термічної, термомеханічної, поверхневої, механічної та інших видів обробки на структуру і властивості матеріалів;

- дослідження поведінки матеріалів за умови дії агресивних середовищ, високих напружень, температур, тривалого навантаження;

- дослідження впливу технологічних параметрів одержання на експлуатаційні властивості порошкового чи композитного матеріалу;

- розроблення або вдосконалення з використанням методів планування експериментів та математичного моделювання складу матеріалів різного призначення (корозійностійких сталей, жаростійких або жароміцних сплавів та композитів і т. ін.).

Результати досліджень оформляють у вигляді дипломної роботи відповідно до вимог [1, 2].

Дипломна робота повинна мати такі складові:

- титульний аркуш;
- реферат;
- зміст;
- вступ;
- огляд літературних джерел;
- матеріали і методики дослідження;
- результати дослідження та їх обговорення;
- економічну ефективність від використання результатів дослідження;
- охорону праці при проведенні експериментальних робіт;
- узагальнений висновок (або окремі основні висновки);
- список літератури;
- додатки.

Випускна кваліфікаційна дослідницька робота повинна носити науково-дослідний характер, а також мати розрахункову частину.

Вимоги до змісту, реферату, економічної частини й охорони праці та навколишнього середовища в дослідницькій ВКР однакові зі звичайними вимогами до випускної кваліфікаційної роботи.

Зразок оформлення титульного аркуша випускної кваліфікаційної роботи бакалавра та спеціаліста наведено у додатках Б і В.

У вступі необхідно дати загальну оцінку сучасного стану науково-технічної проблеми, що частково або повністю вирішується у дипломній роботі, та обґрунтувати необхідність проведення даної роботи; показати актуальність і новизну запланованих досліджень, а також їх зв'язок з іншими роботами близького спрямування; викласти мету та проаналізувати основні отримані результати вже завершеної роботи.

При огляді літературних джерел необхідно критично дослідити і викласти стан питання, використовуючи при цьому науково-технічну літературу як вітчизняну, так і високорозвинених країн. Тут же подається огляд патентів та винаходів. По завершенні огляду необхідно викласти мету та завдання досліджень.

У розділі "Матеріали та методика досліджень" необхідно надати план досліджень, дати загальну характеристику досліджуваному матеріалу, привести таблиці з хімічного складу сталей та їх механічних властивостей, основних експлуатаційних характеристик, графіки визначення твердості та мікротвердості, описати обладнання, прилади, пристосування, зразки, методики обробки і т. ін. Дати інформацію щодо методів статистичного оброблення результатів досліджень, при цьому описати методику оцінок похибок експериментів.

У розділі "Результати досліджень та їх обговорення" навести експериментальні дані у вигляді таблиць, графіків, діаграм тощо. Проаналізувати отримані результати дослідження і зробити відповідні висновки.

В економічному розділі виконується техніко-економічна оцінка проведеної роботи: надається аналіз затрат на проведення досліджень (заробітна платня, матеріа-

ли, енергоресурси, амортизація обладнання і т. ін.); оцінюється очікуваний ефект від використання результатів досліджень. На основі зіставлення визначається доцільність проведення досліджень, наступної реалізації їх результатів і відповідно до конкретних умов розраховується загальний економічний ефект.

Розділ охорони праці та навколишнього середовища виконується за відповідними предметними методичними вказівками та підручниками.

У висновках узагальнюють результати роботи, накреслюють шляхи конкретного використання результатів у виробництві та аналізують можливі напрямки з подальшого вивчення досліджуваної проблеми.

До захисту дипломної роботи необхідно підготувати оформлені згідно з вимогами ЄСКД графічну частину проекту, графіки, схеми, таблиці, фотографії мікроструктур і т. ін. Наведена в графічній частині (ГЧ) інформація не повинна дублюватися в пояснювальній записці (ПЗ), тому що ГЧ є невід'ємною складовою дипломної роботи.

Затверджена наказом ректора тема випускної кваліфікаційної роботи спеціаліста (дипломного проекту (роботи)) може бути уточнена або затверджена знову в ході переддипломної практики або після її завершення.

У ході подальшого дипломного проектування і при оформленні проекту (роботи) заміна теми не допускається.

Заміна або уточнення теми дипломного проекту (роботи) оформляється наказом по СумДУ за поданням завідувача кафедри ПМ і ТКМ, погодженого з деканом інженерного факультету. Заміна або уточнення змісту частин проекту (роботи) допускається з дозволу завідувача кафедри ПМ і ТКМ за обґрунтованою заявою керівника дипломного проекту (роботи).

2.1.8 Комплексні ВКР (дипломні проекти)

Для подальшого вдосконалення дипломного проектування можуть видаватися завдання на комплексні дипломні проекти (роботи), які повинні виконуватися кількома студентами (бригадами). При виконанні комплексних дипломних проектів кожному студентові бригади видається

своє завдання на дипломне проектування, що є частиною загального завдання. Обсяг і зміст такої частини комплексного дипломного проекту повинні відповідати рекомендованим для звичайного проекту.

2.2 Особливості завдань та вимоги до виконання випускної кваліфікаційної роботи освітньо-кваліфікаційного рівня магістр (магістерської роботи)

2.2.1 Випускна кваліфікаційна робота освітньо-кваліфікаційного рівня магістр («магістерська робота») має науково-дослідницький характер і її виконання та захист мають на меті визначення рівня спеціальних знань та вмінь фахівця у галузі прикладного матеріалознавства, які мають інноваційний та репродукційний характер, його фундаментальну та загальнокультурну підготовку.

2.2.2 Тема магістерської роботи визначається кафедрою ПМ і ТКМ на початку навчання за програмою підготовки магістра, зазначається в його індивідуальному плані і затверджується ректором СумДУ не пізніше початку останнього семестру навчання.

2.2.3 Обов'язковими вимогами до магістерської роботи є:

- обґрунтування актуальності та практичного значення роботи на підставі аналізу стану питання, що вирішується;
- наявність елементів наукової новизни у результатах виконаної роботи, що характеризує здатність магістранта до інноваційної діяльності та репродукування знань;
- застосування математичних методів досліджень, комп'ютерних технологій, соціально-економічних, екологічних, гуманістичних обґрунтувань науково-технічних рішень, що свідчило б про рівень фундаментальної та гуманітарної підготовки фахівця;
- наявність загальних висновків з роботи, в яких концентровано повинні бути висвітлені методологія та методика пошуку, основні її наукові, науково-методичні та практичні результати, можливості та напрямки подальшого розвитку досліджень.

У магістерських роботах, об'єктами досліджень в яких є матеріали, композити, машини, обладнання та інші про-

мислові об'єкти і технології, питання економіки, організації виробництва, техніки безпеки та охорони праці повинні бути присутніми у вигляді окремих розділів.

Повинні бути проведені дослідження мікроструктури деталей, оброблених за старою і новою технологіями, дослідження триботехнічних характеристик матеріалу, мікротвердості, жаро- і корозійної стійкості, електронної мікроструктури, високо- і низькотемпературної металографії.

2.2.4 У магістерських роботах за умов підготовки магістра на базі кваліфікації бакалавра також можуть бути присутніми дослідницько-конструкторські та технологічні розроблення, які за своїм обсягом можуть становити 40-60% від загального обсягу роботи; повинні використовуватись методи автоматизованого проектування та оброблення інформації.

2.2.5 Магістерська робота виконується протягом всього періоду навчання в магістратурі, для чого в осінньому семестрі навчальними планами передбачений разом з теоретичним навчанням відповідний обсяг годин науково-дослідної роботи, а весняний семестр переважно відведений для практики, завершення та оформлення магістерської роботи.

2.2.6 На початку навчання за магістерською програмою керівник та магістрант розробляють план і графік виконання магістерської роботи, які затверджуються завідувачем кафедри. Кафедра передбачає в планах засідань чи наукових семінарів періодичну звітність керівника та магістранта про хід магістерської підготовки.

2.2.7 У період практики збирається інформація виробничого характеру для магістерської роботи або перевіряються окремі її положення в умовах виробництва. Зміст та план практики повинні бути визначені в індивідуальному плані підготовки магістранта. За поданням кафедри ПМ і ТКМ залежно від мети та завдань практики термін її проведення, зазначений у загальному графіку навчального процесу, може бути змінений наказом ректора, що зазначається в індивідуальному плані підготовки магістранта.

Магістерська робота оформляється відповідно до вимог міждержавного стандарту ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам», введеного в дію в Україні з 1.07.97 р. наказом Держстандарту України № 259 [1].

Текст магістерської роботи виконується машинописним друком або із застосуванням друкувальних та графічних засобів виведення ЕОМ шрифтом не менше 2,5 мм на аркушах формату А4. Рамки та основний надпис не виконуються. Нумерація сторінок робиться посередині вгорі аркуша. Обсяг магістерської роботи не повинен перевищувати 80 сторінок. Робота може бути написана державною мовою або мовою навчання. Зразок титульного аркуша магістерської роботи наведений у додатку Г.

У магістерській роботі після титульного аркуша повинні бути подані завдання до виконання роботи, які містять вихідні дані та вимоги до роботи, реферат, зміст роботи, потім – вступ та основні розділи. Завершується робота загальними висновками, списком літератури та додатками. За наявності великої кількості додатків вони можуть бути зброшуровані окремим томом.

До магістерської роботи додаються графічні матеріали, які містять конструкторські та технологічні розробки (якщо такі передбачені змістом роботи, але не більше 6-8 аркушів формату А1) та ілюстративні матеріали, якими супроводжується доповідь при захисті роботи в ДЕК. Ілюстративні матеріали можуть виконуватись у вигляді плакатів (формат А1) або на аркушах менших розмірів (А3-А4), які подаються кожному членові ДЕК. Загальна кількість графічних матеріалів формату А1 не повинна перевищувати 10 аркушів.

2.2.8 Магістерська робота, що подається до захисту у ДЕК, проходить кафедральне рецензування та рецензування опонентом від сторонньої організації (установи) відповідно до профілю роботи. Рецензії подаються до ДЕК у письмовому вигляді за день до захисту роботи.

2.3 У кваліфікаційній роботі можуть використовуватися матеріали раніше виконаних студентом курсових робіт

чи кваліфікаційних робіт рівнів «бакалавр» або «спеціаліст». Рівень їх використання визначається керівником ВКР.

Перелік і орієнтовний обсяг частин магістерської роботи наведено в додатку Д.

3 КЕРУВАННЯ ВИКОНАННЯМ ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Як уже відмічалось, теми випускних кваліфікаційних робіт, бази практики, керівники практики і кваліфікаційних робіт затверджуються одним наказом ректора СумДУ в установлені строки.

Як правило, керівництво практикою і підготовкою випускної кваліфікаційної роботи доручається одному викладачеві.

Керівниками кваліфікаційних робіт призначаються викладачі кафедри ПМ і ТКМ (професори, доценти, старші викладачі, асистенти). За поданням завідувача кафедри ПМ і ТКМ керівниками кваліфікаційних робіт можуть бути призначені наукові працівники цієї кафедри, а також висококваліфіковані спеціалісти науково-дослідних інститутів і промислових підприємств (об'єднань, фірм, тощо). Консультантами з економічної частини, охорони праці і навколишнього середовища та інших частин кваліфікаційної роботи призначаються за погодженням із завідувачем кафедри ПМ і ТКМ кваліфіковані викладачі відповідних кафедр, бажано ті, хто проводив навчання студентів із цих дисциплін. В окремих випадках, з дозволу завідувача кафедри ПМ і ТКМ, керівники випускних кваліфікаційних робіт можуть бути консультантами не тільки із загальної і спеціальної частин, а й із інших частин кваліфікаційної роботи; для цього можуть призначатися також висококваліфіковані спеціалісти і наукові працівники інших організацій та підприємств (об'єднань, фірм). Консультанти перевіряють відповідну частину виконаної студентом роботи, виставляють свою оцінку і свій підпис у календарному плані студента.

У ході виконання кваліфікаційної роботи студент співпрацює з керівником проекту і консультантами окремих розділів проекту. Кожна з названих сторін має свої обов'язки.

Студент зобов'язаний:

- працювати над дипломним проектом (роботою) відповідно до завдання та календарного графіку;
- регулярно відвідувати консультації, призначені керівником та консультантами;
- реагувати на зауваження та пропозиції керівника і консультантів;
- дбати про прийняття науково і технічно обґрунтованих рішень;
- ставити до відома керівника у випадку неможливості протягом якогось часу працювати над проектом (роботою);
- оформити ПЗ та ГЧ на високому технічному рівні.

Керівник проекту (роботи) зобов'язаний:

- своєчасно видати студенту завдання до дипломного проектування;
- оприлюднити графік консультацій та забезпечити його виконання;
- корегувати роботу студента для запобігання непродуктивних витрат часу;
- оперативно перевіряти виконану студентом роботу;
- контролювати виконання студентом роботи над проектом (роботою) згідно з календарним графіком.

Консультанти проекту (роботи) допомагають в успішному та своєчасному виконанні таких розділів: теплотехнічна частина; обладнання та засоби механізації відділення (цеху); автоматизація технологічних процесів; економічна частина; охорона праці та навколишнього середовища.

Консультант зобов'язаний:

- перед дипломуванням видати студенту тему завдання розділу;
- оприлюднити графік консультацій та забезпечити його виконання;

- контролювати календарний графік роботи над розділом і своєчасно інформувати керівника проекту у випадку його невиконання;

- надавати студентові консультативну допомогу і створювати умови для того, щоб студент максимальною мірою самостійно виконував проект (роботу);

- рекомендувати студентові методичну, наукову періодичну, наукову, довідникову літературу для вирішення завдання розділу.

Завідувач кафедри ПМ і ТКМ та декан інженерного факультету регулярно контролюють хід виконання кваліфікаційної роботи, вживають необхідних заходів для забезпечення виконання роботи відповідно до календарного графіку, здійснюють необхідний методичний інструктаж викладачів.

Керівники і консультанти випускних кваліфікаційних робіт повинні всебічно стимулювати ініціативний, творчий підхід студентів до вирішення поставлених завдань.

Для забезпечення більш строгого контролю самостійності виконання кваліфікаційної роботи, виконання її, як правило, ведеться в університеті з наданням студентові місця в аудиторії дипломного проектування або на кафедрі ПМ і ТКМ. З дозволу завідувача кафедри кваліфікаційна робота може виконуватися на підприємстві (об'єднанні) або у науково-дослідному інституті.

За прийняті у випускній кваліфікаційній роботі рішення і за достовірність усіх даних відповідає студент – автор випускної роботи. Студент має право не погодитися з рекомендаціями консультанта або керівника і відстоювати прийняті у кваліфікаційній роботі рішення при захисті в Державній екзаменаційній комісії (ДЕК).

4 ПОРЯДОК ДОПУСКУ СТУДЕНТА ДО ЗАХИСТУ ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Після перевірки і схвалення кваліфікаційної роботи, підписаної студентом і консультантами, керівник роботи підписує роботу, пише відгук і подає кваліфікаційну роботу завідувачу кафедри. Відгук повинен містити характеристику виконаної роботи з усіх її частин і загальну оцінку роботи. Після цього не можна вносити ніяких виправлень і доповнень у пояснювальну записку і графічну частину. Форма відгуку подана в додатку Е.

Завідувач кафедри ПМ і ТКМ на основі цих матеріалів вирішує питання про допуск студента до захисту, роблячи про це відповідний надпис на кваліфікаційній роботі і календарному плані роботи студента. У випадку, якщо завідувач кафедри не вважає можливим допустити студента до захисту кваліфікаційної роботи, це питання вирішується на засіданні кафедри за участю керівника випускної кваліфікаційної роботи. Протокол засідання кафедри ПМ і ТКМ подається через деканат інженерного факультету на затвердження ректору СумДУ.

Студент допускається до захисту випускної кваліфікаційної роботи тільки у випадку повного виконання всіх вимог, що висуваються до випускної роботи відповідного кваліфікаційного рівня за спеціальністю «Прикладне матеріалознавство».

Дата захисту студентом кваліфікаційної роботи у Державній екзаменаційній комісії встановлюється наказом по університету й оголошується кафедрою не пізніше ніж за місяць до початку її роботи.

5 РЕЦЕНЗУВАННЯ ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Кваліфікаційна робота, допущена кафедрою до захисту, направляється завідувачем кафедри на рецензію. Склад рецензентів затверджується деканом інженерного факультету за поданням завідувача кафедри ПМ і ТКМ із фахівців виробництва і наукових установ. Рецензування кваліфікаційних робіт доручається висококваліфікованим спеціалістам, відомим своїми роботами або практичним досвідом у галузі матеріалознавства та термічної обробки. Як рецензенти можуть залучатися також професори і викладачі інших вищих навчальних закладів освіти або даного університету, якщо вони не працюють на випусковій кафедрі.

За результатами вивчення кваліфікаційної роботи і співбесіди зі студентами фахівець пише рецензію. У ній він у довільній формі повинен висвітлити ряд обов'язкових питань у певній послідовності. Форма рецензії подана в додатку Ж.

Декан інженерного факультету знайомить з рецензією завідувача кафедри, студента-випускника і направляє кваліфікаційну роботу з рецензією до ДЕК для захисту.

6 ЗАХИСТ ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Захист кваліфікаційних робіт може відбуватися у дві стадії: попередній захист та захист перед Державною екзаменаційною комісією. Попередній захист відбувається на засіданні кафедри для перевірки ступеня готовності робіт та з навчальними цілями. До заходів, пов'язаних із захистом кваліфікаційних робіт, входять: створення ДЕК, розроблення графіків захисту, організація рецензування випу-

ських кваліфікаційних робіт і організація власне захисту кваліфікаційних робіт.

Порядок захисту кваліфікаційних робіт відповідного рівня визначається розробленим та затвердженим Положенням СумДУ.

Персональний склад членів ДЕК затверджується ректором СумДУ не пізніше ніж за місяць до початку роботи комісії. Графік роботи комісії затверджується ректором СумДУ.

До захисту кваліфікаційних робіт допускаються студенти, що виконали всі вимоги навчального плану і програм. Списки студентів, допущених до захисту кваліфікаційних робіт, подаються до ДЕК деканом факультету. Розклад роботи ДЕК, погоджений з головою комісії, затверджується проректором із навчальної роботи за поданням декана інженерного факультету і доводиться до загального відома не пізніше ніж за місяць до початку захисту кваліфікаційних робіт. Тривалість засідання ДЕК не повинна перевищувати 6 годин на день. У ДЕК до початку захисту випускних кваліфікаційних робіт подаються всі обов'язково регламентовані необхідні документи. До ДЕК можуть бути подані й інші матеріали, що характеризують наукову та практичну цінність виконаної кваліфікаційної роботи, - друковані статті з теми роботи, документи, які свідчать про практичне застосування роботи, матеріали, зразки виробів, дипломи і грамоти, якими відзначені роботи студента-випускника з теми роботи, і т. ін.

Захист випускних кваліфікаційних робіт визначається оцінками «відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно». При визначенні оцінки роботи береться до уваги рівень наукової й практичної підготовки студента. Оцінка випускної кваліфікаційної роботи і рішення про присвоєння відповідної кваліфікації виносяться за результатами захисту роботи перед ДЕК, відгуку керівника роботи та ре-

цензії на роботу й оголошуються в той самий день після оформлення протоколів засідання ДЕК. Студенту, який здав екзамени з дисциплін, що вивчаються, з оцінкою «відмінно» не менше ніж 75% усіх дисциплін навчального плану, а з решти дисциплін – з оцінкою «добре» та який захистив кваліфікаційну роботу з оцінкою «відмінно», видається диплом з відзнакою.

Рішення про оцінки, присвоєння кваліфікації і видачу диплома (з відзнакою чи без відзнаки) приймаються ДЕК на закритому засіданні відкритим голосуванням більшості членів комісії, що брали участь у засіданні. При рівній кількості голосів вирішальним є голос голови ДЕК.

У тих випадках, коли захист кваліфікаційної роботи визнається незадовільним, ДЕК встановлює, чи може студент подавати до повторного захисту ту саму роботу з доробкою, яка визначається комісією, чи зобов'язаний розробляти нову тему, яку встановлює кафедра ПМ і ТКМ. Допуск до повторного захисту та продовження строку навчання студентів, що не захистили кваліфікаційної роботи з поважних причин (документально підтверджених), вирішується ректором СумДУ у встановленому порядку.

Захист кваліфікаційних робіт відбувається у спеціально підготовленій аудиторії для захисту. Перед початком кожного захисту голова ДЕК оголошує список студентів, які захищають кваліфікаційні роботи, і черговість захисту.

Оголошений головою ДЕК студент представляє на підрамнику графічну частину кваліфікаційної роботи, секретар ДЕК передає пояснювальну записку і регламентовані документи голові ДЕК, після чого він надає слово студентові для доповіді.

У доповіді тривалістю до 15 хвилин дипломник стисло формулює цілі і завдання дипломного проекту (роботи), характеризує проєктований або досліджуваний об'єкт, методику дослідження, формулює основні проєктні рішення і

результати розрахунків або досліджень, їх економічне обґрунтування. У процесі доповіді дипломник може використовувати весь ілюстративний матеріал і заздалегідь підготовлені тези доповіді.

Доповідь рекомендується починати з короткого викладу завдання на проектування, отриманого студентом. Після цього, уникаючи переказу загальновідомих положень, що містяться у вступній частині дипломної записки, студент робить повідомлення про те, як ним виконане дипломне завдання. Таке повідомлення найзручніше робити в тій послідовності, в якій розміщені на стенді креслення, виконані студентом. Характеризуючи кожне з креслень, студент відзначає переваги обраної ним технології чи матеріалу перед іншими, зазначає, що нового він вніс у даний технологічний процес, планування і т.д.

Характеризуючи план цеху, потрібно зазначити, який принцип покладено в основу планування, які новини запропоновані в плані, які переваги ці новини мають у технічних і економічних відношеннях. Рекомендується уникати докладного опису руху деталі по цеху або повного опису всього технологічного процесу обробки виробу, тому що цей опис займає багато часу, тоді як більшість елементів технології загальновідома. Слід вказати лише на нові елементи в технології.

Викладаючи рішення, прийняті при проектуванні печей та іншого обладнання, студенту слід за короткою характеристикою принципу дії печі, механізму і т. д. відзначити те прогресивне, що закладене в даному проекті.

Якщо студентом запроектована цілком сучасна конструкція якої-небудь печі або іншого обладнання, але не внесено нічого нового ні в розрахунок, ні в креслення, він повинен у своєму повідомленні зазначити, чому ним віддана перевага цій, а не іншій конструкції.

Загальні вимоги поведінки студента під час захисту такі:

1 Студент, який захищається, повинен звертатися до креслень, розміщених за ним, тільки в тому разі, коли йому (обернувшись) потрібно показати на них яку-небудь деталь, при цьому стояти обличчям до комісії.

2 Указка повинна знаходитися на столі перед студентом або в руках у нього, користуватися нею потрібно тільки в тому випадку, якщо потрібно вказати на ту чи іншу деталь креслення.

3 Різноманітні експонати (наприклад, об'єкти дослідження, нові вироби, над термообробкою яких дипломник працював на переддипломній практиці; моделі, зроблені студентом, і т. п.) слід передавати тільки голові комісії, а не кому-небудь іншому.

4 Студенту дозволяється користуватися під час повідомлення короткими тезами, складеними ним, і цифровими даними, але бажано звертатися до них якомога рідше.

Після того як студент закінчить своє повідомлення, він відповідає на запитання голови і членів комісії. Голова і члени ДЕК повинні ставити запитання як, правило, що безпосередньо стосуються до теми даного дипломного проекту (роботи) і що мають достатньо важливе значення для захисту. Проте вони мають право поставити будь-яке запитання за фахом. Загальна тривалість захисту одного проекту (роботи), як правило, не повинна перевищувати 45 хвилин.

Після відповідей на запитання виступає керівник дипломного проекту (роботи) з короткою характеристикою дипломника і його роботи (або оголошується відгук керівника, якщо він відсутній на захисті). Потім виступає рецензент або оголошується його рецензія. На завершення слово надається дипломнику для відповіді на зауваження керівника і рецензента. Оскільки студент ознайомлений з

рецензією на його проект до засідання ДЕК, він має нагоду продумати свої відповіді на зауваження, що містяться в рецензії. Відповіді повинні бути короткими і по суті. Якщо дипломник згоден з усіма зауваженнями рецензента, він відповідає на запитання голови і повідомляє про це комісії. На цьому захист дипломного проекту (роботи) вважається завершеним.

За Положенням захист кожного дипломного проекту (роботи) протоколюється в спеціальній книзі. До протоколів вносять оцінки дипломного проекту (роботи), записують поставлені дипломнику запитання, рішення про практичну цінність проекту (роботи) і рекомендації про доцільність упровадження проектних пропозицій, особливі думки і т.п. У протоколі зазначається привласнена кваліфікація, а також який диплом (з відзнакою або без відзнаки) видається тому, хто закінчив вищий навчальний заклад. Кожен протокол підписують голова і члени ДЕК, що брали участь у засіданні.

Після завершення публічного захисту всіх передбачених графіком дипломних проектів (робіт) проводиться закрите засідання ДЕК, на якому обговорюються результати захисту, оцінюється робота студентів, що захищали проекти, дається висновок про реальність проектів, вирішується питання про те, кого рекомендувати до аспірантури.

Після закритої наради знову відкривається публічне засідання, голова ДЕК оповіщає результати захисту, оголошує рішення ДЕК про присвоєння кваліфікації і видачу диплома (з відзнакою або без відзнаки), зачитує рекомендації до аспірантури, робить зауваження про результати захисту проектів (робіт), поздоровляє тих, хто закінчив університет, і оголошує подальший порядок роботи ДЕК.

Рішення ДЕК про присвоєння відповідної кваліфікації студентам, які захистили ВКР, оголошується наказом по ВНЗ, після чого ректор СумДУ або уповноважена ним особа в урочистій обстановці вручає дипломи.

Після завершення роботи ДЕК голова комісії складає звіт і у двотижневий термін подає його ректорові ВНЗ. У звіті голови ДЕК повинні бути показані рівень підготовки фахівців; якість виконання ВКР; відповідність тематики ВКР сучасному станові науки, техніки, культури і запитам виробництва; характеристика знань студентів і недоліки в підготовці студентів з окремих дисциплін. У звіті також даються рекомендації з подальшого вдосконалення підготовки фахівців. Звіт голови ДЕК обговорюється на засіданні кафедри ПМ і ТКМ та ради інженерного факультету.

7 КОНКУРСИ ВИПУСКНИХ КВАЛІФІКАЦІЙНИХ РОБІТ

Для підвищення якості підготовки фахівців, стимулювання розроблення в кваліфікаційних роботах питань, що потребують наукових досліджень та в яких зацікавлені підприємства й організації, практикується проведення конкурсів кваліфікаційних робіт.

Кращі кваліфікаційні роботи кафедра ПМ і ТКМ подає конкурсній комісії згідно з існуючими вимогами для участі в конкурсах як внутрішньоуніверситетських, так і міжвузівських. Переможці конкурсів відзначаються згідно з їх умовами.

8 ЗАГАЛЬНІ ЗАУВАЖЕННЯ ЩОДО ВИКОНАННЯ ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У процесі роботи над ВКР студент повинен проявити максимум ініціативи і самостійності у вирішенні технічних завдань, особливо при роботі над спеціальною частиною проекту.

Незважаючи на наявність керівника і консультантів, ВКР повинна бути самостійною роботою студента, за яку він несе відповідальність перед Державною екзаменаційною комісією, тому що на підставі ВКР ДЕК вирішує питання про те, чи гідний випускник звання фахівця високої

кваліфікації. Випускник, вирішуючи всі питання самостійно, користується довідковою, технічною та іншою спеціальною літературою, у добиранні якої керівник надає допомогу.

Як правило, керівник може порадою запобігти можливості помилок у проєкті та полегшити роботу дипломника над літературою, але дипломник не повинен зловживати цим, тому що керівник, даючи відгук на дипломний проєкт, зобов'язаний при його оцінці врахувати ініціативність і ступінь самостійності дипломника.

З іншого боку, дипломник не повинен під приводом самостійної роботи над проєктом уникати зустрічей з керівником. Навіть у тому випадку, коли йому все здається зрозумілим і у нього немає запитань, він зобов'язаний щотижня зустрічатися з керівником у години консультацій для звіту про виконану роботу. Інакше керівник може знайти грубі помилки у проєкті лише в кінці терміну проєктування, коли на виправлення їх вже не буде часу, і тоді оцінка проєкту керівником буде різко занижена, а студент може бути не допущений до захисту проєкту.

Календарний план роботи студента над дипломним проєктом повинен складатися так, щоб виконання не залежних один від одного етапів роботи йшло паралельно або з частковим перекриттям, а залежних - у правильній послідовності. Виконання окремих, не залежних один від одного етапів роботи намічається в графіку паралельним для того, щоб студент мав нагоду урізноманітнити працю. Це зумовить меншу стомлюваність і врешті-решт вищу продуктивність праці і кращу якість роботи. Крім того, при паралельній роботі над двома або більше розділами проєкту зменшується ймовірність виникнення затримок у роботі над проєктом, пов'язаних із можливими відраженнями або вимушеною відсутністю кого-небудь із консультантів. Використання запозичених з літератури даних без вказівки джерела неприпустимо і розглядається як плагіат.

9 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО СКЛАДУ, ОБСЯГУ ТА РОЗДІЛІВ ВИКОНАННЯ ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ РІВНЯ «СПЕЦІА- ЛІСТ» (ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ)

9.1 Етапи, обсяг та графік виконання дипломного проекту

Офіційним документом на дипломне проектування є завдання, яке оформляється на бланку, підписується керівником проекту, студентом і затверджується завідувачем кафедри (додаток Б). До його складу входять тема проекту, вихідні дані, зміст пояснювальної записки та графічної частини, календарний графік роботи над проектом (роботою), термін підготовки проекту (роботи) до захисту. Графік роботи над проектом є важливою складовою завдання і його дотримання обов'язкове. Якщо з'ясується, що студент суттєво відстає від календарного графіка і своєчасний захист проекту перед ДЕК стає неможливим, кафедра розглядає питання про доцільність продовження ним роботи над проектом (роботою).

Тривалість дипломного проектування – три місяці. Орієнтовний розподіл бюджету на виконання дипломного проекту: виробничо-технологічна частина – 30 %; спеціальна частина – 15 %; теплотехнічна частина – 15 %; механіко-технологічне обладнання – 10 %; автоматизація технологічних процесів термічної обробки – 5 %; економічна частина – 15%; охорона праці і навколишнього середовища – 6 %.

Графік виконання етапів дипломного проекту наведено в таблиці 9.1.

Дипломний проект (робота) складається з пояснювальної записки та графічної частини.

Обсяг ПЗ дипломних проектів – до 90 сторінок рукописного тексту, дипломних робіт – до 80 сторінок.

У ПЗ у стислому вигляді наводяться всі дані, необхідні для розуміння змісту проекту (роботи). Вони супроводжуються схемами, графіками, рисунками, таблицями, діаграмами, ескізами, формулами, розрахунками.

Таблиця 9.1 – Графік виконання етапів дипломного проекту

Назва етапу	Примірна кількість календарних днів на етап	Питома вага етапу, %	Відсоток сумарного виконання, %
1 Вступ	0,5	1	1
2 Виробничо-технологічна частина	27	30	31
2.1 Характеристика та умови експлуатації виробів, вимоги до матеріалів	2	3	3
2.2 Номенклатура виробів та маршрутна технологія їх виготовлення	5	5	8
2.3 Характеристика матеріалів виробів	3	4	12
2.4 Вибір і техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу термічної обробки	7	8	20
2.5 Вибір та розрахунки кількості обладнання	5	5	25
2.6 Розроблення плану дільниці (відділення, цеху) та вантажопотоків	3	3	28
2.7 Технічний контроль, попередження та усунення браку	2	2	31
3 Спеціальна частина	14	15	46
4 Теплотехнічна частина	14	15	61
5 Механіко-технологічне обладнання	9	10	71
6 Автоматизація технологічних процесів термічної обробки	5	5	76
7 Економічна частина	14	15	91
8 Охорона праці та навколишнього середовища, протипожежні заходи	5	6	97
9 Висновки	0,5	1	98
10 Список використаної літератури	0,5	1	99
11 Додаток	0,5	1	100
Усього	90	100	

До складу ПЗ входять:

- титульний аркуш (на бланку);
- завдання (на бланку);
- реферат;
- зміст;
- вступ;
- основна частина;
- висновки;
- список літератури;
- додатки.

Основна частина дипломних проектів ПЗ складається з таких розділів:

- виробничо-технологічної частини;
- спеціальної частини;
- теплотехнічної частини;
- механіко-технологічне обладнання відділення (цеху);
- автоматизації технологічних процесів термічної обробки;
- організаційно-економічної частини;
- охорона праці та навколишнього середовища.

Зміст кожного розділу наведено в підрозділах цього навчального посібника.

Основна частина дипломних робіт істотно відрізняється від основної частини дипломних проектів. Вимоги до цієї частини робіт наведено нижче.

ГЧ є невід'ємною складовою дипломного проекту (роботи). Обсяг ГЧ у проектах – 8, а в роботах – 6 аркушів формату А1. Бажано, щоб стрижнем у ГЧ до дипломних проектів були матеріали спеціальної частини. Для цього у ГЧ наводяться дані про вибір матеріалу для виробу, графік термічної обробки (ТО), хіміко-термічної обробки (ХТО), таблиці з різноманітними даними про властивості матеріалів тощо. Нижче наводяться дані про зміст ГЧ дипломних проектів:

- план виробничої дільниці (відділення, цеху);
 - робочі креслення типових виробів;
 - обґрунтування вибору матеріалу для виробу;
 - графік теплової обробки виробу;
 - можливі види дефектів виробів та засоби їх запобігання та усунення;
 - методи підвищення експлуатаційної стійкості, конструкційної міцності виробу;
 - аналіз причин виходу з експлуатації виробів і напрями з підвищення відмовостійкості виробів;
 - результати досліджень або довідкових даних про вплив різних факторів на структуру і властивості матеріалу виробу;
 - креслення основного обладнання для теплової обробки виробів, вузли цього обладнання;
 - креслення допоміжного та додаткового обладнань дільниці (відділення, цеху) теплової обробки виробів (установки для приготування контрольованих атмосфер, обладнання для дробоструминного наклепу, обладнання для гартування, засоби механізації основного обладнання тощо);
 - пристосування для теплової обробки виробів, проведення контрольних операцій;
 - функціональна схема автоматизації обладнання.
- Остаточний зміст ГЧ дипломних робіт визначається керівниками робіт.

9.2 Реферат

Реферат призначено для ознайомлення зі змістом проекту. Він має бути стислим, інформативним і містити відомості про доцільність проекту. На початку реферату потрібно зазначити цифрові дані про обсяг пояснювальної записки, кількість ілюстрацій, таблиць, додатків, використаної літератури. Текст реферату повинен відображати основні технологічні, конструктивні, техніко-економічні характеристики і показники. У кінці реферату наводять ключові

слова, що є визначальними для розкриття суті проекту. Перелік ключових слів містить від 5 до 15 слів (словосполучень), що виділяють великими літерами в називному відмінку в рядок через кому.

Зразок реферату наведено в додатку И.

