

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Кафедра машинобудування, транспорту і зварювання

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра на тему

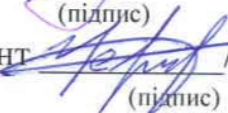
Професійна підготовка фахівців машинобудівної галузі з
аналізу та систематизації компонувань портативного
мобільного металорізального обладнання агрегатно –
модульної конструкції
(тема кваліфікаційної роботи)

Виконав: студент 2 курсу, групи ДІТ- ПОМ-23мг
спеціальності: 015 Професійна освіта
(Машинобудування)

(код і найменування спеціальності)

 /Владислав Гайворонський
(підпис) (ім'я та прізвище)

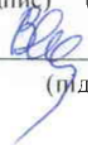
Керівник  / Олександр Пермяков
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент  /Артем Чернюк
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри  /Олег ПОДОЛЯК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль  /Олег ПОДОЛЯК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК  /Валентина СКОРКІНА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2024 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н.
КАРАЗІНА

Факультет Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»

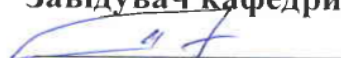
Кафедра машинобудування, транспорту і зварювання

Спеціальність 015 Професійна освіта. (Машинобудування)

Освітньо-професійна програма Професійна освіта. (Машинобудування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри


(підпис)

к.т.н., доц. Олег ПОДОЛЯК

« 12 » 10 2024р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу (дипломну роботу/дипломний проєкт)
другого (магістерського) рівня вищої освіти

студенту (ці) Владислав Гайворонський
(ім'я, прізвище)

1. Тема Професійна підготовка фахівців машинобудівної галузі з аналізу та систематизації компонувань портативного мобільного металорізального обладнання агрегатно – модульної конструкції
затверджена наказом по академії № 4801-5/15545 від « 12 » 10 2024 р.

2. Термін здачі закінченої роботи « 10 » грудня 2024 р.

Розробити методику професійна підготовка фахівців машинобудівної галузі з аналізу та систематизації компонувань портативного мобільного металорізального обладнання агрегатно – модульної конструкції

4. Зміст роботи/проекту(перелік питань, що їх належить розробити):
Вступ. 1. Актуальність професійної підготовки фахівців машинобудівних підприємств 2. Огляд досліджень та публікацій з проблем компонувань портативного мобільного металорізального обладнання агрегатно – модульної конструкції. 3. Аналіз та систематизації компонувань портативного мобільного металорізального обладнання агрегатно – модульної конструкції. 3. Методичний розділ Висновки. Список джерел.

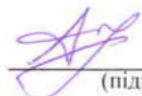
5. Перелік графічного матеріалу (презентаційний матеріал):
Презентація основних результатів виконаних досліджень. Роздатковий матеріал

6. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	
Методичний	Тамара ХОМУЛЕНКО			

7. Дата видачі завдання «02» вересня 2024 р.

Керівник роботи

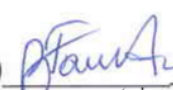
 (підпис) Олександр Пермяков
(ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання

 (підпис) Владислав Гайворонський
(ім'я, прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК
виконання кваліфікаційної роботи
(дипломної роботи/дипломного проєкту)

№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконанн я завдань
1	Аналіз стану питання.	10.09.2024	
2	Огляд досліджень та публікацій з проблем компонувань портативного мобільного металорізального обладнання агрегатно – модульної конструкції.	1.10.2024	
3	Аналіз та систематизації компонувань портативного мобільного металорізального обладнання агрегатно – модульної конструкції.	15.10.2024	
4	Методичний розділ	1.11.2024	
5	Оформлення і захист дипломного проєкту	10.12.2024	

Студент (ка)  (підпис) Владислав Гайворонський
(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль

 (підпис) Олег ПОДОЛЯК

РЕФЕРАТ

Звіт про ДРМ: 125с.; 27рис.; 18 табл.; 64джерел інформації.

Ключові слова: ГНУЧКІ ВИРОБНИЧІ СИСТЕМИ. МОДУЛЬ. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ. ПРОГРАМА. ПРОЕКТУВАННЯ. ВЕРСТАТ. ДЕТАЛЬ. РЕЖИМИ РІЗАННЯ. ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ. СТРУКТУРА.

Дипломний проект присвячений моделюванню ділянки гнучкої виробничої системи по обробці комплекту шестерень з річною програмою випуску 2500 комплектів.

У магістерському проекті був проведений та детально описаний аналіз засобів технологічного оснащення, огляд сучасних технологічних методів обробки деталі типу вал. Також проведений аналіз технологічності конструкції деталі, вибір та проектування заготовки, призначення припусків на обробку.

Розроблена і описана формування графа-дерева маршрутної технології обробки деталей.

Створено імітаційне моделювання організаційно-технологічної структури ГВС в програмному комплексі імітаційного моделювання «СІМ».

Розроблена модель ділянки ГВС Розглянути елементи системи якості ГВС.

Представлені деякі рекомендації щодо обладнання, інструменту та стратегій оброблення, які необхідно враховувати при моделюванні ділянки гнучкої виробничої системи з урахуванням сучасних тенденцій.

STRUCTURAL ABSTRACT

Report on DRM: 125s.; 27fig.; 18tab.; 64sources of information.

Keywords: FLEXIBLE PRODUCTION SYSTEMS. MODULE. IMITATION MODELING. PROGRAM. DESIGN. MACHINE. DETAIL. CUTTING MODES. TECHNOLOGY. STRUCTURE.

The diploma project is devoted to modeling of a site of flexible production system on processing of a set of gear wheels with the annual program of release of 2500 sets.

In the master's project the analysis of means of technological equipment, the review of modern technological methods of processing of a detail like a shaft was carried out and described in detail. Also the analysis of manufacturability of a design of a detail, a choice and design of preparation, purpose of allowances for processing is carried out. The formation of a graph-tree of route technology of processing of details is developed and described. Simulation modeling of organizational and technological structure of GPS in the software complex of simulation modeling "SIM" is created. A model of the GPS section has been developed, elements of the GPS quality system have been considered.

Some recommendations on the equipment, the tool and processing strategies which need to be considered at modeling of a site of flexible production system taking into account modern tendencies are presented.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1 АКТУЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ	
2 КЛАСИФІКАЦІЯ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ, ОСНОВНІ.... ЕТАПИ ЇХ РОЗВИТКУ ТА ЗАСТОСУВАННЯ.....	16
4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	23
3.1 Опис об'єкта виробництва.....	23
3.2 Вибір типу й організаційної форми виробництва.....	29
3.3 Розробка варіантів технологічного процесу обробки деталей.....	30
4 ФОРМУВАННЯ ГРАФА-ДЕРЕВА МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ.....	37
5 ПРОЕКТУВАННЯ (ВИБІР) РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ.....	39
5.1 Опис контрольного пристосування.....	39
5.2 Визначення похибки базування деталі.....	40
6 ВИБІР УСТАТКУВАННЯ ГВС.....	42
7 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ ГВС.....	47
7.1 Програмний комплекс імітаційного моделювання «СІМ».....	48
8 РОЗРОБКА МОДЕЛІ ДІЛЯНКИ ГВС.....	65
9 ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМИ ЯКОСТІ ГВС.....	72
РОЗДІЛ 10 РОЗРОБКА ДИДАКТИЧНОГО ПРОЄКТУ ФАКУЛЬТАТИВНОГО ЗАНЯТТЯ НА ТЕМУ «АНАЛІЗ ТА СИСТЕМАТИЗАЦІЯ КОМПОНУВАНЬ ПОРТАТИВНОГО МОБІЛЬНОГО МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ АГРЕГАТНО – МОДУЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ» ДЛЯ ФАХІВЦІВ МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ	
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	118
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ.....	119

ВСТУП

З великого комплексу розв'язуваних науково-технічних проблем найбільш важливими в цьому контексті є: здійснення комплексної механізації і автоматизації, підвищення якості продукції, що випускається, забезпечення необхідної експлуатаційної надійності, мінімізація термінів переоснащення виробництва на випуск нового виробу і зниження технологічної собівартості продукції, що випускається.[3,8,10].

Вирішенню цих питань сприяє все більш широке використання як універсальних, так і багатоцільових верстатів з ЧПУ. Причому ефективність їх застосування різко зростає при комплексному підході до автоматизації і можливості переналагодити процеси механічної обробки, забезпечення яких і здійснюють такі комплекси. Це дозволяє виконувати розглянуті вище завдання забезпечення високої технологічної гнучкості всього обладнання, яке утворює систему, в умовах неритмічної і нестабільної програми випуску виробів.

Такі системи у промисловості отримали назву «Гнучкі виробничі системи» (ГВС). Гнучкі виробничі системи являють собою складну виробничу структуру, яка включає безпосередньо модулі металообробки з інструментальним забезпеченням, транспортно - логістичні модулі, системи контролю і т.д., і вся ця складна структура підпорядковується єдиній системі керування.

Підвищення продуктивності праці на машинобудівних підприємствах в умовах сучасного виробництва пов'язане з використанням гнучких виробничих систем (ГВС).

При проектуванні й експлуатації ГВС необхідно враховувати наступні фактори: необхідність у значних капіталовкладеннях через високу вартість компонентів ГВС, особливо основного встаткування; високу складність ГВС й, як наслідок, більші втрати через несправності й відмови її елементів;

багатоваріантності можливих рішень і пошук оптимального рішення для конкретного замовника.

Тому при проектуванні ГВС і визначенні їхніх технічних характеристик необхідно мінімізувати ризик помилок. Серед безлічі різних варіантів побудови ГВС, придатних для рішення певного виробничо-технічного завдання, є один, найбільш раціональний варіант, що відповідає даному конкретному випадку.

Більшість проблем, що виникають при проектуванні ГВС, не можуть бути дозволені за допомогою традиційних інженерно-технічних методів. При ручних методах проектування для їхнього дозволу потрібні значні витрати праці й часу.