9.3 Вступ

Остаточний варіант вступу рекомендовано складати після завершення роботи над проектом. Тут необхідно визначити мету проекту, обґрунтувати його тему, актуальність та новизну, відмітити призначення проекту та найбільш оригінальні і прогресивні проектно-технологічні рішення.

Актуальність проекту слід пов'язувати з необхідністю підвищувати якість, експлуатаційну надійність деталей машин, механізмів, що підлягають термічній обробці або заміні матеріалу.

Новизна проекту порівняно з базовим варіантом може полягати, наприклад, у зміні річної програми виробництва, використанні прогресивних технологічних процесів, матеріалів і нового обладнання, уніфікації марок сталей, заходів, що поліпшують умови праці та ін.

Таким чином, вступ у стислій формі повинен відображати сутність виконуваного проекту.

9.4 Виробничо-технологічна частина (загальні вимоги)

Цей розділ є одним з основних у проекті. Його мета – вибір матеріалу для деталей, розроблення найбільш оптимальних варіантів режимів термічної обробки, вибір і розрахунок необхідної кількості обладнання, виробничих площ, енергоносіїв і допоміжних матеріалів. Тому цей розділ пояснювальної записки поділяють на кілька підрозділів.

9.4.1 Характеристика та умови експлуатації виробів, вимоги до матеріалів

У даному підрозділі ПЗ необхідно навести ескізи представників груп виробів. Основну увагу необхідно приділити призначенню виробів та умовам їх експлуатації. Описати вузли (конструкцію), до складу яких входять вироби, їх функціональне призначення. Навести дані про те, з якими виробами вони контактують, характер взаємодії.

На вибір матеріалів та технології виготовлення виробів головним чином впливають умови їх експлуатації. Тому необхідно описати:

- діючі у виробках напруження (статичні, динамічні, знакозмінні, циклічно-змінні, симетричні (асиметричні), нормальні, дотичні, контактні тощо). За наявності даних навести величини діючих напружень;

- описати напружений стан та розподіл напружень у виробках (одновісний розтяг, двовісне стиснення, всебічне стиснення, напруження рівномірно розподілені, зосереджені і т.п.);

- температурно-часові параметри експлуатації (температура постійна кімнатна, низька (мінусова), висока, циклічно-змінна в певних межах тощо);

- середовище експлуатації (повітря, масло, пари масла, масляний туман, вода, розчини солей (лугів, кислот), мастильно-охолоджувальна рідина, гази, продукти згорання палива і т. п.);

- тривалість експлуатації виробу (короткотривала, довготривала, задана кількість годин або циклів навантаження до виходу з ладу тощо);

- характер зносу (корозійний, корозійно-ерозійний, абразивний, кавітаційний, від контактної втоми, від адгезії, від проходження фретінг-процесу);

- основні види і характер руйнування виробів (статичний, динамічний, від втоми, від контактної втоми, від зносу, від перевантаження, від корозії);

- наслідки виходу виробу з експлуатації (руйнування вузла або конструкції, втрата часу на заміну та наладку, порушення нормальної роботи механізму тощо).

При аналізі форми та геометрії виробу відмітити: наявність концентраторів напружень, їх вплив на розподіл напружень; наявність ділянок з різними товщинами та площею поперечного перерізу, їх вплив на деформацію виробів при термічній обробці, на процеси їх нагрівання та охолодження. Якщо виріб складається з кількох матеріалів, описати характер з'єднання (зварене, паяне, пресове) і його вплив на характер руйнування та надійність виробу.

На підставі проведеного аналізу умов роботи і можливих причин дострокового виходу виробу з ладу сформулювати вимоги до матеріалу. Після цього вибрати групу матеріалів (сплави жароміцні, сталі конструкційні пружинні, сталі корозієстійкі, сплави на основі титану, сталі конструкційні цементовані, сплави на основі алюмінію, деформовані порошкові матеріали, композитні матеріали тощо), які найбільшою мірою забезпечують працездатність, надійність, довговічність виробу.

9.4.2 Номенклатура виробів та маршрутна технологія їх виготовлення

Номенклатура – це перелік виробів, які обробляються у виробничому підрозділі, що проектується. У дипломному проекті розглядаються 2-4 групи однотипних за умовами експлуатації та вимогами до матеріалів виробів. Для розроблення технології теплової обробки виробів, вибору обладнання для виробничого підрозділу необхідно мати креслення (ескізи) до кожного виробу із даними про форму, розміри, масу та основні вимоги до матеріалу. Ці дані за групами виробів заносять до табл.9.2.

Таблиця 9.2 – Номенклатура виробів

Назва виробу	Матеріал виробу	Маса виробу, кг	Розміри виробу, мм				Вимоги до матеріалу
			b	l	h	d	
Група різальних інструментів							
Група штампових інструментів							
Група вимірювальних інструментів							

На основі вихідних даних вирішити питання щодо ефективного методу виготовлення виробів (литтям, куванням, з використанням порошкових матеріалів, гарячим штампуванням, пресуванням, різанням із прокату, з використанням технології композитних матеріалів тощо). Вибрати вид теплової обробки, який забезпечить отримання заданих властивостей, надійність та довговічність виробів при роботі.

Усе це дозволяє розпочати розроблення маршрутної технології виготовлення виробів. Вона являє собою рух виробів по цехах та дільницях заводу із зазначенням операцій, які там виконуються. Операції можуть повторюватися, але мати різне призначення, режими і забезпечувати отримання різної форми, розмірів, структури в процесі виготовлення виробів. Наприклад, механічна обробка, термічна обробка можуть бути попередньою, проміжною, завершальною. Маршрутна технологія може налічувати десятки та сотні операцій залежно від матеріалу та геометрії виробу, і в її формуванні беруть участь спеціалісти всіх цехів, у яких обробляється виріб. У ПЗ необхідно навести спрощену модель схеми маршрутної технології. Вона оформляється у вигляді таблиці, в якій наводиться послідовність виконання основних операцій, цех або дільниця, які виконують дану операцію та її основне призначення. У табл.9.3 як приклад наведено схему маршрутної технології виготовлення зубчатого колеса із термічно поліпшованої сталі. Згідно з цією схемою теплова обробка повторюється тричі, але кожна з них має своє призначення.

Таблиця 9.3 - Схема маршрутної технології виготовлення зубчатого колеса із поліпшованої марки сталі

Назва операції	Цех (дільниця), в якому виконується операція	Призначення операції
1 Різання заготовок	Заготівельний цех, дільниця ковальського цеху, дільниця механічного цеху	Отримання заготовки для виконання операції штампування
2 Гаряче штампування	Ковальський цех (відділення)	Надання необхідної форми та створення сприятливої макроструктури (волокна розміщені по контуру зуба)
3 Попередня термічна обробка штамповок	Термічне відділення ковальського або термічного цеху	Усунення перегрівання, пониження твердості для поліпшення обробки різанням, зняття напружень
4 Механічна обробка	Механічний цех	Надання деталі попередніх форм та розмірів
5 Основна термічна обробка	Термічний цех (відділення)	Надання матеріалу необхідних структури, механічних та експлуатаційних властивостей
6 Завершальна механічна обробка	Механічний цех	Доведення форми, розмірів та шорсткості поверхні виробів до заданих робочим кресленням
7 Додаткова термічна обробка	Термічна дільниця механічного цеху	Зняття залишкових напружень розтягування, наведених шліфуванням

У ПЗ наводяться схеми маршрутних технологій для одного із виробів кожної групи. При розробленні схем маршрутних технологій інших виробів операції, як правило, будуть дещо іншими і розмішуватимуться в іншій послідовності.

9.4.3 Характеристика матеріалів виробів

У дипломному проекті матеріали для виробів, як правило, не вибираються, а приймаються згідно з робочими кресленнями. У той самий час заміна матеріалу можлива,

якщо дипломник вважає за необхідне замінити матеріал і обґрунтує заміну з технічної та економічної точок зору.

Для використаних матеріалів наводяться дані про хімічний склад, механічні властивості у стані постачання, рекомендовані режими термічної обробки та властивості матеріалів після термічної обробки.

Обов'язкове посилання на джерела інформації. Властивості у стані постачання характеризують технологічні властивості матеріалу.

Детально аналізується вплив компонентів (у межах вмісту в матеріалі) на структуру, механічні, фізико-хімічні, експлуатаційні та технологічні властивості, на надійність та довговічність виробу. Наприклад, у сталі 08X18T1 розглядається вплив хрому на положення критичних точок A_3 та A_4 , фазовий склад, корозійну стійкість, електрохімічний потенціал, окалиностійкість, властивості фериту. А у сталі 40X, наприклад, аналізується вплив хрому на загартовуваність та прогартовуваність, схильність сталі до росту аустенітного зерна, на положення температур критичних точок A_1 та A_3 , стійкість пререохолодженого аустеніту, температуру гарту та відпуску, на твердорозчинне та карбідне зміцнення, відпускну крихкість.

Наводяться політермічні діаграми стану відповідних сплавів і на їх основі розглядаються структурні перетворення при термічній обробці. Діаграми ізотермічного та термокінетичного перетворень високотемпературних твердих розчинів використовують для прогнозування структур та властивостей матеріалів. Характеризуються структурні класи матеріалів, наприклад, у рівноважному та нормалізованому станах.

Із урахуванням того, що при виготовленні виробів використовують різноманітні технології, необхідно повною мірою охарактеризувати технологічні властивості матеріалів: прогартовуваність, гарячу та холодну пластичність,

схильність до зварювання, обробки різанням, шліфування, ливарні якості.

Для подальшого розроблення режимів та технології термічної обробки необхідно навести дані про критичні точки, температури розчинення карбідів, інтерметалідів.

Вихідна інформація для вибору режимів та розроблення технології термообробки – це дані про властивості матеріалів після різних варіантів термічної обробки. Тому бажано навести довідкові дані про вплив, наприклад, температури гарту на розмір аустенітного зерна, кількість залишкового аустеніту, твердість сталі, стійкість мартенситу до відпуску тощо.

В окремих вузлах машин необхідно зберігати постійні зазори в широкому інтервалі температур експлуатації. Для матеріалів таких вузлів навести довідкові дані про значення коефіцієнтів лінійного термічного розширення.

Корисними також будуть відомості про вплив на структуру та властивості матеріалів різних технологічних методів: мікролегування, порошкової металургії, направленої кристалізації, поверхневої та об'ємної пластичних деформацій, дифузійного покриття і т. ін.

9.4.4 Вибір і техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу термічної обробки

Вибираючи технологічний процес термічної обробки деталі, рекомендовано розглянути два - три можливі варіанти й обрати найоптимальніший як з економічного погляду, так і з метою забезпечення найбільш високих службових властивостей.

Обраний процес термічної обробки (ТО) має бути перспективним і характеризуватися, наприклад, одним із таких прогресивних рішень:

- застосуванням швидкісних методів нагрівання (індукційного, газополуменового, методом електроопору, в «киплячому шарі» тощо);

- використанням тепла від попередніх операцій (відпалювання чи нормалізація безпосередньо після лиття, кування чи прокатки, гартування з цементаційного нагрівання, самовідпуск тощо);

- застосуванням підвищених чи понижених температур під час хіміко-термічної обробки;

- застосуванням більш активних насичувальних середовищ та засобів їх активації під час хіміко-термічної обробки;

- використанням під час нагрівань та охолоджень захисних середовищ для попередження окиснення і знеуглецювання;

- застосуванням заходів, що попереджують утворення тріщин, зменшують деформацію під час термічної обробки;

- заміною масел різних марок водними розчинами полімерів чи заміною традиційних карбюризаторів полімерними;

- використанням системи автоматизованого проектування, комп'ютерних методів під час проектування тощо.

Перелічені та подібні їм позиції можна детально розробити і подати в спеціальній частині дипломного проекту.

За будь-яких умов під час розроблення технологічного процесу необхідно враховувати:

- тип виробництва (масове, серійне, одиничне);

- річну виробничну програму термічної обробки;

- показники виробів, що підлягають термічній обробці (їх масу, форму, розміри);

- хімічний склад матеріалів, обраних для виготовлення деталей;

- вимоги, що забезпечують отримання необхідних властивостей виробів.

Під час дипломного проектування технологічний процес рекомендовано розробляти на типових представниках,

тобто на окремих деталях - представниках групи виробів, що близькі за своєю масою, розмірами, трудомісткістю і режимами обробки. Усього в дипломному проекті потрібно розробити 30-60 деталей, обрати й охарактеризувати які необхідно під час переддипломної практики.

Вибираючи технологічний процес термічної обробки, визначити основні операції (нагрівання та охолодження), додаткові (очищення виробів, правка тощо), допоміжні (контроль режимів, якості тощо). При цьому необхідно чітко визначити місце кожної операції у загальному технологічному циклі. Послідовність виконання операцій для кожної деталі оформляють у вигляді технологічних карт. У дипломному проекті рекомендовано навести приклад оформлення технологічної карти для обробки однієї - двох деталей.

Після визначення основних технологічних процесів термічної обробки (відпалювання, нормалізація, поліпшення, цементування тощо) переходять до розроблення конкретних режимів окремих операцій з точним визначенням часу (швидкості) нагрівання, температури нагрівання, часу витримки, часу (швидкості) охолодження тощо. Ці параметри встановлюють залежно від марки матеріалу та його хімічного складу, вихідної структури та структури і властивостей, які належить отримати після термічної обробки.

Температуру нагрівання сталей, сплавів, чавунів установлюють з урахуванням критичних точок і виду термічної обробки. Визначаючи температуру нагрівання, необхідно користуватися довідниками [3-6].

Швидкість нагрівання до заданої температури з економічної точки зору повинна бути максимальною. Однак це не завжди допустимо (наприклад, для масивних виробів чи високолегованих сталей, враховуючи небезпечність утворення тріщин, деформацію).

Швидкість (час) нагрівання виробів під час термічної обробки залежить від великої кількості змінних факторів, вплив яких не завжди можна повністю врахувати. Так, тривалість нагрівання залежить від зовнішніх умов теплопередачі, теплового балансу між металом, що нагрівається, і зовнішнім середовищем, від фізичних властивостей металу, розмірів садки, перерізу виробів, способу укладки виробів, температури нагрівання тощо. Швидкість нагрівання лімітується термічними напруженнями, що виникають під час нагрівання у зв'язку з різницею температур на поверхні і в центрі деталі, що нагріваються. Чим масивніша деталь і чим нижча теплопровідність металу, тим більш нерівномірним стає нагрівання.

Таким чином, технологія термічної та хіміко-термічної обробки – це складові частини технологічного процесу виготовлення виробу, яка забезпечує отримання заданої структури, механічних, експлуатаційних властивостей, якості виробів. При розробленні технології термічної обробки обґрунтовано здійснюється вибір розробки методу технологічного процесу.

9.4.4.1 Вибір основних і додаткових операцій технологічного процесу. До основних операцій необхідно віднести відпал, нормалізацію, спікання, гарт, гомогенізацію, відпуск, старіння, обробку холодом, різні види поверхневого зміцнення, наприклад, хіміко-термічну обробку (ХТО) виробів (цементацию, нітроцементацию, азотування, борування тощо), гарт після нагрівання СВЧ, плазмового та лазерного нагрівання.

До додаткових операцій необхідно віднести промивання виробів від масел та солей; очищення поверхні виробів від окалини травленням, гідропіскоструминним, дробоструминним очищенням, галтуванням; захист поверхні виробів від хіміко-термічної обробки (міднення, лудіння, нанесення обмазок і т. ін.); рихтування.

9.4.4.2 Розроблення режимів основних та додаткових операцій термічної обробки. При цьому необхідно:

- здійснити вибір температур нагрівання і розрахунки тривалості нагрівання, швидкості нагрівання й охолодження для основних операцій термообробки;
- при розробленні режимів ХТО необхідно визначити склад робочого середовища, режим і метод його подачі для забезпечення заданих концентрацій та глибини шару;
- визначити режими додаткових операцій, склад робочого середовища, температуру, тривалість, зусилля, швидкість, розмір частинок тощо.

9.4.4.3 Розроблення технологічних прийомів для забезпечення необхідної якості виробів:

- нагрівання виробів у захисній атмосфері для запобігання окисненню та зневуглецюванню. Їх використання (ендогаз, екзогаз, азотоводнева суміш, азот, аргон, вакуум) виключає наступне очищення від окалини, дозволяє економити матеріали, енергію, працю;
- використання ступінчастого охолодження, охолодження у ваннах, на повітрі для зменшення рівня залишкових напружень;
- використання при швидкому охолодженні виробів пресів, машин, штампів, оправок для зменшення деформації.

9.4.4.4 Вибір основного, додаткового та допоміжного обладнань, засобів механізації, оснащення, приладів. Ці заходи забезпечують виконання передбачених режимів, прискорюють процес обробки, підвищують продуктивність праці, а також зменшують трудомісткість обробки виробів: гартувальні баки, холодильні установки, мийні машини, піско- і дробоструминні апарати, травильні та гальванічні ванни, установки для одержання контрольованих атмосфер, преси для рихтування і т. ін.

9.4.4.5 Контроль технологічних режимів та якості виробів. Правильно розроблений всебічний контроль попереджає отримання браку і дає можливість визначити якість продукції. Він передбачає:

- вхідний контроль виробів для визначення їх матеріалів, геометрії, розмірів, відсутності поверхневих дефектів та тріщин;

- контроль параметрів технологічних процесів, до яких відносять температуру, склад робочого середовища, тиск, витрати технологічних речовин, тривалість;

- контроль властивостей матеріалів виробів на різних етапах технологічного процесу;

- контроль макро- та мікроструктури для визначення характеру зламу, величини зерна, кількості залишкового аустеніту, розмірів, форми та характеру розміщення карбідів, наявності карбідної сітки, глибини знеуглецьованого шару та ін.;

- вихідний контроль виробів для визначення властивостей матеріалу, відповідності властивостей та геометрії технічним вимогам креслення, відсутності внутрішніх та поверхневих дефектів.

Після розроблення режимів усіх операцій термічної обробки (основних, додаткових, допоміжних) необхідно опрацювати питання післяопераційного контролю технологічних режимів та якості продукції. Під час дипломного проектування цей розділ потрібно розширити і виділити окремо.

Контроль технологічних процесів передбачає:

- контроль температурних режимів за допомогою приладів, що вимірюють, регулюють та записують температуру. До цієї групи належать виконавчі механізми автоматичного регулювання подачі електроенергії, палива, повітря;

- контроль складу середовища та інтенсивності його циркуляції у робочому просторі за допомогою газоаналізаторів, приладів контролю точки роси, приладів для визначення ступеня дисоціації аміаку тощо;

- контроль тривалості операцій для обладнання періодичної та безперервної дії (реле часу, апаратура світлової, звукової сигналізації, регулятори швидкості для механізмів переміщення);

- використання мікропроцесорної техніки.

Крім основних операцій термічної обробки, в технології повинні бути додаткові та контрольні операції, від яких також залежать властивості та якість продукції. Причому для контрольних операцій необхідно визначити їх склад та місце в технологічному процесі.

Контроль якості виробів після термічної обробки потрібно передбачити як на виробничій ділянці, так і у відділі технічного контролю. При цьому необхідно зазначити види контролю механічних та фізичних властивостей деталей, контроль їхніх розмірів, товщини зміцненого шару, наявності тріщин та інших дефектів, а також обрати засоби, прилади, методику контролю, встановити відсоток деталей, що підлягають контролю. Детальне розроблення цих питань також можна виділити в окрему частину дипломного проекту.

Таким чином, при термічній обробці повинна виконуватися маршрутна технологія, яка оформляється у вигляді карти технологічного процесу. Вона складається або для певного виробу, або на певний технологічний процес для заданої групи виробів.

До карти технологічного процесу входять дані про основні операції термічної обробки із зазначенням режимів нагрівання та охолодження; додаткові операції (очищення, промивання, рихтування) з наведенням даних про склад середовищ, температури, тривалості обробки; обладнання для виконання операцій; технологічне оснащення та кількість виробів у садці; методи та прилади контролю виробів. Карту технологічного процесу певного виробу наведено в табл. 9.4.

Контроль виробництва здійснюється в двох напрямках: контроль технологічного процесу (за операціями та устаткуванням); контроль якості готової продукції (після термообробки).

Визначення кількості потрібних приладів у цехах масового і великосерійного виробництв здійснюється за нормативами збільшеної продуктивності.

У пояснювальній записці необхідно описати організацію роботи з контролю якості виробів, прийняті засоби і прилади контролю (твердоміри, прилади для визначення фізичних, зокрема, механічних властивостей, аналіз металографії і т. д.), відомості, що характеризують відсоток деталей, що піддаються контролю. Орієнтуватися слід на галузеві дані, а також на доцільність 100 % контролю якості деталей сучасними методами неруйнівного контролю.

При виборі усіх операцій термічної обробки необхідно керуватися тим, щоб технологія забезпечувала високу якість продукції, була високопродуктивною, матеріало- та ресурсозберігаючою.

Використання, наприклад, нітроцементації порівняно із цементацією в газовому середовищі дозволяє в 1,3-1,5 рази зменшити тривалість процесу, тому що необхідні властивості виробів досягаються при глибині шару 0,5-0,7 мм (при цементації 0,8-1,1 мм). Пониження температури нітроцементації до 840-860°C (при цементації 900-950°C) забезпечує більш дрібні зерно та мартенсит. Це дозволяє підвищити міцність (σ_T , $\sigma_{0,2}$), ударну в'язкість серцевини, а також зносостійкість поверхневого шару.

Гарт після нагрівання СВЧ характеризується високою продуктивністю порівняно з об'ємним гартом, тому що нагрівання триває секунди (десятки секунд). Короткі витримки, крім того, забезпечують високу чистоту поверхні виробів, практичну відсутність окислення та знеуглецювання, мінімальну деформацію. Такі вироби, як стрижні, полоси, кутники, дрiт, доцільно наскрізно нагрівати прямим пропусканням змінного струму низької напруги та великої сили.

Використання сучасних методів поверхневого зміцнення – іонного азотування, цементації у вакуумі дозволяють у кілька разів збільшити швидкість процесу порівняно з традиційними методами газового азотування та цемента-

ції. Вони використовуються в умовах масового виробництва.

Розглянемо більш детально обсяг і послідовність виконання вимог, зазначених у підрозділах 9.4.4.1 – 9.4.4.5.

Після вибору основних операцій термічної обробки необхідно обґрунтувати їх режими. Режими термічної обробки характеризують такі параметри: температуру та час нагрівання, швидкість нагрівання, тривалість ізотермічної витримки, швидкість (середовище) охолодження. Режим відображається графіком термічної обробки в координатах "температура-час". Правильно виконаний вибір основних параметрів режиму термообробки забезпечує отримання заданої структури, властивостей та якості виробів при відповідних видах обробки – відпалі, гомогенізації, спіканні, дифузійному насиченні, гарті, відпуску, старінні тощо.

При обґрунтуванні швидкості нагрівання необхідно враховувати, що високолеговані сплави сталі мають низьку теплопровідність і тому у виробках при нагріванні можуть виникати додаткові (термічні) напруги, які разом із залишковими напругами призведуть до деформації або утворення тріщин.

Вибір температур нагрівання і розрахунки основних операцій термообробки

При виборі оптимальних температур нагрівання необхідно знати температури повного розчинення фаз, критичних точок сплавів, фактичні температури нагрівання, які рекомендовано довідковою літературою для певних операцій термообробки. Це дає можливість кваліфіковано пояснити сутність перетворень при нагріванні та фазовий склад матеріалу при ізотермічній витримці.

У багатьох випадках тривалість ізотермічної витримки необхідно обґрунтувати та розрахувати. При хіміко-термічній обробці вона необхідна для отримання заданої глибини шару, при гомогенізації – для розчинення карбідів, інтерметалідів, усунення хімічної неоднорідності (ліквациї) і т. п.

Швидкість охолодження, а також температура та тривалість ізотермічної витримки. при відпалі, ізотермічному перетворенні, ступінчастому та ізотермічному гартуванні вибирається на основі ізотермічних, термодинамічних діаграм, довідкових даних, результатів дослідження конкретних матеріалів.

Загальна тривалість нагрівання деталей $\tau_{\text{заг}}$ складається з часу нагрівання до заданої температури $\tau_{\text{н}}$ і часу витримки при цій температурі $\tau_{\text{в}}$, тобто

$$\tau_{\text{заг}} = \tau_{\text{н}} + \tau_{\text{в}}.$$

Під час гартування, як правило, беруть

$$\tau_{\text{в}} = 1,5\tau_{\text{н}}.$$

Для виробів із перерізом до 100 мм час нагрівання, $\tau_{\text{н}}$, хв., становить

$$\tau_{\text{н}} = k_1 k_2 V/F = k_1 k_2 W, \quad (9.1)$$

де k_1 - коефіцієнт нагрівального середовища, хв/см;

k_2 - коефіцієнт рівномірності нагрівання; V - об'єм виробу, см^3 ; F - площа поверхні виробу, см^2 ; W - геометричний показник виробу, см.

Дані про k_1 , k_2 , W наведено в табл. 9.5-9.7.

Під час нагрівання виробів разом із пристроями, в яких вони знаходяться, чи піддонами, розрахунковий час нагрівання потрібно збільшувати на 20-30%.

Другий спосіб розрахунку простіший, але менш точний (не враховують матеріал, форму виробів).

Час нагрівання, $\tau_{\text{н}}$, хв, становить

$$\tau_{\text{н}} = 1/60k_1'k_2D, \quad (9.2)$$

де k_1' - коефіцієнт, що залежить від умов нагрівання і форми перерізу виробу, с/мм (табл.9.8); k_2 - коефіцієнт рівномірності нагрівання (табл. 9.6); D - діаметр (товщина) виробу, мм.

Формули, таблиці (як, наприклад, табл.9.9) для розрахунків часу нагрівання і часу витримки під час термічної обробки не завжди дозволяють отримати точні результати. Тому потрібно вводити відповідні корективи під час обробки дослідної партії виробів.

Таблиця 9.5 - Значення коефіцієнта k_1 залежно від нагрівального середовища

Матеріал	Температура нагрівання, °C	Нагрівальне середовище	Коефіцієнт k_1 , хв/см
Сталь вуглецева	750-900	Повітря	40
		Продукти горіння	35
		Розплав солей	10
Сталь легована	750-900	Те саме	45
			40
			13
Сталь високолегована (швидкорізкальна)	800-900	Розплав солей	10
	1200-1300	Розплав солей	5

Таблиця 9.6 - Значення коефіцієнта k_2 залежно від розміщення виробів у печі

Розміщення виробів у печі	Переріз виробів	
	круглий	квадратний
Нагрівання з усіх сторін	1,0	1,0
Окремі вироби на поді	1,2	1,4
На поді з відстанями між виробами більше двох сторін квадрата (діаметра)	1,3	1,8
На поді з малими відстанями між виробами	1,4	2,2
На поді суцільним шаром	2,0	4,0

Для орієнтовних підрахунків у виробничій практиці інколи використовують такі норми нагрівання виробів на 1 мм перерізу: у разі нагрівання у полумєневих (газових) печах - 1 хв, в електропечах - 1,5-2,0 хв, у соляних ваннах - 0,5 хв.

Таблиця 9.7 - Формули для визначення геометричного показника виробу W

Форма виробу	Формула для розрахунку	Розмір деталі, см
Куб	$a/6$	a - ребро куба
Куля	$d/6$	d - діаметр кулі
Циліндр суцільний	$\frac{Dl}{4l + 2D}$	D - зовнішній діаметр; d - внутрішній діаметр;
Циліндр порожнистий (кільце)	$\frac{(D - d)l}{4l + 2(D - d)}$	l - довжина циліндра
Пластина прямокутна	$\frac{abl}{2(ab + al + bl)}$	a - ширина пластини; b - товщина пластини; l - довжина пластини

Таблиця 9.8 – Коефіцієнт k_1 , с/мм, для визначення τ_n за формулою (9.2)

Температура нагрівання, °С	Нагрівальне середовище	Переріз виробів		
		Круглий	Квадратний	Прямокутний
800	Повітря	40-50	50-60	60-75
	Продукти горіння	42-60	52-75	65-94
	Розплав солей	12-15	15-18	18-22
900	Продукти горіння	30-48	37-60	46-75
1300	Розплав солей	6-8	8-10	10-12

Формули (9.5) і (9.6) можна використовувати під час розрахунку часу нагрівання τ_n , виконуючи операції відпалювання, нормалізації, гартування, а також при нагріванні до заданої температури у разі хіміко-термічної обробки.

Однак час витримки при відпалюванні значно більший і може досягати десятків годин. Рекомендації з розрахунків тривалості нагрівання та витримки під час відпалювання наведено в [7].

Таблиця 9.9 - Час нагрівання τ_n і час витримки τ_b , хв, для вуглецевої сталі у разі нагрівання в стаціонарних умовах

Переріз деталі, мм	Гартування				Відпуск			
	Камерна газова піч		Соляна ванна		Камерна газова піч		Соляна ванна	
	τ_n	τ_b	τ_n	τ_b	τ_n	τ_b	τ_n	τ_b
25	20	5	7	3	25	10	10	5
50	40	10	14	8	50	15	25	6
75	60	15	24	12	75	20	35	9
100	80	20	33	17	100	25	45	12
125	100	25	40	20	125	30	55	14
150	120	30	50	25	160	40	65	15
175	140	35	55	30	175	45	70	20
200	160	40	65	35	200	50	90	20

Таблиця 9.10 - Орієнтовні норми тривалості нагрівання сталевих виробів

Обладнання	Температура нагрівання, °С	Тривалість нагрівання на 1 мм діаметра (товщини) виробу, с	
		Вуглецева сталь	Легована сталь
Газова піч	800-900	60-70	65-80
Електрична піч	770-820	60-65	70-75
	820- 880	50-55	60-65
Соляна ванна	770-820	12-14	18-20
	820-880	10-12	16-18
	1240-1310	6-8	8-10
Свинцева ванна	770-820	6-8	8-10
	820-880	5-7	7-8

У табл.9.11 подано емпіричні формули для визначення часу підігрівання та часу кінцевого нагрівання інструмента під час гартування, в табл. 9.12 - коефіцієнти для цих розрахунків.

Співвідношення витримок при підігріванні до 500 та 800 °С та при кінцевому нагріванні для гартування інструмента з швидкорізальних сталей складає 3:2:1 відповідно, при підігріванні до 1050-1100 °С і кінцевому нагріванні - 1:1.

Таблиця 9.11 - Час підігрівання та час кінцевого нагрівання інструменту для гартування

Вид інструменту	Час підігрівання τ , хв, до температури		Час кінцевого нагрівання, τ , хв
	500-600 °С	800-850 °С	
Мітчики, розвертки, свердла, круглі протяжки та інший стрижневий інструмент	$\tau = bD$	$\tau = cD$	$\tau = aD$
Фрези, насадні розвертки та зенкери, що мають $(D-d)/2 < h$	$\tau = d \frac{D-d}{2}$	$\tau = c \frac{D-d}{2}$	$\tau = a \frac{D-d}{2}$
Фрези, що мають $(D-d)/2 > h$, круглі плашки, молоткові шта- мпи та штампи для холодного деформування сталі	$\tau = bh$	$\tau = ch$	$\tau = ah$
Круглі протяжки з легованої сталі для нагрівання в електро- печі	$\tau = (d+4)b$	-	$\tau = d+4$

Примітка. D - діаметр різальної частини інструмента, мм; d - діаметр внутрішнього отвору (якщо він є, наприклад, у плашці), мм; h — висота (товщина), мм; a, b, c - коефіцієнти, наведені у табл. 9.12

Таблиця 9.12 - Значення коефіцієнтів a , b , c , хв/мм, для розрахунків тривалості підігрівання та часу кінцевого нагрівання інструмента

Марка сталі	Коефіцієнт	Тип печі	
		соляна ванна	піч періодичної дії
Вуглецева	a	0,10-0,17; 0,30-0,35 (без підігрівання)	0,7-0,8; 1,2-1,5 (без підігрівання)
	b	0,10 (свинець, без підігрівання)	1,4-2,5
Легована	a	0,15-0,20	1,0-1,2
	b	0,30-0,40	1,4-2,5
Високохромиста (X12M,X12)	a	0,17-0,18	0,4-0,5
	b	0,30-0,40	1,4-2,5
	c	0,30-0,35	0,8-1,1
Швидкорізальна (P9,P18,P6M5)	a	0,9-0,12	0,25

Час ізотермічної витримки виробів τ_b , хв, під час кінцевого нагрівання для гартування в соляних ваннах можна визначити орієнтовно за такими емпіричними формулами: для заєвтектоїдних вуглецевих та низьколегованих сталей

$$\tau_b = 1 + 0,6Cr + 0,4W + 3V; \quad (9.3)$$

для високохромистих сталей

$$\tau_b = 0,2Cr + 0,5W + V + Mo; \quad (9.4)$$

для швидкорізальних сталей

$$\tau_b = 0,08W + 0,2V + 0,15Mo, \quad (9.5)$$

де Cr, W, V, Mo - вміст у сталі цих елементів, % за масою.

У табл. 9.13 наведено обчислені за формулами (9.3-9.5) дані τ_b для деяких сталей, що нагрівають для гартування в соляних ваннах. Емпіричні формули (9.3 - 9.5) і табл. 3.11 дозволяють орієнтовно визначити тривалість ізотермічної витримки виробів під час кінцевого нагрівання для гартування в соляних ваннах.

Таблиця 9.13 - Час витримки τ_v в соляних ваннах при температурах під час гартування деяких сталей

Сталі	Марка сталі	Температура гартування, °С	Час витримки τ_v , хв
Вуглецеві та низьколеговані	45,50	820-850	1,0
	У7, У8А	820	1,0
	У10А, У12А	800	1,0
	40Х, 50Х	850	1,5
	9ХС	850... 875	2,6-1,7
	ХВГ	840	1,0
	ХВСГ	870	2,1
	ШХ15	845	1,9
Високохромисті	Х12Ф1	1070	3,2
	Х12М	1070	3,1
	Х6ВФ	1010	2,5
Швидкорізальні	Р18, Р18Ф	1250	2,3
	Р18Ф2К5	1275	1,7
		1290	1,3
	Р12	1245	1,3
	Р9, Р9К5	1210	1,7
	Р9К10	1230	1,1
		1240	0,7
	Р6М5, Р6М5К5, Р6М3	1210	2,1

Тривалість витримки в електричних печах при температурі відпуску нижче 300°С визначають із розрахунку 120 хв + 1 хв на 1 мм умовної товщини; при 300-400°С - 20 хв + 1 хв на 1 мм умовної товщини; при температурах вище 400°С - 10 хв + 1 хв на 1 мм умовної товщини.

Тривалість витримки в соляних ваннах при температурі відпуску нижче 300°С становить 120 хв, при 300-400°С - 15-25 хв; при температурах вище 400°С - 3 хв + 0,4 хв на 1 мм умовної товщини [8].

Тривалість відпуску призначають з урахуванням властивостей, які потрібно отримати, і розмірів виробів (об'єму садки). Деякі дані для розрахунку тривалості відпуску наведено в [9], [10], [11]. Тривалість низькотемпературного

відпуску для зниження напружень, стабілізації структури та розмірів наведено в табл. 9.14.

Таблиця 9.14 - Тривалість витримки при температурі 180-200°C

Температура відпуску, °C	Товщина (діаметр) виробів, мм				
	до 10	10-20	20-40	40-60	60-80
180-200	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6

Тривалість нагрівання під час відпуску можна визначити з урахуванням геометричного показника виробу W (табл.9.15).