Таким чином, використання систем автоматизованого проектування ГВС є необхідною умовою підвищення їх функціональної й технологічної надійності й досягнення максимальної економічної ефективності при їхній експлуатації.

Для дозволу проблеми раціонального вибору ГВС для заданих умов необхідно вирішити наступні завдання:

- визначення раціональної структури верстатної системи (комплекту основного технологічного устаткування), характеристик верстатів (модулів) і їхніх функціональних зв'язків;
- визначення раціональної структури транспортно-накопичувальної системи (ТНС) і її характеристик, побудова матеріального потоку (заготівель, напівфабрикатів, інструментів й оснащення) і вибір конфігурації ТНС;
- побудова допоміжних систем (СОЖ, стружки);
- узгодження й коректування всіх систем за загальними критеріями;
- оцінка техніко-економічної ефективності побудови варіанта технологічної системи.

Для рішення цих завдань потрібні:

- аналіз номенклатури деталей і відпрацьовування відповідно до вимог системи таких параметрів, як геометрична форма й розміри деталей, величина партій і закон їхнього запуску, і ін.;
- вибір технологічних параметрів обробки кожної деталі, узгодження оптимальних варіантів технологічних процесів, перевірка можливості групової обробки;
- вибір конструктивних параметрів устаткування, а також дослідження можливості його стандартизації;
- вибір верстатів по точності й потужності залежно від величини партії, визначення їхнього розташування й числа з урахуванням резервних верстатів для заміни тих, що вишли з ладу;
- визначення конфігурації потоку заготівель, обумовленої розташуванням і ємністю накопичувача, що залежить від форми, розмірів і маси деталей, а також від пристроїв, що маніпулюють, і пристроїв-супутників;
- визначення конфігурації інструментального потоку, що залежить від планованого числа інструментів, методів їхньої попередньої підготовки й налаштування, способів підтримки в робочому стані, доставки попередньо налаштованих інструментів на робочі місця й зміни (ручний або автоматичної) в інструментальних магазинах;
- визначення конфігурації інформаційного потоку, що залежить від наявності й ступеня готовності робочої документації й доставки її на робочі місця, зв'язки з ЕОМ, швидкості внутрішньої й зовнішньої обробки інформації, наявності системи діагностики несправностей й їхньої профілактики;
- визначення конфігурації допоміжного потоку, що залежить від способів ліквідації відходів, очищення верстатів і заготівель;
- визначення конфігурації системи забезпечення якості, що залежить від способу вбудовування цієї системи в основний процес, числа місць контролю і їхнього розташування в системі.

Основним методом рішення як прямий, так і зворотного завдання вибору ГВС є моделювання.

Одним з методів, широко використовуваних при автоматизованому проектуванні ГВС, є моделювання, що дозволяє проводити керовані експерименти над системою без втручання або при незначному втручанні в роботу реальної системи. Імітаційна модель повинна відбивати основні властивості розглянутої системи. Задаються значення робочих характеристик системи, а дані про роботу системи, отримані в результаті імітаційного моделювання, рівняються із цими критеріями. Як і для всіх моделей, якість імітаційної моделі визначається тим, наскільки точно вона відображає поведінку системи, що моделюється, й пророкує її робочі характеристики.

У цей час моделювання є єдиним методом, що дозволяє оцінити реальне поведінку виробничої системи, і розглянути вплив на виробничий процес у ГВС різних конкретних параметрів.

Однак моделювання не дозволяє виконати оптимізацію виробничого процесу, тому потрібне вивчення безлічі його варіантів з використанням інтерактивного методу.

Проектування ГВС із використанням моделювання здійснюється в три етапи: вибір компонентів системи (верстатного встаткування, транспорту, систем керування й ін.), їхня оцінка й припасування параметрів до параметрів уже існуючих систем. Моделювання дозволяє вибрати найбільш раціональні варіанти компонування ГВС.

Системи автоматизованого проектування з використанням графічного моделювання використовуються для визначення планування ГВС і проектування потоків матеріалів у ній. При створенні моделі потрібно мати можливо більше повний обсяг інформації про проєктований ГВС.

Інформація про основне встаткування повинна включати:

- число різних типів верстатних модулів;
- стратегію обслуговування черг (FIFO-first in first out-обслуговується деталь, що надійшла першої, або інші можливі);

- час транспортування (із черги на обробну позицію);
- очікувану ймовірність відмови, наслідку відмов, верстатних модулів;
- ємність інструментального магазину кожного верстатного модуля;

Інформація про транспортно-накопичувальну систему повинна включати:

- тип системи (конвеєр, робот, візок й ін.);
- планування системи (план розміщення мережі) із вказівкою верстатних модулів, завантажувальних станцій, накопичувачів, складів, положення черг;
- швидкість руху, напрямок руху й місця зупинок конвеєрних систем. Ця ж інформація необхідна для систем з використанням візків;
- несучу здатність візка;

Інформація про деталі повинна включати:

- повний опис елементарних операцій при кожній установці для кожного типу деталі;
- повний список верстатних модулів;
- час виконання операції (включаючи час зміни інструмента) ;
- послідовність виконання операцій;
- час установки й зняття деталей;

Інформація про організації роботи на ГВС повинна включати:

- число годин роботи в зміну;
- число змін у добу й доби в тиждень;
- дані про передбачений графіком технічному обслуговуванні й поточному ремонті;
- дані про партійність деталей;
- число робітників, що обслуговують систему.

Ця інформація може бути доповнена, наприклад, при додаванні нових верстатних модулів або ін.

За допомогою систематизованих змін таких вхідних параметрів, як розмір партії, вид завантаження й виробниче завдання, можна оцінити поводження виробничої системи. На основі конкретного виробничого завдання можна розрахувати коефіцієнт використання окремих верстатних модулів.

РОЗДІЛ 1

АКТУЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ

Для якіснішої підготовки випускника школи до вступу до університету, О.В. Беляєва у своїй статті «Роль довузівської підготовки у підвищенні якості професійної освіти» вважає, що специфіка прийомних кампаній останніх років у тому, що прийом абітурієнтів здійснюється в умовах демографічного спаду і, як наслідок, жорсткої конкуренції ЗВО у боротьбі контингент. У цих умовах ЗВО змушені знижувати високу планку вимог до своїх абітурієнтів, які мають, здебільшого, і без того низький рівень підготовки внаслідок безперервних реформ у загальноосвітній школі».

О.В. Беляєва у своїй статті пропонує необхідність запроваджувати довузівську освіту, що допоможе вирішити всі перераховані вище проблеми, до завдань якої входить не лише підготовка до вступу до ЗВО, а й психологічна адаптація, професійна орієнтація, діагностика та корекція знань абітурієнтів.

В НТУ «ХП» вже понад шість років проводиться довузівська підготовка абітурієнтів до вступу, викладачами проводяться заняття з предметів, які абітурієнти планують здавати для вступу. Так, справді, випускники шкіл швидше адаптуються в стінах ЗВО, мають більший шанс при вступі, але предмети обмежуються здаються тільки для вступу.

Альтернативою до цих фактів стало запровадження цільових напрямів від підприємств/компаній.

Цільова підготовка фахівців, робітників, службовців це підготовка фахівців з вищою освітою, фахівців із середньою спеціальною освітою, робітників із середньою спеціальною освітою, робітників із професійно-технічною освітою, службовців із професійно-технічною освітою за рахунок коштів бюджету організацій, а також підготовка робітників із професійно-технічною освітою, службовців із професійно-технічною освітою за рахунок

коштів місцевих бюджетів та для організацій, розташованих в інших населених пунктів.

В даному випадку роботодавець зобов'язується прийняти випущеного фахівця, незалежно від його професійних знань та компетенцій, отриманих у ЗВО, що значно полегшує роботодавцю набір кадрів, а випускнику пошук місця роботи за фахом. При вступі до ЗВО, для цільового спрямування виділяються місця, що визначаються поза конкурсу, що дає абітурієнту великий відсоток вступу до вищого навчального закладу, маючи навіть мінімальні бали, отримані за єдиний державний іспит.

Аналіз публікацій показує наявність широкого розкиду цільових установок, властивих системі додаткової підготовки. Розглянемо прийоми довузівської підготовки.

У роботі Францева Ю.Є. [виділяє чотири основні цільові компоненти: знальний, аксіологічний, розвиваючий і діяльнісний. Однак, як показує практика, необхідно взяти до уваги важливість та наявність стимулюючого та соціалізованого компонентів.

Виходячи з зазначених цільових компонентів, університетська система довузівської підготовки орієнтована на вирішення наступних завдань:

- супровід професійного самовизначення учнів;
- підготовка учнів до підсумкової державної атестації у формі ЗНО;
- формування навичок самостійної роботи школярів;
- надання допомоги батькам та шкільним педагогам у ранньому виявленні, підтримці та організації освітнього та інтелектуального супроводу талановитих дітей;
- залучення учнів до виконання науково-дослідних та проектних робіт спільно зі студентами та викладачами ЗВО;
- популяризація математики, інформатики та предметів природничо-наукового профілю та відповідних напрямів підготовки;
- формування об'єктивного освітнього іміджу університету;

– залучення дітей та їх батьків до вузівського середовища, в освітній та культурний простір університету Діяльність НТУ «ХПІ з організації та проведення довузівської підготовки спирається на такі принципи:

- добровільна участь дітей та старшокласників у заходах;
- відкритість та доступність заходів, тобто надання можливості участі в освітньо-профорієнтаційних проектах, олімпіадах, конкурсах без попереднього відбору;
- системність (системний характер взаємодії з усіма суб'єктами єдиного освітнього простору регіону);
- безперервність та послідовність процесів переходу між стадіями розвитку системи із збереженням та підтримкою базових цінностей та орієнтирів сучасної освітньої політики;
- відповідність якості довузівської підготовки актуальним та перспективним особистісним та суспільним потребам.