Таблиця 9.15 - Залежність тривалості нагрівання при відпуску від співвідношення $W = V/F$

Температура відпуску, °C	Середовище нагрівання	Відношення $W=V/F$	Тривалість нагрівання, хв
100	Масло	0,5	14
		1,0	23
		1,5	32
200	Масло	0,5	14
		1,0	23
		1,5	32
300	Масло	0,5	11
		1,0	18
		1,5	24
	Сіль	0,5	8
		1,0	14
		1,5	19
450	Сіль	0,5	2,5
		1,0	6
		1,5	10
600	Сіль	0,5	1,4

Примітки: 1 Тривалість нагрівання в газових печах при температурах 300-600 °C має бути збільшена порівняно з нагріванням у соляній ванні в 4 - 5 разів, в електропечах - у 5 - 6 разів.
2 Відпуск при температурі нижче 300 °C виконувати у печах не рекомендовано

Час витримки τ_b під час хіміко-термічної обробки залежить від ряду факторів: температури процесу, складу насичувального середовища, марки сталі, її вихідної структури тощо. Його визначають, виходячи з товщини дифузійного шару, яку потрібно отримати за технічними умовами.

Так, здебільшого товщина дифузійного шару під час цементування валів, осей та інших деталей має становити 15% від діаметра виробу, якщо вміст вуглецю в сталі менше 0,17 %, і 5-9%, якщо вміст вуглецю в сталі більше 0,17%. За існуючими рекомендаціями товщина цементованого шару шестерен із модулем зубу, що дорівнює 3-4 мм, для сталі 18ХГТ становить 0,9-1,3 мм, для шестерен зі сталі 30ХГТ з таким самим модулем зубу вона повинна бути 0,7-0,9 мм. Орієнтовні дані для визначення τ_b при газовому цементуванні, нітроцементуванні та азотуванні наведено в табл. 9.16 і 9.17. Більш точні відомості можна знайти в [3, 5, 6].

Таблиця 9.16 - Середня швидкість газового цементування та нітроцементування за різних температур

Глибина шару, мм	Швидкість процесів, мм/год					
	Цементування			Нітроцементування		
	900°C	925°C	950°C	860°C	930°C	950°C
До 0,5	0,45	0,55	0,75	0,20	0,40	0,50
0,5-1,0	0,30	0,40	0,55	0,15	0,30	0,40
1,0-1,5	0,20	0,30	0,40	0,12	0,20	0,30
1,5-2,0	0,15	0,20	0,25	-	-	-
2,0-2,5	0,12	0,15	0,20	-	-	-

Таблиця 9.17 - Середня швидкість газового азотування за різних температур

Товщина шару, мм	Швидкість процесу, мм/год		
	500 °С	550 °С	600 °С
До 0,2	0,020	0,040	-
0,2-0,4	0,015	0,030	0,06
0,4-0,6	0,010	0,020	0,03
0,6-0,8	-	0,015	0,02

Час охолодження τ_{ox} при гартуванні (формула (9.6)) можна визначити, якщо знати швидкість охолодження, але остання сама змінюється під час процесу.

У загальному вигляді час охолодження τ_{ox} під час гартування обчислюють за формулою

$$\tau_{ox} = \frac{t_{гарт} + 500}{V_{ox}} + \frac{500 - 20}{V_{ox} / 4}, \quad (9.6)$$

де $t_{гарт}$ – температура нагрівання для гартування; V_{ox} – швидкість охолодження виробу в обраному охолоджувальному середовищі (визначають за номограмою Блантера [12]).

Обґрунтування та розрахунок необхідної кількості обладнання. Вибір типу обладнання для термообробки виробів визначається характером виробництва, технологічним процесом, геометрією та розмірами виробів.

При дрібносерійному виробництві рекомендується універсальне немеханізоване обладнання: камерні та шахтні печі, печі-ванни. При масовому та багатосерійному виробництві необхідно вибрати високопродуктивне механізоване обладнання безперервної дії, у т. ч. і агрегати: рольгангові, конвеєрні, штовхальні, барабанні, з пульсуючим по-

дом, агрегати із печами-ваннами для термічної обробки інструментів. Це збільшує продуктивність праці, зменшує виробничу площу, скорочує чисельність працівників, знижує собівартість продукції, скорочує до мінімуму ручну працю.

Розрахунок виробничої програми. Основою для розрахунку виробничої програми термічного підрозділу (цеху, відділення, дільниці) служать виробничі програми цехів заводу, продукція яких підлягає обробці в проектованому термічному підрозділі. У завданні на проектування номенклатура й обсяг продукції, що підлягає обробці, як правило, виражаються збільшеними або навіть непрямыми показниками, **наприклад, 200 тис. т сортового прокату або 600 тис. автомобілів на рік.** На основі цих збільшених показників виробляється подетальний розрахунок виробничої програми. Так, наприклад, проектуючи термічний цех для обробки деталей автомобілів, необхідно визначити номенклатуру належних термообробці деталей, кількість деталей кожного виду для укомплектовування одного автомобіля з урахуванням потреби в запасних частинах і розрахувати загальну потребу в термічно оброблених деталях кожного виду для виконання виробничої програми заводу з випуску автомобілів. Проектуючи термічне відділення або ділянку в прокатних, трубопрокатних або калібрувальних цехах, необхідно диференціювати зазначений у завданні загальний обсяг продукції, що підлягає термообробці за марками сталі, профілем і розміром прокату.

В умовах машинобудівних заводів масового і великосерійного виробництва розрахунок виробничої програми виконується по кожному виду оброблюваних виробів. Якщо номенклатура деталей достатньо широка, то вони мо-

жуть бути згруповані в технологічні групи за спільністю технологічних маршрутів та іншими ознаками. У цьому випадку у виробничій програмі зазначаються тільки типові представники кожної групи, на які розроблятиметься технологічний процес, а кількість виробів і їх загальна маса проставляються в цілому по групі.

Рекомендовані форми подання виробничої програми для різних типів виробництв наведені в табл. 9.18-9.20.

На основі виробничої програми і розробленого технологічного процесу вибирається обладнання, розраховується його кількість, здійснюється планування.

Опис умов експлуатації деталей і технічні умови на термічну обробку. В описі виробів або деталей, що піддаються термічній обробці в проектованому об'єкті, необхідно зазначити стадію виготовлення (поковки, напівфабрикати, готові вироби і т. д.), їх призначення, умови, в яких вони працюють, і відповідно вимоги, що ставляться до них: механічні властивості, втомна міцність, зносостійкість, стійкість проти корозії, жароміцність, жаростійкість і т.п. Крім того, може виникнути необхідність в аналізі вимог з технологічності деталей або виробів при різних видах подальшої обробки (наприклад, штампувальні, оброблювання різанням, кування, прогартовуваності). На підставі зазначених вимог вибирається матеріал і визначається мета термічної обробки виробів або деталей.

Таблиця 9.18 - Виробнича програма термічного підрозділу (подетальний розрахунок)

Назва деталі	Матеріал	Кількість деталей на один виріб, шт	Маса, кг		Річний випуск					
			однієї деталі	на виріб	тис. шт.			тонн		
					основної	запчастини	всього	основної	запчастини	всього
Муфта ковзаюча	40X	4	3,4	13,6	2000	500	2500	6800	1700	8500
Фіксатор синхронізатора	15X	4	0,05	0,05	500	100	600	25	5	30
... і т.д.										
Разом					5400	1600	7000	12500	2400	14900

Таблиця 9.19 - Виробнича програма термічного підрозділу (розрахунок за типовими представниками)

Технологічна група деталей	Деталь-представник	Матеріал	Розміри, мм	Маса деталі, кг	Річний випуск	
					штук	тонн
Зубчаті колеса	Зубчаті колеса	30X ГСА	∅ 15,5 x 3,7	0,016	500000	8
Осі	Вісь відомої шестерні	15X	∅ 20 x 18,1	0,090	600000	54
... і т.д.						
Разом					9600000	384

Таблиця 9.20 - Виробнича програма термічного підрозділу з обробки прокату

Найменування прокату	Марка сталі	Розміри, мм			Маса одного метру, т	Річний випуск	
		товщина	ширина (діаметр, сторона квадрату)	довжина		тонн	тис. м (8 : 7 : 1000)
Сталь кутова різнобока	40Х	8	100	6200	0,0126	44000	3492
Сталь смугова ... і т.д.	ст. 3 сп.	10	100	6000	0,0079	38000	4810
Разом						150000	165000

Вибір матеріалів (марки сталі, чавуну та ін.)

Матеріал для деталей, виробів, інструменту і т.п. вибирається з обов'язковим урахуванням певних положень:

1 Умов експлуатації, а саме: характеру прикладання навантаження (статичне, динамічне, знакопостійне, знакозмінне, контактне, рівномірно розподілене і т. д.) і його максимальної величини; характеру напруг (розтягування, вигин, стиснення, скручування, динамічні ударні навантаження) і т.д.; температурних умов роботи (постійні або змінні інтервали); наявності агресивного середовища (кислотне, лужне, газове); типу тертя (ковзання, кочення) і характеру зносу.

2 Механічних властивостей і, в першу чергу, поєднання високих меж втомлюваності і циклічної в'язкості, що забезпечує надійну і тривалу роботу даного виробу.

3 Технологічних і структурних особливостей: загартовуваності і прогартовуваності у робочих поєднаннях; стійкості аустеніту в процесах теплової дії і характеру перетворень (при безперервному охолодженні та в умовах ізотермічної витримки); схильності до знеуглецювання, окиснення і зростання зерна при тривалому нагріванні; оброблюваності на різних стадіях формоутворення (оброблювання різанням, шліфувальність, штампувальність і т. д.).

4 Особливостей конструкції, що забезпечують мінімальне викривлення і протидію до утворення тріщин (відсутність концентратів напруг - надрізів, гострих кутів і т. п.).

5 Економічних міркувань: вартості, мінімального змісту легуючих добавок, особливо дефіцитних; необхідності селектування окремих елементів (вуглець та ін.); умов поставки відповідно до ГОСТів або галузевих нормативів (спеціальних ТУ).

Марки матеріалу вибираються для групи виробів (деталей), що працюють в однакових умовах, до яких ставляться однакові вимоги за властивостями.

При обґрунтуванні вибору марки сталі або сплаву необхідно дати короткий огляд вітчизняної і зарубіжної літератури з цього питання. Марка сталі повинна вибиратися на основі критичного підходу до застосовуваних на виробництві сталей і даних технічних вимог. Після обґрунтованого вибору марки сталі дається опис дії легуючих елементів у межах марочного складу вибраної сталі. Аналіз впливу легуючих елементів ведеться з урахуванням подальшої термічної обробки сталі. Потім приводиться повний хімічний склад вибраної марки сталі, її механічні властивості, структура після термообробки і т. п. Ці дані вносяться в таблицю (табл. 9.19).

При виборі і призначенні вуглецевих сталей (наприклад, сталі 40 або 45 і т. д.) слід віддати перевагу застосуванню сталей з пониженим вмістом вуглецю, як менш підвладної деформаціям і утворення тріщин при гартуванні (охолоджуванні у воді).

При використанні легованих сталей вплив легуючих елементів слід враховувати в тій мірі, в якій вони впливають на властивості при розтягуванні, ударному вигині, а також на прогартовуваність.

Вибір сталі для виготовлення точних деталей машин і приладів слід здійснювати тільки із забезпеченням мінімальних або закономірних деформацій при термообробці.

Із сталей одного і того самого хімічного складу слід віддати перевагу застосуванню сталі, що вакуумується, потім сталі, одержаній електрошлаковою переплавною або рафінованою синтетичним шлаком. Основна мартенівська сталь містить велику кількість сірки (приблизно 0,04%), газових і неметалевих введень, що викликає неоднорідність властивостей, що спричиняє за собою нестабільність

«поведінки» сталі в умовах різних технологічних процесів і, зокрема, при термообробці.

Із зростанням зерен підвищується прогартовуваність і як наслідок збільшується брак із деформації; тому при призначенні конструкційної сталі слід вибирати дрібнозернисту сталь (розмір зерна 7-8 балів). У разі застосування нової марки матеріалу, замість заданої в кресленні деталі або виробу, слід навести порівняння за такими показниками: хімічним складом (легуючі елементи, селектування, умови поставки та ін.); фізичними властивостями (наприклад, теплопровідність, критичні точки); технологічними властивостями при термічній обробці і суміжних операціях формоутворення (прогартовуваність, штампувальність, оброблюваність різанням та ін.).

У ряді випадків матеріал на металопрокат (наприклад, залізничні рейки, колеса, підшипникові труби), виробу (наприклад, різальний або мірительний інструмент, ресори) або деталі (наприклад, деталі підшипників кочення, колінчасті вали) передбачений діючим стандартом і дипломник позбавлений можливості вибирати або пропонувати новий матеріал. У цих випадках дипломник зобов'язаний зазначити стандарт, що обумовлює матеріал, обґрунтувати, чому саме дана марка матеріалу, а не інша, передбачена стандартом, зіставити вітчизняну стандартну марку матеріалу з аналогічними зарубіжними стандартними матеріалами, описати дію основних елементів у межах марочного складу, навести повний хімічний склад, механічні властивості і структуру в стані поставки та після термообробки і т.п. Ці дані теж вносяться в таблицю (табл. 9.21).

Проектування режимів і технології термічної обробки. При виборі технологічного процесу термічної обробки рекомендується опрацювати ряд варіантів (у тому числі промислову) з визначенням техніко-економічних показників. Студент повинен вибрати раціональні, найдосконаліші способи термообробки, що забезпечують одержання у ви-

робі високих властивостей і одночасно спрощують, скорочують або здешевлюють процеси термообробки.

Рекомендується керуватися такими прогресивними напрямками:

1) використання залишкової теплоти попередньої операції, наприклад, теплоти операцій гарячого формоутворення (кування, штампування, лиття, плющення, зварювання та ін.) для операцій подальшої термообробки (відпал, нормалізація, гартування, ВТМО);

2) спадкоємність операцій структурної зміни з використанням теплоти попередніх операцій, наприклад, цементації і нітроцементації для безпосереднього гарту і т.д.;

3) застосування швидкісних методів нагрівання на основі: створення великого перепаду температур між нагрівальним пристроєм і виробами (наприклад, нагріваючи газокисневим полум'ям, в електроліті, секційних печах швидкісного нагрівання), концентрації великої кількості електроенергії в металі, що нагрівається (наприклад, індукційний нагрів у полі струмів високої або промислової частоти, контактний – нагрівання опором);

4) лазерна поверхнева обробка;

5) використання підвищених температур нагрівання для прискорення операцій структурного перетворення і дифузійних процесів;

6) застосування спеціальних заходів для зменшення деформацій на завершальних стадіях термообробки: проведення попередньої термообробки (нормалізації, відпалу та ін.) при температурах, що небагато перевищують температуру завершальної обробки (цементация і т. п.); підстигання цементованих виробів перед гартуванням (охолодженням); охолодження при гартуванні в гарячішому ізотермічному середовищі (нагріте масло, розплави селітри або лугів, псевдозріджений шар та ін.); охолодження нагрітих виробів складної конфігурації в затискних пристосуваннях (штампи, валки та ін.) і т.п.;

Таблиця 9.21 - Хімічний склад і властивості сталі

Марка сталі	Склад сталі у % (мас)									Режим обробки зразків за ГОСТом або ТУ	Механічні властивості зразків					Структура зразків	ГОСТ
	C	Mn	Si	P	S							σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %	φ , %		

7) інтенсифікація процесів за допомогою дії активізаторів, наприклад: ультразвуку для охолодження (при гартуванні) та очищення поверхневих забруднень; магнітного поля для охолодження при відпуску, наприклад, інструмент з швидкорізальної сталі та ін.;

8) застосування середовищ нагрівання і охолодження, що запобігає окисненню і зневуглецюванню: газові штучні атмосфери і вакуум; розплави солей, лугів, легкоплавких шлаків; псевдозріджений шар з твердих сипких частинок (корунд та ін.) з продуванням газами;

9) заміна трудомістких процесів хіміко-термічної обробки (азотація, цементація та ін.) швидкісним гартуванням;

10) застосування комбінованої обробки (ВТМО, НТМО та ін.);

11) заміна масел різних марок водними розчинами полімерів;

12) заміна традиційних карбюризаторів полімерами, температури деструкції яких відповідають температурам хіміко-термічної обробки.

Для підвищення експлуатаційної міцності деталей слід застосовувати й інші, окрім термічних, методи поверхневого зміцнення, наприклад, дробострумінний наклеп, накатку роликми.

У практиці проектування, зокрема дипломного, залежно від масштабу виробництва і величини номенклатури оброблюваних виробів, прийнято три методи розроблення технологічного процесу: подетальне розроблення; розроблення за типовими представниками окремих груп деталей, аналогічних за складністю і трудомісткістю; розроблення за узагальненими показниками.

Подетальне розроблення технологічного процесу застосовується при проектуванні термічних цехів масового і великосерійного виробництв із стійкою програмою обме-

женої номенклатури оброблюваних виробів. У цьому випадку на основі специфікації і креслень деталей, а також ГОСТів і ТУ, розробляють відомість маршруту (послідовності) операцій для всіх деталей заданої програми з подальшим уточненням параметрів кожної запроєктованої операції.

Розроблення технологічного процесу за **типовими представниками** характерне для серійного виробництва з відносно великою і малостійкою номенклатурою виробів і деталей, наприклад, у загальному машинобудуванні, виробництві турбін, верстатів. У цьому випадку складання маршрутної відомості технологічного процесу розробляється не за кожною деталлю або виробом, а за типовими «представниками» технологічно однорідних груп деталей, аналогічних за складністю, масою, трудомісткістю і процесом обробки із застосуванням такої методики розрахунку:

- креслення деталей кожного виробу за заданою програмою групують за масою і складністю обробки на основі об'єднання технологічно подібних марок матеріалу;

- з кожної групи деталей програми вибирають типові деталі - «представники», які характеризують особливості всіх деталей даної групи. Загальна маса «представників» повинна становити не менше 50% маси деталей даної групи. Для «представників» розробляють маршрутну відомість технологічного процесу за операціями з подальшим уточненням їх параметрів.

Застосування **узагальнених показників** при розробленні технологічного процесу може бути рекомендоване тільки в одиничному або дрібносерійному виробництві з широкою і нестійкою номенклатурою виробів, а також для обробки виробів всередині заводського споживання (деталі ремонтного обладнання, оснащення і т. п.). Узагальнені показники складаються за даними роботи передових заво-

дів, типовими проектами, за нормами технологічного проектування та інших джерел.

Якщо в дипломному проекті передбачається велике число процесів термічної обробки, то на додаток до виробничої програми після вибору технологічного процесу термічної обробки робиться розподіл річної програми за операціями термічної обробки (табл. 9.22 і 9.23) для визначення обсягу обробки з кожної операції технологічного процесу. Такі таблиці є продовженням таблиці «Виробнича програма».

Форми табл. 9.22, 9.23 складені стосовно умов машинобудівного заводу і повинні бути уточнені з додаванням або виключенням відповідних операцій щодо конкретного проектованого технологічного процесу. Після заповнення таблиць підбиваються підсумки за графами загальної та операційної програм, після чого визначаються показники проектованого технологічного процесу - кратність нагрівання і кратність загальної обробки.

Кратність нагрівання визначається як частка від розподілу суми підсумкових даних з усіх нагрівальних операцій (графи 6-10 у табл. 9.22 і графи 8-15 у табл.9.23) до річного випуску (графа 2 в обох таблицях).

Кратність загальної обробки визначається як частка від розподілу суми підсумкових даних з усіх нагрівальних і додаткових операцій (графи 6-13 у табл. 9.22 і графи 8-19 у табл. 9.23) до річного випуску (графа 2 в обох таблицях).

Прогресивність запроектованого технологічного процесу визначається відношенням кратності загальної обробки до кратності нагрівання.

Для найважливіших виробів (деталей) технологічний процес розробляється особливо детально і виконується у вигляді карти вимог техніки безпеки, карти технічних вимог, маршрутної карти, операційної карти технічного контролю, карти змісту переходів, відомості деталей (склада-

льних одиниць) до типового технологічного процесу термічної обробки, карти ескізів, карти технологічного процесу термічної обробки. Технологічні карти на найвідповідальніші деталі (вироби), оброблювані в проєктованому цеху, прийняті на заводі або складені дипломником, наводяться у пояснювальній записці або, якщо вони розроблені дипломником, можуть бути подані як демонстраційне креслення.

Складовою частиною розроблення технологічного процесу термообробки є визначення операційних параметрів: основних операцій, тобто визначення температури нагрівання і охолодження, середовища обробки при нагріванні й охолодженні, часу; додаткових операцій (чищення, правка й ін.); контрольних операцій.

Встановлення температури нагрівання і охолодження (режиму термічної обробки) проводиться за положенням критичних точок для даного матеріалу з урахуванням кінетики переходу структурних складових у твердий розчин і його розпаду, а також способу проведення операції (швидкісний нагрів й ін.). Температуру відпуску визначають за кривими поліпшення, що показують зміну механічних властивостей залежно від температури відпуску. Призначення температур проводиться також за літературними джерелами і практичними даними.

Вибір нагрівального середовища проводиться з урахуванням застосування газових штучних атмосфер для нагрівання без окиснення і знеуглецювання.

Вибір середовища охолодження (швидкості) повинен бути здійснений з урахуванням виду термообробки, необхідної кінцевої структури, кінетики розпаду аустеніту, розмірів, перетину і конфігурації виробів.

Розрахунки часу нагрівання й охолодження ведуть залежно від способу проведення операції, а також характеристики оброблюваних виробів.

Найцікавіші і важливіші за своїм значенням режими термообробки подаються у формі графіків у пояснювальній записці і на аркушах для демонстрації при захисті дипломного проекту.

Таблиця 9.24 - Типові схеми поверхневого очищення

Загартування		Операція очищення залежно від середовища обробки при відпуску			
середовище або спосіб нагрівання	середовище охолодження	піч з повітряною атмосферою	піч з газовою атмосферою	піч-ванна з розплавом солей і лугів	ванна з гарячим маслом
Піч із повітряною окисною атмосферою	Вода Масло Розплав ¹	-/АО або ХО ² З/АО або ХО П/АО або ХО	ХО/- З+ХО/- ХО/-	-/ХО З/ХО -/ХО	-/З+ХО -/З+ХО П/З+ХО
Піч з контрольованою атмосферою	Вода Масло Розплав	-/АО або ХО З/АО або ХО П/АО або ХО	-/ З/ ХО/-	-/ХО З/ХО -/ХО	-/З -/З П/З
Піч-ванна з розплавом солей	Вода Масло Розплав	-/АО або ХО ² З/АО або ХО П/АО або ХО	ХО/- З+ХО/- ХО/-	-/ХО З/ХО -/ХО	-/З+ХО -/З+ХО П/З+ХО
Установка швидкісного нагрівання СВЧ та ін.	Вода Масло Розплав	-/АО або ХО ² З/АО або ХО П/АО або ХО	ГАО/- З/ГАО/- ХО/-	-/ХО З/ХО -/ХО	-/З+ХО -/З+ХО П/З+ХО

¹Розплав солей або лугів.

²У чисельнику зазначені умовні позначення процесів очищення після гартування, у знаменнику – очищення після відпуску.

Умовні позначення: П – промивка водою; З – знежирення; АО – абразивне очищення піском або дробом; ГАО – гідроабразивне очищення пульвою; ХО – хімічне очищення (травлення та ін.)

Вибір параметрів додаткових операцій. У табл. 9.24 наведені типові схеми очищення поверхні виробів від забруднень і окалини залежно від умов термічної обробки.

Рекомендації щодо способів запобігання поводки в процесі термообробки і виправлення її наведені в табл. 9.25.

Контроль виробництва. Контроль виробництва здійснюється у двох напрямках: контроль технологічного процесу (за операціями і устаткуванням); контроль якості готової продукції (після термообробки).

Таблиця 9.25 - Способи виправлення поводки

Характеристика оброблюваних виробів	Спосіб виправлення поводки	
	у процесі термообробки	після термообробки
1 Довгомірні вироби $L : D \geq 6$		
Колінчасті вали й інші масивні вироби нерівномірного перетину	Нагрівання і охолодження у підвищеному стані. Охолодження в затискних пристроях	Правка перегинанням на пресах (факультативно). Те саме
Циліндричні вироби з перетином до 20 мм	Те саме	Правка прокаткою у плоских плашках пресів
Те саме і довжиною більше 100D, мм	-	Правка розтяганням
2 Плоскі тонкостінні вироби		
Диски зчеплення з перетином до 4 мм	Нагрівання і охолодження в затискних пристроях	Правка наклепом
Зубчасті колеса, кільця й інші вироби	Охолодження в затискних пристроях	Правка перегинанням на пресах
Те саме з наскрізь прогартуваних сталей	Охолодження на швидкообертювальних валках	-
Примітка. L – довжина виробу; D – діаметр виробу		

У табл. 9.26 подані способи організації і засоби контролю. Визначення кількості потрібних приладів у цехах масового і великосерійного виробництва робиться за нормативами збільшеної продуктивності.

Таблиця 9.26 - Параметри і засоби контролю виробництва

Параметри контролю	Засоби контролю
1 Технологічний процес термообробки	
Температурний режим	Прилади для вимірювання, регулювання і записи температури. Виконуючі механізми автоматичного регулювання подачі електроенергії, палива і повітря.
Середовище обробки та інтенсивність її циркуляції у робочому просторі	Газоаналізатори прямого і посереднього контролю (H_2O і CO_2).
Тривалість операції для об'їзду періодичної дії	Прилади для вимірювання тиску або вакууму
Те саме неперервної дії	Те саме і регулятори швидкості для механізмів переміщення
2 Якість виробів після термообробки	
Твердість поковок і відливок після нормалізації або відпалу (5-25 %)	Твердоміри типу Бринелля
Те саме після гартування і відпуску (100%)	Те саме
Твердість і структура напівфабрикатів і чистових деталей після гартування і відпуску (25—40%)	Твердоміри типу Роквелла або Віккерса
Те саме для деталей після хіміко-термічної обробки	Те саме і таровані напилки. Метод металографії
Глибина шару дифузійного насичення (цементация та ін.)	Метод металографії, фізичні методи й ін.
Фізико-механічні властивості масових деталей	Магнітні прилади неруйнівного контролю: аустенометри, коерцитиметри та ін.
Тріщини та інші поверхневі дефекти	Магнітні дефектоскопи
Величина кривизни та інших відхилень геометричних розмірів	Плити, центри і спеціальні прилади

У пояснювальній записці необхідно описати організацію роботи з контролю якості виробів, обрані засоби і прилади контролю (твердоміри, прилади для визначення фізичних, зокрема, механічних властивостей, аналіз металографії і т. д.), відомості, що характеризують відсоток деталей, що піддаються контролю. Орієнтуватися слід на заводські дані, а також на доцільність 100 % контролю якості деталей сучасними методами неруйнівного контролю.

Аналіз для вибору основного обладнання. Вибір основного обладнання необхідно починати з аналізу обладнання, що є на виробництві. Потрібно проаналізувати його переваги і недоліки, розглянути, які види основного обладнання можуть бути взагалі застосовані для здійснення пропонуваного у проекті режимів термічної обробки і позбавлені недоліків, знайдених у вживаного на заводі обладнання, які володіють більшою продуктивністю, забезпечують кращу якість термічної обробки, краще механізовані та автоматизовані. Для вибраних двох-трьох конструкцій обладнання (враховуючи вживане на виробництві) бажано провести розрахунок вартості нагрівання й охолодження виробів або використати наявні дані і потім вибрати якнайкращий варіант.

До основного обладнання відносять обладнання, призначене для здійснення основних операцій технологічного режиму термічної обробки (нагрівання, витримка, охолодження), тобто печі, печі-ванни, нагрівальні установки і пристрої, гартівні баки, преси, машини й ін. При виборі обладнання необхідно враховувати, що розробляються і постійно удосконалюються нові типи основного, додаткового і допоміжного термічного обладнань, якими замість конструкцій, що існували до останнього часу, передбачені базові конструкції і розмірні ряди, що є основою для створення обладнання і відображають потребу як існуючих, так і перспективних конструкцій. Типажами передбачене пе-

реважне використання стандартизованих, нормалізованих і уніфікованих вузлів і деталей. У міру впровадження нових типажів конструкції обладнання, що виготовляються, знімаються з виробництва і замінюються прогресивними конструкціями нових розмірних рядів електротермічного і паливного обладнань. Тому незнання нових типажів може привести до того, що в проекті буде передбачене зняте з виробництва обладнання.

Новими типажами прийнята єдина буквено-цифрова індексація термічного обладнання [13]. Слід зазначити, що в серійному порядку за типажами в даний час виготовляються поки що тільки печі та агрегати з електронагрівом, преси гідравлічні для правки та установки для дробометального очищення. Вся решта конструкцій обладнання (зокрема паливні печі) і агрегатів продовжує виготовлятися господарським способом, тобто засобами самих підприємств-споживачів або фірм.

Тип обладнання для проектного цеху (відділення) вибирається на підставі розроблених студентом технологічних процесів і режимів термічної обробки деталей (виробів) з таким розрахунком, щоб повністю забезпечити виконання запропонованого технологічного процесу термообробки. Вибір обладнання залежить також від способу виконання операцій, установленого залежно від таких факторів:

1 Характер завантаження: *поштучний* або *партиями, садками* - застосовується в цехах індивідуального і дрібно-серійного виробництва, здійснюється на обладнанні періодичної дії (універсальних камерних і шахтних печах, соляних ваннах і т. п.) здатному до швидкого переналагодження технологічного режиму; *безперервний* - застосовується в цехах масового і великосерійного виробництва і здійснюється на потоковому обладнанні безперервної або пульсуючої дії (багатоопераційні агрегати конвеєрні,

штовхальні й ін.). У даному випадку особлива увага повинна бути звернена на взаємозв'язок суміжних операцій (нагрівання, охолодження, миття і т. д.) для створення потокових, комплексно-механізованих і автоматизованих ліній завершеного циклу термічної обробки. Ці лінії складаються з нагрівальних пристроїв, охолоджувального і додаткового обладнань, а також підйомно-транспортного устаткування, що сполучають все обладнання у порядку послідовності всіх операцій технологічного процесу.

2 Положення виробів у процесі обробки: стаціонарне; переміщення поступальне; переміщення по траєкторії, що повторюється.

3 Поєднання операцій: послідовне; паралельне; паралельно-послідовне й ін.

4 Режим роботи обладнання: періодичний; напівбезперервний (пульсуючий), безперервний.

Крім того, при виборі нагрівальних пристроїв слід враховувати додаткові фактори, а саме: режим термічної обробки, графік температури, час, а також точність регулювання параметрів (температура, середовище, час); вид палива (газ природний або генераторний, мазут - залежно від наявності місцевих ресурсів) і спосіб його спалювання; характер оброблюваних виробів (розміри, форма і маса); теплотехнічні елементи конструкції (циркуляція атмосфери, герметизація робочого простору, швидкісне нагрівання і т. д.).

При виборі основного обладнання необхідно враховувати також прогресивні напрями у конструктивному розвитку обладнання і тенденції до застосування типового обладнання. З прогресивних напрямів у конструктивному розвитку термічного обладнання слід зазначити:

1 Застосування установок швидкісного нагрівання: з безпосереднім нагріванням - індукційні та контактні; із зовнішнім підведенням теплоти - газополуменеві, електро-

літні, випромінюючі. У таких установках механізми для переміщення виробів винесені за зону теплової дії.

2 Герметизація робочого простору печей з метою створення заданої постійності газових контрольованих атмосфер.

3 Створення комплексних конструкцій агрегатів для поєднання операцій нагрівання і охолодження, наприклад, лінія термомеханічної обробки: гарячого формоутворення - кування, термообробки - загартування.

4 Посилення циркуляції середовища у робочому просторі печей шляхом установки спеціальних механізмів для перемішування і спрямованості руху (вентилятори для газу та ін.).

5 Застосування нових конструкцій печей: печі з киплячим шаром; печі безінерційні з відбивними екранами; аеродинамічного підігріву (ПАП) та ін.

6 Використання уніфікованих вузлів і конструкцій при компонуванні агрегатів, наприклад, застосування випромінюючих труб як для нагрівання, так і для охолодження.

7 Агрегатування різних видів садочного обладнання за допомогою спеціальних механізмів для завантаження, вивантаження і переміщення виробів як, наприклад, самохідний візок з штовхачем-витягувачем для камерних печей або автооператора - для соляних ванн.

Вибір корисних розмірів обладнання для різних операцій термообробки виробляється за такими ознаками: розміром оброблюваних виробів, їх розміщенням у робочому просторі і процесі обробки; масштабом виробництва, зумовлюючим тенденцію збільшення розмірів обладнання від дрібносерійного виробництва до масового виробництва; відповідність вибраних розмірів розмірному ряду типового обладнання.

При розробленні технології термічної обробки і виборі обладнання особливу увагу слід приділити питанням механізації, автоматизації й організації потоку (питання механізації та автоматизації можуть бути виділені в самостійний розділ), зокрема:

- механізації та автоматизації технологічних операцій шляхом застосування спеціального обладнання, оснащеного автоматичним регулюванням і управлінням параметрами (температури, часу і середовища обробки);

- механізації й автоматизації допоміжних, контрольно-приймальних і підйомно-транспортних операцій шляхом застосування механізованих засобів переміщення виробів, обладнання й оснащення;

- автоматизації управління виробничим потоком за допомогою складних систем регулювання й управління відповідно до заданої програми;

- агрегуванню засобів механізації й автоматизації, тобто поєднанню виконання в одному агрегаті всіх послідовних операцій (технологічних, контрольних, підйомно-транспортних та ін.) з обробки заданих виробів. Агрегування дозволяє сумістити в часі технологічні та інші операції, полегшує завдання автоматизації управління, скорочує необхідні площі для розміщення обладнання і різко збільшує продуктивність.

Ефективне здійснення комплексної механізації та автоматизації термообробки виробів можливе тільки за умови максимального наближення виробничого процесу до найдосконалішої і передової форми виробництва - поточного виробництва. Термічну обробку з безперервним чергуванням операцій нагрівання та охолодження краще всього здійснювати поточковим методом організації виробництва.

Можливі об'єкти і засоби механізації та автоматизації наведені в табл. 9.27.

Поточні лінії термічної обробки складаються з таких елементів: нагрівальних пристроїв (печей, установок швидкісного нагрівання СВЧ та ін.), гартівних баків і пресів, мийних машин і т. п., підйомно-транспортних механізмів, що сполучають все обладнання у порядку чергування операцій в одну синхронно працюючу систему.

Таблиця 9.27 - Об'єкти і засоби механізації й автоматизації

Об'єкти механізації й автоматизації	Засоби механізації й автоматизації
1	2
1 Регулювання параметрів технологічного процесу	
Температурний режим	Потенціометри і виконуючі механізми автоматичного регулювання
Середовище обробки й інтенсивність його циркуляції в робочому просторі	Газоаналізатори прямої і непрямої дії і витратоміри. Прилади для вимірювання тиску (вакууму) й ін.
Тривалість операції	Реле часу, сигнальна апаратура (світлова і звукова), регулятори швидкості
2 Переміщення оброблюваних виробів	
Дозування виробів у садці і передавальних партіях	Дозатори, штовхачі та ін. прилади
Укладання виробів і орієнтація в заданому положенні	Автомати укладання, механізми орієнтації
Завантаження виробів у робочий простір і підтримка установленого ритму роботи	Спеціальні завантажувальні прилади (штовхачі та ін.). Механізми для поступального переміщення, реле часу і сигналізація (світло-звукова)
3 Технологічне переміщення виробів	
Обертання і перемішування	Спеціальні пристрої (шнеки, валки та ін.)
Поступальне переміщення	Транспортні системи – гравітаційна, штовхальна, протяжна, пересувна, підйомна і переносна
Виконання особливих технологічних параметрів	Механізми для похитування (колінчасті вали та ін.), обертання (валки, шестерні і т. п.), струшування (ексцентрики та ін.)
Вивантаження виробів	Механізми поступального переміщення (лопати) і штовхачі
Міжопераційна передача оброблюваних виробів	Спеціальні механізми: підйомники, перекидники, автооператори, маніпулятори

Продовження табл. 9.27

1	2
Міжцехове транспортування тари з виробами	Вилочні електронавантажувачі, електровізки (кари), електровози (тельфери) з програмним управлінням і адресацією
4 Внутрішньоцехове транспортування тари з виробами	
1 У цехах одиничного і серійного виробництва	Те саме і верхній транспорт (кран-балки, мостові крани та ін.)
2 У цехах масового і великосерійного виробництва	Те саме і конвеєри з двома відводами: для завантаження печей і агрегатів; для накопичення - складування виробів у тарі, пристроях
5 Переміщення окремих елементів обладнання й оснащення	
Підйом і опускання дверцят, переміщення піддонів печей	Крани, кран-балки, монорельси та інші механізми з підйомниками
Переміщення порожніх пристроїв (піддони та ін.) на завантажувальну позицію	Те саме і конвеєри, рольганги і сковзали

У потокових лініях застосовуються три способи передачі оброблюваних виробів: ручна, гравітаційна (із застосуванням похилих сковзалів) і автоматична (із застосуванням комплексу підйомно-транспортних засобів).

Основною ознакою класифікації поточних ліній термобробки є ступінь автоматизації завантаження, міжопераційної передачі і вивантаження оброблюваних виробів. За цією ознакою вони підрозділяються на такі групи: поточкові установки, вживані в одиничному і серійному виробництвах за безпосередньою участю робітників у транспортуванні виробів; поточкові агрегати (механізовані), використовувані у серійному виробництві за участю робітників тільки для завантаження і вивантаження; поточні автомати, вживані в масовому виробництві без безпосередньої участі робітників, завданням яких є налагодження режиму й усунення неполадок в роботі лінії.

Створення поточних ліній, що розміщуються на площах суміжних виробництв (механообробки, штампування

та ін.), раціональне в умовах масового і великосерійного виробництв для таких випадків: значного територіального віддалення загального термічного цеху від цехів-постачальників, що викликає великі витрати на транспортування виробів; здійснення процесів з використанням для термообробки залишкової теплоти гарячого формоутворення (кування, плющення та ін.).

В умовах одиничного і дрібносерійного виробництв застосування потоку економічно недоцільне, в даному випадку переважає групова обробка виробів.

Розрахунок потрібної кількості основного, додаткового і допоміжного обладнань. Розрахунку підлягає таке обладнання: нагрівальне обладнання (печі й установки швидкісного нагрівання); охолоджувальні пристрої (баки, преси для загартування, камери охолодження, установки для обробки холодом); додаткове обладнання (баки і машини для миття, камери для очищення і наклепу, ванни для травлення, преси для правки та ін.); допоміжне обладнання (установки для охолодження гартівного масла та інших рідин, установки для приготування газових контрольованих атмосфер та ін.). Решта обладнання, як правило, приймається без розрахунку (у комплекті).

Початковими даними для розрахунку необхідної кількості основного і додаткового обладнань служать річне завдання по операціях термічної обробки, вибраний тип обладнання і встановлений режим його роботи, а для допоміжного обладнання також і питомі норми витрати окремих допоміжних матеріалів. Необхідна кількість одиниць обладнання даного типу (H) розраховується за загальною формулою

$$H = \sum_{i=1}^m \Phi_i : \Phi_e, \quad (9.7)$$

де Φ_i - необхідний фонд ефективного часу роботи обладнання даного виду для обробки, передбаченої програмою

кількості продукції i -го виду, пече-годин (агрегато-годин); m - кількість видів продукції, оброблюваної на даному обладнанні; Φe - річний фонд ефективного часу роботи одиниці обладнання, год.

Величина Φi визначається з виразу

$$\Phi i = Q_i : P_i, \quad (9.8)$$

де Q_i - річне завдання по продукції i -го виду; P_i - розрахункова норма годинної продуктивності одиниці обладнання даного виду при обробці продукції i -го виду. При розрахунку обладнання садочного типу можна використовувати вираз

$$\Phi i = (Q_i : Q_{ci}) T_{ci}, \quad (9.9)$$

де Q_{ci} і T_{ci} - відповідно маса садіння і нормований час обробки одного садіння продукції i -го виду.

Розрахунок годинної продуктивності одиниці обладнання. Продуктивність одиниці обладнання в ефективну годину роботи рекомендується обчислювати за наведеними формулами.

Для обладнання періодичної дії

$$P = Q_c : T_c, \quad (9.10)$$

де Q_c - маса садіння; T_c - нормований час обробки одного садіння.

Маса садіння розраховується при проектуванні технологічного процесу, виходячи з технічних характеристик вибраного обладнання, способу укладання виробів і маси одного виробу.

Нормований час обробки одного садіння визначається з виразу

$$T_c = T_o + T_d, \quad (9.11)$$

де T_o і T_d - відповідно норма основного (технологічного) і допоміжного часу, що не перекривається на одне садіння.

Норма основного часу встановлюється при проектуванні режимів і технології термічної обробки (див. 9.4.4).

Допоміжний час складається з витрат часу на підготовку виробів і комплектування садок, транспортування виробів або пристроїв з виробами до печі, завантаження виробів у піч, вивантаження і передачу їх на охолодження і т.п. У нормованому часі обробки одного садіння враховують тільки витрати допоміжного часу, що не перекривається, тобто такі витрати, які не можуть бути перекриті основним часом. Норму допоміжного часу слід визначати за нормативами часу на термічну обробку, а за відсутності таких - за заводськими даними або шляхом проведення хронометражу безпосередньо на робочому місці.

Приклад. Розрахувати норму годинної продуктивності камерної печі при відпалі крекінгових труб.

Перед завантаженням у піч труби за допомогою електрокрана укладаються на бугелі в чотири ряди по 10 шт. у ряд. Маса однієї труби – 0,07 т. У піч завантажуються 8 бугелів. Згідно з розрахунком, час нагрівання і витримки однієї садки – 840 хв. Нормативна тривалість допоміжних прийомів при обробці одного садіння за заводськими даними становить, хв: укладання труб на бугель за допомогою електромостового крана – 15; завантаження одного бугеля в піч напільною машиною – 1,5; вивантаження одного бугеля з печі напільною машиною – 1,6; розбирання одного бугеля за допомогою електромостового крана 13.

Укладання труб на бугель і розвантаження відпалених труб може виконуватися під час відпалу інших садок. Час виконання цих прийомів рівний $(15+13) \cdot 8 = 224$ хв, тобто значно менше, ніж час нагрівання і витримки. Отже, воно може бути повністю перекрите основним часом. Тоді нормований час обробки одного садіння труб $840+(1,5+1,6) \cdot 8 = 864,8$ хв. Норма продуктивності печі в ефективну годину роботи буде дорівнювати:

$$P = (60 : 864,8) \cdot 8 \cdot 40 \cdot 0,07 = 1,55 \text{ т.}$$

Для обладнання безперервної і пульсуючої дії (конвеєрних, штовхальних, роликівих, карусельних печей, з крокуючим подом та ін.)

$$P = Q_n : T_o, \quad (9.12)$$

де Q_n - маса виробів, що одночасно знаходяться у робочому просторі печі; T_o - основний час обробки (час нагрівання і витримки).

Величина Q_n при обробці виробів на пристосуваннях обчислюється за формулою

$$Q_n = \frac{L}{l} qn, \quad (9.13)$$

де L - довжина робочого простору печі або використовуваної частини конвеєра; l - крок конвеєра (відстань між центрами двох пристроїв); n - кількість виробів на одному пристрої; q - маса одного виробу.

При поштучному завантаженні виробів на рухомий під або підвішенні їх на гачки підвісного конвеєра n береться таким, що дорівнює одиниці.

У разі обробки виробів без пристроїв величина Q_n визначається за формулою

$$Q_n = q_m L, \quad (9.14)$$

де q_m - маса виробів на 1 м робочого простору печі.

Приклад. Розрахунок норми годинної продуктивності роликівих печей при обробці електрозварюваних труб.

Довжина поду печі - 19 м, ширина - 1,2 м. Діаметр оброблюваних труб - 57 мм, маса 1 м - 4 кг. Час нагрівання і витримки з розрахунку 27 хв, або 0,45 год.

По ширині поду може бути укладена $1,2 : 0,057 = 21$ труба. Отже, маса труб на 1 м поду печі становитиме $21 \cdot 4 = 84$ кг, або 0,084 т. Тоді продуктивність печі в ефективну годину дорівнюватиме $(19 \cdot 0,084) : 0,45 = 3,55$ т.

Для генераторних установок при обробці струмами високої частоти

$$P = 60 \cdot q : t_{шт \cdot к}, \quad (9.15)$$

де 60 - кількість хвилин у годині; q - маса гартованої деталі, кг;

$t_{шт \cdot k}$ - норма штучно-калькуляційного часу на загартування в хвилинах.

Норма штучно-калькуляційного часу визначається з виразів:

$$t_{шт \cdot k} = t_{шт} + T_{пз} : N; \quad (9.16)$$

$$t_{шт} = (t_o + t_b) \cdot (1 + K/100), \quad (9.17)$$

де $t_{шт}$ - норма штучного часу на загартування; $T_{пз}$ - норма підготовчо-завершального часу на всю партію оброблюваних виробів; N - кількість виробів в оброблюваній партії; t_o - норма основного часу (часу індукційного нагрівання й охолодження одного виробу); t_b - норма допоміжного часу (часу установки і зняття виробів); K - коефіцієнт, що враховує необхідний час на технічне й організаційне обслуговування робочого місця, а також на відпочинок і особисті потреби робітника, у відсотках до оперативного часу (суми основного і допоміжного часу).

Норма основного часу при одночасному і послідовному нагріванні визначається за формулою

$$t_o = (t_{o-n} + t_{ox}) \cdot n, \quad (9.18)$$

де t_{o-n} - час одночасного нагрівання; t_{ox} - час охолодження; n - число нагрівів при обробці одного виробу. При одночасному нагріванні $n = 1$. При послідовному нагріванні число нагрівів залежить від розмірів виробу і гартованої поверхні. Наприклад, при загартуванні шестерень великого модуля кількість нагрівів залежить від кількості гартованих зубів.

При охолодженні виробів шляхом занурення в охолоджуюче середовище у формулі (9.18) час охолодження береться таким, що дорівнює нулю. При послідовному нагріванні, коли охолодження після першого нагрівання відбувається одночасно з другим нагріванням, формула (9.18) має вигляд

$$t_o = (t_{o-n} \cdot n + t_{ox}), \quad (9.19)$$

де t_{ox} - час охолодження останньої ділянки виробу.

Норма основного часу при безперервно-послідовному нагріванні може визначатися за формулою

$$t_o = \frac{l_n}{v} + t_{ox}, \quad (9.20)$$

де l_n - довжина гартованої поверхні; v - швидкість пересування індуктора (виробу); t_{ox} - час охолодження останньої ділянки, що не перекривається часом нагрівання.

Час індукційного нагрівання залежить від температури нагрівання, діаметра виробу, глибини гартованого шару, частоти струму, питомої потужності та інших факторів і визначається при розробленні технологічного процесу.

Норми допоміжного часу, а також нормативні значення коефіцієнтів K визначаються за збірниками нормативів часу на термічну обробку струмами високої частоти, а за відсутності таких - за заводськими даними або шляхом проведення фотохронометражних спостережень безпосередньо на робочому місці терміста.

Приклад. Розрахунок норми продуктивності генераторної установки при безперервно-послідовному нагріванні виробів з циліндровою поверхнею.

Маса одного виробу - 0,6 кг. Довжина гартованої поверхні - 130 мм. Спосіб установки в центрах, - вручну. Середній розмір оброблюваної партії виробів - 50 шт.

Згідно з розрахунком швидкість пересування деталі дорівнює 650 мм/хв. Тоді час нагрівання становитиме $130:650 = 0,2$ хв. Беремо час охолодження таким, що дорівнює часу нагрівання. Відповідно до формули (9.20) норма основного часу буде дорівнювати

$t_o = \frac{130}{650} + 0,2 = 0,4$ хв. За загальномашинобудівними нор-

мативами часу на термообробку струмами високої частоти знаходимо $T_{п-з} = 15,5$ хв; $t_b = 0,17$ хв; $K = 8\%$.

Відповідно до формул (9.16-9.17)

$$t_{\text{шт}}=(0,4 + 0,17) \times [1 + (8 : 100)] = 0,62 \text{ хв.};$$

$t_{\text{шт-к}} = 0,62 + 15,5 : 50 = 0,93 \text{ хв.}$ За формулою (9.15) визначаємо норму продуктивності генераторної установки в ефективну годину роботи $P = (60 \times 0,6) : 0,93 = 39 \text{ кг.}$

Годинна продуктивність охолоджувального обладнання розраховується за тією самою методикою, що і продуктивність нагрівальних пристроїв. Для основних охолоджувальних пристроїв повинні виконуватися перевірочні розрахунки нагрівання охолодженої рідини при зануренні гартованих виробів за формулою

$$\Delta t = \frac{Q_m \cdot C_m \cdot (t_1 - t_2)}{V_{\text{ж}} \cdot \gamma \cdot C_{\text{ж}}}, \quad (9.21)$$

де Δt - підвищення температури рідини при зануренні в неї розрахункової кількості нагрітого металу (допускається до 20°C для води і до 60°C для масла); Q_m - розрахункова кількість охолоджуваного металу, кг; t_1 - температура нагрітого металу при зануренні в рідину; t_2 - температура металу при витяганні з охолодженої рідини (береться, як правило, 100 або 150°C); C_m - середня теплоємність металу в інтервалі температур t_1 , і t_2 , Дж/(кг·К); V_p - об'єм охолодженої рідини, м^3 ; γ - щільність охолодженої рідини, $\text{кг}/\text{м}^3$; C_p - теплоємність охолодженої рідини, Дж/(кг·К).

При розрахунку величини Δt має бути враховане природне охолодження: для пристроїв, розміщених нижче за підлогу, воно береться таким, що дорівнює $1\text{-}2^\circ\text{C}/\text{год}$; для пристроїв, розміщених на підлозі, - $3\text{-}4^\circ\text{C}/\text{год}$.

Якщо величина Δt перевищує допустимі норми, вибраний агрегат повинен бути замінений потужнішим або слід передбачити спеціальне охолодження гартівної рідини.

Годинна продуктивність додаткового обладнання розраховується за формулами, аналогічними до формул (9.15-

9.17). У цьому випадку: q - маса одночасно оброблюваних виробів (при поштучній обробці - маса одного виробу); t_0 і t_d - відповідно норми основного і допоміжного часу на всю кількість одночасно оброблюваних виробів. Значення величин, що входять у формули (9.15-9.17), визначаються за нормативами або на підставі заводських даних.

Приклад. Розрахувати годинну продуктивність правильного преса зусиллям 100 т.

Довжина стрижнкової деталі - 600 мм, маса - 5 кг, операція - правка після гарту і високого відпуску, допустима величина викривлення після правки - до 0,5 мм. Середнє число деталей в оброблюваній партії -100, кількість місць деталі, що перевіряються, - 4.

Згідно з нормативами основний час на правку однієї деталі становить 0,34 хв, допоміжний - 0,48 хв, підготовчий завершальний час на оброблювану партію - 6 хв, час обслуговування робочого місця - 3% оперативного часу, час на відпочинок і особисті потреби - 6% оперативного часу.

Відповідно до встановлених нормативів оперативний час на правку однієї деталі буде дорівнювати:

$t_0 + t_b = 0,34 + 0,48 = 0,82$ хв, а коефіцієнт K , що враховує необхідні витрати часу на обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби, становитиме $3 + 6 = 9\%$ оперативного часу. За формулою (9.17) знаходимо штучний час $t_{шт} = 0,82 \cdot (1 + 9 : 100) = 0,894$ хв. За формулою (9.16) знаходимо норму штучно-калькуляційного часу $t_{шт-к} = 0,894 + 6 : 100 = 0,954$ хв. Тоді продуктивність преса в ефективну годину роботи буде дорівнювати $P = 60 \times (5 : 0,954) = 314$ кг, або 0,314 т.

Годинна продуктивність допоміжного обладнання може братися за каталогами або заводськими даними.

Розрахунок ефективного фонду часу роботи обладнання. Ефективний річний фонд часу роботи одиниці об-

ладнання (Φ_e) визначається як різниця між номінальним фондом (Φ_n) і проєктованими витратами часу на ремонт, налагодження і переналагодження обладнання протягом року:

$$\Phi_e = \Phi_n \left(1 - \frac{K_p}{100}\right), \quad (9.22)$$

де K_p - нормативні витрати часу на ремонт, на налагодження і переналагодження обладнання у відсотках до номінального фонду.

Номінальний фонд часу залежить від числа календарних і неробочих днів у році, змінності роботи і тривалості зміни:

$$\Phi_n = [(D_k - D_v) \cdot P_d - D_{пв} \cdot \Delta П_c] \cdot C, \quad (9.23)$$

де D_k - число календарних днів у році; D_v - число неробочих днів у році (вихідних і святкових); P_d - тривалість робочої зміни, год; $D_{пв}$ - число передвихідних і передсвяткових днів зі скороченою тривалістю робочої зміни; $\Delta П_c$ - час, на який скорочується звичайна тривалість робочої зміни в передвихідні і передсвяткові дні, год; C - число робочих змін у добах.

При роботі обладнання за безперервним графіком номінальний фонд часу дорівнює календарному.

Вибір режиму роботи проєктованого обладнання повинен бути всебічно обґрунтований. Він залежить від загального режиму роботи підприємства, типу виробництва у проєктованому цеху, типу обладнання, тривалості технологічних операцій термічної обробки та інших факторів. З погляду поліпшення використання обладнання в часі і зниження потреби в ньому найбільш доцільний безперервний режим роботи (без зупинок на вихідні і святкові дні або із зупинкою тільки на святкові дні). На ділянках цеху з нагрівальним обладнанням, що не вимагає великих витрат часу на розігрівання, можна обрати переривчастий тризмінний або двозмінний режим роботи (залежно від режиму

змінності основних цехів підприємства). Робота в одну зміну у всіх випадках з економічної точки зору не може бути виправдана.

Для орієнтовних розрахунків можуть бути використані дані, наведені в табл. 9.28.

Таблиця 9.28 - Ефективний річний фонд часу роботи термічного обладнання

Тривалість циклу обробки виробів і вид обладнання	Номінальний фонд, год	Простої, %	Ефективний фонд, год	Номінальний фонд, год	Простої, %	Ефективний фонд, год
	при 2 змінах			при 3 змінах		
При тривалому циклі обробки виробів	-	-	-	8568	10	7710
При короткому циклі обробки виробів на обладнанні: механізованому немеханізованому	4140	6	3890	6490	10	5840
	4140	4	3975	6210	6	5840
При обробці виробів в електричних печах елеваторного типу	4140	5	3935	6210	8	5715
При безперервному режимі роботи обладнання	-	-	-	8760	11	7800

Якщо розрахована за формулою (9.7) кількість одиниць обладнання виявиться дробовим числом, то його округляють до більшого цілого числа. Після цього визначають проектний коефіцієнт екстенсивного навантаження обладнання за формулою

$$K_{ек} = N_p : N, \quad (9.24)$$

де $K_{ек}$ - коефіцієнт екстенсивного навантаження обладнання; N_p - розрахункова кількість одиниць обладнання;

H - взята після округлення кількість одиниць обладнання.

Значення коефіцієнта екстенсивного навантаження не повинні бути значно нижчі за одиницю, оскільки низький її коефіцієнт свідчить про незадовільне використання обладнання в часі. Рекомендується керуватися такими мінімально допустимими значеннями $K_{ек}$: при переривчастому режимі роботи - 0,93; при безперервному режимі - 0,85. Якщо величина $K_{ек}$ не задовольняє наведеним обмеженням, то необхідно вибрати устаткування іншого або того самого типу, але з іншими технічними характеристиками. Проте слід пам'ятати, що підвищення коефіцієнта екстенсивного навантаження за рахунок підбору застарілого малопродуктивного обладнання неприпустимо, оскільки при цьому істотно погіршуються економічні показники виробництва.

Усі розрахунки визначення потрібної кількості обладнання рекомендується складати у вигляді таблиці (табл. 9.29).

Особливості розрахунку потрібної кількості обладнання в потоковому виробництві. При проектуванні поточних ліній потрібна кількість одиниць обладнання з кожної операції процесу розраховується виходячи з єдиного ритму роботи поточної лінії за формулою

$$H = t_{шт} : r \quad (9.25)$$

або

$$H = 1 : (r \cdot p). \quad (9.26)$$

Тут $t_{шт}$ - норма штучного часу в пече-годинах (агрегатомашинно-годинах) на обробку одиниці виробу на i -й операції; r - ритм роботи поточної лінії; p - продуктивність одиниці обладнання на i -й операції в ефективну годину роботи.

Ритм роботи однопредметної потокової лінії розраховується за формулою

$$r = \Phi_{е.л} : Q, \quad (9.27)$$

де $\Phi_{e.l}$ - ефективний фонд часу поточної лінії, год;

Q - річний обсяг обробки продукції даного виду, одиниць.

При розрахунку ефективного фонду роботи лінії слід враховувати, що ремонт обладнання може здійснюватися з простоями і без простоїв усієї лінії. Ремонт обладнання окремих видів може виконуватися без зупинки лінії у тому разі, коли передбачається створення необхідних заділів за відповідними видами обладнання. Якщо на ремонт зупиняється вся лінія, то її простої (у зв'язку з ремонтом) визначаються за простоями того обладнання, тривалість ремонту якого максимальна.

Ритм роботи багатопредметної змінно-потокової лінії розраховується за кожним видом виробів. Потрібна кількість обладнання за кожною операцією на такій лінії береться за тим виробом, за яким розрахункова кількість обладнання максимальна.

Результати розрахунків потрібної кількості обладнання всіх видів зводяться до єдиної відомості за зразковою формою, наведеною в табл. 9.30. Колонки 2, 9 і 10 цієї таблиці заповнюються після розроблення відповідних розділів.

У печах конвеєрних, барабанних, з пульсуючим подом виробу хаотично розміщують на засобах пересування, в цих випадках не існує поняття пристосування.

Після розрахунків за відомостями T_3 , визначають кількість печей $P_p = T_3/\Phi_d$, взятую кількість печей $P_{пр}$ та коефіцієнт навантаження $K_3 = P_p/P_{пр}$. Рекомендовані коефіцієнти завантаження для печей безперервної дії $K_3 = 0,90-0,94$.

Розрахунки кількості установок для позапічного нагрівання. У промисловості для нагрівання виробів використовують установки нагрівання прямим пропусканням струму, нагрівання СВЧ, кондуктивного нагрівання.

Таблиця 9.29 - Розрахунок необхідної кількості обладнання

Найменування обладнання	Потужність, кВт	Операція	Найменування виробів або групи виробів	Річне завдання, т	Продуктивність одиниці обладнання, т/год.	Потрібна кількість годин роботи (5 : 6)	Фонд ефективного часу роботи одиниці обладнання, год.	Потрібна кількість обладнання, од.		Коефіцієнт завантаження обладнання (9:10x100)
								розрахункова (7 : 8)	прийнята	
Конвесрна піч СКО.06.30.01/9 Електропіч індукційна гартівна	160	Загартування	Шестерні	1250	0,25	5000	-	0,856	-	-
	200	Загартування шийок валів	Вали	2000	0,35	5714	-	0,979	-	-
			Всього	3230	-	10714	5840	1,835	2	91,8
			Вали	3000	0,55	5455	5840	0,934	1	93,4

Таблиця 9.30 - Приблизна форма зведеної відомості обладнання

Номер по порядку	Номер позиції на плані	Найменування і призначення	Тип або номер креслення	Коротка характеристика	Кількість	Потужність, кВт		Вартість, грн.	
						одиниці	загальна	одиниці	загальна
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Попередньо визначається загальна тривалість обробки $\tau_{\text{заг}}$ виробу. Наприклад, при нагріванні виробів СВЧ використовують загальномашинобудівні нормативи на термообробку [14]. Необхідна кількість установок Y_p :

$$Y_p = T_3 / \Phi_d; \quad (9.28)$$

$$T_3 = \sum_{i=1}^n T_i;$$

$$T_i = \tau_{\text{шт}_i} \cdot N_{\rho i} / 60,$$

де $\tau_{\text{шт}_i}$ – нормативний час обробки одного виробу, хв;

$N_{\rho i}$ – річна програма, шт.

Визначення кількості установок для приготування атмосфери. Після вибору основного обладнання і типу атмосфер за допомогою довідників, каталогів визначають витрати атмосфер у кожній печі, а потім загальні витрати конкретних атмосфер (ендогазу, екзогазу, аргону, азоту) у відділенні (цеху):

$$B_3 = \sum_{i=1}^n (n_i \cdot B_i), \quad (9.29)$$

де B_3 – загальні витрати атмосфер, м³/год;

n_i – кількість печей (обладнання) з однаковими витратами атмосфери, шт.; B_i – витрати атмосфери в печі (обладнанні), м³/год.

Розрахункова кількість установок Y_p для приготування атмосфери

$$Y_p = B_3/Q, \quad (9.30)$$

де Q – продуктивність однієї установки, $\text{м}^3/\text{год}$. Визначається за допомогою [15].

Після визначення кількості печей, обладнання, засобів механізації, обладнання для контролю, допоміжного обладнання для обробки річної програми складається зведена відомість для усіх видів обладнання (табл. 9.31).

Таблиця 9.31 – Зведена відомість обладнання

Назва та індекс обладнання	Назва технологічної операції	Річний випуск виробів на даному обладнанні, кг (шт.)	Середня продуктивність Q_s , кг/год (шт/год)	Кількість обладнання, шт.		Коефіцієнт завантаження K_z
				P_p	P_{pp}	

9.5 Розроблення плану дільниці (відділення, цеху) та вантажопотоків

При проектуванні дільниці (відділення, цеху) розраховують площу для розміщення обладнання, допоміжних служб, проходів, проїздів.

Термічні цехи у своєму складі мають виробничі дільниці, допоміжні відділення (склади або дільниці деталей, що надходять на термообробку, склади готової продукції, допоміжних матеріалів, пристосувань, трансформаторні підстанції та ін.), а також службові і побутові приміщення. Склад площ змінюється залежно від розміру і структури цеху, характеру технологічних процесів та інших особливостей [16].

Розроблення плану цеху (відділення, дільниці) враховує вибір найраціональнішого його компонування на генеральному плані заводу, визначення геометричних розмірів

будівлі і подальшу деталізацію з нанесенням будівельних елементів, обладнання, транспортних засобів і комунікацій.

Для розміщення термічних цехів зі шкідливими газовиділеннями і значними надлишками теплоти (більше 80 кДж/(м³·год.)), як правило, повинні використовуватися одноповерхові будівлі прямокутної форми, що забезпечують найефективніше видалення шкідливих виділень природним шляхом (аерацією).

За необхідності розміщення термічного цеху в багатоповерховій будівлі (допустимо тільки як виняток з правил техніки безпеки) термічний цех повинен бути розташований на верхньому поверсі достатньої висоти.

У деяких випадках великі термічні цехи зі складними комунікаціями або при високому рівні ґрунтових вод переважно розміщують у двоповерховій будівлі, що дозволяє істотно поліпшити умови праці. При цьому основні виробничі ділянки (пічний зал та ін.) розміщуються на верхньому - основному поверсі. На нижньому (технічному, допоміжному) або підвальному поверсі розміщуються допоміжні служби, цехові склади, вентиляційні установки, трансформаторні підстанції, комунікації трубопроводів, енергетичне обладнання, а також провисаюче обладнання (баки і т. п.) і його фундаменти.

При компонованні термічного цеху в загальному корпусі з іншими цехами-виробниками (наприклад, механічним, ковальським) термічний цех слід розміщувати найпротяжнішою стороною вздовж зовнішньої стіни корпусу для поліпшення аерації. При цьому згідно з будівельними нормами не менше 60% площі стін будівлі повинні бути вільними від забудови допоміжними і побутовими приміщеннями.

Усі елементи будівлі термічного цеху відносять до категорії Г за ознакою пожежонебезпечності і повинні виготовлятися з не вогнетривких матеріалів, що відповідають I і II ступеням вогнестійкості.

Будівля komponується з одного або кількох прольотів, геометричні розміри яких (ширина, довжина, висота) слід, за можливістю, брати однаковими.

Ширина прольотів дорівнює 12, 18, 24, 30 і 36 м, встановлюється залежно від схеми розміщення обладнання (див. нижче) та необхідної ширини проїздів за вимогами техніки безпеки.

Доцільно застосовувати такі сітки колон: 12x18 і 12x24 м - для безкранових будівель; 12x24 і 12x30 м - для будівель, обладнаних кранами.

Прольоти шириною 6, 9 і 12 м і малий крок колон слід застосовувати тільки для термічних підрозділів, у яких обробляються мілкогабаритні вироби (деталі приладів і т. п.). Висота прольотів цеху до низу конструкції покриття береться залежно від умов роботи, а саме: кількості теплових та інших шкідливих виділень; висоти встановлюваного устаткування з урахуванням його ремонту; наявності довгомірних виробів, оброблюваних у підвішеному стані; необхідності установки кранів.

Слід зазначити, що застосування мостових кранів у термічних цехах допускається тільки для технологічних цілей - переміщення особливо важких вантажів, оброблюваних виробів. При цьому використовується великогабаритне устаткування: печі з черенем викочування, шахтні та ін., вживані на підприємствах важкого, транспортного і суднобудівного машинобудування і в металургії.

Для монтажу і ремонту устаткування рекомендується використовувати підвісне устаткування (кран-балки, монорельси) або транспортні пристрої, що переміщуються по підлозі (кара, навантажувачі та ін.). Для транспортування виробів слід застосовувати різні види безперервно діючих пристроїв: конвеєри, рольганги і т.п.

9.5.1 Специфічні елементи будівель

Покриття. Для термічних цехів, що характеризуються значними надлишками теплоти і не вимагають утеплення

покриття, його слід проектувати з азбестоцементних хвилястих листів посиленого профілю.

Ліхтарі. Конструкція ліхтарів застосовується залежно від кількості тепловиділень, а саме: аераційні ліхтарі типу КТІС - для цехів з великими тепловиділеннями (більше 80 кДж/(м³·год)), світлоаераційні ліхтарі П-подібного профілю - для відділень і дільниць з невеликими тепловиділеннями.

Підвали і тунелі. Термічні цехи характеризуються великою кількістю інженерних комунікацій (трубопроводи масла, води, розчинів, пари, повітря, вентиляції, електроенергії, газів та ін.), установка і монтаж яких утрудняє нормальне проведення технологічного процесу і не задовольняє вимогам промислової естетики.

Питання раціонального розміщення комунікацій, допоміжного устаткування і складських приміщень може бути вирішене шляхом спорудження: тунелів (каналів) - для укладання невеликого числа трубопроводів; підвалу або технологічного поверху - для розміщення трубопроводів, устаткування з фундаментами та інших пристроїв; міжпультної вставки шириною 3-6 м з можливим розміщенням трубопроводів і устаткування в 2-3 яруси, а саме: на першому ярусі, в підземному прохідному тунелі або каналі, розміщуються трубопроводи; на другому ярусі, зробленому у вигляді естакади, на висоті 3-4 м розміщується допоміжне устаткування (наприклад, газопідготовчі установки, трансформатори, димососні і вентиляційні пристрої); під естакадою може бути підвішений конвеєр для транспортування деталей.

Підлоги термічних цехів повинні бути вогнетривкими, неслизькими і легко чиститися від забруднень. Підлоги в проїздах, проходах, на ділянках складування вантажів повинні мати тверде і міцне покриття. На ділянках травлення, рідинного ціанування, промивки і т.п. покриття підлоги повинне бути водонепроникним, тобто не вбирати зазна-

чені речовини і мати ухил не менше 0,005 для стоку і відведення води.

9.5.2 Визначення площі цеху. Площа цеху за призначенням ділиться на виробничу, допоміжну і конторсько-побутову.

До виробничої площі відносять площі, займані ділянками основного виробництва, на яких проводиться обробка виробів. Крім пічного залу, до неї входять: майданчики для зберігання виробів до і після термообробки; контрольні пункти, розміщені в загальному потоці з устаткуванням, а також проїзди для внутрішньоцехового транспортування вантажів і проходи для пересування працюючих.

До складу допоміжних площ входять площі, займані: коморами зберігання деталей (надходження і видача), розміщеними в приміщеннях відособлено від вантажопотоку; коморами допоміжних матеріалів і технологічного оснащення (пристосувань та ін.); майстернями механіка і енергетики з ремонту устаткування, апаратури і оснащення; експрес-лабораторією з аналізу матеріалів і технологічних параметрів (газових середовищ та ін.); установками для приготування газових контрольованих атмосфер; установками для охолодження гартівних рідин (масла, розчини); енергетичним і сантехнічним устаткуванням (перетворювачі струму і частоти, повітродувки, вентилятори та ін.); станціями КВП і автоматики; трансформаторними підстанціями та ін.

До конторсько-побутової площі відносять: приміщення контор цеху; роздільні (для чоловіків і жінок) вбиральні, вмивальні, душові, туалетні кімнати і кімнати відпочинку та інші площі. Визначення геометричних розмірів цеху з урахуванням використання уніфікованих типових секцій і прольотів зводиться до наступного. Підраховують необхідну площу проектного цеху за укрупненими показниками. Прикладами таких показників, використовуваних у подібних наближених розрахунках, можуть служити: пи-

томий річний випуск продукції, що доводиться на 1 м² загальної площі цеху (табл. 9.32); виробнича площа цеху.

Таблиця 9.32 - Норми випуску продукції з 1 м² загальної площі цеху

Найменування і характеристика оброблюваних виробів	Кратність нагрівання	Випуск продукції ¹ , т/м ²
Заготовки (наприклад, поковки, відливки і напівфабрикати)	1-2	5-12
Чистові деталі машин	2-3	3-6,5
Те саме з переважанням цементації та інших видів ХТО	2-3,5	2-3,5
Те саме з переважанням швидкісного нагрівання (СВЧ та ін.)	1-2	10-15
Інструмент, прилади, паливна апаратура	2,5-5	0,8-1,2

¹ Більші значення стосуються до цехів з масовим виробництвом, що доводиться на один нагрівальний пристрій (табл. 9.33); кількість металу та інших матеріалів, що припадають на одиницю загальної площі цехового складу, що допускається (табл. 9.34); площі допоміжних служб і ділянок (табл. 9.35)

Таблиця 9.33 - Норми виробничої площі на один нагрівальний пристрій

Тип нагрівального пристрою	Питома площа на одиницю устаткування, м ²
Печі садні періодичної дії (камерні, шахтні, печіванні і т. п.)	40* - 80
Печі механізовані в агрегатах безперервної і пульсуючої дії (конвеєрні, штовхальні та ін.)	80 - 150**
Установки швидкісного нагрівання (СВЧ, електролітні, газополуменеві і т. п.)	30 – 50

* Менші значення стосуються малогабаритного устаткування
 ** Дані наведені тільки на одну операцію нагрівання

Допоміжна площа визначається також за укрупненими показниками (див. табл. 9.35), а для попередніх розрахунків береться у розмірі 25-35 % виробничої площі.