Довузівська підготовка здійснюється за допомогою різних організаційних форм: факультетів та центрів довузівської освіти, профільних шкіл та класів, ліцеїв та гімназій при вузах, університетських комплексів ЗВО, систем опорна школа-ЗВО, а також підготовчих курсів Незважаючи на визнання її актуальності, багато абітурієнтів та їх батьки, не повною мірою готові використовувати довузівську підготовку як ресурс, що дозволяє здобути додаткову освіту. Причин тут кілька. Основна, на мій погляд, полягає у запровадженні у школах ЄДІ та скасуванні вступних випробувань у вузах. Це призвело до різкого зниження інтересу до довузівської підготовки. Однак, практика показує, що в останні роки все більше абітурієнтів та їхніх батьків усвідомлюють той факт, що успішне навчання у вузі неможливе лише за наявності порогової кількості балів, отриманих на ЄДІ.

Стає очевидним, що для цього потрібен набір певних навичок та вмінь, які формуються лише у рамках довузівської підготовки. Отже, для забезпечення наступності переходу зі шкільного на вузівський етап освіти, необхідна наявність проміжного ступеня. Завдяки їй процес адаптації

згладжується і стає більшим комфортним для студентів-першокурсників. Для вирішення цього завдання і створюються структури довузівської підготовки, що забезпечують плавність переходу між середньою та вищою школою.

Основними структурними елементами реалізованої системи довузівської підготовки виступають:

- університетські профільні класи;
- мала шкільна академія;
- недільна фізико-математична школа;
- групи для підготовки до олімпіад;
- конкурси шкільних проектів;
- відкрита олімпіада школярів з української мови;
- тематичні олімпіади з напрямів підготовки;

Ефективність системи довузівської підготовки визначається багатьма параметрами. У роботі Францева Ю.Є. запропоновано відповідну модель, побудовану на оцінці досягнень за її цільовими компонентами:

- знання, пов'язане з формуванням додаткових знань;
- аксіологічному, що відображає професійну орієнтацію та професійне самовизначення учнів;
- розвиваючому, що визначається з розвитку загальнонавчальних умінь;
- -діяльному, що забезпечує ефективність навчальної діяльності на етапі вузівської освіти.

Довузівська підготовка розуміється як освітньо-профорієнтаційна діяльність, спрямована на супровід професійного самовизначення, надання допомоги у підготовці до випускних іспитів, виявлення та розвиток здібностей та інтересів дітей та молоді, на адаптацію школярів до навчання у ЗВО. Тільки у тісній співпраці з усіма суб'єктами єдиного освітнього простору можливе успішне здійснення цієї діяльності. Університет виконує у своїй роль інтелектуального центру, здійснює її інформаційне, науково-методичне та кадрове забезпечення. Проблема вдосконалення довузівської підготовки дуже

актуальне. Проте, є чимало невирішених задач, що перешкоджають такому переходу до нового рівня. Як зауважив у своїй роботі, в них числа:

- недостатня розробленість нормативно-правових актів, що регулюють довузівську підготовку та її організаційні структурні утворення;
- відсутність концептуальної основи самої підготовки, включаючи всі перераховані вище елементи (формування потреби у самоосвіті; здійснення професійної проби; організація наставництва як із боку ЗВО, так і потенційного роботодавця);
- недостатня сформованість змістовності такої підготовки;
- відсутність цілісного навчально-методичного комплексу, спрямованого на здійснення специфічні форми роботи з абітурієнтами;
- слабка науково-методична забезпеченість функцій освітніх, що склалися структур, а також недостатня опрацьованість ув'язування цілей, змісту, методів у єдину систему.

З іншого боку, відбір змісту освіти у системі довузівської підготовки пов'язаний з певними труднощами, зумовленими специфікою підготовки потенційних абітурієнтів до нових умов. Тому є необхідність у розробці принципів відбору змісту освіти, які забезпечують якісну підготовку майбутніх абітурієнтів.

Ці принципи мають бути побудовані з урахуванням їх вікових особливостей та специфічних потреб, а також особливостей переходу від шкільного до вузівського освіти. Програми навчання слід складати з урахуванням майбутніх завдань. Крім традиційного навчального матеріалу, у яких необхідно передбачити такі методи навчання, які здатні розвивати креативність, самостійність мислення, готовність до продовження навчання в ЗВО, комплексність сприйняття великої інформації. Наприклад, для абітурієнтів, які планують вступати на технічні спеціальності, проводити додаткові заняття з креслення та/або аналогічних дисциплін, що дозволяють розвивати здатності до уявлення майбутньої будови та/або механізму. Для тих, хто планує навчатися на програмах «художніх напрямків» необхідно під

час занять з довузівської підготовки заглибитись у знання основ побудови малюнка, перспектив, видів використовуваних матеріалів, та їх специфіки щодо...Для абітурієнтів гуманітарних спеціальностей, наприклад журналістики, необхідно зробити зусилля на написання есе та творів-тобто ті види робіт, які розвивають у дітей здібності до мислення і викладу своїх думок чітко та структуровано.

О. Соловійов у статті «Довузовська – умова підвищення якості інженерного освіти» розбирає систему TQM, з точки зору застосування до освіти, яка за його Думка зовсім не ефективна в цьому контексті загальний принцип вхідного контролю якості вихідних матеріалів у випадку, вихідним матеріалом є абітурієнти ЗВО, тобто особи, які отримали загальне середня освіта».

TQM (Total Quality Management) – націлений на якість підхід до керівництва організацією, заснований на участі всіх її членів та спрямований на досягнення довгострокового успіху шляхом задоволення запитів споживача та вигоди для всіх членів організації та суспільства. Основи цієї системної теорії менеджменту якості закладені в середині XX ст.

- знання про системи, системний підхід та оптимізацію;
- основи статистичної теорії;
- основи теорії пізнання;
- основи психології.

Total Quality Management - філософія загального управління якістю, успішно що стартувала багато років тому в Японії та США з практики присудження нагород компаніям, досягли найвищої якості виробленої продукції.

Принцип дії TQM можна порівняти із утриманням м'яча на похилій площині.

Щоб м'яч не скочувався, його потрібно або підпирати знизу, або тягнути зверху.

Таким чином, TQM включає 2 напрямки діяльності:

Quality Assurance (QA) – забезпечення якості – підтримує необхідний рівень якості та полягає у наданні компанією певних гарантій, що дають клієнту впевненість як цей товар чи послуги.

Quality Improvements (QI) – підвищення якості – передбачає, що рівень якості необхідно не тільки підтримувати, а й підвищувати, відповідно піднімаючи рівень гарантій.

Контроль якості та підвищення якості – дозволяють «утримувати м'яч у грі», тобто постійно вдосконалювати та розвивати бізнес.

Важливо відзначити, що TQM - це насамперед філософія, спосіб ставлення до роботи.

Використання його треба починати з навчання та виховання співробітників результат тривалих зусиль, нагорода за які – сильні конкурентні позиції на ринку.

Головна ідея TQM полягає в тому, що компанія має працювати не лише над якістю продукції, а також над якістю організації роботи в компанії, включаючи роботу з персоналом включає постійне паралельне вдосконалення за трьома складовими:

- якість продукції;
- якість організації процесів;
- підтримка та постійне підвищення рівня кваліфікації персоналу.

Якість у системі TQM визначається такими категоріями:

- ступінь реалізації вимог клієнтів;
- значення фінансових показників компанії;
- рівень задоволеності службовців компанії своєю роботою.

Слово «загальне» в понятті «Загальне управління якістю» означає, що в даний процес має залучатися кожен співробітник організації, слово «якість» означає турботу про задоволення потреб клієнта, та слово «управління» відноситься до співробітників та процесам, необхідним для досягнення певного рівня якості.

Загальне управління якістю - це не програма, це інтегрований та організований стиль роботи, спрямований на безперервне її вдосконалення це не управлінська забаганка; це перевірений часом стиль управління, десятиліттями. успішно використовується компаніями по всьому світу.

В основі TQM лежать такі принципи:

- орієнтація на споживача (організації залежать від своїх споживачів і тому повинні розуміти справжні та майбутні потреби споживача, виконувати вимоги споживача та прагнути перевершити очікування споживача);
- залучення працівників, що дає можливість організації з вигодою використовувати їх Здібності (персонал на всіх рівнях становить основу організації, тобто розуміння важливості власного внеску та участі в організації, визначення ролі та відповідальності у вирішенні проблем);
- підхід до системи якості як до системи бізнес-процесів (Бажаний результат досягається більш ефективно, коли відповідними ресурсами та видами діяльності управляють як процесами);
- системний підхід до управління (Визначення, розуміння та управління системою взаємопов'язаних процесів з метою покращення результативності та ефективності організації);
- постійного поліпшення (незмінною метою організації має стати постійне поліпшення).

Повністю погоджуюся з автором, у зв'язку з тим, що йдеться про освіту, а не про бізнесі, хоча певною мірою нинішню систему освіти можна прирівняти до бізнесу. У будь-якому випадку, на мою думку, TQM відмінно підійде для компанії, де є єдиний директор/управитель, а під ним підлеглі, кожен з яких відповідає за свою зону відповідальності, як персонал, як продукція. У сучасних компаніях персонал переслідує, переважно одну ідею, поставлену керівником. В ЗВО при отриманні освіти переслідуються абсолютно різні цілі щодо абітурієнтів, студентів з точки зору різних потреб роботодавця. Так само і викладачі не всі націлені на надання якісної освіти. Не всі готові постійно покращувати свої знання, адаптуватися під нові правила, йти в ногу з часом.

Можна зробити висновок, нездатності застосування системи TQM з урахуванням української освіти.

1 КЛАСИФІКАЦІЯ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ, ОСНОВНІ ЕТАПИ ЇХ РОЗВИТКУ ТА ЗАСТОСУВАННЯ.

Сучасний етап характеризується розвитком підприємств машинобудування. Першим етапом в автоматизації виробництва стала поява верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), які дозволяють швидко переходити на обробку інших деталей шляхом зміни керуючих програм, оснащення та інструментальних налагоджень. Заміна універсальних металорізальних верстатів верстатами з ЧПК дозволила в 5 разів скоротити трудомісткість виготовлення деталей. Однак залишилося досить багато ручних операцій, пов'язаних з переходом на обробку нових виробів. Скорочення втрат допоміжного часу та підвищення ефективності верстатів з ЧПК досягалися шляхом збільшення числа інструментів у магазині верстата, оснащенням верстатів автоматичними пристроями подачі заготовок на стіл верстата та видаленням готової продукції на позицію очікування. [2,3,4,5,6,7,8,9,10,11].

Управління верстатами з ЧПК за програмами, що надходять від центральної ЕОМ, дозволило знизити витрати на підготовку керуючих програм і централізувати роботу дільниць і цехів.

Подальше вдосконалення виробництва визначило створення *гнучких виробничих систем (ГВС)*, де як технологічне устаткування застосовуються *гнучкі виробничі модулі (ГВМ)*. Технологічні можливості устаткування ГВС постійно удосконалюються. Різні системи в ГВМ дозволяють здійснювати: автоматичну зміну заготовок, інструменту та вимірювальних пристроїв; автоматичне відведення стружки із зони різання та подачу *мастильно-охолоджувальної рідини (МОР)*; роботу за програмою ЧПК.

У цей час відбувається зниження серійного випуску продукції. Масове виробництво прямує до серійного, серійне – до дрібносерійного, дрібносерійне – до одиничного. Це пояснюється вимогою ринку.

Така тенденція привела до необхідності забезпечення гнучкого виробництва, тобто його здатності з мінімальними витратами та в найкоротший термін переходити на випуск нових виробів.

Це вимагає не тільки технічної підготовки виробництва, а й гнучкої системи управління виробничими процесами.

Бізнес створюється для отримання прибутку від продажу певного набору продуктів або послуг певної групи споживачів. Для оптимального досягнення цієї мети потрібні заходи з упорядкування бізнесу, що приймаються його керівництвом (менеджментом).

Завдання керівників – збудувати та підтримувати організаційну структуру, що забезпечує систематичне прийняття рішень, планування, регулювання та безпосередньо робочі процеси.

Саме структура визначає необхідні для роботи підприємства взаємозв'язки людей один з одним і з матеріальними ресурсами.

Вивчення сучасного виробництва, розробок та проектів показує, що спектр рішень гнучких виробничих систем простягається від виробничих модулів на базі одного верстата з ЧПК до об'єднаних комп'ютером виробничих ділянок і цехів.

Основними характеристиками гнучкого виробництва є ступінь автоматизації, ступінь гнучкості та рівень інтеграції.

Ступінь автоматизації – це показник, що дорівнює відношенню обсягів робіт, виконуваних без участі та за участю людини, або співвідношення часу "безлюдної" роботи та часу роботи системи, коли потрібна яка-небудь участь людини. Цей показник включає й ступінь надійності роботи системи, який визначається співвідношенням часу роботи та простоїв системи, викликаних відмовою устаткування, систем управління, ЕОМ та інших компонентів системи.

Ступінь гнучкості – це фактично мобільність, обумовлена обсягом витрат, з якими можна перейти на випуск нової продукції, а також

різноманітністю номенклатури виробів, оброблюваних одночасно або по черзі.

Рівень інтеграції – це показник кількості різних виробничих завдань, функцій, які ув'язуються в єдину систему та управляються центральною ЕОМ. Це – конструювання, технологічна підготовка виробництва, оброблення, складання, контроль, випробування, діловодство, ремонт та утримання обладнання тощо.

Основними класифікаційними ознаками *гнучкого автоматичного виробництва (ГАВ)* є:

- масштабність структури;
- сфера використання (за групами галузевих виробництв, видами робіт, масою та габаритами продукції);
- технічний рівень (гнучкість, ступінь автоматизації, зростання продуктивності).

За масштабністю ГАВ поділяється на:

1) *Гнучкий виробничий модуль (ГВМ).*

Одиниця технологічного обладнання для виробництва виробів довільної номенклатури в установлених межах значень їх характеристик з програмним керуванням, автономна функціонуюча, яка автоматично здійснює всі функції, пов'язані з їх виготовленням, має можливість вбудовування у гнучку виробничу систему.

2) *Гнучка виробнича система (ГВС).*

Сукупність у різних поєднаннях обладнання з ЧПК, роботизованих технологічних комплексів, гнучких виробничих модулів, окремих одиниць технологічного обладнання та систем забезпечення їх функціонування в автоматичному режимі протягом зазначеного інтервалу часу, що має властивість автоматизованого переналагодження при виробництві виробів довільної номенклатури в установлених межах значень їх характеристик.

3) *Гнучка автоматизована лінія (ГАЛ).*

Гнучка виробнича система, в якій технологічне обладнання розташоване у прийнятій послідовності технологічних операцій.

4) *Гнучка автоматизована ділянка (ГАД).*

Гнучка виробнича система, що функціонує за технологічним маршрутом, в якому передбачена можливість зміни послідовності використання технологічного обладнання.

5) *Гнучкий автоматизований цех (ГАЦ).*

Гнучка виробнича система, що являє собою в різних поєднаннях сукупність гнучких автоматизованих ліній, роботизованих технологічних комплексів, гнучких автоматизованих ділянок, роботизованих технологічних ділянок для виготовлення виробів заданої номенклатури.

6) *Гнучкий автоматизований завод (ГАЗ).*

Гнучка виробнича система, що є сукупністю ГАЦ.

За ступенями автоматизації ГВС поділяються на *гнучкі виробничі комплекси (ГВК)* та *гнучкі автоматизовані виробництва (ГАВ)*.

ГВК визначається як ГВС, що складається з декількох ГВМ, об'єднаних автоматизованою системою управління та автоматизованою транспортно–складською системою, автономно функціонуюча протягом заданого інтервалу часу та має можливість вбудовування в систему більш високої системи автоматизації.

ГАВ являє собою ГВС, що складається з одного або декількох ГВК, об'єднаних автоматизованою системою управління та транспортно–складською системою.

Роботизований технологічний комплекс (РТК).

Сукупність одиниці технологічного обладнання, промислового робота та засобів оснащення автономно функціонує та здійснює багаторазові цикли:

а) РТК, що призначені для роботи у ГВС, повинні мати автоматизоване переналагодження та можливість вбудовування в систему;

б) як технологічне обладнання може бути використаний промисловий робот;

в) засобами оснащення РТК можуть бути: пристрої накопичення, орієнтації, поштучної видачі об'єктів виробництва та інші засоби, що забезпечують функціонування РТК.

Система забезпечення функціонування ГВС.

Сукупність у загальному випадку взаємопов'язаних автоматизованих систем, які забезпечують проектування виробів, технологічну підготовку їх виробництва, управління гнучкою виробничою системою за допомогою ЕОМ і автоматичне переміщення предметів виробництва та технологічної оснастки.

У загальному випадку в систему забезпечення функціонування ГВС входять:

- 1) Автоматизована транспортно-складська система (АТСС).
- 2) Система автоматизованого контролю (САК).
- 3) Автоматизована система видалення відходів (АСВВ).
- 4) Автоматизована система управління технологічними процесами (АСУ ТП).
- 5) Автоматизована система наукових досліджень (АСНД).
- 6) Система автоматизованого проектування (САПР).
- 7) Автоматизована система технологічної підготовки виробництва (АС ТПВ).
- 8) Автоматизована система управління (АСУ).
- 9) Автоматизована транспортно-складська система (АТСС). Система взаємопов'язаних автоматизованих транспортних і складських пристроїв для укладання, зберігання, тимчасового накопичення, розвантаження та доставки предметів праці, технологічного оснащення.
- 10) Автоматизована система інструментального забезпечення (АСІЗ).

Система взаємопов'язаних елементів, що включає ділянки підготовки інструментів, їх транспортування, накопичення, пристрої зміни та контролю якості інструменту, що забезпечують підготовку, зберігання, автоматичне установлення та заміну інструменту.

За гнучкістю ГВС поділяються на системи:

а) високої гнучкості, в яких номенклатура продукції, наведена для одного обробного модуля, перевищує 100 найменувань. Витрати часу на переналагодження для обробки нової деталі в межах групи не більше 10 % корисного фонду часу роботи;

б) середньої гнучкості – номенклатура продукції, наведена для одного модуля, 20 - 100 найменувань. Витрати часу на переналагодження – 20 %;

в) малої гнучкості – номенклатура – до 20 найменувань; витрати часу на переналагодження більше 20 %.

За ступенем автоматизації ГВС поділяють на системи:

а) високого (вищого) ступеня – автоматичне керування та тризмінний режим роботи;

б) середнього ступеня – безперервне автоматизоване управління при багатостатному обслуговуванні з коефіцієнтом багатостатності більше 2;

в) низького ступеня – коефіцієнт багатостатності не більше 2.

У своєму закінченому ідеальному вигляді ГВС є вищою, найбільш розвиненою формою автоматизації виробничого процесу.

Можна сформулювати основні принципи організації ГВС.

Принцип суміщення високої продуктивності та універсальності передбачає, на даному рівні розвитку електронного машинобудування, створення універсальності та автоматизації у програмно-керованому та програмно-переналагоджувальному обладнанні.

Гнучкі виробничі системи в порівнянні за продуктивністю з автоматичними лініями, а за гнучкістю – з універсальним обладнанням, відкривають величезні можливості для інтенсифікації виробництва. Наприклад, автоматизація трансформаторного виробництва в електронній промисловості ускладнена великою конструктивно-технологічною різноманітністю його продукції. Саме це вимагає створення систем з технологією гнучкого перебудування.

Прикладом таких систем у суднобудуванні може слугувати ГВС теплового різання корпусного металу, яка виконує в автоматичному режимі вибір листа металу необхідної марки та типорозміру, позиціонування його на робочому столі машини для теплового різання.