Виробничу площу рекомендується також розраховувати шляхом підсумовування площі для кожного виду вибраного устаткування

$$S_{\text{кор}} = \sum_1^n S_i,$$

де $S_{\text{кор}}$ - корисна потрібна площа; S_i - площа для даного виду устаткування.

Загальна площа визначається підсумовуванням виробничої і допоміжної площ з подальшим зіставленням розрахункових даних, одержаних за обома джерелами.

Потрібні площі складських приміщень визначаються із співвідношення

$$\Pi = \frac{(\text{добова програма}) \cdot (\text{норма зберігання})}{(\text{допустиме навантаження}) \cdot (\text{коефіцієнт використання})}$$

де Π - потрібна площа, м²; добова програма - частина від поділу річної програми в тоннах на кількість робочих днів у році; норма зберігання, допустиме навантаження (вантажонапруженість) і коефіцієнт використання площі беруться за даними табл. 9.34.

Після визначення і підсумовування площ підбирають кількість прольотів і їх розміри. За умов аерації кількість подовжніх прольотів, як правило, обмежується двома-трьома. Довжина цеху (прольотів) вираховується як частина від поділу розрахункової площі цеху на його ширину з округленням до більшої величини, кратної 12 м (крок колон).

План цеху викреслюється в масштабі 1:50, 1:100 або 1:200, зображається також його вигляд зверху в розрізі на рівні 1 м нижче за підкранові шляхи. Крани наносять на план схематично, пунктиром.

Таблиця 9.34 - Норми складських приміщень

Назва і призначення складу	Характеристика виробів	Спосіб зберігання	Висота зберігання, м	Норма запасу зберігання в календарних днях		Норма вантажонапруженості корисної площі, т/м ³			Коефіцієнт використання площі
				тип виробництва					
				дрібно-серійне	серійне	велико-серійне і масове	дрібно-серійне і серійне	велико-серійне і масове	
Склад і складочні майданчики для деталей до і після термообробки	Великі деталі	Поштучно на підлозі	0,7-1,0	6-8	4-6	3-4	1,2-1,5	-	0,25-0,4
	Середні і дрібні деталі	На підлозі в спецтарі	3,0-4,0	6	3-4	3-4	-	4,0	0,25-0,4
		У комірчастих стелажах із застосуванням штабелерів	До 2	6	3-4	3-4	0,7-1,0	-	0,35-0,4
Комора оснащення (інструмент і пристосування)	Піддони, кліщі, індуктори та ін.	У напільних і настінних стелажах	До 2	-	-	-	0,4-0,5	0,4-0,5	0,3-0,35
Комора допоміжних матеріалів	Солі, мастила, та ін.	У стелажах і спеціальній тарі	До 2	6	6	6	0,5-0,6	0,5-0,6	0,3-0,35

Таблиця 9.35 - Норма площі допоміжних служб

Назва допоміжних площ	Розрахункові дані
Служби механіки та енергетики:	
Ремонтна майстерня механіка	20 м ² /верстат + 40% (для слюсарів)
Ремонтна майстерня енергетика	20-25 м ² /100 одиниць технологічного обладнання
Приміщення чергових сантехніків	15-20 м ² /100 одиниць технологічного обладнання
Комора запчастин устаткування	15% площі майстерень
Комора допоміжних матеріалів	Те саме
Сатураторна	12 м ² /сатуратор
Санвузли внутрішньоцехові	18 м ² /санвузол

Розріз цеху викреслюється на окремому аркуші в масштабі, як правило, 1:50. Устаткування, що потрапляє в розріз, зображується розрізаним, а інше - зовнішнім виглядом у вертикальній площині з розмірами. Показуються також розміри, що стосуються підйомно-транспортного устаткування. На кресленні необхідно більш повно показувати підземне і наземне господарство цеху, систему освітлення та аерації цеху, розміщення транспортних пристроїв і т.д. - у вертикальній площині.

У відділенні (цеху) необхідно передбачити не менше двох виходів.

Подовжні та поперечні осі колон, ширина прольотів та інші розміри на плані позначаються згідно з ГОСТом 23837.

Обладнання на плані розміщують із урахуванням забезпечення поточності виробництва. Правильність плану розміщення обладнання та організації роботи у відділенні (цеху) перевіряється за вантажопотоком виробів. Бажано

не допускати перетинання шляхів руху виробів, необхідно враховувати, звідки потрапляють вироби і куди вони направляються після термічної обробки. Вантажопотоки проєктуються таким чином, щоб вони не перетинали призначені для руху працюючих проходи. У ПЗ вантажопотоки описуються за окремими видами термообробки виробів (термополіпшення, гартування з наступним старінням, ХТО тощо). Пояснюється вид обробки виробів на кожному обладнанні з обов'язковим посиланням на позиції обладнання на плані відділення (цеху).

Для виконання підйомно-транспортних операцій, завантаження та розвантаження обладнання, ремонтів обладнання використовують мостові крани, кран-балки, консольні кран-балки, монорельсові доріжки, конвеєри, транспортні візки, електрокари, завантажувальні машини. Мостові крани використовують для транспортування виробів та садок великої маси, наприклад, сталі в рулонах, великогабаритних садок і т. п.

Складські місця - це майданчики на плані, їх позначають штриховими лініями з позначенням у центрі МС (місце для складання), їх у специфікацію у плані не зазначають.

На плані відділення (цеху) необхідно передбачити приміщення для майстра, пірометра, бюро технічного контролю (БТК), механіка, енергетика, а також туалети.

Обладнання та технологічні процеси, в ході яких використовують технологічні речовини, що забруднюють атмосферу, необхідно розміщувати в окремих ізольованих приміщеннях. Це, наприклад, дільниці для азотування, для гідроабразивного очищення, дробоструминного наклепу, обробки з використанням печей-ванн. Для забезпечення високої якості технологічних процесів розміщують в ізо-

льованих приміщеннях обладнання для вакуумної термообробки, плазмодугового напилення і т. ін.

Площі для конторсько-побутових приміщень і їх розміщення. Конторські приміщення складаються з робочих кімнат та індивідуальних кабінетів керівних працівників цеху. Склад кімнат і кількість працюючих у них визначаються штатним розписом.

Площі побутових приміщень (окрім вбиралень) розраховуються відповідно до санітарних норм на повний обліковий склад працюючих у найбільшій зміні. Крім того, на виробничих площах цеху повинно бути передбачене розміщення умивальників, санвузлів і кімнат відпочинку.

При ділянках рідинного ціанування і свинцевих ванн повинні бути такі, що сполучаються з ними, й ізольовані від інших приміщень, спеціальні побутові служби - пропускники, що відповідають групі III виробничих процесів. До складу пропускника входять: гардероб із приміщенням для знешкодження робочого одягу і взуття, умивальник, душова, санвузол.

У будівельній практиці передбачаються три об'ємно-планувальні рішення розміщення конторсько-побутових приміщень.

1 У прибудові, що примикає до виробничої будівлі. Прибудова, як правило, має 2-3 поверхи по 3,3 м (від підлоги і до підлоги). Ширина прибудови 12 або 18 м з кроком опор 6 м. Довжина прибудови, як правило, береться менше ширини цеху.

2 У середині цеху на вільних площах і неживаних кутових місцях, якщо цьому не перешкоджає характер умов у цеху, наприклад, температура, виробничі виділення, шум. Висота приміщень у даному випадку береться не менше 2,2 м від підлоги до низу виступаючих конструкцій.

3 У будівлі, що окремо розміщена, сполученій з виробничим корпусом за допомогою наземних або підземних переходів.

9.5.3 Загальне компонування і вантажопотік цеху

Загальне компонування плану цеху містить: встановлення місцезнаходження точок надходження і видачі готової продукції, а також розміщення в цеху пожежних проїздів і головних проходів; установлення місцезнаходження виробничих ділянок у порядку послідовності розробленого технологічного процесу.

Компонувальна схема може передбачати два варіанти розміщення точок надходження і видачі продукції по довжині цеху: в одному місці, біля однієї з торцевих стін - для цеху з відносно невеликою довжиною, в різних кінцях цеху - для цеху значної довжини. У цьому разі ділянка видачі готової продукції розміщується біля торцевої стіни, що пояснюється необхідністю відособлення завершальної операції чищення (травлення, обробка дробом і т. п.) зі шкідливими пилевиділеннями.

При встановленні схеми взаємного розміщення виробничих і допоміжних ділянок слід урахувати таке: пічні ділянки повинні розміщуватися, як правило, уздовж зовнішніх стін; ділянки з токсичним, вибухонебезпечним і шумовим устаткуванням потрібно розміщувати у відособлених приміщеннях, ізольованих від пічного залу. До такого устаткування належать: ванни для рідинного ціанування, ванни для кислотного травлення, камери сухого піскоочищення, установки для приготування твердого карбюризатора, повітродувки високого тиску та ін.; проїзди і проходи бажано розміщувати по периметру з обов'язковим розміщенням воріт і дверей біля зовнішніх стін.

Рекомендації з визначених розмірів проїздів і проходів подані в табл. 9.36.

Таблиця 9.36 - Нормативи ширини проїздів і проходів

Назва і призначення проїзду (проходу)	Напрямок руху	Ширина для виробництва, м	
		масового і великосерійного	одиночного і дрібносерійного
Транспортний проїзд для карів і навантажувачів шириною до 1,5 м і вантажопідйомністю до 5 т	Односторонній	2,0-2,5	2,5-3,5
	Двосторонній	5,0	5,0
Допоміжний проїзд для ручних візків, прохід працюючих	Односторонній	1,2-1,5	1,2- 1,5
	Двосторонній	1,6-2,0	1,6-2,0
Проїзд із залізничними коліями	Колія широка	6,0	6,0
	Колія вузька	2,5-3,0	2,5-3,0

Планування устаткування. В основу розстановки устаткування на плані і розрізах цеху повинні бути встановлені: намічена компоновальна схема технологічного вантажопотоку, що не допускає перетину шляхів руху оброблюваних виробів (виняток може бути допущений для цехів індивідуального і дрібносерійного виробництва із груповим розміщенням устаткування, але при цьому загальний вантажопотік повинен здійснюватися в одному напрямку); можливість обслуговування і ремонту обладнання; організація міжопераційного транспорту оброблюваних виробів та ін.

У процесі розроблення технологічного планування здійснюється: уточнення раніше прийнятої компоновальної схеми цеху і розміщення її виробничих відділень і допоміжних приміщень; нанесення на план устаткування складських місць, проїздів і проходів; ув'язка і нанесення засобів внутрішньоцехового міжопераційного транспорту.

Умовні позначення, прийняті на технологічних плануваннях, подані в додатку 3 [13]. Зразкові нормативи розстановки устаткування подані в табл. 9.37.

9.6 Розрахунок потрібної кількості паливно-енергетичних ресурсів і допоміжних матеріалів

При термічній обробці виробів споживається велика кількість палива, електроенергії та інших енергетичних ресурсів. Тому всебічне обґрунтування потреби в паливно-енергетичних ресурсах є важливим розділом дипломного проекту (роботи).

Розрахунок потреби в технологічному паливі. Загальна річна потреба в паливі на технологічні потреби може бути визначена за формулою

$$E_T = \sum_{n=1}^N R_{np} \cdot \Phi_n, \quad (9.31)$$

де E_T - загальна річна потреба в технологічному паливі, тис.м³ або т; R_{np} - середня витрата палива за 1 год роботи устаткування n-го типу, тис.м³ або т; Φ_n - потрібна кількість годин роботи устаткування n-го типу для виконання річної виробничої програми; N - кількість типів устаткування.

Якщо проектом передбачається використання палива кількох видів, то загальна потреба в паливі повинна бути виражена в умовних тоннах. Для цього кожен доданок формули (9.31) ділиться на відповідний еквівалент питомої теплоти згорання натурального палива.

Середньогодинна витрата палива для кожного типу устаткування береться за паспортними або заводськими даними, а потрібна кількість годин роботи устаткування - з табл. 9.29.

Таблиця 9.37 - Норми відстаней між устаткуванням і будівельними конструкціями

Найменування устаткування	Характеристика устаткування		Висота будівлі, м	Мінімальна відстань, м*		
	показник	величина		між устаткуванням і стінами або колонами	на провіт	між печами і баками
Печі періодичної дії						
Печі камерні	Площа поду, м ²	0,1-1,0	7,2-8,4	1,5	1,2-1,6	1,0-1,5
Те саме, з візком	Те саме	1,1-1,8	8,4	2,5-3,0	2,5-3,0	1,5-2,0
Те саме, з висувним подом	->-	2,0-5,0	10,8	2,5-3,0	12,0	3,0-3,5
	->-	5,5-10,0	12,6	2,5-3,0	Між осями	
	->-	10,0-90,0	14,4	3,0-4,0		3,0- -3,5
Те саме, з прибудованим баком для гарту	->-	0,2-1,0	7,2-8,4	1,5	1,2-1,6	-
		1,4-2,2	8,4	2,5-3,0	1,6-2,0	-
Печі шахтні	Діаметр, м	0,4-1,5	8,4**	2,5-4,0	2,0-3,0	1,5-2,0
Ванни з розплавами	Об'єм тигля	0,2-0,6	7,2-8,4	1,0-1,5	1,2-1,5	1,0-1,2
Печі контейнерні двостендові	Площа поду, м ²	1,8-5,8	8,4	2,0-2,5	1,5	-
Печі й агрегати безперервної і пульсуючої дії						
Печі барабанні	Діаметр, м	0,2-0,6	7,2-8,4	2,5-3,0	3,5-4,0	-
конвеєрні	Ширина стрічки, м	0,4-1,2	7,2-8,4	2,5-3,0	3,5-4,0	-
штовхальні	Ширина піддону, м	0,4-1,6	8,4-10,8	1,8-2,2	3,0-4,0	-
Агрегати прямоструминні	-	-	8,4	1,8-2,2	4,0-6,0	-

Продовження табл. 9.37

Найменування устаткування	Характеристика устаткування		Висота будівлі, м	Мінімальна відстань, м*		
	показник	величина		між устаткуванням і стінами або колонами	на просвіт	між печами і баками
Те саме, з обертанням пристосувань	Ряди піддонів	1,0-4,0	10,8-12,6	2,5-3,0	6,0-8,0	-
Те саме, в П-подібному виконанні	Те саме	1,0-2,0	10,8-12,6	2,5-3,0	7,5-12,0 Між осями агрегатів	
Допоміжне устаткування						
Генератори СВЧ, лампові	Потужність, кВт	30-160	0,3-0,8	1,7-2,0	0,7-0,5	
Те саме, машинні	Те саме	30-250	1,0	0,5-0,7	-	
Те саме	-»-	250-500	7,2	-	-	
Установки газопідготовчі	Продуктивність, м ³ /год	8-125	7,2-8,4		1,5-2,0	
*Більші значення стосуються великогабаритного устаткування.						
**Висота будівлі ув'язується з довжиною виробів і устаткуванням, на якому вироби обробляються у підвішеному стані						

Середньогодинна витрата палива для устаткування, за яким у проекті запропоновані оригінальні рішення, визначається на підставі теплових розрахунків, виконуваних у теплотехнічній частині проекту.

Розрахунок потреби в паливі рекомендується виконувати за формою, наведеною в табл. 9.38

Таблиця 9.38 - Розрахунок потреби в технологічному паливі

Найменування обладнання	Потрібна кількість годин роботи	Вид палива	Одиниця вимірювання	Середньогодинна витрата палива	Загальні витрати в натуральних одиницях	Калорійний еквівалент	Загальні витрати в умовних тоннах (6:7)
1	2	3	4	5	6	7	8
Разом							

9.6.1 Розрахунок потреби в електроенергії

Загальна річна потреба як у технологічній, так і в силовій електроенергії визначається за формулою

$$E_e = \sum_{n=1}^n R_{ne} \cdot \Phi_n, \quad (9.32)$$

де E_e - загальна річна потреба в технологічній (силовій) електроенергії, кВт-год.; R_{ne} - середня витрата технологічної (силової) електроенергії на 1 год роботи устаткування n-го типу.

Середньогодинні витрати технологічної електроенергії для устаткування кожного типу можна визначити за формулою

$$R_{ne} = N_B \cdot K_N \cdot K_W, \quad (9.33)$$

де N_B - встановлена потужність електропечі, кВт; K_N - коефіцієнт використання печі за потужністю; K_W - коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі підприємства.

Установлена потужність електропечі береться за її паспорт, каталогом або прейскурантом оптових цін на електропечі. Коефіцієнт K_N береться таким, що дорівнює 0,6-0,7; коефіцієнт $K_w = 1,05$.

Середньогодинна витрата силової електроенергії визначається за формулою

$$R_{\text{не}} = \frac{N_B \cdot K_N \cdot K_r \cdot K_{\text{од}} \cdot K_w}{\eta_m}, \quad (9.34)$$

де N_B - сумарна встановлена потужність електродвигунів одиниці устаткування кожного типу, кВт; K_r - середній коефіцієнт завантаження електродвигунів за часом; $K_{\text{од}}$ - середній коефіцієнт одночасності роботи електродвигунів; η_m - середній к. к. д. електродвигунів.

Сумарна встановлена потужність електродвигунів визначається за каталогами на устаткування або за прейскурантами. Середні значення коефіцієнтів K_N , K_r , $K_{\text{од}}$ і η_m (за даними машинобудівних підприємств) наведені в табл. 9.39. Розрахунок потреби в технологічній і силовій електроенергії рекомендується виконувати за формою, наведеною в табл. 9.40.

Річна потреба в електроенергії на освітлення приміщень проектного цеху визначається за формулою

$$E_{\text{е.о.}} = \sum_{z=1}^z R_z \cdot K_{\text{од}} \cdot P_z \cdot T_p, \quad (9.35)$$

де $E_{\text{е.о.}}$ - річна потреба в електроенергії на освітлення всіх приміщень цеху, кВт-год; z - кількість приміщень цеху; R_z - середня витрата електроенергії на освітлення 1 м² площі приміщення z -го вигляду протягом 1 год; $K_{\text{од}}$ - коефіцієнт одночасності горіння ламп; P_z - площа приміщення z -го вигляду; T_p - тривалість горіння електроламп у році, год. У розрахунках можуть бути використані нормативи, наведені в табл. 9.41.

Таблиця 9.39 - Середні значення коефіцієнтів K_N , K_T , $K_{од}$, η_M

Найменування устаткування	K_N	K_T	$K_{од}$	η_M
Термічне				
Штовхачі і конвеєри печей, конвеєри гартівних баків і мийних машин	0,6	0,7	1,0	0,8
Правильні преси у виробництві: одиночному і дрібносерійному серійному великосерійному і масовому	0,3	0,6	1,0	0,63
	0,4	0,7	1,0	0,65
	0,5	0,85	1,0	0,65
Підйомно-транспортне				
Крани, талі електричні у виробництві: одиночному і дрібносерійному серійному великосерійному і масовому	0,4	0,4	0,4	0,45
	0,5	0,5	0,4	0,45
	0,6	0,6	0,4	0,45
Конвеєри у виробництві: одиночному і дрібносерійному серійному великосерійному і масовому	0,7	0,6	1,0	0,8
	0,8	0,8	1,0	0,8
	0,9	1,0	1,0	0,8
Електровізки у виробництві: одиночному і дрібносерійному серійному великосерійному і масовому	0,6	0,5	1,0	0,8
	0,7	0,6	1,0	0,8
	0,8	0,7	1,0	0,8

Таблиця 9.40 - Розрахунок потреби в технологічній і силовій електроенергії

Найменування устаткування	Потрібна кількість годин роботи	Встановлена потужність		Витрата електроенергії за 1 год роботи, кВт-год		Загальна витрата електроенергії, кВт-год		
		електронагрівачів	електродвигунів	технологічної	силової	технологічної (2:5)	силової (2:6)	разом (7+8)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Разом								

Таблиця 9.41 - Нормативи для розрахунку потреби в

електроенергії на освітлення

Найменування приміщень	R _z	K _{од}	T _p - при числі робочих змін за добу		
			1	2	3
Виробничі	0,015	0,8	800	2500	4300
Конторські і лабораторні	0,02	0,8	800	2500	4300
Побутові	0,01	0,7	800	2500	4300
Підвали	0,01	0,9	800	2500	4300

9.6.2 Розрахунок потреби в енергоносіях інших видів. Річна потреба в стислому повітрі, парі, воді та інших енергоносіях визначається за узагальненими нормами витрат, які встановлюються, як правило, на одиницю маси оброблюваних виробів або на 1 год роботи устаткування.

Норми витрати енергоносіїв беруться за даними підприємств, а за відсутності таких - за наступними орієнтовними даними.

Витрата стислого повітря: гідроабразивне очищення окалини - 1,1 м³ на 1 кг виробів; дробоструминне очищення окалини - 0,7 м³ на 1 кг виробів; перемішування розчинів у баках - 15-30 м³ на 1 м³ розчину; притиск штампів у гартівних пресах - 0,2-0,7 м³ на виріб.

Витрата пари на підігрів розчину в мийних машинах і промивних баках - 0,15 т на 1 т виробів.

Витрата води в гартівних і промивних баках, мийних машинах, маслоохолоджувачах на 1 т виробів, м³: для гарту - 6-8; для охолодження після відпустки - 0,2-0,4; для промивки в баках і машинах - 0,2-0,3; для охолодження змійовиків і масляних баків -10-12.

Витрата води (у м³) на 1 год роботи установки ТВЧ для охолодження ламп та індукторів і гарту при потужності

установки: 15-30 кВт – 2-4; 60-100 кВт – 4-6; понад 100 кВт – 6-8.

Витрата води на господарсько-побутові потреби 0,1 м³ - на одну людину в зміну.

Результати розрахунків потреби в паливно-енергетичних ресурсах зводяться в єдину відомість, зразкова форма якої наведена в табл. 9.42.

9.6.3 Розрахунок потреби в допоміжних технологічних матеріалах. Річна потреба в допоміжних технологічних матеріалах (різні солі, луги, кислоти, ендо- і екзогаз, карбюратор, аміак, дріб та ін.) визначається за узагальненими нормами витрат, які встановлюються на одиницю маси оброблюваних виробів. Орієнтовні норми витрати допоміжних матеріалів наведені в додатку 4. Результати розрахунків зводяться в єдину відомість за формою, аналогічною до наведеної в табл. 9.42.

Таблиця 9.42 - Зведена відомість річної потреби в паливно-енергетичних ресурсах

Найменування ресурсів	Одиниця вимірювання	Середня норма витрати на 1 т виробів	Річна потреба	Оптова ціна одиниці ресурсу, грн	Сума, грн
1 Паливо технічне Газ природний	тис. м ³			600,0	
Разом в умовному	т				
2 Електроенергія технологічна силова освітлювальна	кВт-год кВт-год кВт-год			0,17 0,17 0,30	
Разом	кВт-год				
3 Стисле повітря	тис. м ³				
4 Пара на виробничі потреби на господарські потреби	т т			4,66 4,66	
5 Вода на виробничі потреби	м ³			1,0	

би на господарські потреби	м ³			1,0	
----------------------------------	----------------	--	--	-----	--

9.7. Спеціальна частина

Виконання спеціальної частини проекту має підготувати студента до самостійного рішення складних, спеціальних питань, що виникають на виробництві, під час проектування, в науково-дослідній роботі.

Тема спеціальної частини проекту формулюється в завданні на проект керівником проекту (роботи) до від'їзду студента на переддипломну практику. Проте тема спеціальної частини проекту може бути вибрана і самим студентом (за узгодженням з керівником). У деяких випадках тема спеціальної частини може уточнюватися і змінюватися після повернення студента з практики і в остаточному вигляді повинна бути сформульована керівником проекту перед початком дипломування.

Як правило, для поглибленого розроблення в спеціальній частині проекту вибираються найактуальніші для даного виробництва питання, органічно пов'язані із загальною темою дипломного проекту. Як зразкові теми для розроблення в спеціальній частині можна рекомендувати такі:

1 Розроблення нового технологічного процесу термічної обробки деталі або групи деталей.

2 Заміна дефіцитних або дорогих матеріалів, уживаних для термообробки (наприклад, марки сталі, свинцю для ванн) недефіцитними, дешевими матеріалами.

3 Заміна високолегованих сталей низьколегованими.

4 Заміна звичайного гарту гартом з індукційним нагрівом.

5 Заміна цементациї в твердому карбюризаторі газовою цементациєю.

6 Заміна газової цементациї нітроцементациєю.

7 Розроблення сучасних технологічних процесів одержання деталей і заготовок з порошкових та композиційних матеріалів.

8 Окремі питання автоматизації і т.п.

9 Аналіз причин браку і заходи з його попередження.

10 Високо- або низькотемпературна термомеханічна обробка сталі, інші методи комбінованого зміцнення.

11 Розроблення режиму м'якої азотизації (теніфер-або тафтрайд-процес).

12 Розроблення і розрахунок конструкцій охолоджувальних пристроїв для термозміцнення прокату.

13 Розроблення неруйнівних методів контролю якості термообробки прокатних та інших виробів.

14 Розроблення нових методів охолодження.

15 Використання нових охолоджувальних середовищ.

16 Розроблення режимів нагрівання в печах серії ПАП (печі аеродинамічного підігріву), в печах з псевдорідинним шаром.

17 Використання нових методів поверхневого і об'ємного зміцнення виробів.

18 Обґрунтування необхідності заміни нагрівання в звичній атмосфері безокисним нагріванням, вибір атмосфери для безокисного нагрівання.

19 Розроблення оригінальних проектних рішень щодо печей та іншого термічного устаткування.

20 Заміна гартівного масла водними розчинами полімерів.

21 Заміна традиційних карбюризаторів карбюризаторами на основі полімерів.

22 Заміна солей для печей-ванн легкоплавкими шлаками.

23 Розроблення програм для розрахунку на ПЕОМ.

24 Проектування та розрахунки технологічного оснащення.

25 Розрахунки складу контрольованої атмосфери та розроблення схеми обладнання для її отримання.

26 Розрахунки і конструювання гартівного бака.

27 Розрахунки параметрів вакуумної системи і розроблення її принципової схеми.

28 Розроблення схеми та розрахунки централізованої системи маслоохолодження.

29 Розрахунки та конструювання окремого механізму печі або іншого обладнання, наприклад, механізму підймання заслінки (кришки) печі, механізми пересування поду печі, турбіни установки дробоструминного очищення (наклепу), циркуляційного вентилятора, механізму пульсації поду, штовхача, приводу рольганга, конвеєра, елеватора тощою

30 Розроблення конструкції вузла подачі рідкого карбюратора.

31 Розроблення конструкції оснащення для гартування у пригніченому стані.

Як завдання для спеціальної частини можуть бути запропоновані і комплексні теми, пов'язані з іншими розділами дипломного проекту, в яких розробляють питання організації виробництва, економіки, механічного устаткування печей, розроблення нових конструкцій печей та іншого устаткування.

Спеціальну частину проекту можуть також складати: результати самостійного експериментального дослідження або дослідження, у виконанні якого студент брав участь під час переддипломної практики; раціоналізаторські пропозиції за технологією термічної обробки або устаткуванням, прийняті до впровадження або впроваджені у виробництво; матеріали авторських свідоцтв; технологічні та конструкторські розробки одного з вузлів печі, агрегату; автоматизована система управління технологічним процесом або агрегатом.

При викладенні питань, що розглядаються в спеціальній частині, перш за все дається характеристика існуючого

стану питання як за літературними, так і за промисловими даними. У результаті критичного аналізу намічаються пропозиції із вдосконалення процесу або устаткування. Ці пропозиції обґрунтовуються і підкріплюються теоретичними міркуваннями, розрахунками і посиланнями на довідкові дані і відповідну літературу.

Таким чином, спеціальна частина проекту є результатом поглибленого вивчення конкретного виробничого або теоретичного питання і характеризує підготовку студента до самостійної творчої роботи.

Обсяг спеціальної частини – 15-20 сторінок друкованого тексту.

Результати виконання спеціального завдання знаходять втілення також у ГЧ (1-2 аркуші формату А1).

9.8 Теплотехнічна частина

У виробничих підрозділах теплової обробки виробів для їх нагрівання використовують різноманітні печі (немеханізовані і механізовані періодичної дії, механізовані безперервної дії), печі-ванни, агрегати, а також позапічне обладнання (установки нагрівання прямим пропусканням струму, установки індукційного нагрівання тощо). Цей розділ дипломного проекту, ПЗ та ГЧ слід розглядати як складову конструкторської частини. Необхідно нагадати, що до конструкторської частини дипломного проекту входять робочі креслення виробів, креслення обладнання для нагрівання та креслення додаткового (допоміжного) обладнання.

У теплотехнічній частині в ПЗ необхідно:

- 1) обґрунтовано вибрати нагрівальний пристрій;
- 2) розрахувати розміри робочого і внутрішнього просторів печі;
- 3) розробити схему укладання виробів, визначати кількість виробів у садці і масу садки;
- 4) розрахувати час нагрівання і продуктивність печі;

5) виконати розрахунки горіння палива (для паливних печей);

6) скласти баланс теплових потоків печі і визначити установчу потужність нагрівачів електричної печі, кВт, або витрати палива в паливній печі, $\text{m}^3/\text{с}$;

7) виконати розрахунки заготовок нагрівачів, сконструювати нагрівачі і розробити схему їх розміщення;

8) виконати розрахунки для вибору пальників і вибрати їх із довідкової літератури;

9) розрахувати витрати тепла на розігрівання печі і тривалість розігрівання;

10) виконати повузловий опис конструкції спроектованої печі (каркаса, кожуха, футерівки, нагрівачів, пальників, циркуляційних вентиляторів, механізмів пересування виробів тощо);

11) описати послідовність запуску та особливості експлуатації печі;

12) навести вимоги техніки безпеки при роботі на спроектованій печі.

Проектування режимів і технології термічної обробки часто пов'язане з необхідністю виконання вельми складних і трудомістких розрахунків, наприклад, нагрівання і охолодження, глибини дифузійного шару при хіміко-термічній обробці. Відповідно до Положення про ВКР такі розрахунки повинні виконуватися дипломником на комп'ютерах різних типів.

Розрахунки нагрівання і охолодження виробів при термічній обробці відрізняються різноманітністю граничних умов, форми, теплофізичних характеристик. Особливістю їх є послідовне проходження виробом різних стадій теплової обробки: нагрівання, витримка, охолодження, знову нагрівання і т.д. Розрахунки засновані на інженерних методиках, описаних у підручниках, навчальних посібниках і монографіях. Методики відрізняються громіздкістю і наближеним характером. Останніми роками набуває поширення математичний опис процесів нестационарної теп-

лопровідності у вигляді одновимірного диференціального рівняння теплопровідності для тіл простої форми з граничними умовами першого, другого і третього родів. Це дозволяє використовувати чисельні методи рішення і розробляти програми розрахунків на комп'ютері.

Можливі кілька постановок задач.

1 За заданими розмірами і формою виробу, його початковою температурою і теплофізичними характеристиками сталі - коефіцієнтами теплопровідності і теплопровідності - розрахувати параметри нагрівання виробу в печі із заданою температурою і коефіцієнтом випромінювання, завершення нагрівання після досягнення заданого значення температури поверхні (центру) або після закінчення заданого часу нагрівання. Задача розв'язується за граничних умов третього роду.

2 За заданими розмірами і формою тіла, початковою температурою і теплофізичними константами розрахувати нагрівання (охолодження) виробу із заданою зміною в часі температури поверхні, завершення періоду після досягнення заданого значення температури поверхні (центру) або після закінчення заданого часу нагрівання. Задача розв'язується за граничних умов першого роду.

3 За заданими розмірами і формою тіла, початковою температурою і теплофізичними константами розрахувати нагрівання тіла при заданій лінійній зміні теплового потоку на поверхні виробу, завершення періоду нагрівання після досягнення заданого значення температури поверхні (центру) або після закінчення заданого часу. Задача розв'язується за крайових умов другого роду.

4 За заданими розмірами і формою виробу, початковою температурою і теплофізичними константами розрахувати нагрівання (охолодження) тіла в рідкому або газовому середовищі із заданою температурою, завершення періоду після досягнення заданої температури поверхні (центру)

або після закінчення заданого часу. Задача розв'язується за граничних умов третього роду.

При виконанні розрахунків горіння палива, втрат тепла через футерівку, розмірів заготовок нагрівачів слід використати комп'ютер.

У сучасному термічному цеху для нагрівання виробів при термічній обробці застосовують рідке і газоподібне паливо або електроенергію. Тверде паливо - вугілля, торф, дрова - широкого застосування в термічних цехах не одержало. Відповідно до цього, залежно від джерела використовуваної для нагрівання виробів теплової енергії, всі печі і нагрівальні установки поділяють на печі, що працюють на рідкому паливі, газові, електричні. Передача теплоти виробу здійснюється через повітря, газ, рідкі середовища (у печах-ваннах, електродно-соляних ваннах) і псевдорідкі середовища, пропусканням електроструму через виріб (установки для контактного електронагрівання), шляхом нагрівання полум'ям, що направляється безпосередньо на виріб (установки для газополуменевого нагрівання).

У розділі дипломного проекту «Теплотехнічна частина» студент повинен дати розрахунок одного зі встановлюваних у проектуваному цеху термічних агрегатів, виходячи з необхідної його продуктивності, або однієї з термічних печей за завданням керівника дипломного проекту.

При розрахунку термічної електронпечі необхідно:

- 1) обґрунтувати вибір електроенергії для печей;
- 2) обґрунтувати вибір конструкції печей і їх основних розмірів;
- 3) зазначити призначення печі, максимальну температуру поверхні футерівки і температуру нагрівання виробів, розміри робочого простору, масу садіння і продуктивність печі, номінальну лінійну напругу, графік (змінність) роботи печі і т. п.;
- 4) вибрати футерівку;

- 5) дати тепловий розрахунок;
- 6) визначити потужність;
- 7) провести електричний розрахунок печі, тобто вибрати форму і матеріал електронагрівачів, встановити перетин їх і схему розподілу за зонами печі, визначити силу струму і т. п.;
- 8) описати, як здійснюється контроль і регулювання температури.

Після визначення теплового балансу і потужності електричної печі необхідно визначити число регульованих зон і потужність кожної зони, оскільки розрахунок електронагрівачів здійснюється за зонами.

Розрахунок електродно-соляних ванн також починається з опису призначення ванни, розмірів робочого простору, глибини заповнення ванни сіллю, режиму нагрівання виробів, номінальної лінійної напруги, графіка (змінності) роботи ванни, продуктивності і т.п. Потім дається визначення розмірів робочого простору і вибирається футерівка ванни. Після цього проводять тепловий розрахунок, тобто визначають: витрату теплоти на нагрівання виробів і пристосувань; витрату теплоти на покриття теплових втрат через футерівку, дзеркало ванни і т. п.; витрату теплоти на розплавлення солі, що додається; невраховані втрати і т.д. За одержаними даними визначають потужність електродно-соляної ванни і проводять вибір типу трансформатора. Потім дається опис схеми контролю і регулювання температури.

Методика розрахунку масляних і соляних печей-ванн аналогічна до вищевикладеної: студент дає опис технічних умов (призначення і т. д., як зазначалося вище) для печі-ванни, проводить тепловий розрахунок (розрахунок витрати теплоти у ванні на нагрівання виробів і пристосувань, на нагрівання масла, солі або свинцю і т. п.), визначає втрати теплоти і потужність, потрібну на покриття цих

втрат, виводить загальну потужність ванни. Після цього проводить розрахунок електронагрівачів, вибирає їх перетин, форму і спосіб розміщення в печі, потім описує метод контролю і регулювання температури.

Якщо заданий розрахунок установки для індукційного нагрівання, необхідно: дати опис технічних умов, тобто описати призначення установки, графік нагрівання, графік (змінність) роботи установки і т.п.; вибрати частоту струму, розрахувати розміри індуктора і розміри трубки, що йде на виготовлення індуктора; розрахувати напругу на індукторі, струм у ньому і коефіцієнт потужності індуктора ($\cos\phi$); обчислити потужність, що підводиться до індуктора, і його к. к. д.; провести тепловий розрахунок режиму нагрівання; вибрати тип генератора; дати опис методу контролю температури.

При розрахунку печі, що працює на рідкому або газоподібному паливі, проводиться опис призначення печі (геометричні розміри виробів, що нагріваються; температури виробу - початкова, кінцева; перепад температур), дається характеристика палива (назва, теплота згорання), характеристика режиму нагрівання. Розраховують горіння палива (приводять початкові склади палива і повітря; визначають коефіцієнт перерахунку складу сухого палива на склад робочого (вологого) палива і розраховують склад робочого палива; визначають нижчу теплоту згорання палива; здійснюють перевірку, визначають нев'язність (%). Розраховують також кількість повітря (теоретично необхідне і дійсне); кількість і склад продуктів згорання. Визначають матеріальний баланс горіння палива (розраховують густину палива, повітря і продуктів згорання, прибуткові і витратні статті балансу, нев'язність (%)). При визначенні теплопродуктивності палива встановлюють питому ентальпію продуктів згорання. Розрахунок теплообміну в печі випромінюванням містить: вибір способу розміщення виробів, що

нагріваються, на поді печі; визначення геометричних розмірів камери (довжина, ширина, висота бічних стінок; вид зводу - плоский, арочний, з вибором центрального кута арочного зводу і визначенням стріли зводу; максимальна і середня висота зводу); визначення параметрів теплообміну випромінюванням (поверхні виробів, що нагріваються, поверхні зводу, поду, бічних стін, торцевих стін); обчислення кутового коефіцієнта випромінювання, газового об'єму, ефективної товщини газового шару, ступеня чорноти газів і наведеного коефіцієнта випромінювання системи газ - кладка - метал.

Розрахунок нагрівання заготовок (виробів) містить: визначення теплофізичних і механічних властивостей сталі, що нагрівається (коефіцієнта теплопровідності, питомої ентальпії, щільності, коефіцієнта лінійного розширення, модуля пружності, межі пропорційності і межі міцності); розрахунок температурних напруг для оцінки допустимості взятого режиму нагрівання; розрахунок періодів нагрівання (орієнтовний; уточнений; тривалість періодів; густина теплового потоку; загальна тривалість нагрівання).

Тепловий розрахунок печі передбачає: вибір конструкції кладки (кількість, товщина і матеріал шарів), визначення розмірів робочого вікна (за кратністю розмірам цеглини) і зовнішніх розмірів печі (довжина, ширина, висота); розрахунок теплових втрат через кладку бічних стін, торцевої стіни, зводу і кладки в цілому; розрахунок неврахованих теплових втрат і теплових втрат через кладку поду (можна взяти таким, що дорівнює 30% втрат через кладку печі); розрахунок теплових втрат через кладку дверцят (кришки); визначення сумарних теплових втрат при роботі печі; розрахунок теплових втрат під час простою печі (видачі і посадці заготовок).

Розрахунок теплового балансу передбачає визначення: маси садіння; корисно витраченої теплоти, витраченої теп-

лоти під час роботи і під час простою печі, витрати і приходу теплоти за цикл нагрівання заготовок. Завершується розрахунок складанням теплового балансу печі і визначенням розбіжності.

Розрахунок техніко-економічних показників передбачає: визначення продуктивності печі, напруженості корисного поду печі, питомої витрати теплоти і умовного палива, термічного к. к. д.; розрахунки потужностей (холостого ходу, корисної, робочої, загальної); розрахунки витрати палива, повітря, газів, що відходять.

При виконанні теплотехнічної частини доцільно використовувати ПЕОМ різних типів залежно від складності та обсягу розрахунків. Для виконання розрахунків на ПЕОМ спочатку наводяться постановка задачі і всі вихідні дані. Потім наводять матеріали про програмування: при самостійному програмуванні - програму, методи роботи з нею і контрольний приклад для перевірки її роботи; при програмуванні сумісно з програмістом - програму, методи роботи, контрольний приклад і прізвище програміста; при використанні стандартної програми – її повну назву.

Для виконання цих розрахунків слід скористатися [17].

При проектуванні установки для нагрівання струмом високої частоти необхідно описати технічні умови (призначення обладнання, графік нагрівання, режим роботи установки тощо); розрахувати частоту струму залежно від властивостей матеріалу, глибини шару, що нагрівається; розрахувати розміри індуктора та заготовки, з якої виготовляється індуктор; розрахувати потужність, що підводиться до індуктора; визначити електричний опір індуктора і силу струму, який проходить через нього; розрахувати ККД індуктора, потужність установки; виконати розрахунки теплового режиму та системи охолодження індуктора; вибрати тип генератора; описати метод контролю та регулювання температури виробів; розрахувати продуктивність

установки; описати конструкцію і роботу установки. Методику розрахунків наведено у [14].

У ГЧ накреслити загальний вигляд печі (установки) з усіма необхідними вузлами та перерізами, привести технічну характеристику та специфікацію основних вузлів та частин. Перелік креслень окремих вузлів, механізмів печей (установок) виконують після узгодження з керівником проекту та консультантом з півної частини.

Завданням з цієї частини можуть бути модернізація існуючого обладнання з метою його механізації, підвищення коефіцієнта корисної дії або продуктивності, зменшення втрат теплових потоків, використання захисних атмосфер. Усі конструкторські пропозиції супроводжуються розрахунками і технічно обґрунтовуються. Ґрунтовні розрахунки та конструкторське розроблення печей (установок) можуть бути завданнями і до спеціальної частини проекту.

9.9 Механіко-технологічне обладнання відділення (цеху)

9.9.1 Обладнання відділення (цеху)

Висвітлюються конструкція та робота основного (за винятком наведеного в півній частині), додаткового та допоміжного обладнання відділення (цеху). У вигляді таблиць наводяться основні дані технічної характеристики, а саме: продуктивність; розміри робочого простору; габаритні розміри; маса садки; установча потужність нагрівачів та електродвигунів; тип робочого середовища; витрати контрольованої атмосфери, води (гарячої, холодної), стисненого повітря, водяної пари; маса обладнання; склад та витрати технологічних речовин.

Наведені дані дозволяють не тільки скласти уявлення про обладнання підрозділу і технічний рівень оснащення та проекту, а й сформувані вихідні дані для виконання економічної частини та розділу «Охорона праці та навколишнього середовища».

9.9.2 Засоби механізації

Наводиться детальний опис загального рівня механізації спроектованого відділення (цеху). Описуються: загальні засоби механізації (мостові крани, кран-балки, тельфери, передаточні візки); засоби механізації, які обслуговують однотипне обладнання, наприклад, печі з зовнішньою механізацією, лінії з печами СНЗА, з печами-ваннами; засоби механізації в окремих агрегатах; засоби механізації для завантаження та розвантаження печей і наводиться їх характеристика.

Обов'язково наводиться перелік тих операцій з виробами, при виконанні яких використовується ручна праця. Мотивується неможливість, складність або економічна недоцільність механізації цих операцій.

9.10 Автоматизація технологічних процесів термічної обробки

Метою розділу є розроблення функціональної схеми автоматизації технологічного процесу термічної обробки.

Розділ містить пояснювальну записку та графічну частину. Функціональна схема визначає характер побудови і взаємодії елементів у системі автоматичного регулювання.

Структурний склад системи на схемі подають у вигляді функціонально-блочних вузлів автоматичного контролю, управління і регулювання, що дає повне уявлення про забезпечення об'єкта приладами та іншими технічними засобами автоматизації.

У пояснювальній записці необхідно проаналізувати:

- вимоги до технологічного процесу;
- технічні характеристики основного обладнання, що використовується в технологічному процесі;
- режими технологічного процесу, що контролюються і реєструються, та параметри автоматичного регулювання й управління.

Зробити вибір:

- методів вимірювання технологічних параметрів;

- основних технічних засобів автоматизації, що найбільш повно відповідають вимогам технологічного процесу та умовам роботи обладнання;

- приводів виконавчих механізмів, регульовальних і запірних органів технологічного обладнання, які керуються автоматично чи дистанційно;

- автоматичного регулятора (закону регулювання) параметра та розрахувати його.

Визначити розміщення засобів автоматизації (на щитах, пультах, технологічному обладнанні).

У функціональній схемі автоматизації передбачити перехід на ручне керування технологічним процесом.

Параметри контролю, керування і регулювання технологічним процесом термічної обробки, а також основні технічні засоби контролю і автоматизації рекомендується оформити у вигляді таблиць 9.43 і 9.44.

Таблиця 9.43 – Параметри контролю і регулювання технологічного процесу

Параметр і його призначення на схемі	Місце вимірювання	Межі вимірювання	Допустима похибка виміру або відхилення від заданого значення
Автоматичне регулювання			
1			
2			
Контроль			
1			
2			

Функціональну схему виконують у вигляді креслення, на якому схематично умовним зображенням показують технологічне обладнання, органи керування, засоби автоматизації з позначенням зв'язків між ними.

Таблиця 9.44 – Технічні засоби автоматичного контролю і регулювання технологічних параметрів

Технологічний параметр	Тип приладу градування	Межі вимірювання приладу	Клас точності	Розміщення

Технологічне обладнання і комунікації виконують спрощено, без позначення допоміжних пристроїв відповідно до ГОСТів 2.784, 2.785, 2.786. Виконана таким чином схема повинна давати повне уявлення про принцип роботи обладнання і його взаємодію з засобами автоматизації і втілень у ГЧ.

Умовне графічне зображення приладів і засобів автоматизації виконують згідно з ОСТ 36.27 та РТМ 25-18 [18].

9.11 Економічна частина

У цьому розділі визначаються капітальні вкладення, необхідні для здійснення проекту, собівартість термічної обробки та економічна ефективність окремих проектних рішень і проекту загалом [19].

9.11.1 Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення до виробничих фондів проектового цеху визначаються за формулою

$$K_{ц} = K_{ос} + K_{об}, \quad (9.36)$$

де Кц - капітальні вкладення до виробничих фондів, грн;
Кос - капітальні вкладення до основних фондів, грн; Коб - капітальні вкладення в оборотні нормовані кошти, грн.

Капітальні вкладення й основні фонди передбачають витрати на придбання устаткування, транспортних засобів, оснащення, інвентарю, на будівельно-монтажні роботи, а також на проектно-пошукові та інші види підготовчих робіт, результати яких можуть не втілюватися в основних фондах, наприклад, витрати на цільову підготовку кадрів. Розрахунки повинні виконуватися за видами витрат. Початковими даними для розрахунків можуть служити діючі прейскуранти цін на устаткування, матеріали і монтажні роботи, норми і розцінки на будівельні роботи, транспортні тарифи, результати кошторисно-фінансових розрахунків, виконаних у проектних організаціях.

За неможливості детального розрахунку окремих видів витрат через відсутність необхідних даних допускається узагальнений розрахунок за орієнтовними нормативами.

Капітальні вкладення в технологічне устаткування визначаються за кожним видом устаткування за формулою

$$K_t = (C + Z_{т-з} + Z_{ф} + Z_{м}) \cdot n, \quad (9.37)$$

де K_t – капітальні вкладення в устаткування даного вигляду, грн; C – оптова ціна одиниці устаткування, грн;
 $Z_{т-з}$ – транспортно-заготівельні витрати на одиницю устаткування, грн; $Z_{ф}$ - витрати на спорудження фундаменту під устаткування, грн; $Z_{м}$ - витрати на монтаж і освоєння устаткування, грн; n - кількість одиниць устаткування.

Оптові ціни устаткування визначаються за діючими прейскурантами оптових цін. Кількість одиниць устаткування кожного виду береться з табл. 9.30. Решта складових формули (9.37) за відсутності необхідних даних може бути розрахована за такими орієнтовними нормативами (у відсотках до оптової ціни): транспортно-заготовчі витрати – 5-10 (залежно від маси устаткуван-

ня); витрати на спорудження фундаменту – 2-8; витрати на монтаж і освоєння – 4-6.

Капітальні вкладення в нестандартне устаткування, на яке відсутні преїскурантні оптові ціни, визначаються виходячи з повної собівартості його виготовлення, до якої додаються транспортно-заготівельні витрати, витрати на спорудження фундаменту, монтаж і освоєння, а також плановий прибуток (береться у розмірі 15% повної собівартості). Повна собівартість виготовлення нестандартного устаткування може бути взята за даними підприємства-виготівника або проектної організації. За відсутності необхідних даних капітальні вкладення в нестандартне устаткування можна визначити орієнтовно виходячи з оптової ціни аналогічного стандартного устаткування приблизно тієї самої маси (розмірів) і ступеня складності. При цьому вважається, що ціна нестандартного устаткування на 30-40% вища за оптову ціну аналогічного стандартного устаткування.

Капітальні вкладення в підйомно-транспортне і інше допоміжне устаткування визначаються аналогічно до капітальних вкладень у технологічне устаткування. Орієнтовно капітальні вкладення в підйомно-транспортне устаткування можуть бути взяті у розмірі 10-15% вкладень в технологічне устаткування.

Капітальні вкладення в оснащення, інструмент та інвентар допускається визначати за орієнтовними нормативами: у технологічне оснащення та інструмент 3-5%, в інвентар – 2-3 % вкладень у технологічне устаткування.

Капітальні вкладення у будівлю цеху визначаються виходячи з розрахунків виробничих, допоміжних та адміністративно-побутових площ цеху, узагальнених нормативів вартості будівництва і санітарно-технічних робіт на 1 м³ будівель різного призначення.

Капітальні вкладення в споруди і пристрої складаються із вкладень на будівництво внутрішньоцехових рейкових шляхів, гартівних ванн, димарів, повітропроводів, зливних пристроїв і т.п. Величина цих вкладень може визначатися за даними проектних організацій або за промисловими даними про капітальні вкладення в аналогічні споруди і пристрої схожих розмірів.

Капітальні вкладення в оборотні нормовані кошти включають витрати на утворення запасів матеріалів, швидкозношуваного виробничого і господарського інвентарю, змінного устаткування і запасних частин для поточних ремонтів устаткування, а також запасів у незавершеному виробництві.

Капітальні вкладення для утворення запасів матеріалів можна визначити за формулою

$$K_M = \frac{C_M \cdot d_M}{360}, \quad (9.38)$$

де K_M - капітальні вкладення для утворення запасів матеріалів, грн; C_M - витрати на матеріали з розрахунку на річний об'єм обробки, грн; d_M - середня норма зберігання матеріалів у запасах, днів; 360 - кількість днів у році.

Витрати на матеріали беруться на підставі розрахунків. Середня норма зберігання матеріалів у запасах береться за даними базового підприємства. Орієнтовно вона може бути взята для допоміжних матеріалів такою що, дорівнює 90 дням.

Аналогічно розраховуються капітальні вкладення для утворення запасів змінного устаткування, оснащення, запасних частин.

Капітальні вкладення для утворення запасів швидкозношуваного інвентарю можна розрахувати за формулою

$$K_{in} = V_{in} \cdot Чоб, \quad (9.39)$$

де $K_{ін}$ - капітальні вкладення на утворення запасів виробничого і господарського інвентарю, грн; $V_{ін}$ - середня норма вкладень в інвентар у перерахунку на одного облікового працівника цеху, грн; $Ч_{об}$ - облікова чисельність працюючих у цеху, чол.

Облікова чисельність працівників цеху береться на підставі розрахунків. Середня норма вкладень в інвентар визначається за даними базового підприємства або береться орієнтовно у розмірі 20-25 грн на одного працівника.

Капітальні вкладення для утворення запасів у незавершеному виробництві визначаються виходячи з виробничої собівартості оброблюваних виробів, тривалості виробничого циклу обробки і коефіцієнта наростання витрат у незавершеному виробництві при обробці виробів. Для орієнтовних розрахунків величина цих вкладень може бути взята у розмірі 15-20% капітальних вкладень для утворення запасів матеріалів, змінного устаткування, оснащення, запасних частин і швидкозношуваного інвентарю.

Результати розрахунку капітальних вкладень до виробничих фондів проектного цеху рекомендується оформляти формою, поданою в табл. 9.45.

У дипломних проектах, темою яких є реконструкція цеху або ділянки, модернізація окремих агрегатів, розроблення нових технологічних процесів із заміною окремих видів устаткування капітальні вкладення розраховуються за формулою

$$K_{ц} = K_{н} + K_{в} + K_{л} - Л, \quad (9.40)$$

де $K_{н}$ - нові капітальні вкладення до виробничих фондів на здійснення проектних рішень, грн; $K_{в}$ - використовувані виробничі фонди діючого цеху, грн; $K_{л}$ - неамортизована частина ліквідованих фондів діючого цеху, грн;

Л - сума, одержувана від реалізації ліквідованих фондів, грн. Нові капітальні вкладення можуть містити витрати на придбання або виготовлення нового устаткування, модернізацію діючого, будівництво і реконструкцію будівель і споруд, придбання нового технологічного оснащення і модернізацію існуючого, створення нових або додаткових запасів матеріалів, запасних частин, швидкозношуваного інвентарю. Сума нових капітальних вкладень розраховується за методикою, аналогічною до методики розрахунку при новому будівництві.

Таблиця 9.45 - Капітальне вкладення до виробничих фондів термічного цеху

Елементи капітальних вкладень	Загальна сума, тис. грн
Будівлі	
Споруди	
Разом	
Устаткування	
технологічне	
підйомно-транспортне	
енергетичне	
інше	
Разом	
Технологічне оснащення, виробничий інструмент та інвентар	
Разом до основних фондів	
Матеріали	
Змінне устаткування, запасні частини	
Швидкозношуваний виробничий і господарський інвентар	
Незавершене виробництво	
Разом до нормованих оборотних коштів	
Всього до виробничих фондів	

Величина використовуваних виробничих фондів діючого цеху визначається за даними бухгалтерського обліку базового підприємства.

Величина неамортизованої частини ліквідованих основних фондів визначається за формулою

$$K_{л} = K_{п}(1 - a \cdot T), \quad (9.41)$$

де $K_{п}$ - первинна (відновлювальна, якщо фонди переоцінювалися) вартість ліквідованих фондів, грн; a - норма річних амортизаційних відрахувань на реновацію (заміну), частки одиниці; T - кількість років, відпрацьованих ліквідованими основними фондами (величина $K_{л}$ може бути визначена і без розрахунку за даними базового підприємства).

Сума, одержувана від реалізації ліквідованих фондів (ліквідаційна вартість), визначається за даними базового підприємства.

Результати розрахунків рекомендується подавати формою, наведеною в табл. 9.46.

9.11.2 Розрахунок собівартості термічної обробки

Проектна собівартість термічної обробки виробів розраховується відповідно до Інструкції з планування, обліку і калькуляції собівартості продукції. При проектуванні цехів масового і великосерійного виробництва слід визначати собівартість обробки кожного виду виробів. В умовах серійного, дрібносерійного й індивідуального виробництва визначається середня собівартість обробки 1 т виробів.

Склад витрат на термічну обробку. Цехова собівартість при термічній обробці виробів у калькуляційному розрізі складається з таких витрат: на паливо для технологічних цілей; на енергію для технологічних цілей (електроенергія, вода, стисле повітря, пар та ін.); на технологічні матеріали (карбюризатор, піробензол, гас, сода, аміак, дріб та ін.). Сюди ж відносять: основну заробітну плату виробничих робітників; додаткову заробітну плату виробничих робітників; відрахування на соціальне страхування; витрати на утримання й експлуатацію устаткування; інші цехові витрати.

Таблиця 9.46 – Капітальні вкладення до виробничих фондів термічного цеху (при реконструкції діючих цехів)

Елементи капітальних вкладень	Сума, тис. грн			
	до реконструкції	введення	вибуття	після реконструкції
Будівлі				
Споруди				
Разом				
Устаткування				
технологічне				
підйомно-транспортне				
енергетичне				
інше				
Разом				
Технологічне оснащення, виробничий інструмент та інвентар				
Разом до основних фондів				
До нормованих оборотних коштів				
Всього до виробничих фондів				

При проектуванні розрахунок собівартості виконують за кожним видом витрат.

Розрахунок витрат на паливо і енергію для технологічних цілей. Витрати на паливо та енергію для технологічних цілей на одиницю обробленої продукції визначаються за формулою

$$Z_e = \sum_{j=1}^n d_{ij} \cdot C_e ,$$

де Z_e - питомі витрати на паливо (енергію окремих видів) при обробці виробів i -го виду; d_{ij} - питома норма витрати палива (енергії) при обробці виробів i -го виду на j -й операції; n - кількість операцій технологічного процесу термічної обробки виробів i -го виду; C_e - ціна одиниці палива (енергії).

Питомі норми витрати палива та енергії беруться за результатами розрахунків потрібної кількості палива та енергії, виконаних у загальній частині проекту. Якщо в цих розрахунках використовувалися норми годинної витрати, то питомі норми витрати (на одиницю виробів) можна визначити за формулою

$$d_{ij} = R_{ij} : P_{ij}, \quad (9.42)$$

де R_{ij} - норма витрати палива (енергії) на 1 год роботи устаткування при обробці i -ї продукції на j -й операції; P_{ij} – годинна продуктивність устаткування при обробці i -ї продукції на j -й операції.

Якщо визначається середня собівартість обробки одиниці продукції, то для визначення витрат на паливо і енергію достатньо загальну потребу в даному виді ресурсів для технологічних цілей (див. табл. 9.42) помножити на ціну одиниці цих ресурсів і поділити на річний обсяг обробки:

$$Z_e = \frac{E \cdot C_e}{Q}, \quad (9.43)$$

де Z_e - витрати на паливо (енергію) для технологічних цілей на одиницю виробів; E - загальна потреба в даному виді палива (енергії) для технологічних цілей на всю річну виробничу програму цеху; Q - річний обсяг обробки за проектом (річна виробнича програма).

Ціни різних видів палива та енергії повинні братися за даними базового підприємства, і лише за відсутності таких, можуть використовуватися орієнтовні дані.

Розрахунок витрат на технологічні матеріали. Методика розрахунку витрат на технологічні матеріали аналогічна до методики розрахунку витрат на паливо та енергію для технологічних цілей. Питомі норми витрати матеріалів беруться за результатами розрахунків або за даними підприємства. Ціни матеріалів беруться за даними базового підприємства, а за відсутності таких беруться з прейскурантів (прайс-листів).

Розрахунок витрат на основну і додаткову заробітну плату виробничих робітників і відрахування на соціальне страхування. Витрати за цими статтями визначаються на підставі розрахунків. Якщо визначається середня собівартість обробки одиниці продукції, то витрати на основну і додаткову заробітну плату виробничих робітників визначають діленням річного фонду основної або додаткової заробітної плати цих робітників на річну виробничу програму цеху. Якщо ж визначається собівартість обробки окремих видів продукції, то спочатку фонд заробітної плати виробничих робітників слід розподілити між обсягами обробки калькульованих видів продукції пропорційно трудомісткості їх обробки.

Витрати на відрахування на соціальне страхування визначаються множенням суми основної і додаткової заробітної плати на встановлену норму відрахувань.

Розрахунок витрат на утримання та експлуатацію устаткування. До витрат за цією статтею відносять витрати на амортизацію, експлуатацію і поточний ремонт виробничого устаткування і транспортних засобів, внутрішньозаводське переміщення вантажів, знос малоцінних і швидкозношуваних інструментів, оснащення і пристроїв. Розрахунок з окремих видів витрат виконується наступним чином.

Загальна сума витрат на амортизацію з кожного виду устаткування і транспортних засобів визначається ви-

ходячи з вартості цього устаткування і норми амортизації за формулою

$$A = Cб \cdot a/100, \quad (9.44)$$

де A - річні амортизаційні відрахування з устаткування даного виду; $Cб$ - загальна балансова вартість всього устаткування даного виду; a - норма амортизації для устаткування даного виду у відсотках до його балансової вартості.

Загальна вартість устаткування кожного виду береться з розрахунку капітальних вкладень. Норми амортизації можуть бути взяті за даними табл. 9.47. Загальна сума річних амортизаційних відрахувань за необхідності може бути розподілена між окремими видами продукції пропорційно часу зайнятості устаткування на обробці цих видів виробів.

Загальна сума витрат на експлуатацію виробничого устаткування і транспортних засобів складається з витрат на заробітну плату з відрахуваннями на соціальне страхування допоміжних робітників, зайнятих обслуговуванням устаткування (налагоджувачів, чергових слюсарів, електромонтерів і т. д.), силову енергію, допоміжні матеріали. Витрати на заробітну плату визначаються на підставі розрахунків фондів заробітної плати робочих відповідних категорій. Витрати на різні види енергії, пов'язані з експлуатацією устаткування, визначаються виходячи з розрахунків. Витрати на допоміжні матеріали розраховуються за методикою, аналогічною до методики розрахунку витрат на паливо та енергію для технологічних цілей.

Загальна сума витрат на поточний ремонт устаткування і транспортних засобів складається з витрат на заробітну плату з відрахуваннями на соціальне страхування робітників цеху, зайнятих підготовкою і проведенням ремонтів, запасні частини, паливо, енергію і ма-

теріали, що витрачаються під час ремонтів, а також витрати на оплату послуг інших цехів і організацій. У проектних розрахунках витрати на поточний ремонт

Таблиця 9.47 - Норми амортизаційних відрахувань

Найменування устаткування	Загальна норма відрахувань	Зокрема	
		на повне відновлення	на капітальний ремонт
Термічні печі			
Роликові (окрім відпуску рейок) і ковпакові	21,1	12,4	8,7
Протяжні, баштові, секційні, роликові для відпуску рейок і печі з крокуючими балками	16,8	12,4	4,4
Для відпалу злитків, слябів, електродів сталеплавильного виробництва	11,9	5,6	6,3
Інші термічні печі (у всіх галузях промисловості)	18,8	12,0	6,8
Підйомно-транспортне устаткування			
Крани мостові електричні	8,4	5,5	2,9
Крани консольні	6,8	4,8	2,0
Конвеєри стаціонарні	16,3	11,1	5,2
Автовантажувачі	25,6	16,0	9,6
Електровантажувачі	22,7	16,0	6,7
Електрокари	16,6	-	-
Виробничі будівлі			
Багатоповерхові, одноповерхові каркасні із стінками з кам'яних матеріалів, із залізобетонними перекриттями площею поду до 5000 м ²	2,4	1,0	1,4
Двоповерхові із стінами з кам'яних матеріалів або великих блоків із залізобетонними перекриттями площею поду до 5000 м ²	2,6	1,2	1,4

Виробничий і господарський інвентар	12,5	-	-
Цінний інструмент, пристосування	20,0	-	-

можуть бути визначені виходячи з балансової вартості устаткування і середніх норм витрат на поточний ремонт, виражених у відсотках до балансової вартості:

$$Зп.р = Сб \cdot \beta / 100, \quad (9.45)$$

де $Зп.р$ - загальна сума витрат на поточний ремонт устаткування даної групи; $Сб$ - загальна балансова вартість устаткування даної групи; β - середня норма річних витрат на поточні ремонти устаткування даної групи, % до балансової вартості (норми витрат на поточні ремонти орієнтовно можуть бути взяті на рівні 20-25% для термічних печей і 3-5% - для іншого устаткування).

Загальна сума витрат на експлуатацію і поточний ремонт устаткування і транспортних засобів може бути розподілена між окремими видами оброблюваної продукції пропорційно часу роботи основного устаткування при обробці цих видів продукції.

Витрати, пов'язані з погашенням зносу оснащення, пристроїв, малоцінних і швидкозношуваних інструментів, визначаються виходячи з їх стійкості:

$$Зос.п = Цос : Сос, \quad (9.46)$$

де $Зос.п$ - питомі витрати на оснащення при обробці продукції даного виду на даній операції; $Цос$ - вартість виготовлення і ремонту одиниці оснащення; $Сос$ - стійкість одиниці оснащення, виражена в одиницях оброблюваної продукції.

Якщо стійкість оснащення виражена в одиницях часу нагрівання і витримки, то питомі витрати на оснащення можуть бути визначені за формулою

$$Зос.п = \frac{Цос \cdot T_o}{Сос \cdot Q_o}, \quad (9.47)$$

де T_0 - час нагрівання і витримки виробів даного виду на даній операції; $S_{ос}$ - стійкість оснащення, виражена в одиницях часу нагрівання і витримки; Q_0 - маса виробів, яка навантажується на одиницю оснащення.

Результати розрахунку витрат на утримання та експлуатацію обладнання оформляються у вигляді кошторису, форма якого наведена в табл.9.48.

Розрахунок цехових витрат. До витрат за цією статтею відносять витрати на утримання апарату управління цехом та іншого персоналу; амортизацію, зміст і поточний ремонт будівель, споруд та інвентарю; випробування, досліди, дослідження, раціоналізацію і винахідництво; охорону праці; знос малоцінного і швидкозношуваного інвентарю; інші витрати.

Таблиця 9.48 – Кошторис витрат на зміст і експлуатацію устаткування, тис.грн

Стаття витрат	Сума
Амортизація виробничого устаткування транспортних засобів	
Експлуатація устаткування	
Поточний ремонт устаткування і транспортних засобів	
Внутрішньозаводське переміщення вантажів	
Ремонт малоцінних і швидкозношуваних інструментів, оснащення і пристроїв	
Разом	

Загальна сума витрат на утримання апарату управління і цехового персоналу визначається за результатами виконаних в організаційній частині розрахунків фонду заробітної плати. До фонду заробітної плати (основної і додаткової) інженерно-технічних працівників, службовців, молодшого обслуговувального персоналу, а також робітників відділу технічного контролю і цехових

комор додається сума відрахувань на соціальне страхування, визначена за встановленим нормативом відрахувань.

Загальна сума амортизації будівель, споруд та інвентарю визначається за формулою, аналогічною до формули (9.44). Вартість будівель, споруд та інвентарю береться з розрахунку капітальних вкладень, норми амортизації з табл. 9.47.

Норми на утримання будівель і споруд визначаються аналогічно до витрат на експлуатацію виробничого устаткування. Сума заробітної плати робітників, зайнятих на господарських роботах, береться з розрахунку бухгалтерії підприємства. Витрати на опалювання, освітлення, загальну вентиляцію і т.п. визначаються виходячи з результатів розрахунку потрібної кількості енергії, палива і допоміжних матеріалів на господарські потреби.

Витрати на ремонт будівель, споруд та інвентарю можуть бути визначені за даними базового підприємства або з таких орієнтовних нормативів: ремонт будівель і споруд - 3,5-4%, ремонт господарського інвентарю – 10-15% їх вартості. Витрати на випробування, дослідження, раціоналізацію і винахідництво беруться за даними базового підприємства. Як правило, їх величина не перевищує 5 % фонду основної заробітної плати виробничих робітників. Витрати на охорону праці визначаються на підставі розрахунків, виконаних у відповідному розділі дипломного проекту або за даними підприємства. Орієнтовно вони можуть бути взяті у розмірі 1,5-2% фонду заробітної плати виробничих робітників.

Загальна сума цехових витрат розподіляється між собівартістю обробки окремих видів продукції пропорційно основній заробітній платі виробничих робітників.

Результати розрахунку цехових витрат оформляються у вигляді кошторису, форма якого наведена у табл. 9.49. Кінцеві результати розрахунків за всіма статтями калькуляції зводяться за формою, наведеною в табл. 9.50.

Проектну собівартість термічної обробки необхідно порівняти з собівартістю обробки в діючому цеху і проаналізувати причини, за рахунок яких досягнуто зниження собівартості порівняно з базовою.

Таблиця 9.49 – Кошторис цехових витрат, тис. грн

Стаття витрат	Сума
Утримання апарату управління	
Утримання іншого цехового персоналу	
Амортизація будівель, споруд та інвентарю	
Поточний ремонт будівель, споруд та інвентарю	
Утримання будівель, споруд та інвентарю	
Випробування, досліди і дослідження, раціоналізація і винахідництво	
Охорона праці	
Знос малоцінного і швидкозношуваного інвентарю	
Інші витрати	
Разом	

Таблиця 9.50 - Проектна калькуляція цехової собівартості термічної обробки

Найменування продукції

Вид обробки

Річний обсяг обробки

Назва статті витрат	На одиницю продукції			На весь випуск	
	кількість	ціна, грн	сума, грн	кількість	сума, грн
Паливо на технологічні цілі					
Енергія на технологічні цілі					
Електроенергія, кВт-год					
Вода, м ³					
Технологічні матеріали					
Основна заробітна плата виробничих робітників					
Додаткова заробітна плата виробничих робітників					
Відрахування на соціальне страхування					
Витрати за змістом і експлуатацією устаткування					

Цехові витрати					
Разом цехова собівартість					

9.11.3 Розрахунок економічної ефективності проектних рішень

Після розрахунку капітальних вкладень і собівартості термічної обробки визначається економічна ефективність капітальних вкладень, передбачених проектом. При проектуванні розраховується загальна (абсолютна) і порівняльна ефективність капітальних вкладень.

Загальна ефективність капітальних вкладень у будівництво, реконструкцію цеху або здійснення окремих заходів характеризується показниками, обчислюваними як відношення приросту чистої продукції (нормативної) або прибутку підприємства до капітальних вкладень, що привели до цього приросту:

$$\epsilon_{чп(н)} = \frac{\Delta ЧП(н)}{K}, \quad (9.48)$$

або

$$\epsilon_{п} = \Delta П / K, \quad (9.49)$$

де $\epsilon_{чп(н)}$ і $\epsilon_{п}$ - показники економічної ефективності капітальних вкладень; $\Delta ЧП(н)$ - приріст річного обсягу виробництва чистої продукції підприємства, викликаний передбаченими проектом капітальними вкладеннями; $\Delta П$ - також приріст річної суми прибутку підприємства; K - капітальні вкладення за проектом.

Вибір формули для розрахунку загальної ефективності залежить від характеру проектних рішень і можливостей отримання необхідної початкової інформації. Якщо проектні рішення, пов'язані з капітальними вкладеннями, приводять до зміни обсягу або структури продукції підприємства і відомі нормативи чистої продукції, то рекомендується використовувати формулу (9.48).

У решті випадків доцільне використання формули (9.49).