Машина, керована ЕОМ, вирізає деталі різної конфігурації з оптимальним коефіцієнтом використання матеріалу. Автомат комплектувальник збирає деталі в комплекти та передає на складання. Всією ГВС керує обчислювальний комплекс на базі ЕОМ.

Таким чином, монотонна та важка праця розмітника, різьбяра та комплектувальника замінена працею технолога програміста та оператора.

ГВС дозволяє звести до мінімуму витрати на транспорт і маніпулювання, а також знизити кількість операцій при загальному підвищенні її гнучкості.

Виріб повинен бути максимально технологічним з точки зору можливості автоматизації його виробництва, наприклад, для розпізнавання, орієнтації та позиціонування деталей при автоматичному збиранні необхідно передбачати в них відмітні зовнішні форми та ін.

Крім того, вироби повинні мати високий ступінь конструктивної та технологічної подоби, необхідної для організації групового виробництва.

Досягається ця вимога уніфікацією технології виробництва виробів і їх напівфабрикатів, конструкцій деталей, комплектуючих і виробів у цілому.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.

2.1 Опис об'єкта виробництва..

2.1.1 Службове призначення деталей.

Деталь «ІТМ.37.10.144 "Шестерня"»

Ведена шестірня другої передачі, встановлена в задній гідрорухливій муфті вторинного вала. Щодо вала шестірня встановлена через шліцеву втулку на двох кулькових підшипниках. Шестірня має два зубчастих вінці. Зубчастий вінець $Z=18$, $m=5$ мм служить для установки провідних металокерамічних дисків. Зубчастий вінець $Z=31$, $m=5$ мм служить для передачі крутного моменту з первинного вала на вторинний вал і перебуває в постійному зачепленні із провідною шестірнею первинного вала.

Деталь ІТМ.37.10.145 "Шестерня"»

Шестірня передачі в роздавальній коробці й служить для передачі крутного моменту. На валу шестірня встановлена на прямоточних шліцах і перебуває в постійному зачепленні із колесом.

2.1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі.

Деталі виготовляються з конструкційної вуглецевої сталі 25 ХГТ. Дана сталь застосовується для виготовлення деталей високої міцності й в'язкості, що працюють при середніх тисках і невеликих швидкостях.

Хімічний склад сталі 25ХГТ наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад сталі 25 ХГТ ДСТ 4543-71.

Сталь	C	Cr	Ni	Mn
25ХГТ	0,24-0,30	1,0-1,3	-	0,8-1,1

Таблиця 2.2 - Механічні властивості сталі 25ХГТ.

Марка сталі	Структура серцевини	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	σ_0 , МПа	δ , %	Ψ , %	α_1 , кДж/м ²	T_{50} , °С
25ХГТ	Мартенсит	1200-1300	1000-1100	15-12	60-50	800-1400	-50-120

У деталях з вуглецевої сталі внаслідок її слабкої загартування високу твердість одержують лише поверхневою цементацією, а серцевина не зміцняється.

У легованих же сталях зміцнення серцевини при термічній обробці (загартування + низька відпустка) буде тим більше значним, чим більше вуглецю й легуючих елементів вони містять.

У відповідності зі сказаним цементуємі сталі, варто розділити на три групи: вуглецеві сталі з не зміцнюємою серцевиною, низьколеговані сталі зі слабо зміцнюємою серцевиною й відносно високолеговані сталі із серцевиною сольо зміцнюємою при термічній обробці.

До них варто також віднести, і сталі з порівняно не високим змістом легуючих елементів, але з підвищеним змістом вуглецю (0,25 - 0,30 %).

Проставляння розмірів зроблене таким чином, що, дивлячись на креслення можна повністю розібратися в розмірностях деталі, вони повністю відповідають ДСТу.

Самі розміри проставлені таким чином, що розмір, проставлений на одному з видів не повторюється на іншому. Радіуси закруглень проставлені відповідно до вимог технічного креслення.

Також правильно зазначені діаметри отворів і винесення.

Шорсткість відповідає 10-11 квалітету. Правильно зроблені місцеві розміри, що дають додаткову інформацію про виріб.

З огляду на місце застосування деталі у вузлі, правильно підібрана шорсткість.

Що стосується оброблюваності деталі, те вся поверхня шестірні доступна для обробки різальним інструментом, що випускають нашою промисловістю, на металорізальному встаткуванні із застосуванням різних пристосувань.

Контроль якості обробки оброблюваних поверхонь й їхніх розмірів здійснюються за допомогою пробки, нутроміра й мірятьних скоб

Вивід: деталі у цілому технологічні.

2.1.3 Вибір і проектування заготовки. Призначення припусків на обробку.

Заготівлю вибирають виходячи з мінімальної собівартості річної деталі для заданого випуску. Чим більше форма й розміри заготовки наближаються до форми й розмірів деталі, тим дорожче вона у виготовленні, але тем простіше й дешевше її наступна обробка й менше витрата матеріалу.

Завдання зважується на основі мінімізації засобів на виготовлення заготовки і її наступну обробку.

Заготівлею для одержання шестірні служить кування, отримана на пресах у закритих штампах.

Даний вид заготовки обумовлений конфігурацією заготовки деталі, її матеріалом, а також масовим видом виробництва.

Застосування іншого виду заготовки, наприклад, прокату, приведе до не обумовленого подорожчання деталі за рахунок більших припусків на механічну обробку, що приведе до зайвої витрати металу, різального інструменту, спрацювання устаткування й т.д.

Отже, найбільш доцільним є застосування кування, що наближена до форми готової деталі.

Заготовки на пресах одержують у такій послідовності:

1. Розріжуть прутки з гарячекатаного прокату в холодному стані на прес ножах.
2. Нагрівають прутки в жаропламенній печі до температури $1120 \div 1180$ °С.
3. Виробляється пресування в земляних штампах.
4. Зрізують завусенці, якщо такі є.

У термічному відділенні виробляється нормалізація заготовки.

Твердість матеріалу заготовки HB 156...229.

Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків на механічну обробку базується на аналізі факторів, які впливають на припуски попередніх і виконуваних переходів технологічного процесу обробки поверхонь.

Значення припусків визначається методом диференціального розрахунку по елементах, які становлять припуск.

Застосування аналітичного методу скорочує, у середньому, на 25-30% відходи матеріалів у стружку в порівнянні з табличними значеннями, становить єдину систему припусків на обробку й розмірів деталей на технологічних переходах і заготівель, сприяє підвищенню культури виробництва.

Застосуємо розрахунково-аналітичний метод для визначення припусків на механічну обробку.

Для забезпечення вимог креслення на обробку даного виробу встановлюємо маршрут обробки для отвору $\varnothing 52^{+0,04}$. У табл.1.3 наведені вихідні дані для визначення припусків на механічну обробку.

Таблиця 1.3 - Вихідні дані для визначення припусків

№ п/п	Вид обробки	Квалітет	Поле допуску, мм
1	Чорнове розточування	12	300
2	Чистове розточування	10	74
3	Хонінгування	8	46

Припуск на токарську чорнову операцію визначається по формулі:

$$2Z_{\min \text{ черн}} = 2 \left[R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\epsilon i-1}^2 + E_{\text{уст}}^2} \right] \quad (2.1)$$

де R_{zi-1} – шорсткість поверхні, отримана на попередній операції,

$$R_{zi-1} = 200 \text{ мкм.};$$

h_{i-1} – глибина дефектного шару, отриманого на попередній операції, $h_{i-1} = 250 \text{ мкм.};$

$\Delta_{\epsilon i-1}$ – величина простору відхилення, отримана на попередній операції;

$$E_{\text{вуст}} - \text{погрішність установки, } E_{\text{уст}} = 400 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_{\epsilon \text{ шт}} = \Delta_{\text{к}} \cdot d = 2 \cdot 56 = 112 \text{ мкм, де } \Delta_{\text{к}} = 2;$$

Визначаємо мінімальний чорновий припуск:

$$2Z_{\min \text{ черн}} = 2[200 + 250 + \sqrt{112^2 + 400^2}] = 1730 \text{ мкм (1,7 мм)}.$$

Визначаємо номінальний чорновий припуск:

$$2Z_{\text{н черн}} = 2Z_{\min \text{ черн}} + Td = 1730 + 2800 = 4530 \text{ мкм (4,5 мм)}.$$

Визначаємо максимальний чорновий припуск:

$$2Z_{\max \text{ черн}} = 2Z_{\text{н черн}} + Td = 4530 + 300 = 4830 \text{ мкм (5,8 мм)}.$$

Визначаємо припуски на токарську чистову операцію.

$$2Z_{\min \text{ чист}} = 2[R_{\text{Z чист}} + h_{\text{черн}} + \Delta_{\text{ε чист}}], \text{ де } R_{\text{Z чистий}} = 50 \text{ мкм}, h_{\text{черн}} = 50 \text{ мкм}$$

$$\Delta_{\text{ε чист}} = k \cdot \Delta = 0,06 \cdot 812 = 49 \text{ мкм},$$

$E_{\text{уст}} = 0$, тому що деталь не переустанавливается.