Розрахункове значення величини $\text{Єчп}(n)$ або Єп слід зіставити з відповідним нормативом загальної ефективності капітальних вкладень $\text{Єчп}(n)$ або Єп . Якщо $\text{Єчп}(n)$ або $\text{Єп} > \text{Єп}$, то капітальні вкладення в проект визнаються ефективними. Нормативи загальної ефективності встановлюються відповідним міністерством на п'ять років диференційовано для окремих галузей, а також за напрямками капітальних вкладень (нова техніка, охорона природи і т. п.). Їх величини зазначаються в галузевих і спеціалізованих інструкціях з розрахунку економічної ефективності капітальних вкладень, з якими слід познайомитися на базовому підприємстві під час проходження переддипломної практики.

Приклад. Розширення і реконструкція термічного відділення прокатного цеху дозволяє збільшити річний випуск термічно обробленого товарного прокату з 50 до 100 тис. т і знизити собівартість термічної обробки 1 т прокату із 100 до 85 грн. Середня оптова ціна 1 т необробленого прокату 1400 грн, термічно обробленого - 1560 грн. Капітальні вкладення на реконструкцію термічного відділення становлять за проектом 10 млн грн. Визначити загальну економічну ефективність капітальних вкладень на реконструкцію термічного відділення, якщо норматив загальної ефективності $\text{Єп} = 0,16$.

Річний випуск термічно обробленого товарного прокату, згідно з умовою, збільшується на 50 тис. т (100-50). Оскільки оптова ціна 1 т термічно обробленого прокату на 160 грн (1560-1400) вища за ціну необробленого, річний випуск товарної продукції цеху в оптових цінах підприємства збільшиться на 8 млн грн (160 · 50). Собівартість термічної обробки 50 тис. т прокату до реконструкції термічного відділення становила 5 млн грн (100 · 50), собівартість термічної обробки 100 тис. т прокату після реконструкції ста-

новитиме 8,5 млн грн ($8,5 \cdot 100$). Отже, собівартість товарної продукції цеху за рахунок збільшення обсягу термічної обробки зростає на 3,5 млн грн ($8,5 \cdot 5,0$). Приріст річного прибутку підприємства в результаті реконструкції термічного відділення буде дорівнювати різниці між приростом випуску товарної продукції в оптових цінах і приростом витрат на термічну обробку і становитиме 4,5 млн грн ($8,0 \cdot 3,5$). Тоді відповідно до формули (65) розрахунковий коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень у реконструкцію буде дорівнювати $E_p = 4,5 : 1000 = 0,45$. Оскільки розрахункове значення E_p перевищує 0,16, капітальні вкладення в реконструкцію слід визнати за ефективні.

Порівняльна економічна ефективність капітальних вкладень розраховується при зіставленні різних варіантів проектних рішень і вибору якнайкращого варіанта. Показником якнайкращого варіанта в цьому випадку є мінімум зведених витрат. Зведені витрати за кожним варіантом є сумою поточних витрат (собівартості) і капітальних вкладень, зведених до однакової розмірності відповідно до нормативного коефіцієнта порівняльної ефективності капітальних вкладень:

$$V_h = C_h + E_n K_h, \quad (9.50)$$

де V_h - зведені витрати за h -м варіантом; C_h - собівартість продукції за h -м варіантом; E_n - нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень; K_h - капітальні вкладення за h -м варіантом.

Той варіант проектних рішень, якому відповідають мінімальні зведені витрати, признається якнайкращим з порівнюваних варіантів. Нормативний коефіцієнт порівняльної ефективності капітальних вкладень показує той мінімальний розмір зниження собівартості на кожну одиницю додаткових капітальних вкладень, при якому ці додаткові капітальні вкладення можуть бути визнані ефективними. Цей коефіцієнт призначений для порівняння тільки приростних величин і не повинен змішуватися з

нормативами загальної ефективності. Величина E_n береться за галузевими інструкціями з розрахунку економічної ефективності капітальних вкладень.

Якщо порівнюються два або невелике число варіантів, то можливе їх послідовне попарне порівняння за формулою

$$E = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1}, \quad (9.51)$$

де E - фактичний коефіцієнт порівняльної ефективності;

C_1 і C_2 - собівартість за порівнюваними варіантами;

K_1 і K_2 - капітальні вкладення за порівнюваними варіантами (якщо $E > E_n$, то додаткові капітальні вкладення, а отже, і більш капіталомісткий варіант ефективні).

При порівнянні варіантів слід визначати річний економічний ефект, одержуваний при використуванні ефективнішого варіанта. Річний економічний ефект є різницею зведених витрат і розраховується за формулою

$$E_p = [(C_1 + E_n K_1) - (C_2 + E_n K_2)]V \quad (9.52)$$

або

$$E_p = [(C_1 - C_2) - E_n (K_2 - K_1)]V, \quad (9.53)$$

де E_p - річна економія на зведених витратах від упровадження проектного варіанта (якнайкращого) порівняно з базовим варіантом; C_1 і K_1 - собівартість одиниці продукції (термічної обробки одиниці продукції) і питомі капітальні вкладення за базовим варіантом; C_2 і K_2 - також за проектним варіантом; V - випуск продукції за проектним варіантом.

Корисно також розрахувати термін окупності додаткових капітальних вкладень, передбачених більш капіталомістким варіантом T , який визначається за формулою

$$T = \frac{1}{\epsilon} = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2}.$$

Приклад. Порівнюються два варіанти будівництва термічного цеху потужністю 50 тис. т за 1 рік. Собівартість обробки 1 т продукції і питомі капітальні витрати становлять відповідно: за I варіантом - 25,4 і 2,6 грн, за II варіантом - 23,6 і 4,7 грн. За формулою (9.51) визначаємо фактичний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності

$$\epsilon = \frac{254 - 236}{26} = 0,837.$$

Нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності згідно з галузевою інструкцією становить 0,15. Оскільки розрахункове значення коефіцієнта більше за нормативне, якнайкращим серед даних варіантів є найбільш капіталомісткий, тобто другий. Річний економічний ефект від реалізації II варіанта будівництва порівняно з реалізацією I варіанта становитиме

$$\epsilon_p = [(254 + 0,15 \cdot 26) - (236 + 0,15 \cdot 47)]50 = 77,4 \text{ тис.грн.}$$

Термін окупності додаткових капітальних вкладень, передбачених другим варіантом (порівняно з першим), становитиме

$$T = (47 - 26) : (254 - 236) = 1,2 \text{ року.}$$

При визначенні річного економічного ефекту від реалізації проектних рішень для діючих цехів (реконструкція, впровадження нової техніки, технології і т. п.) формули (9.52) і (9.53) спрощуються, оскільки капітальні вкладення за базовим варіантом відсутні, і набирають вигляду

$$\epsilon_p = (C_1 - C_2 - E_n K_p) \cdot B, \quad (9.54)$$

або

$$\epsilon_p = (C_1 - C_2) \cdot B - E_n \cdot K, \quad (9.55)$$

де K_p - питомі капітальні вкладення на впровадження заходу; K - загальна величина капітальних вкладень на впровадження заходу.

У розрахунках порівняльної ефективності необхідно враховувати зміну експлуатаційних і капітальних витрат не тільки за даним цехом, але й за зв'язаними виробництвами, а в необхідних випадках і у сфері споживання продукції. Наприклад, збільшення потужності термічного цеху може потребувати капіталовкладення в розвиток загальнозаводського господарства (енергетичного, ремонтного та ін.). Слід проте пам'ятати, що додаткові капітальні вкладення слід враховувати тільки в ті зв'язані виробництва, продукція яких оцінюється за собівартістю, а не за оптовими цінами. Впровадження нової технології термічної обробки може призвести до зміни поточних витрат на подальших стадіях виробництва даного підприємства, а також при використуванні продукції даного підприємства її споживачами. Зміна цих витрат також повинна бути врахована.

Принципово важливим завданням при визначенні порівняльної ефективності є правильний вибір бази для порівняння. Як базовий варіант повинні братися показники кращих наявних рішень, поставлених у завданні дипломного проекту. Тільки за неможливості отримання відповідної інформації допускається за базовий варіант брати показники діючого цеху, в якому дипломник проходив практику.

Усі порівнювані варіанти капітальних вкладень повинні бути зведені до порівняльного вигляду за всіма ознаками, окрім порівнюваного. До таких ознак відносять обсяг виробництва, склад оброблюваної продукції, якість обробки, соціальні чинники, враховуючи охорону навколишнього середовища, та ін. Зіставність порівнюваних варіантів повинна досягатися на основі спеціальних розрахунків, методика яких визначається галузевими інструкціями. Так, якщо по-

казники проекту порівнюються з показниками аналогічного кращого діючого цеху, але меншої виробничої потужності, то до зведених витрат діючого цеху слід додати витрати на створення додаткової потужності. Якщо за одним з порівнюваних варіантів нижча якість обробки, то необхідно передбачити відповідні заходи на доведення якості до порівняльного рівня і відповідно відкоригувати зведені витрати. Якщо варіанти розрізняються за соціальними чинниками виробництва (умовами праці, технікою безпеки, охороною навколишнього середовища і т. п.), то також необхідно врахувати додаткові витрати на доведення цих чинників до оптимального рівня.

Нижче наводяться найтипівіші приклади розрахунку порівняльної економічної ефективності проектних рішень у термічному виробництві.

Розрахунок ефективності реконструкції цеху з метою збільшення його потужності. При розрахунку ефективності проекту реконструкції цеху його економічні показники можуть порівнюватися з показниками кращого діючого цеху аналогічної потужності і спеціалізації; з показниками проекту нового будівництва, якщо приріст потужності після реконструкції відповідає потужності нового цеху; з показниками базового цеху до реконструкції, доповненими витратами на проєктований приріст потужності.

Якщо порівняння здійснюється з показниками базового цеху до реконструкції, то річний економічний ефект від реконструкції визначається за формулою

$$E = [C_1V_1 + (B_2 - B_1) C_n + E_n(B_2 - B_1) K_n] - (C_2V_2 + E_nK_0), \quad (9.56)$$

де C_1 і C_2 - собівартість обробки одиниці продукції до і після реконструкції; V_1 і V_2 - річний обсяг виробництва до і після реконструкції; C_n і K_n - нормативи собівартості і питомих капітальних вкладень для нового будівництва; E_n - норматив порівняльної економічної ефективності капітальних

вкладень; Ко - загальна сума капітальних вкладень на реконструкцію.

Собівартість обробки одиниці продукції до реконструкції береться за даними базового цеху, після реконструкції - на підставі розрахунків. При цьому необхідно перевірити зіставність проектної і базової собівартостей за складом введених у них витрат і за необхідності внести відповідні корективи в базову собівартість.

Якщо нормативи собівартості і питомих капітальних вкладень у нове будівництво відсутні, то для орієнтовних розрахунків можна взяти значення C_n і K_n на рівні фактичних базових величин.

Загальна сума капітальних вкладень на реконструкцію визначається за результатами розрахунків. До складу капітальних вкладень на реконструкцію входять нові капітальні вкладення до виробничих фондів і неамортизована частина ліквідовуваних фондів діючого цеху (за вирахуванням сум, одержуваних від реалізації ліквідовуваних фондів).

Приклад. Визначити порівняльну економічну ефективність збільшення річної виробничої потужності термічного цеху з 60 до 100 тис. т за рахунок його реконструкції. Собівартість обробки 1 т продукції до реконструкції 150 грн, після реконструкції - 135 грн. Капітальні вкладення на реконструкцію становлять: нові вкладення до основних фондів - 500 тис. грн, нових вкладень в оборотні нормовані кошти - 55 тис. грн, вартість неамортизованої частини ліквідованих фондів цеху - 105 тис. грн. Вартість реалізації ліквідованих фондів - 30 тис. грн. Нормативний коефіцієнт порівняльної ефективності капітальних вкладень - 0,15, норматив собівартості для нового будівництва - 120 грн/т, норматив питомих капітальних вкладень у нове будівництво - 2000 грн/т.

Зведені витрати на обробку 60 тис. т продукції в діючому цеху (до його реконструкції) дорівнюють пото-

чним витратам на обробку (нові капітальні вкладення дорівнюють нулю) і становлять $150 \times 60 = 9000$ тис. грн

Зведені витрати на обробку ще 40 тис. т продукції за рахунок нового будівництва становлять за нормативами

$$120 \times 40 + 0,15 \times 2000 \times 40 = 16800 \text{ тис. грн.}$$

Загальні зведені витрати на обробку 100 тис. т продукції за даним варіантом приросту обсягу обробки будуть дорівнювати

$$9000 + 16800 = 25800 \text{ тис. грн.}$$

Капітальні вкладення на реконструкцію діючого цеху становлять

$$500 + 55 + 105 - 30 = 630 \text{ тис. грн.}$$

Отже, зведені витрати на обробку 100 тис. т продукції в діючому цеху після його реконструкції будуть дорівнювати

$$135 \cdot 100 + 0,15 \cdot 630 = 13594,5 \text{ тис. грн.}$$

Зведені витрати за II варіантом (реконструкція) менші ніж витрати за I варіантом. Тому другий варіант приросту потужності з термічної обробки продукції визнається ефективнішим за перший. Річний економічний ефект при його реалізації становитиме

$$C_p = 25800 - 13594,5 = 12205,5 \text{ тис. грн.}$$

Такий самий результат буде одержаний при безпосередньому використуванні формули (9.56).

Розрахунок ефективності підвищення технічного рівня термічного цеху (без збільшення його потужності). Річний економічний ефект від реалізації проектних рішень, спрямованих на підвищення технічного рівня виробництва, розраховується за формулою (9.55). Проте методика розрахунку значень C_1 , C_2 і K_0 залежить від

характеру економічних результатів підвищення технічного рівня.

Якщо підвищення технічного рівня термічного цеху призводить тільки до зміни витрат на термічну обробку (не змінюючи якості обробки), то у формулу (9.55) підставляють значення собівартості термічної обробки до і після реалізації проектних рішень і загальні капітальні вкладення, пов'язані з реалізацією цих рішень. У цьому випадку значення C_1 беруться за фактичними даними базового цеху, C_2 - розрахунків і K -з розрахунків.

Якщо підвищення технічного рівня термічного виробництва призводить до зміни як витрат на термічну обробку, так і витрат на інших ділянках виробництва даної продукції, то у формулу (9.55) підставляються значення собівартості виготовлення одиниці даної продукції, що містить як витрати на термічну обробку, так і на решту операцій. У цьому випадку необхідні додаткові розрахунки з визначення зміни витрат в інших цехах.

Приклад. У проекті розроблений новий технологічний процес термічної обробки деталі машини, що дозволяє замінити леговану сталь при виробництві деталі на низьколеговану. Реалізація проекту вимагає капітальних вкладень у реконструкцію термічної ділянки (без збільшення його потужності) у розмірі 140 тис. грн. Необхідно визначити порівняльну економічну ефективність такої реконструкції. Початкові дані: річний обсяг виробництва деталей - 200 тис. шт.; витрата сталі на одну деталь - 15 кг; оптова ціна 1 кг легової сталі - 1,8 грн; низьколегової - 1,3 грн; собівартість термічної обробки однієї деталі до реконструкції дільниці - 3 грн; після реконструкції - 4 грн; загальна сума капітальних вкладень у реконструкцію -

150 тис. грн; нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень - 0,15.

Витрати на леговану сталь при виготовленні однієї деталі становлять $1,8 \cdot 15 = 27$ грн, на низьколеговану сталь – $1,3 \cdot 15 = 19,5$ грн. Решта витрат на виготовлення деталі до і після реконструкції не змінюється (окрім витрат на термічну обробку). Отже, частина собівартості виготовлення деталі, що змінюється, буде дорівнювати сумі витрат на сталь і термічну обробку і становитиме: до реконструкції – $27 + 3 = 30$ грн на 1 деталь, після реконструкції – $19,5 + 4 = 23,5$ грн на 1 деталь.

За формулою (9.55) визначаємо річний економічний ефект:

$$E_p = (30 - 23,5) \cdot 200 - 0,15 \cdot 150 = 1277,5 \text{ тис.грн.}$$

З розрахунку видно, що собівартість термічної обробки річного обсягу виробництва деталей після реконструкції термічної ділянки збільшилася на 20 тис. грн $(4 - 3) \cdot 200$, вартість термічної дільниці зросла на 140 тис. грн, а зведені витрати на річний обсяг виробництва збільшилися на 221 тис. грн $(200 + 0,15 \cdot 140)$. Проте економія від заміни марки сталі повністю перекрыла всі додаткові витрати і дозволила одержати економічний ефект у розмірі 1227,5 тис. грн за 1 рік. Капітальні вкладення окупляться за

$$140: [(30 - 23,5) \cdot 200] = 0,11 \text{ року.}$$

Якщо проектні рішення спрямовані на підвищення якості готової продукції підприємства, то при розрахунку порівняльної ефективності необхідно врахувати ефект, одержуваний у сфері споживання даної продукції.

Приклад. Проектом передбачене будівництво спеціалізованого цеху термічної обробки деталі автомобіля, яка раніше термічній обробці не піддавалася. Стендові випробування показали, що стійкість обробленої деталі вища від звичайної на 40%. Капітальні вкладення в термічний цех

становлять 2000 тис. грн. Необхідно визначити порівняльну економічну ефективність капітальних вкладень у термічний цех при річному випуску автомобілів 500 тис. штук. Решта початкових даних наведена в табл. 9.51.

Витрата деталей на комплектацію і ремонт (зміну зношених деталей) одного автомобіля за весь термін його служби становитиме:

- за базовим варіантом $4+4 - (180\ 000 : 20\ 000 - 1) = 36$ шт.;
- за проектом $4 + 4 - (180\ 000 : 28\ 000 - 1) = 25,7 = 26$ шт.

Таблиця 9.51 - Початкові дані для визначення економічної ефективності капіталовкладень

Показник	Варіант	
	базовий	проектний
Витрата деталей на комплектацію одного автомобіля	4	4
Середній термін служби деталей, км пробігу	20000	28000
Середній термін служби автомобіля, км пробігу	18000	180000
Собівартість термічної обробки однієї деталі, грн	-	1,25
Повна заводська собівартість виготовлення однієї деталі, грн	8,75	10,0
Витрати автотранспортних підприємств на зміну однієї деталі (заробітна плата + накладні витрати), грн	0,50	0,50
Вартість зношеної деталі за ціною металобрухту, грн	0,45	0,45
Нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень	0,15	

Витрати на виготовлення деталей для одного автомобіля на весь термін його служби будуть дорівнювати:

- за базовим варіантом – $36 \cdot 8,75 = 315$ грн;
- за проектом – $26 \cdot 10 = 260$ грн.

Витрати на зміну деталей за весь термін служби одного автомобіля становитимуть:

- за базовим варіантом – $36 \cdot 0,5 = 18$ грн;

- за проектом – $26 \cdot 0,5 = 13$ грн.

Вартість зношених деталей за ціною металобрухту за весь термін служби одного автомобіля:

- за базовим варіантом – $36 \cdot 0,45 = 16,2$ грн;

- за проектом – $26 \cdot 0,45 = 11,7$ грн.

Загальні витрати автозаводу і автотранспортних підприємств на виготовлення і заміну деталей протягом терміну служби одного автомобіля з урахуванням вартості лому зношених деталей:

- за базовим варіантом – $315 + 18 - 16,2 = 316,8$ грн;

- за проектом – $260 + 13 - 11,7 = 261,3$ грн.

Те саме з розрахунку на 500 тис. автомобілів: за базовим варіантом - $316,8 \cdot 500 = 158$ млн 400 тис. грн;

за проектом - $261,3 \cdot 500 = 130$ млн 650 тис. грн.

Річний економічний ефект від зниження зведених витрат при виробництві 500 тис. автомобілів становитиме

$158\,400 - (130\,650 + 0,15 \cdot 2000) = 27$ млн 450 тис. грн.

Особливості визначення економічної ефективності науково-дослідних робіт. До науково-дослідних робіт, які виконуються студентами спеціальності 090101 при підготовці ВКР, за яким повинен розраховуватися економічний ефект, відносять роботи, безпосередньо спрямовані на створення нових технологічних процесів термічної обробки, нових механізмів, засобів автоматизації, приладів, устаткування, на поліпшення якості продукції, а також дослідження у галузі матеріалознавства, які мають теоретичний характер, але можуть бути використані для вдосконалення матеріального виробництва.

Оцінка економічної ефективності результатів науково-дослідної дипломної роботи виконується для виявлення доцільності їх упровадження. Економічний ефект визначається за різницею зведених витрат початкового (базового)

рівня і рівня, що досягається після впровадження у виробництво результатів роботи.

Як база для порівняння береться: при визначенні економічної ефективності науково-дослідної роботи, в результаті якої створюється новий, раніше ніде не застосований технологічний процес або нова техніка - вищий рівень техніки (технології), впроваджені, запроектовані або що перебуває на стадії завершеного наукового дослідження; при визначенні економічної ефективності роботи, спрямованої на вдосконалення діючої техніки і технології - рівень діючої техніки і технології, який буде досягнутий до моменту впровадження даної науково-дослідної роботи на виробництві.

У результаті виконання науково-дослідних робіт створюється економічний потенціал, який реалізується у міру впровадження їх у виробництво. Економічний потенціал науково-дослідної роботи вимірюється максимальним економічним ефектом, який може бути одержаний при повному впровадженні результатів роботи. Величина економічного потенціалу на розрахунковий рік визначається за формулою

$$\text{ЄПр} = [(C_1 + E_n \cdot K_1) - (C_2 + E_n \cdot K_2)] \cdot V_p, \quad (9.57)$$

де ЄПр - економічний потенціал на розрахунковий рік;
 C_1 і C_2 - собівартість одиниці продукції відповідно за базовим і новим варіантами в розрахунковому році; K_1 і K_2 - питомі капітальні вкладення відповідно за базовим і новим варіантами; E_n - нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності; V_p - очікуваний обсяг виробництва даної продукції в розрахунковому році.

За відсутності достатньо повної інформації зручніше використовувати не абсолютні значення величин C і K , а їх зміни. У цьому випадку формула (9.57) має вигляд

$$\text{ЄПр} = (\Delta C + E_n \Delta K) V_p, \quad (9.58)$$

де ΔC і ΔK - зміна відповідно собівартості одиниці продукції і питомих капітальних вкладень за новим варіантом порівняно з базовим варіантом.

До передачі результатів науково-дослідної роботи для упровадження у виробництво здійснюється ряд витрат, які не враховуються ні в собівартості продукції, ні в капіталовкладеннях. До витрат відносять витрати на проведення наукового дослідження, створення експериментального устаткування, апаратури, приладів, виготовлення і випробування дослідних зразків, проектні розроблення, дослідно-промислове випробування і т.п. При визначенні величини економічного потенціалу науково-дослідної роботи всі ці витрати повинні бути враховані.

Витрати на проведення науково-дослідної роботи визначаються шляхом безпосереднього розрахунку. Зразковий кошторис цих витрат наведений у табл. 9.52.

До витрат на основні матеріали, куплені вироби і напівфабрикати відносять витрати на різні матеріали (наприклад, сталь різних марок) і вироби, що є об'єктом дослідження.

До витрат на допоміжні матеріали відносять витрати на кислоту для того, щоб труїти зразки, різні солі, луги, масла, створення штучної атмосфери та інші матеріали, використовувані безпосередньо при проведенні досліджень. Витрати на спеціальне устаткування передбачають витрати на придбання його зі сторони для виконання даної роботи (прилади, установки та інше устаткування). Витрати на основну і допоміжну заробітну плату передбачають оплату праці наукових та інженерно-технічних працівників, службовців і робітників лабораторії за час їх участі у виконанні даної роботи, а також основних робітників дослідних майстерень і виробництв за виконання замовлень з даної роботи.

Таблиця 9.52 - Кошторис витрат на виконання науково-дослідної роботи

Найменування статей витрат	Сума, грн
Основні матеріали, куплені вироби і напівфабрикати за вирахуванням відходів, які реалізуються	
Допоміжні матеріали	
Спеціальне устаткування	
Основна і додаткова заробітна плата науково-виробничого персоналу	
Відрахування на соціальне страхування з суми основної і додаткової заробітної плати науково-виробничого персоналу	
Витрати на наукові і виробничі відрядження	
Послуги сторонніх організацій	
Інші прямі витрати	
Накладні витрати	
Разом	

Витрати на відрахування соціального страхування визначаються виходячи з діючої норми відрахувань (для ВЗО може бути взята такою, що дорівнює 7%).

Витрати на наукові і виробничі відрядження передбачають усі витрати на відрядження науково-виробничого персоналу, пов'язані безпосередньо з виконанням даної роботи. Величина цих витрат визначається за фактичними даними.

До витрат на оплату послуг сторонніх організацій відносять оплату робіт, виконуваних безпосередньо для даного дослідження досвідченими сторонніми організаціями. До інших прямих витрат відносять витрати, що безпосередньо витрачаються на дану роботу, але не введені ні в одну з попередніх статей кошторису (оплата аналізів, експертиз, виконуваних сторонніми організаціями та ін.).

Накладні витрати містять усі витрати, які можуть бути віднесені до вартості даної роботи лише непрямим шляхом (заробітна плата з відрахуваннями адміністративно-управлінського персоналу, утримання і поточний ремонт будівель, устаткування загального призначення, витрати на охорону праці та ін.). Накладні витрати визначаються виходячи з нормативу, встановлюваного у відсотках до основної і додаткової заробітних плат науково-виробничого персоналу (50-60%) або до суми витрат за попередніми статтями (приблизно 20%).

Зважаючи на складність і велику трудомісткість визначення економічної ефективності науково-дослідних робіт, розрахунки можуть бути орієнтовними. Проте на додаток до розрахунків необхідно зазначити, за якими ще напрямками може виявитися ефективність виконаних розробок і які, не враховані в розрахунку, витрати можуть знадобитися для впровадження цих розробок у виробництво.

Приклад. Дослідження, виконане в кваліфікаційній роботі, дозволяє зробити висновок про практичну можливість заміни сталі групи А при виробництві виробів на дешевшу сталь групи Б з подальшою термічною обробкою виробів. Річна потреба народного господарства у виробках даного виду на кінець впровадження визначена виходячи із завдань розроблення у розмірі 150 тис.т. Середня витрата сталі на 1 т виробів становить 1,2 т, оптова ціна сталі групи А - 550 грн, групи Б - 280 грн. Оптова ціна відходів сталі групи А -188 грн, групи Б - 118 грн.

Витрати на сталь групи А з розрахунку на 1 т виробів з урахуванням вартості реалізовуваних відходів становитимуть $1,2 \cdot 550 - 0,2 \cdot 188 = 622,4$ грн. Ті самі витрати на сталь групи Б : $1,2 \cdot 280 - 0,2 \cdot 108 = 314,4$ грн.

Додаткові поточні витрати на термічну обробку виробів із сталі групи Б взяті за фактичними даними про собі-

вартість термічної обробки з аналогічним режимом у розмірі 30 грн/т.

Таким чином, зниження собівартості виробництва одного виробу при заміні сталі групи А на сталь групи Б становитиме

$$C = 622,4 - (314,4 + 30) = 278 \text{ грн.}$$

Заміна групи сталей потребує капітальних вкладень в будівництво термічних підрозділів, які взяті, виходячи з даних проектних організацій про питомі капітальні вкладення в аналогічні термічні цехи, такими, що дорівнюють 285 грн/т.

Витрати на проведення досліджень, дослідно-промислове випробування й інші витрати, пов'язані з підготовкою до передачі результатів дослідження для впровадження у виробництво, взяті орієнтовно за даними науково-дослідних установ даного профілю у розмірі 100 тис. грн або $100:150 = 0,67$ грн на 1 тонну виробів.

Єдиний нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності використання в народному господарстві техніки, що ніде раніше не застосовувалася, і технології, дорівнює 0,15. Таким чином, відповідно до формули (9.58) орієнтовно економічний потенціал науково-дослідної роботи на останній рік впровадження розроблення буде дорівнювати

$$\text{ЄПр} = [278 - 0,15 - (285 + 0,67)] 150 = 35 \text{ млн } 272 \text{ тис. грн.}$$

Через відсутність необхідної інформації в розрахунку економічного потенціалу роботи не знайшли відображення такі економічні результати її використання в народному господарстві: зміна витрат на виробництво в результаті зміни витратного коефіцієнта металу і технологічності його обробки. Технологічність сталей групи Б вища, що повинно привести до додаткового зниження витрат

на виробництво; зменшення потреби в імпорті сировини для виплавки сталей групи А.

Часто дослідження, виконане в кваліфікаційній роботі, є лише частиною науково-дослідної роботи, виконуваної в університеті, і може не мати самостійного економічного значення. У цьому випадку дипломник повинен привести розрахунок економічної ефективності всієї роботи, зазначивши свою роль у її виконанні.

10 ОФОРМЛЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНИХ РОБІТ

10.1 Оформлення текстових документів (пояснювальної записки)

10.1.1 Загальні вимоги

Підготовка випускної кваліфікаційної роботи всіх рівнів є завершальним етапом навчання студента у вузі і має на меті:

- систематизацію, закріплення і розширення теоретичних і практичних знань зі спеціальності та застосування цих знань при вирішенні конкретних наукових, технічних та виробничих завдань;

- розвиток навичок ведення самостійної роботи й оволодіння методикою дослідження при вирішенні розроблюваних у роботі проблем та питань з матеріалознавства;

- з'ясування підготовленості студента до самостійної роботи в умовах сучасного виробництва, прогресу науки, техніки і культури.

Обов'язковими вимогами до кваліфікаційних робіт усіх рівнів є:

- обґрунтування актуальності та практичного значення роботи на підставі аналізу стану питання, що вирішується;

- застосування математичних методів досліджень, комп'ютерних технологій, соціально-економічних, еколо-

гічних, науково-технічних рішень, що засвідчує рівень фундаментальної та гуманітарної підготовки фахівця;

- наявність у роботах, об'єктами досліджень яких є матеріали і технології, спеціальних розділів, у яких розглядаються питання економіки, техніки безпеки та охорони праці;

- наявність загальних висновків, в яких повинні бути сконцентровані висвітлені методологія та методика досліджень, основні наукові, науково-методичні та практичні результати, можливості їх використання, а також напрямки подальшого розвитку досліджень.

У кваліфікаційній роботі можуть використовуватися матеріали раніше виконаних студентом курсових і кваліфікаційних робіт. Рівень їх використання визначається керівником кваліфікаційної роботи.

10.1.2 Загальні вимоги до змісту кваліфікаційної роботи

Кваліфікаційна робота в загальному випадку повинна містити такі структурні елементи:

- вступну частину:

- 1) титульний аркуш;
- 2) завдання до кваліфікаційної роботи;
- 3) реферат;
- 4) зміст;
- 5) перелік умовних позначень, скорочень і термінів;

- основну частину:

- 1) вступ;
- 2) суть роботи;
- 3) висновки;
- 4) список використаної літератури;
- 5) додатки.

10.1.3 Загальні вимоги до оформлення кваліфікаційної роботи

Кваліфікаційну роботу слід виконувати на аркушах білого паперу формату А4 (210x297 мм) без рамок.

Робота повинна мати обкладинку з цупкого матеріалу.

Скріплюється робота будь-яким способом, який забезпечує надійну фіксацію аркушів для тривалого зберігання роботи в архіві.

Робота може бути написана державною мовою або мовою навчання.

Текст повинен бути коротким, чітким і не допускати різних тлумачень.

Обсяг основної частини роботи повинен становити:

- для освітнього рівня "*бакалавр*" - 50 - 60 с.;
- для освітнього рівня "*спеціаліст*" - 60-70 с.;
- для освітнього рівня "*магістр*" - 70-80 с.

Текст роботи виконується машинним способом (за допомогою комп'ютерної техніки) на одному боці аркуша, дотримуючись таких розмірів полів: верхнє і нижнє - 20 мм, ліве -25 мм, праве - 15 мм.

Текст роботи слід друкувати, використовуючи шрифт типу *Times New Roman* розміром 14 пт. з розрахунку розміщення не менше ніж 30 і не більше ніж 40 рядків на сторінці за умови рівномірного її заповнення (дотримання однакових інтервалів між рядками).

Абзацний відступ повинен бути однаковим по всьому тексту роботи і не перевищувати 15 мм.

Примітки та виноски використовувати у кваліфікаційній роботі не рекомендується.

Сторінки слід нумерувати арабськими цифрами, дотримуючись наскрізної нумерації по всьому тексту роботи. Номер проставляють у правому верхньому куті сторінки без крапки. Дозволяється проставляти номери сторінок чорним кольором від руки.

До загальної нумерації вносять усі сторінки всіх структурних елементів роботи, враховуючи титульний аркуш та завдання на її виконання, але проставляють нумерацію, починаючи зі сторінки структурного елемента «ЗМІСТ».

10.1.4 Вимоги до структурних елементів кваліфікаційної роботи

Титульний аркуш

Титульний аркуш є першою сторінкою роботи. Він виконується на аркушах паперу формату А4 відповідно до загальноприйнятої форми.

На титульному аркуші зазначаються:

- повна назва навчального закладу та його підпорядкованість;
- навчальний підрозділ (факультет, кафедра), де виконувалася робота;
- назва теми роботи (якщо робота комплексна, обов'язково зазначається загальна назва теми і потім її уточнення для кожного виконавця);
- дані про керівника роботи та консультантів (із зазначенням їх посад та вчених звань), а також дані про її виконавця;
- місце та рік виконання.

Зразки оформлення титульних аркушів кваліфікаційних робіт освітньо-кваліфікаційних рівнів «бакалавр», «спеціаліст» і «магістр» наведені у додатках Б, В і Г відповідно.

Реферат

Реферат розміщується безпосередньо після завдання на роботу, починаючи з нової сторінки. Його вносять до загальної кількості сторінок даної роботи.

Реферат призначений для ознайомлення з роботою. Він повинен бути коротким, інформативним і містити відомості, які дають загальне уявлення про роботу.

Реферат повинен містити:

- відомості про обсяг випускної роботи, кількість ілюстрацій, таблиць, додатків і використаних джерел;
- текст реферату;
- перелік ключових слів.

Відомості про обсяг роботи, кількість рисунків, таблиць, додатків та джерел посилань записують за такою формою: 100 с., 15 рис., 9 табл., 4 дод., 12 дж.

Текст реферату необхідно виконувати обсягом не більше 500 слів з такого розрахунку, щоб він розміщувався на одній сторінці формату А4. Для цього допускається зменшувати міжрядковий інтервал (до 60 рядків на 1 сторінці).

Текст реферату повинен відображати:

- об'єкт досліджень чи розроблення;
- мету роботи;
- методи досліджень;
- основні результати та їх новизну;
- рекомендації щодо можливого використання результатів роботи;
- значущість роботи і висновки;
- прогнозні припущення про розвиток об'єкта дослідження чи розроблення.

Частини тексту реферату, в яких відсутні відомості, опускають.

Перелік ключових слів містить від 5 до 15 слів (слово-сполучень), надрукованих великими літерами у називному відмінку в рядок через кому.

Приклад оформлення реферату наведено у додатку И.

Зміст

Зміст наводиться безпосередньо після реферату, починаючи з нової сторінки. Його вносять до загальної кількості сторінок даної роботи.

У зміст із зазначенням номерів сторінок слід вносити:

- перелік умовних позначень, скорочень і термінів;
- вступ;
- номери і заголовки всіх розділів і підрозділів;
- номери і заголовки пунктів і підпунктів, якщо вони їх мають;
- висновки;
- список літератури;
- найменування додатків.

Внесені до змісту назви усіх складових елементів роботи записують малими літерами, починаючи з великої.

Перелік умовних позначень, скорочень і термінів

Усі взяті в роботі мало поширені умовні позначення, символи, одиниці, скорочення і терміни пояснюють у переліку, який розміщують безпосередньо після змісту на новій сторінці. Незалежно від цього з першою появою цих елементів у тексті наводять їх пояснення (розшифрування).

Вступ

У вступі необхідно викласти мету роботи, коротко охарактеризувати сучасний стан технічної (наукової) проблеми (питання), якій присвячена робота, показати актуальність, наукову новизну розроблюваної теми та її практичну значущість.

Вступ розміщують безпосередньо після переліку умовних позначень, скорочень і термінів, починаючи з нової сторінки.

Основний зміст

Основний зміст повинен містити такі складові (наявність чи відсутність окремих з них у кваліфікаційних роботах бакалавра, спеціаліста і магістра узгоджується з керівником роботи і відмічається в завданні):

- огляд літератури і поставлення завдання досліджень, де висвітлюється проблема в цілому, виконується аналіз літератури з даної тематики, оцінюється сучасний стан досягнень у даній галузі, формулюються завдання (задачі) досліджень, обираються об'єкт і методи досліджень;

- теоретичну частину, в якій формулюються мета й основні завдання теоретичних досліджень, обґрунтовуються прийняті допущення, виконуються необхідні розрахунково-теоретичні дослідження, робляться відповідні висновки;

- експериментальну частину, в якій формулюються мета й основні завдання експериментальних досліджень, аналізується об'єкт досліджень і обираються методи досліджень, дається опис дослідницького стенда чи установки, а також способів вимірювань, наводяться результати досліджень, їх аналіз та висновки;

- програмну реалізацію вирішуваного в роботі завдання на ЕОМ, у якій зазначається мета розроблення програми, основні вимоги до неї, описується алгоритм, наводиться узагальнена блок-схема, описується структура програми і її окремих модулів, дається коротка інструкція з користування, наводиться тестовий приклад (при використанні в роботі готової чи стандартної програми також дається її характеристика, обґрунтовується можливість використання, описуються вхідні і вихідні дані та вимоги до них, наводяться отримані за її допомогою результати);

- аналіз результатів досліджень, де аналізуються всі отримані в роботі теоретичні і практичні результати, робиться докладний висновок про результати вирішення

сформульованих у роботі завдань і про досягнення поставленої мети.

Текст суті роботи викладають, поділяючи матеріал на розділи. Розділи можуть поділятися на підрозділи та пункти, пункти (за необхідності) - на підпункти. Кожен пункт та підпункт повинен містити завершену інформацію.

Виконані завдання з курсів „Безпека життєдіяльності“, „Охорона праці“ та „Економіка“, якщо вони передбачені завданням, оформляються окремими розділами, які розміщуються після викладення суті роботи і вносяться до загальної нумерації її сторінок.

Висновки

У висновках слід відобразити основні результати, отримані в роботі, зробити загальний висновок про вирішення сформульованих у роботі завдань і досягнення поставленої мети, дати рекомендації про можливість практичного використання результатів роботи.

Висновки робляться з кожного розділу, а також з роботи в цілому.

Висновки з розділів розміщуються наприкінці кожного розділу як окремий підрозділ і вносяться до змісту.

Текст висновків може поділятися на пункти.

Висновки з роботи в цілому розміщуються після викладу суті роботи, оформляються як самостійний структурний елемент «ВИСНОВКИ» і вносяться до змісту.

Список літератури

Список всієї літератури, на які посилаються в роботі, повинен бути наведений наприкінці тексту її основної частини (після висновків), починаючи з нової сторінки. У відповідних місцях тексту повинні бути посилання.

Бібліографічні описи джерел у списку літератури наводять у порядку, в якому вони вперше згадуються в тексті.

У тексті роботи посилання на літературу слід зазначати їх порядковими номерами за списком літератури, виділе-

ними двома квадратними дужками, наприклад, «...у роботах [1 - 7, 9]...».

Бібліографічні описи посилань у списку наводять відповідно до діючих стандартів з бібліотечної та видавничої справи.

Додатки

У додатках розміщують матеріал, який є необхідним, але внесення його до основної частини роботи може порушити впорядковане і логічне сприйняття тексту.

У додатках розміщують матеріали, які через великий обсяг, специфіку викладу чи форму подання не можуть бути внесені до основної частини, наприклад, протоколи випробувань, роздруковані тексти комп'ютерних програм, проміжні математичні розрахунки, висновки метрологічної експертизи і т.п.

10.1.4 Правила оформлення кваліфікаційної роботи

Структурні елементи

Структурні елементи «РЕФЕРАТ», «ЗМІСТ». «ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ», «ВСТУП», «ВИСНОВКИ», «СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ» слід починати з нової сторінки, їх назви є заголовками даних структурних елементів.

Заголовки структурних елементів слід розміщувати посередині рядка і друкувати великими літерами, жирним шрифтом, не підкреслюючи, без крапки наприкінці. Заголовки даних структурних елементів не нумерують.

Розділи і підрозділи

Текст суті роботи викладають, поділяючи матеріал на розділи. Розділи можуть поділятися на підрозділи та пункти, пункти (за необхідності) - на підпункти.

Кожен розділ слід починати з нової сторінки.

Кожен розділ повинен мати заголовок, який відповідає його змісту. Заголовок повинен бути коротким і друкується посередині рядка великими літерами, жирним шрифтом. Перенесення слів у заголовку не допускається. Крапку у кінці заголовка не ставлять. Якщо заголовок складається з двох речень, їх розділяють крапкою. Підкреслювати заголовки не допускається.

Заголовки розділів повинні мати порядкову нумерацію в межах викладу суті роботи і позначатися арабськими цифрами. Цифри повинні мати такий самий розмір шрифту, що і заголовок. Після номера крапку не ставлять.

Кожен підрозділ повинен мати заголовок, який відповідає його змісту. Заголовок повинен бути коротким і друкуватися з абзацу малими літерами (крім першої великої) жирним шрифтом. Перенесення слів у заголовку не допускається. Крапку у кінці заголовка не ставлять. Якщо заголовок складається з двох речень, їх розділяють крапкою. Підкреслювати заголовки не допускається.

Заголовки підрозділів повинні бути пронумеровані в межах розділу арабськими цифрами. Номер підрозділу складається з номерів розділу і підрозділу, розділених крапкою. Після номера підрозділу крапку не ставлять. Цифри повинні мати такий самий розмір шрифту, що й заголовок.

Відстані між заголовками розділу і підрозділу, між заголовком підрозділу і наступним текстом, а також між заголовком підрозділу і попереднім текстом повинні становити один рядок.

Не допускається розміщувати на сторінці тільки заголовки підрозділу, відриваючи його від тексту, викладеного далі. Після заголовка на сторінці повинно бути не менше двох рядків тексту. У протилежному разі підрозділ починають з нової сторінки.

Пункти і підпункти

Для зручності і чіткості викладення тексту його за необхідності розбивають на пункти і підпункти. Пункти і підпункти можуть мати заголовки (необов'язково), у такому разі вони повинні бути внесені до змісту.

Пункти повинні мати порядкові номери в межах кожного підрозділу. Номер пункту складається з номерів розділу, підрозділу і пункту, розділених крапками. Після номера пункту крапку не ставлять.

Текст пункту, починаючи з його номера, якщо він не має заголовка, записують з початку абзацу, відступаючи від попереднього тексту не більше одного рядка.

Якщо пункт має заголовок, його друкують з початку абзацу малими літерами (крім першої великої) звичайним шрифтом, відступаючи від попереднього тексту не більш ніж на один рядок. Текст пункту починають з початку нового абзацу, не роблячи відступу від його заголовка.

Не допускається розміщувати на сторінці тільки заголовки пункту, відриваючи його від наступного за ним тексту. Після заголовка на сторінці повинно бути не менше двох рядків тексту. У протилежному разі пункт починають з нової сторінки.

Пункти за необхідності можуть бути розбиті на підпункти, які повинні мати порядкову нумерацію в межах кожного пункту (номер підпункту складається з номерів розділу, підрозділу, пункту і підпункту). Підпункти виконують за тими самими правилами, що і пункти.

Переліки

У середині пунктів чи підпунктів можуть бути наведені переліки. Перед переліком ставлять двокрапку.

На першому рівні деталізації перед кожною позицією переліку необхідно ставити малу літеру українського ал-

фавіту з дужкою (за необхідності посилання на неї в тексті) або дефіс.

Для подальшої деталізації переліку (другий рівень деталізації) необхідно використовувати арабські цифри, після яких ставиться дужка, а запис виконується з абзацу.

Перелік першого рівня деталізації друкують маленькими літерами з абзацу, другого рівня - з відступом щодо місця розташування переліків першого рівня, наприклад:

- а) текст;
- б) текст;
 - 1) текст;
 - 2) текст;
- в) текст;
- г) текст,

або

- текст;
- текст;
 - 1) текст;
 - 2) текст;
- текст;
- текст.

Терміни, позначення, назви

У роботі повинні застосовуватися науково-технічні терміни, позначення і визначення, встановлені відповідними стандартами, а за їх відсутності - загальноприйняті в науково-технічній літературі.

Не допускається застосовувати:

- для одного поняття різні науково-технічні терміни, близькі за змістом (синоніми);
- іноземні слова і терміни за наявності рівнозначних вітчизняних слів і термінів.

Назви предметів, об'єктів, матеріалів, виробів, які використані в тексті, під ілюстраціями, в таблицях і додатках, повинні бути однаковими.

У тексті в назвах предметів, об'єктів, матеріалів, виробів на першому місці, як правило, повинне бути визначення (прикметник), а потім назва, наприклад: «композиційний матеріал».

Скорочення

Слова в тексті, як правило, скорочувати не допускається. Винятками є загальноприйняті скорочення слів і словосполучень, наприклад: і так далі - і т.д., та інше - та ін.

Не скорочуються словосполучення: тому що, повинно бути, так що, у такий спосіб, головним чином, так званий.

Дозволяється застосовувати скорочення слів і словосполучень, характерні для окремої галузі чи сфери діяльності (застосування вузькоспеціальних термінів), наприклад: ХТО – хіміко-термічна обробка. Записують такі скорочення одним із способів:

- безпосередньо в тексті (у дужках після повної назви при першому згадуванні), якщо скорочень у тексті менше 20 і кожне з них повторюється не більше ніж 3-5 разів;

- у переліку умовних позначень, скорочень і термінів (розміщується після змісту) стовпцем (ліворуч - скорочена назва, праворуч - повна назва), якщо скорочень у тексті більше 20 і кожне з них повторюється не менше ніж 3-5 разів.

Назву, яка складається з декількох слів, при повторному його згадуванні в тексті можна писати у скороченому вигляді. При першому згадуванні такої назви у дужках пишуть її прийняте скорочення, наприклад: «Кваліфікаційна робота магістра (далі - робота)».

Слова *maximum* і *minimum* застосовують у скороченому вигляді тільки для індексів, наприклад, R_{\max} , R_{\min} . У тексті ці слова необхідно писати мовою, на якій написана вся робота, наприклад, українською: максимальний, мінімальний.

Назву підприємств і організацій при першому згадуванні необхідно писати повністю із зазначенням у дужках їхньої скороченої назви, наприклад: Сумський державний університет (СумДУ). При подальшому згадуванні про них у тексті використовується скорочена назва.

Числа і знаки в тексті

Числа без позначення одиниць фізичних величин і одиниці рахунку до дев'яти пишуть словами, більше дев'яти - цифрами.

Числа з одиницями виміру і грошові позначення пишуть цифрами, наприклад: 30 мм, 15Н.

Дробові числа необхідно подавати у вигляді десяткових дробів за винятком розмірів у дюймах, які необхідно записувати «1/4"»; «1/2"».

Порядкові числівники пишуть цифрами у супроводі відмінкових закінчень, наприклад: «5-та графа», чи: «4-й графік».

Кількісні числівники пишуть без відмінкових закінчень, наприклад: «на 20 аркушах», «у 12 випадках».

Для величин, що мають від'ємне значення, пишуть слово "мінус", наприклад, "температура повітря мінус 20°C".

У тексті роботи не допускається:

- застосовувати без числових значень математичні знаки $>$ (більше), $<$ (менше), $=$ (дорівнює), \leq (менше або дорівнює), \geq (більше або дорівнює), \neq (не дорівнює), а також знаки № (номер), % (відсоток);

- застосовувати індекси стандартів (ДСТУ, ДСТ, ГОСТ, ОСТ) без їх реєстраційного номера.

Одиниці фізичних величин

У роботі повинні використовуватися одиниці фізичних величин, установлені системою SI. Використання інших одиниць можливе у виняткових, аргументовано обґрунтованих випадках.

Неприпустимо відокремлювати одиницю фізичної величини від числового значення, залишаючи їх на різних рядках чи сторінках.

Позначення одиниць повинні записуватися малими літерами за винятком одиниць, назви яких утворені від прізвищ учених, наприклад: А (Ампер), В (Вольт), К (Кельвін) і т.д.

Формули і рівняння

Формули у тексті необхідно розміщувати посередині рядка безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються.

Вище і нижче кожної формули необхідно залишати не менше одного вільного рядка.

Параметри кожного з елементів формули повинні бути однаковими для всіх формул, а розмір шрифту її основних елементів повинен збігатися з розміром шрифту основного тексту роботи.

Якщо рівняння чи формула не поміщаються на одному рядку, вони можуть бути перенесені на наступний після знака рівності (=) або після знаків виконуваних операцій: плюс (+), мінус (-) чи множення (\times), причому на початку наступного рядка знак операції повторюють.

Якщо підряд наводиться кілька не розділених текстом формул, то у кінці кожної з них ставлять кому, а після останньої - крапку.

У формулах як символи необхідно використовувати позначення, встановлені відповідними стандартами або загальноприйняті для окремої галузі чи сфери діяльності.

Пояснення символів і числових коефіцієнтів, які входять до формули і трапляються в тексті вперше, повинні бути наведені безпосередньо під формулою і в тій послідовності, в якій вони наведені у формулі.

Пояснення значення кожного символу і числового коефіцієнта необхідно подавати з нового рядка. Перший рядок пояснення повинен починатися з абзацу словом «де» без двокрапки після нього. Після формули перед «де» ставиться кома, наприклад:

$$\tau_n = k_1 k_2 V / F = k_1 k_2 W,$$

де k_1 - коефіцієнт нагрівального середовища, хв/см;

k_2 - коефіцієнт рівномірності нагрівання; V - об'єм виробу, см³; F - площа поверхні виробу, см²; W - геометричний показник виробу, см.

Усі формули нумерують арабськими цифрами в межах кожного розділу. Номер формули складається з номера розділу і порядкового номера формули, розділених крапкою. Номер зазначають з правого боку сторінки на рівні формули в круглих дужках.

Посилання в тексті на порядкові номери формул подають у круглих дужках, наприклад, «...у формулі (2.1)».

Таблиці

Для зручності викладення і читання цифрові та інші дані рекомендується розміщувати в таблицях.

Таблицю поміщають після першого згадування про неї в тексті або за необхідності на наступній сторінці таким чином, щоб її можна було читати без повертання документа чи з повертанням за годинниковою стрілкою.

Розміри таблиць обирають довільно залежно від матеріалу, який розміщується.

Структура таблиці у загальному випадку повинна відповідати наведеній на рисунку 10.1.

Таблиця.....

Графа для заголовків рядків	Заголовок граф		Заголовок граф		Головка таблиці
	під-заголовок графи	під-заголовок графи	під-заголовок графи	під-заголовок графи	
1	2	3	4	5	
Заголовок рядка					
Заголовок рядка					

Рисунок 10.1 - Структура таблиці

У верхній частині (головці) таблиці розміщують заголовки і за необхідності підзаголовки граф (колонок). Збоку в таблиці поміщають заголовки рядків - назви показників параметрів та інші дані для граф.

Заголовки і підзаголовки граф і рядків таблиці записують малими літерами (крім першої великої). Наприкінці заголовків і підзаголовків розділові знаки не ставлять. Заголовки і підзаголовки записують в однині.

Поділ граф вертикальними лініями і поділ рядків горизонтальними лініями не обов'язковий, якщо їх відсутність не ускладнює користування таблицею.

Записи в рядках роблять в один рядок.

Діагональний поділ елементів таблиці не допускається.

Таблиці нумерують послідовно арабськими цифрами в межах розділу. Номер таблиці повинен складатися з номера розділу і порядкового номера таблиці, розділених крапкою.

Надпис «Таблиця» із зазначенням її номера розміщують зверху і ліворуч над таблицею. Слово «Таблиця» виконують малими літерами (крім першої великої).

Якщо таблиця має назву (необов'язково), то слово «Таблиця» поміщають перед назвою і відокремлюють від назви за допомогою тире. Назва повинна бути короткою і повністю відбивати зміст таблиці.

Якщо частина таблиці перенесена на наступну сторінку, необхідно повторювати її головку. Слово «Таблиця», її номер і назву зазначають один раз над першою частиною таблиці. Над іншими частинами пишуть «Продовження таблиці ...» із зазначенням номера.

При поділі таблиці на частини допускається її головку замінювати номерами граф.

Нумерація граф і рядків таблиці арабськими цифрами допускається також у випадках, коли в тексті є посилання на них.

Позначення одиниць поміщають:

- над таблицею (праворуч), якщо всі параметри в таблиці мають однакові одиниці вимірювання;

- у заголовках граф, відокремлюючи їх комою, якщо всі параметри в графі мають однакову одиницю виміру;

- поруч із назвами параметра, відокремлюючи їх комою, якщо всі параметри в рядку мають однакові одиниці вимірювання.

На всі таблиці повинні бути посилання в тексті із зазначенням номера таблиці, наприклад: «... у таблиці 3.1».

Ілюстрації

Для пояснення тексту, який викладається, він може ілюструватися графіками, діаграмами, схемами, кресленнями, фотознімками. Всі ілюстрації, які розміщуються в тексті, називають рисунками.

Ілюстрації можуть бути розміщені або по тексту роботи, або наведені в додатку.

Ілюстрації формату А4 і менше повинні бути розміщені після першого посилання на них або на наступній

сторінці і розміщуватися так, щоб їх зручно було розглядати без повертання документа чи з повертанням за годинниковою стрілкою.

Усі ілюстрації нумерують у межах розділу арабськими цифрами. Номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, розділених крапкою, наприклад: «Рисунок 1.2».

Ілюстрації за необхідності можуть мати назву і пояснювальні дані (підрисунковий текст). Слово «Рисунок» і назву розміщують під ілюстрацією після пояснювальних даних і відокремлюють одне від одного за допомогою тире.

Написи на рисунках виконують шрифтом з розмірами літер і цифр, прийнятих у тексті документа.

Посилання на ілюстрації дають на зразок «...відповідно до рисунка 1.2».

Якщо в тексті документа є посилання на складові частини рисунка, то на рисунку повинні бути зазначені номери позицій цих складових частин, які розміщують у порядку зростання за годинниковою стрілкою. номери позицій записують арабськими цифрами на лініях-виносках, проведених від зображень складових частин. Лінії-виноски не повинні перетинатися між собою, бути непаралельними лініям штрихування (якщо лінія-виноска проходить по заштрихованому полю) і не перетинати, по можливості розмірні лінії й елементи зображення.

Якщо для рисунка не вистачає місця на одній сторінці, його назву розміщують на першій сторінці, пояснювальні дані - на кожній сторінці і під ними зазначають «Рисунок __ аркуш __».

Додатки

Додатки необхідно оформляти як продовження роботи, починаючи кожний з нової сторінки, у порядку появи по-

силань на них у тексті на аркушах формату А4. Допускається за необхідності оформляти додатки на аркушах формату А3, А2 чи А1, зменшуючи їх відповідним чином до формату А4.

Додатки вносяться до змісту і повинні мати загальну з усією роботою наскрізну нумерацію сторінок.

Додаток повинен мати заголовок, надрукований угорі сторінки малими літерам (крім першої великої) жирним шрифтом симетрично до тексту.

У верхній частині сторінки над заголовком малими літерами з першої великої повинне бути надруковане слово «Додаток», а також велика літера українського алфавіту (за винятком літер Г, І, Ї, Є, З, Й, О, Ч, Ь), що позначатиме послідовність даного додатка.

Додатки можуть бути обов'язковими або довідковими, про що зазначають у дужках під словом «Додаток».

Посилання на додатки в тексті роботи виконують за зразком «.. у додатку А».

За необхідності текст додатка може бути поділений на розділи, підрозділи, пункти та підпункти, які в межах кожного додатка оформляються у відповідності до вимог. При цьому перед кожним номером проставляють позначення додатка (велику літеру) та крапку, наприклад, Б.3.2 - це підрозділ 3.2 додатка Б.

Ілюстрації, таблиці та формули, які є в тексті додатка, необхідно нумерувати в межах кожного додатка, наприклад, рисунок Г.3 - третій рисунок додатка Г, таблиця А.2 - друга таблиця додатка А, формула (Б.2) - друга формула додатка Б.

10.2 Оформлення графічної частини

10.2.1 До графічної частини ВКР бакалавра можуть входити:

- креслення основних виробів;
- план відділення (дільниці) з вантажопотоками і пром-розводками – 1 аркуш формату А1;
- графіки основних режимів термічної обробки – 1 аркуш формату А1;
- креслення основного чи додаткового або допоміжного обладнання - 1 аркуш формату А1.

10.2.2 Випускна кваліфікаційна робота спеціаліста (дипломний проект (робота) може складатися з такої, приблизно, графічної частини:

- креслення деталей – 1 аркуш;
- таблиці хімічних складів та механічних властивостей марок сталей, що використовуються;
- план цеху (відділення, дільниці) з нанесенням вантажопотоків і промислових розводок – 1 аркуш;
- поперечний розріз цеху (відділення, дільниці) – 1 аркуш;
- креслення основного обладнання – 1-2 аркуші;
- креслення додаткового та допоміжного обладнань – 1-2 аркуші;
- креслення основних виробів та графіки основних режимів термічної обробки;
- схема автоматичного контролю чи регулювання технологічних процесів – 1 аркуш;
- схема маршрутних технологій виготовлення і термообробки виробів – 1 аркуш;
- результати власних досліджень, якщо вони проводилися (таблиці, мікроструктури, графіки, технології) -1 аркуш;
- техніко-економічні показники цеху – 1 аркуш.

10.2.3 До магістерської роботи додаються графічні матеріали, які містять конструкторські та технологічні розробки відповідно до пункту 2.2.7 цього посібника.

Остаточний перелік і обсяг графічної роботи ВКР магістра визначає керівник роботи.

Графічну частину ВКР усіх рівнів (креслення, схеми, графіки, таблиці) виконують олівцем на аркушах А1 (або інших стандартних розмірів). Деякі матеріали, наприклад графіки технологічних режимів термічної обробки, можна виконувати тушшю або фломастером. Можливе виконання графічної частини ВКР машинним (за допомогою комп'ютерної техніки) способом на друкувальних пристроях.

10.2.4 Шифрування креслень кваліфікаційної роботи (дипломного проекту)

Умовне позначення креслень відповідно до діючих нормативів машинобудування має такі символи:

літерні КРБ, КРС, КРМ – кваліфікаційної роботи бакалавра, спеціаліста чи магістра відповідно;

МТ і МТЗТ – шифр групи згідно з шифром деканату для денної та заочної форм навчання відповідно;

наступні дві цифри позначають групу відповідно до шифру деканату.

Креслення позначаються відповідними номерами.

Дві цифри після шифру групи означають:

01 – аркуш маршрутної технології;

Приклад: КРС МТ 21.01.00.00 – шифр креслення кваліфікаційної роботи спеціаліста групи МТ-21 з маршрутної технології, вузли не визначаються, деталі не визначаються.

02-03 – загальний вигляд деталі і властивості матеріалу виробу;

04-06 – графіки термічної, хіміко-термічної чи комбінованої обробки матеріалу деталі;

07-10 – результати власних досліджень (таблиці, графіки, мікроструктури, технології і т.ін.);

11-12 – план цеху (відділення, дільниці) та поперечний розріз;

13-14 – основне обладнання термічного цеху (відділення, дільниці), додаткове обладнання, допоміжне обладнання та схема механізації технологічних процесів;

15 – схема автоматичного контролю чи регулювання технологічних процесів;

16 – техніко-економічні показники цеху.

Наступні дві цифри позначають складальні одиниці; наступні дві - деталі (позиції) в складанні.

Приклад: КРС МТ 21.02.00.00 СБ - шифр креслення складального вигляду загального виду деталі, де:

КРС – дипломний проект (ВКР) спеціаліста;

МТ – шифр групи;

21 – номер групи;

02 – загальний вид деталі та властивості її матеріалу;

00 – вузли не визначаються;

00 – деталі не визначаються;

СБ – збірна одиниця.

У специфікації КРМ МТЗТ 31с-13.01.04 позначено:

КРМ – кваліфікаційна робота магістра;

МТЗТ – заочний факультет навчання, група МТЗТ;

31с – шифр групи;

13 – позначення основного обладнання;

01 – перша складальна одиниця обладнання;

04 – деталь четверта.

За погодженням з керівником кваліфікаційної роботи вона може мати шифри, які відрізняються від наведених.

Додаток А
(довідковий)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерний факультет
Кафедра прикладного матеріалознавства і ТКМ
Спеціальність 8.090101 «**Прикладне матеріалознавство**»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ В.І.Сігова
«__» _____ 200__ р.

ЗАВДАННЯ

до випускної кваліфікаційної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня

_____ («бакалавр», «спеціаліст», «магістр»)
студенту групи _____

_____ (прізвище, ім'я, по батькові повністю)
Тема дипломної роботи: _____

Мета роботи: _____

План роботи та терміни виконання: _____

Консультанти:

Розділ з економічної частини _____

Розділ з охорони праці _____

Керівник роботи: (посада, прізвище та ініціали)
(підпис)

Завдання до кваліфікаційної роботи отримав:

«__» _____ 200__ р.

_____ (підпис студента)

Додаток Б
(довідковий)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра прикладного матеріалознавства і ТКМ
Спеціальність 8.090101 «Прикладне матеріалознавство»

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»

Тема:

Завідувач кафедри _____ проф. В.І. Сігова

Керівник роботи _____

Виконавець _____ студент гр. _____

Суми – 200__

Додаток В
(довідковий)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра прикладного матеріалознавства і ТКМ
Спеціальність 8.090101 «**Прикладне матеріалознавство**»

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

Тема:

Виконавець _____ студент гр. _____

Консультант
з економіки _____

Консультант
з охорони праці _____

Керівник роботи _____

Завідувач кафедри _____ проф. В.І. Сігова

Суми – 200__

Додаток Г
(довідковий)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра прикладного матеріалознавства і ТКМ
Спеціальність 8.090101 «Прикладне матеріалознавство»

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Тема: _____

Виконавець _____ студент гр. _____

Консультант
з економіки _____

Консультант
з охорони праці _____

Керівник роботи _____

Завідувач кафедри _____ проф. В.І. Сігова

Суми – 200____

Додаток Д
(довідковий)

ПЕРЕЛІК І ПРИБЛИЗНИЙ ОБСЯГ ЧАСТИН
магістерських робіт за фахом
8.090101 «Прикладне матеріалознавство»

Пор. ном.	Перелік частин дипломного проекту	Обсяг, стор.
1	Зміст	1,5-2,0
2	Реферат	0,5-1,0
3	Вступ	2,0-3,0
4	Поставлення задачі досліджень	5,0-10,0
5	Стан питання	10,0-15,0
6	Аналітичний огляд літератури і патентів	2,0-3,0
7	Матеріал і методика досліджень	5,0-10,0
8	Теоретичні і експериментальні дослідження	30,0-40,0
9	Обговорення результатів експерименту	5,0-10,0
10	Охорона праці, навколишнього середовища і техніка безпеки	6,0-10,0
11	Економічна частина	5,0-7,0
12	Висновки	2,0-3,0
13	Список літератури	1,0-2,0
	Загальний обсяг розрахунково-пояснювальної записки	90-100
	Обсяг графічної частини (аркушів А1)	5,0-8,0

Додаток Е
(довідковий)

ВІДГУК

**КЕРІВНИКА МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ
(КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СПЕЦІАЛІСТА)
РІВНЯ «МАГІСТР» (СПЕЦІАЛІСТ)
СПЕЦІАЛЬНОСТІ «ПРИКЛАДНЕ
МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»**

1 _____
(прізвище, ім'я, по батькові випускника)

2 _____
(назва завдання або тема роботи)

3 _____
(відповідність роботи завданню і повне виконання окремих розділів)

4 _____
(позитивні сторони, недоліки)

5 _____
(виявлена теоретична підготовка та уміння

використовувати знання на практиці розрахунків,
конструювання та ін.)

6 _____
(практична цінність роботи (програми, конструкторські рішення та ін.)

7 _____
(загальна оцінка за п'ятибальною системою)

8 _____
(помилки, допущені в курсовому проекті – базовій основі роботи)

Керівник _____
(прізвище, ім'я та по батькові)

«___» _____ 20 р.

Додаток Ж
(довідковий)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ

на випускну роботу державної атестації студентів за
освітньо-кваліфікаційним рівнем «БАКАЛАВР»,
«СПЕЦІАЛІСТ» «МАГІСТР» напряму
0901 «Інженерне матеріалознавство»
за спеціальністю 8.090101 «Прикладне матеріалознавство»

студента _____
(прізвище, ім'я, по батькові)
група _____

ЗМІСТ РЕЦЕНЗІЇ

1 Обсяг випускної роботи:

кількість аркушів креслення (А1) _____

кількість аркушів пояснювальної записки (А4) _____

2 Відповідність теми напряму підготовки:

3 Оцінка якості графічної частини (виконання стандартів
ЕСКД):

Продовження додатка Ж

Позитивні якості проекту в цілому:

Основні недоліки:

Загальна оцінка роботи:

Рецензент _____
(прізвище, ініціали, підпис, дата)

Додаток И
(довідковий)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра: 80 с.; 24 рис.; 9 табл.; 2 дод.; 19 джерел.

Об'єкт дослідження – процес силіціювання в порошкових сумішах та його вплив на структуру і властивості сталей 40ХН, 45 для виготовлення вала електронасоса типу ЕПЗ-10, ЕПЗ-16, ЕПЗ-20, що перекачує стічні води.

Мета роботи – розроблення і дослідження дифузійного силіційованого покриття для підвищення стійкості матеріалу вала до корозійної дії.

Методи дослідження – рентгеноструктурні, металографічні та електронно-мікроскопічні дослідження структури поверхневого шару сталей, вимірювання мікротвердості силіційованого шару, визначення корозійної стійкості оброблених сталей.

У ході проведення досліджень і виконання магістерської дослідної роботи було досліджено вплив процесу силіціювання в порошкових сумішах на структуру і властивості сталей 40ХН, 45: проведено порівняльний аналіз вартості сталей, порівняно властивості використаних сталей, розроблено технологію хіміко-термічної обробки - силіціювання сталей при різних температурах та часі витримки. Після проведення силіціювання визначено товщину дифузійного шару та його мікротвердість, а також корозійну стійкість даних сталей в розчинах різних кислот для визначення ефективності і вибору режимів хіміко-термічної обробки.

ВАЛ НАСОСА, КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ, ВЛАСТИВОСТІ, СИЛІЦІЮВАННЯ, СТРУКТУРА, МЕТАЛОГРАФІЯ, ХІМІКО-ТЕРМІЧНА ОБРОБКА, ТЕРМІЧНА ОБРОБКА, ТЕРМІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ГОСТ 2105-95. Межгосударственный стандарт: Общие требования к текстовым документам. –К.: Госстандарт Украины, 1996. Введен с 01.01.97.
2. СТП 01-94. Требования к дипломному проектированию. -Сумы: СумГУ, 1994.-25 с.
3. Термическая обработка в машиностроении: Справочник /Под ред. Ю.М. Лахтина и А.Г. Рахштадта. – М.: Машиностроение, 1980. – 784 с.
4. Шмыков А.А. Справочник термиста. –М.: Машгиз, 1961. -216 с.
5. Фригер И.В. Термическая обработка сплавов: Справочник.– Л.: Машиностроение,1982. – 304 с.
6. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: Справочник /Под ред. Л.С. Ляховича. – М.: Металлургия, 1981. – 420 с.
7. Баксаев Х.К., Самохоцкий А.М.Металловедение и термическая обработка металлов. –М.: Машиностроение, 1966. -192 с.
8. Тылкин М.А. Справочник термиста ремонтной службы. –М.: Металлургия, 1981. -648 с.
9. Долженков И.Е., Стародубов К.Ф., Спасов А.А. Основы проектирования термических цехов. –К.: Высшая школа, 1986. -215 с.
10. Металловедение и термическая обработка стали: Справочник: В 3 т /Под ред. М.Л. Бернштейна и А.Г. Рахштадта. – М.: Металлургия, 1983.
11. Дипломное проектирование термических цехов /К.Ф.Стародубов, И.Е.Долженков, Ю.Л.Ревисс и др. –К.: Высшая школа, 1974. -160 с.
12. Блантер М.Е. Методика исследования металлов и обработка опытных данных. –М.: Металлургиздат, 1952. -175 с.

13. Соколов К.Н., Коротич И.К. Технология термической обработки и проектирование термических цехов. – М.: Металлургия, 1988. – 384 с.
14. Расчет нагревательных и термических печей: Справочник /Под ред. В.М. Тымчака и В.Л. Гусовского. – М.: Металлургия, 1983. – 482 с.
15. Эстрин Б.М. Производство и применение контролируемых атмосфер. – М.: Металлургия, 1973. – 392 с.
16. Соколов К.Н. Оборудование термических цехов. – К.; Донецк: Вища школа, 1984. – 328 с.
17. Аверин Р.И., Тальдфарб Э.М., Кравцов А.Ф. и др. Расчеты нагревательных печей. – Киев: Техніка, 1969. – 539 с.
18. Технологические измерения и контрольно-измерительные приборы /А.М. Беленький, В.Ф. Бердышев, О.М. Блинов, В.А. Морозов. – М.: Металлургия, 1981. – 264 с.
19. Калинин В.П. Экономическое обоснование выбора материалов и оптимальных процессов термической обработки. – М.: Машиностроение, 1975. – 47 с.

Навчальне видання

Будник Анатолій Федорович,
Сігова Валентина Іванівна

**КВАЛІФІКАЦІЙНІ РОБОТИ
В МАТЕРІАЛОЗНАВСТВІ**

Навчальний посібник

Редактор Н.Г.Гончарук
Комп'ютерне верстання В.Д. Вінницької

Підп. до друку 15.01.2008.

Формат 60x84/16. Папір офс. Гарнітура Times New Roman Суг.Друк офс.

Ум. друк. арк. 11,63 Обл.-вид.арк. 10,34

Тираж 100 пр. Вид. № 247

Зам. № .

Видавництво СумДУ при Сумському державному університеті
40007, Суми, вул. Римського-Корсакова, 2

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного
реєстру ДК № 3062 від 17.12.2007.

Надруковано у друкарні СумДУ
40007, Суми, вул. Римського-Корсакова, 2.