Визначаємо мінімальний чистовий припуск:

$$2Z_{\min \text{ чист}} = 2[50 + 50 + \sqrt{49^2 + 0^2}] = 298 \text{ мкм (0,28 мм)}.$$

Визначаємо номінальний чистовий припуск:

$$2Z_{\text{н чист}} = 2Z_{\min \text{ чист}} + Td = 298 + 300 = 598 \text{ мкм (0,59 мм)}.$$

Визначаємо максимальний чистовий припуск:

$$2Z_{\max \text{ чист}} = 2Z_{\text{н чист}} + Td = 598 + 74 = 672 \text{ мкм (0,68 мм)}.$$

Визначаємо мінімальні припуски під хонінгування.

$$2Z_{\min \text{ хон}} = 2[R_{\text{Z чист}} + h_{\text{чист}} + \Delta_{\text{чист}}], \text{ де } R_{\text{Z чистий}} = h_{\text{чист}} = 20.$$

$$\Delta_{\text{чист}} = \Delta_{\text{ТО}} \cdot \frac{L}{2} = 0,45 \cdot \frac{249}{2} = 93,4 \text{ мкм, де } \Delta_{\text{ТЕ}} = 0,75.$$

Визначаємо мінімальний припуск на хонингование:

$$2Z_{\min \text{ хон}} = 2[20 + 20 + 93,4] = 266 \text{ мкм (0,26 мм)}.$$

Визначаємо номінальний припуск на хонингование:

$$2Z_{\text{н хов}} = 2Z_{\min \text{ хон}} + Td = 266 + 74 = 340 \text{ мкм (0,34 мм)}.$$

Визначаємо максимальний припуск на хонингование:

$$2Z_{\max \text{ хов}} = 2Z_{\text{н хон}} + Td = 340 + 11 = 351 \text{ мкм (0,35 мм)}.$$

Зробимо розрахунок придельных розмірів по операціях

$$D_{\text{нм дет}} = 52, \quad D_{\text{нб дет}} = 52,04.$$

Розміри деталі після чистового розточування

$$D_{\text{нб чистий}} = D_{\text{нм дет}} - 2Z_{\min \text{ хон}} = 52 - 0,266 = 51,734 \text{ мм},$$

$$D_{\text{нм чистий}} = D_{\text{нб чистий}} - Td = 51,734 - 0,04 = 51,694 \text{ мм}.$$

Розміри деталі після чорнового розточування

$$D_{\text{нб черн}} = D_{\text{нм чистий}} - 2Z_{\text{мін чистий}} = 51,694 - 0,298 = 51,396 \text{ мм},$$

$$D_{\text{нм черн}} = D_{\text{нб черн}} - Td_{\text{чист}} = 51,396 - 0,074 = 51,322 \text{ мм}.$$

Розміри заготовки

$$D_{\text{нб заг}} = D_{\text{нм черн}} - 2Z_{\text{мін черн}} = 51,322 - 1,7 = 49,622 \text{ мм},$$

$$D_{\text{нм заг}} = D_{\text{нб заг}} - Td_{\text{заг}} = 49,622 - 2,8 = 46,822 \text{ мм},$$

$$D_{\text{нои заг}} = D_{\text{нм заг}} - ei_{\text{заг}} = 46,822 + 1,0 = 47,822 \text{ мм}.$$

$$\varnothing 51,85^{+1,8}_{-1,0} \text{ мм}$$

Отримані результати й знайдені елементи припуску зводимо в таблицю.

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку припусків

№ п/п	Маршрут обробка поверхні шестірні	Елементи припусків, мкм			Допуск, мкм	Граничні розміри, мкм		Граничні припуски, мкм	
		Rz	h	Δ_{ϵ}		$d_{\text{нм}}$	$d_{\text{нб}}$	$2Z_{\text{мін}}$	$2Z_{\text{макс}}$
1	Розміри деталі	200	250	812	460	47,8	49,6		
2	Чорнове розточування	200	150	812	300	51,3	51,4	2710	5810
3	Чистове розточування	50	50	49	74	51,69	51,73	298	672
4	Хонінгування	20	20	93, 4	40			266	351

Схема розташування припусків і допусків представлена на рисунку 2.1.

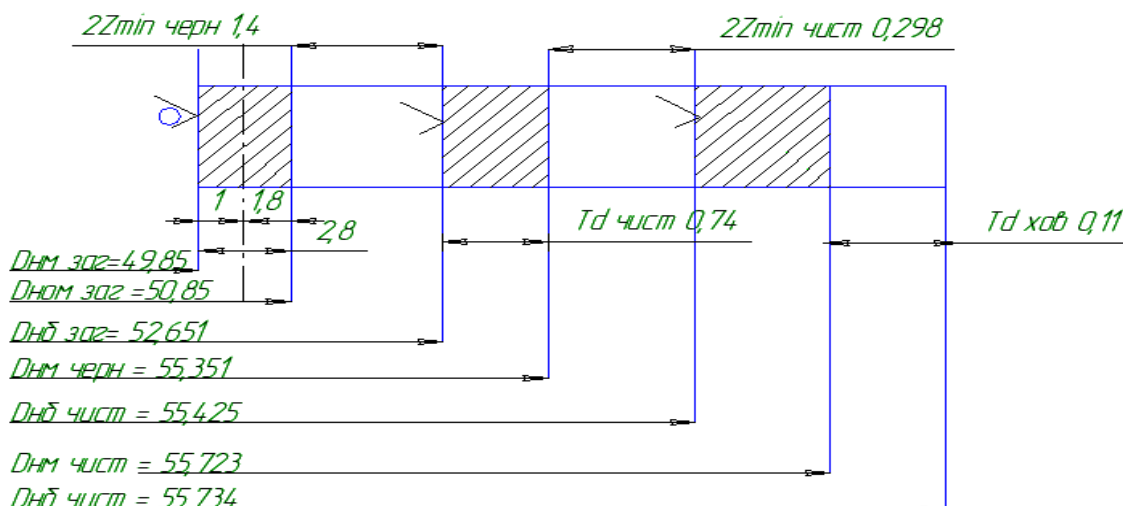


Рисунок 2.1 - Схема розташування полів допусків і припусків

2.2 Вибір типу й організаційної форми виробництва.

Розрахунок програми запуску виконується по формулі:

$$Пз = N + a_{ном}, \quad (2.2)$$

де $N=2500$ – програма випуску, шт у рік;

$a_{ном}, = 2\%$ – технічні втрати, % від N .

$$Пз = 2500 + 50 = 2550 \text{ шт}$$

Програма запуску з обліком можливих технологічних втрат складе 2550 шт у рік.

Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі, вибір устаткування, різальних інструментів, пристосувань багато в чому залежить від типу виробництва.

Однієї з характеристик типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій, що визначається відношенням числа всіх різних технологічних операцій, що підлягають виконанню за календарний період до числа робочих місць ($ДО=1$ - масовий тип виробництва; $ДО= 2...10$ - крупносерійний; $ДО= 10...20$ - серійного; $ДО= 20...40$ - дрібносерійного; $ДО>40$ - одиничного).

Для визначення типу виробництва розраховуємо станкоємність найбільш тривалої операції (зубофрезерування)

$$T = T_{шт} \cdot P_z / 60 = 8,29 \cdot 2550 / 60 = 352,32 \text{ годин.}$$

Річний ефективний фонд роботи устаткування $F=4055$ годин.

Відношення річного ефективного фонду роботи устаткування до станкоємності самої тривалої операції становить $4055/352,32=11,51$, отже, виготовлення деталі відноситься до серійного типу виробництва.

2.3. Розробка варіантів технологічного процесу обробки деталей.

2.3.1. Структура технологічного процесу обробки деталей.

Базова технологія виготовлення деталі ІТМ.37.10.144 "Шестерня" в умовах масового виробництва показана в табл.1.5, деталі ІТМ.37.10.145 "Шестерня" у табл.2.6.

Таблиця 2.5 - Маршрут обробки деталі ІТМ.37.10.144 "Шестерня"

№ операції	Найменування операції	Устаткування	Норма штучного часу, хв
005	Токарна	Токарний верстат	3,160
010	Протяжна	Протяжний верстат	0,624
015	Токарна	Токарний верстат	3,56
020	Зубофрезерна	Зубофрезерний верстат	5,713
025	Зубодовбальна	Зубодовбальний верстат	4,505
030	Зубозакругляюча	Зубозакругляючий верстат	1,581
035	Зубошевінгувальна	Зубошевінгувальний верстат	3,409
040	Термічна обробка		
045	Зубообкатка	Зубообкатний верстат	0,895

Таблиця 2.6 - Маршрут обробки деталі ІТМ.37.10.145 "Шестерня"

№ операції	Найменування операції	Устаткування	Норма штучного
------------	-----------------------	--------------	----------------

			часу, хв
005	Токарна	Токарний верстат	4,007
010	Протяжна	Протяжний верстат	0,433
015	Токарна	Токарний верстат	2,791
020	Зубофрезерна	Зубофрезерний верстат	8,293
025	Зубозакругляюча	Зубозакругляючий верстат	1,709
030	Зубошевінгувальна	Зубошевінгувальний верстат	3,863

2.3.2 Розрахунок режимів різання й норм часу на виконання технологічних операцій.

В основу розрахунку режимів різання в розглянутій програмі "РЕЖИМ" покладений таблично-аналитический метод. Розрахунок основних параметрів процесу різання здійснюється на підставі статечних залежностей, загальних для всіх видів обробки й всіх класів оброблюваних матеріалів.

Подача розраховується по формулі:

$$S = C_s * D^{z_s} * K_s, \text{ про/хв} \quad (2.3)$$

де D - діаметр обробки, мм;

C_s, z_s - коефіцієнти, що залежать від виду обробки й оброблюваний матеріал;

K_s - узагальнений поправочний коефіцієнт, що враховує конкретні умови обробки.

Швидкість різання розраховується по формулі:

для кінцевого інструмента

$$V = C_v * D^{z_v} * K_v / (T * S^{y_v} * t^{x_v}), \text{ м/хв} \quad (2.4)$$

для фрезерування

$$V = C_v * D^{z_v} * K_v / (T * S^{y_v} * t^{x_v} * Z^{p_v} * B^{u_v}), \text{ м/хв.} \quad (2.4)$$

де D - діаметр обробки, мм;

$C_v, z_v, x_v, u_v, p_v, u_v$ - коефіцієнти, що залежать від виду обробки й оброблюваний матеріал;

K_v - поправочний коефіцієнт, що враховує конкретні умови обробки;

T - період стійкості інструмента, хв;

S - подача, мм/про;

S_z - подача при фрезеруванні, мм/зуб;

t - глибина різання, мм;

B - ширина фрезерування, мм; Z - число зубів фрези.

Частота обертання розраховується по формулі:

$$n = 1000 * V / (3.14 * D), \text{про/хв.} \quad (2.5)$$

Хвилинна подача:

$$S_{xv} = n * S, \text{мм/хв.} \quad (2.6)$$

Час різання:

$$t_{рез} = 60 * L_{рез} / S_{xv}, \text{сек;} \quad (2.7)$$

де $L_{рез}$ - довжина різання, мм.

Осьове зусилля різання:

$$P_{oc} = C_p * D^{z_p} * t^{x_p} * S^{u_p} * K_p, \text{Н;} \quad (2.8)$$

де C_p, z_p, x_p, u_p - коефіцієнти, що залежать від виду обробки й оброблюваний матеріал;

K_p - поправочний коефіцієнт, що враховує конкретні умови обробки.

Крутний момент:

$$M_{кр} = C_m * D^{z_m} * t^{x_m} * S^{u_m} * K_m, \text{Н*м;} \quad (2.9)$$

де C_m, z_m, x_m, u_m - коефіцієнти, що залежать від виду обробки й оброблюваний матеріал;

K_m - поправочний коефіцієнт, що враховує конкретні умови обробки.

Потужність різання:

$$N = M_{кр} * n / 9550, \text{ кВт.} \quad (2.10)$$

Значення всіх коефіцієнтів і показників ступеня, використовуваних при розрахунку подачі, швидкості різання й силових характеристик залежно від виду обробки й класу оброблюваного матеріалу, оформлені у вигляді зведених таблиць.

Розрахунок режимів різання для токарної операції.

Розмір поверхні, що обробляється Ø52 мм.

Матеріал заготовки – сталь 25ХГТ, із границею міцності на розтяганні $G_B=750$ МПа.

Інструмент – різець Т15К6. шорсткість поверхні $R_z=80$.

Вид заготовки - кування.

Визначаємо рекомендує подачу, що, при $t=2,8$ мм, $S=0,35$ мм/об.

Стійкість інструмента по нормативах Ту хвилиною різання $T=45$ хв.

Визначаємо швидкість різання

$$V = \frac{C_v}{T^{m_x} \cdot t^{m_y} \cdot S^{m_z}} \cdot K_V, \quad (2.11)$$

де

$$C_v = 350 \quad \} x = 0,15 \quad \} y = 0,35 \quad \} .$$

K_V – поправочний коефіцієнт $K_V = K_{MV} \cdot K_{NV} \cdot K_{IV}$, де

$$K_{MV}=0,625,$$

$$K_N=0,8,$$

$$K_I=1,0.$$

$$K_V = 0,625 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,5$$

$$V_{расч.} = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,8^{0,15} \cdot 0,35^{0,35}} \cdot 0,5 = 97 \text{ мм/об.}$$

$$V_{прин} = V_{расч} \cdot 0,9 = 97 \cdot 0,9 = 87,3 \text{ мм/об}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 87,3}{3,14 \cdot 56} = 473,5 \text{ об/мин.}$$

Коректуємо частоту обертання шпинделя за паспортним даними верстата й приймаємо $n=400$ об/хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання

$$V_{\text{факт.}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 400}{1000} = 70,4 \text{ мм/об.}$$

Визначаємо силу різання

$$P_{z,e,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP} = 0,75$$

$$K_{MP} = 0,75$$

$$K_{\phi P} = 1,0 \mid \} K_{\gamma P} = 1,0 \mid \} K_{\lambda P} = 1,0 \mid \} , \quad C_p = 300 \mid \} x = 1,0 \mid \} y = 0,75 \mid \} ,$$

$$\phi = 45^\circ \mid \} \gamma = 10^\circ \mid \} \lambda = 5^\circ \mid \} .$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,8^1 \cdot 0,35^{0,75} \cdot 175,84^{-0,15} \cdot 0,75 = 1304 \text{ Н.}$$

Визначаємо потужність різання

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1304 \cdot 70,4}{1020 \cdot 60} = 1,5 \text{ кВт.}$$

Чистове розточування.

$$t = 0,35 \text{ мм, } S = 0,32 \text{ мм/про, } R_a = 2,5.$$

Визначаємо швидкість різання

$$V_{\text{раст. чист}} = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,35^{0,15} \cdot 0,2^{0,35}} \cdot 1 = 286 \text{ мм/об.}$$

$$C_v = 350 \mid \} x = 0,15 \mid \} y = 0,35 \mid \} .$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{NV} \cdot K_{IV} = 1, \quad (2.12)$$

де

$$K_{MV} = 1,0,$$

$$K_N = 1,0,$$

$$K_I = 1,0.$$

$$V_{\text{прин}} = V_{\text{расч}} \cdot 0,9 = 286 \cdot 0,9 = 257 \text{ мм/об.}$$

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 257}{3,14 \cdot 56} = 1400,5 \text{ об/мин.}$$

Коректуємо частоту обертання шпинделя за паспортним даними верстата й приймаємо $n = 1000$ про/хв.

$$V_{\text{факт.}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 56 \cdot 1000}{1000} = 175,9 \text{ мм/об.}$$

Сила різання

$$P_{z,e,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.13)$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{GP} = 1,0$$

$$K_{MP} = 1,0$$

$$K_{KP} = 1,0 \mid \} K_{\gamma P} = 1,0 \mid \} K_{\lambda P} = 1,0 \mid \} , \quad C_p = 300 \mid \} x = 1,0 \mid \} y = 0,75 \mid \} ,$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,35^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 439,6^{0,15} = 756,2 \text{ Н.}$$

Визначаємо потужність різання

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{756,2 \cdot 175,9}{1020 \cdot 60} = 2,2 \text{ кВт.}$$

Розрахунок режимів різання для токарної операції (005).

Розрахунок режимів різання за допомогою ЕОМ значно знижує й спрощує процес проектування технологічного процесу обробки деталі. А також підвищує точність розрахунку й знижує ймовірність помилок у них.

Для проведення розрахунку необхідні наступні дані

- марка оброблюваного матеріалу;
- твердість (НВ);
- коефіцієнт технічного використання верстата;
- марка інструментального матеріалу;
- продуктивність верстата;
- число змін роботи верстата.

Результати розрахунку режимів різання на токарно-розточувальну операцію представлені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Розрахунок режимів різання на ЕОМ

Найменування переходу	Діаметр обробки	t мм	L мм	S мм/пр о	V м/пр о	n об/хв	F Н	M Н·м	N кВт	T мін
Розточування	52	2,25	156	0,3	190	1200	830	90	4	1,1

3 ФОРМУВАННЯ ГРАФА-ДЕРЕВА МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ.

Механізм імітаційного моделювання дозволяє моделювати, як детерміновані процеси (без випадкового коректування функціонуючої моделі), так і випадкові процеси, пов'язані з появою нових виробничих завдань, відмовою основного й допоміжного устаткування, переплануванням системи обробки в ході виконання нею виробничого завдання. При цьому найбільший інтерес представляє процес адаптації обробки окремих виробів до виробничої ситуації, що змінюється.

Після того, як сформовані всі технологічні операції, приступаємо до формування структур технологічних процесів.

Стосовно до ГВС особливість формування ТП полягає в можливості їхньої перебудови по ходу виконання технологічних операцій.

Тому для кожної деталі задається не один технологічний процес, а граф-дерево, кожна галузь якого (від початку до кінця) - закінчений технологічний процес, а вузлами є технологічні операції, що реалізують його.

У гнучкій виробничій системі очікується виконання технологічних процесів у наступній послідовності. Для деталей ІТМ.37.10.144 "Шестерня" та ІТМ.37.10.145 "Шестерня" є можливість операції базового техпроцесу 005, 015 об'єднати в одну й виконувати на одному токарному обробному центрі.

Це дозволить скоротити число одиниць технологічного встаткування й забезпечити технологічну гнучкість виробничої системи за рахунок

використання переналагоджуваного встаткування з потенційною можливістю його використання для обробки інших деталей.

На рисунку 3.1 показано граф-дерево послідовності обробки деталей у ГВС.

Для остаточно певної послідовності обробки деталей задамо відповідність операцій, налагоджень і потрібного устаткування ГВС для наступного вибору конкретних моделей верстатів і гнучких виробничих модулів (див.табл.3.1).

Таблиця 3.1 - Відповідність операцій, налагоджень й устаткування

Технологічні операції обробки деталей	Наладка в графі- дереві	Група встаткування для виконання налагоджень
Токарна	Наладка 1, 8,	Токарний ГПМ
Протяжна	Наладка 2, 9	Протяжний
Зубофрезерна	Наладка 3, 10	Зубофрезерний
Зубодовбальна	Наладка 4	Зубодовбальний
Зубозакругляюча	Наладка 5, 11	Зубозакругляючий
Зубошевінгувальна	Наладка 6, 12	Зубошевінгувальний
Зубообкатна	Наладка 7, 13	Зубообкатний

- **Заготовка (ІТМ.37.10.144 "Шестерня")**
 - **Наладка 1 (Токарна)**
 - **Наладка 2 (Протяжна)**
 - **Наладка 3 (Зубофрезерна)**
 - **Наладка 4 (Зубодовбальна)**
 - **Наладка 5 (Зубозакругляюча)**
 - **Наладка 6 (Зубошевінгувальна)**
 - **Термообробка**
 - **Наладка 7 (Зубообкатка)**
 - **Складування**
- **Заготовка (ІТМ.37.10.145 "Шестерня")**
 - **Наладка 8 (Токарна)**
 - **Наладка 9 (Протяжна)**

- **Наладка 10 (Зубофрезерна)**
 - **Наладка 11 (Зубозакругляюча)**
 - **Наладка 12 (Зубошевінгувальна)**
 - **Термообробка**
 - **Наладка 13 (Зубообкатка)**
 - **Складування**

Рисунок 3.1 - Граф-дерево послідовності виконання обробки в ГВС

4 ПРОЕКТУВАННЯ (ВИБІР) РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ.

Вибір різального інструменту здійснюється залежно від методу обробки, форми, розмірів і шорсткості оброблюваної поверхні, заданої продуктивності й періоду стійкості інструмента, а також оброблюваного матеріалу.[5,6,7,15]

Для обробки деталі «шестерня» вибрані такі інструменти:

- Операція 005 Фрезерно-центрувальна - фреза 088-775 зі змінними ножами T5K10 068-704 та свердло 005-159 P6M5;
- Операція 010 Токарна - різець 20x12 2100-0013 P6M5, різець 063-1266 P6M5 та різець 063-1176 P6M5;
- Операція 015 Зубофрезерна – фреза черв'ячна ;
- Операція 020 Зубодовбальна – довбляк;
- Операція 025 Круглошліфувальна – шліфувальне коло ПП175x16x5125A25 ПС16K5 35м/с;

Для обробки деталі «Триб» вибрані такі інструменти:

- Операція 005 Токарна - різець 20x12 2100-0013 P6M5, різець 063-1266 P6M5 та різець 063-1176 P6M5;
- Операція 010 Протяжна – протяжка шліцева;
- Операція 015 Зубофрезерна – фреза черв'ячна ;
- Операція 020 Зубодовбальна – довбляк;
- Операція 025 Зубозакругляюча – фреза кінцева фасонна;
- Операція 030 Зубошевінгувальна – шевер;

4.1 Опис контрольного пристосування.[5,6,7,23,27,29]

Пристосування контрольне для оцінки якості виготовлення деталі "шестерня" наведено в графічній частині проекту.

Воно складається з підстави, стійок з настановними центрами й стійки для установки приладу виміру довжин індикаторного типу.

За допомогою даного пристосування на контрольній операції може бути виконана перевірка відхилення діаметрів поверхонь, радіального та осевого биття. Для цього вал установлюється в центрах контрольного пристосування й повертається в положення, коли щуп індикатора стосується контрольованого діаметра. Потім, відводячи щуп від вала, повертають його на потрібний кут і проводять вимір діаметра, повторюючи щораз для всіх положень.

Змістивши індикатор уздовж вала, повторюють виміру для наступного перетину.

Відхилення від діаметра поверхні, биття поверхні визначають як арифметичну різницю показань приладу в кожному перетині й у всіх крапках виміру. Відхилення не повинне перевищувати значень заданих кресленням деталі, а саме 0,04 мм.

4.2 Визначення похибки базування деталі[5,6,7,23,27,29]

Погрішність базування, як погрішність положення, впливає на точність взаємного положення поверхонь і залежить від схеми базування заготовки.

Вибір схеми базування залежить від типу заготовки, зручності розташування конструкторських баз на кресленні деталі для сполучення їх з технологічними.

Звичайно здійснюється відповідно до рекомендацій, загальноприйнятими в технології машинобудування.

У загальному випадку погрішність базування визначається відповідними геометричними розрахунками або аналізом розмірних ланцюгів.

Кожна з можливих схем базування має різну погрішність базування деталі для різних способів проставляння розмірів оброблюваної поверхні.

Очевидно, перевага варто віддавати схемам базування з меншою погрішністю базування.

Розрахункові залежності для визначення погрішності базування систематизовані в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Розрахункові залежності для визначення погрішності базування

| Схема базування | Розмір, що визначає похибку базування | | | |
|-----------------|--|--------------------------|-------|-----------------------------|
| | B | h | l | D ₁ |
| УНО | 0 | 0 | 0 | 0.5TD |
| УЦО | $0,5Td + 2e + \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta$ (прижим на У)
$0,5Td + 2e + 0,5\delta_2$ (прижим на Ц) | 0 | 0 | $0,5\delta_1 + 0,5\delta_2$ |
| ННОО | 0.5TD | $0,5TD(1\sin\alpha - 1)$ | 0 | 0 |
| ННЦ | 0.5TD | $0,5TD(1\sin\alpha - 1)$ | 0.5TD | 0.5TD |

TD, Td – допуск на розмір D и d відповідно;
 e – ексцентриситет поверхні;
 δ_1 – допуск на діаметр отвору;
 δ_2 – допуск на діаметр пальця;
 Δ – мінімальний радіальний зазор посадки заготовки на палець;
 2α – кут призми

Наприклад, при обробці зубчастих вінців деталі «Триб» для забезпечення вимог креслення базування слід виконати по внутрішній поверхні шліців (центруючи базова поверхня) яка має допуск 0,17 мм.

При використанні базуючої оправки із допуском 0,1 мм похибка базування буде:

$$0,5*0,17+0,5*0,1=0,135 \text{ мм}$$

що не перевищує допуск на радіальне биття зубчастих вінці деталі (0,25 мм для більшого та 0,16 мм для меншого).

5 ВИБІР УСТАТКУВАННЯ ГВС.

Завдання формування ГВС включають вибір моделей устаткування для кожного РТК, розрахунок їхнього завантаження й уточнення спеціалізації з урахуванням виробничої кооперації.

На цьому етапі рішення завдання повинен визначатися состав технологічного устаткування, необхідного для реалізації методів обробки всіх включених у ГВС деталей.[1,2,3.5,6,7,23,27,29]

При виборі моделей устаткування варто враховувати технічні вимоги, пропонувані до оброблюваних деталей, їхні габаритні розміри, масу, способи базування, трудомісткість обробки, кількість й якість поверхонь, оброблюваних від однієї бази, і т.д.

Основою для одержання цих параметрів є конструктивно-технологічна характеристика деталей і технологічні схеми їхньої обробки.

Можливі два принципово різних рішення цього завдання:

1) реорганізація виробництва без зміни парку технологічного устаткування (у цьому випадку модулі вибираються із числа наявних на підприємстві з таким розрахунком, щоб вартість робіт з модернізації устаткування, демонтажу, транспортуванню й монтажу була мінімальною);

2) проектування нового підприємства або реконструкція діючі з одночасним технічним переозброєнням (у цій ситуації є можливість вибрати найбільш прогресивне устаткування, у зв'язку із чим виникає необхідність у зміні трудомісткості обробки деталей убік зменшення за рахунок підвищення продуктивності праці, а отже, і кількості необхідних верстатів).

Одне з основних вимог до устаткування - можливість його швидкого переналагодження при переході до нової деталі групи й групі деталей.

Необхідне для комплектування ГВС кількість кожного типу устаткування розраховують із урахуванням його завантаження по сумарній трудомісткості виготовлення на ньому груп деталей.

Необхідно при створенні ГВС прагнути, щоб коефіцієнт завантаження наближався до одиниці. Оптимальний коефіцієнт завантаження повинен бути не менш 0,85.

У випадку неповного завантаження устаткування коефіцієнт завантаження можна збільшити за рахунок обробки інших груп деталей або за допомогою розширення кількості найменувань деталей у створених групах.

Залежно від конструктивного виконання деталей у ГВС можуть бути використані токарські, фрезерні, фрезерно-центрувальні, свердлильні, зубооброблювальні, шліфувальні й інші верстати.

Розташовується устаткування в технологічних схемах, як правило, у порядку послідовності обробки.

У систему ГВС залежно від особливостей тих або інших операцій і завантаження можуть бути введені додаткові верстати для виконання доробних операцій.

При незначному завантаженні їх не слід уводити в ГВС, а доробних операції виконувати на інших виробничих ділянках.

Викликано це тим, що при введенні додаткових верстатів у ГВС їх необхідно повністю автоматизувати, що доцільно тільки при необхідному завантаженні.

Основною вимогою, пропонованою до технологічного устаткування, є забезпечення виготовлення деталі в автоматичному режимі, тобто автоматичне виконання основних і допоміжних операцій, а також швидке переналагодження устаткування в цілому при зміні предметів виробництва.

Для скорочення необхідної кількості устаткування й зменшення числа переустановок необхідно прагнути до максимальної концентрації операцій на окремих одиницях устаткування.

Це, у свою чергу, веде до поліпшення якості обробки й скороченню часу виробничого циклу.

У ГВС основне технологічне устаткування працює в комплексі з іншими видами устаткування: транспортно-складськими системами, контрольно-вимірювальними установками.

Необхідне настроювання його для забезпечення ритмічної спільної роботи із цими видами устаткування по технологічних компонуваннях, по механічній частині, приводам, пристроям керування й програмному забезпеченню.

Аналіз металорізального устаткування показує, що зазначеним вимогам найбільше повно відповідають верстати зі ЧПУ через високий ступінь автоматизації процесу різання, зручності й простоти переналагодження на обробку інших виробів.

Однак для повної автоматизації виробничих процесів у ГВС необхідно автоматизувати наступні основні й допоміжні функції у верстатах:

- завантаження й вивантаження деталей; установку й закріплення заготівель;
- зміну інструмента й інструментального оснащення; контроль якості оброблюваних деталей;
- контроль розмірного зношування інструмента;
- видалення стружки із зони різання й за межі верстата;
- очищення поверхонь місць установок заготовки;
- огороження зони різання;
- діагностику несправностей основних механізмів.

У цей час підприємства випускають токарні й круглошліфувальні комплекси на базі верстатів моделей 16Д020Ф3, 16616Т1, 1У340Ф30, 1П756ДФ3, 3К151ВФ20 і промислових роботів МЮП.62.01, М20П.40.01, М20Ц48.02, М20Ц.05.02, МА80Ц.48.03, РОЗУМ160Ф2.81.01, СМ40Ф2.80.01 й ін. Цього ж підприємства продовжують випуск і некомплектні верстати зі ЧПУ.

Крім того, підприємства, що займаються створенням ГВС, мають у великій кількості устаткування зі ЧПУ, придбане раніше, на якому значна частина викладених вище функцій не автоматизована.

Тому при підготовці виробництва фахівцям підприємств, що застосовують такі верстати в ГВС, доводиться вирішувати питання їхньої модернізації.

Після рішення принципових питань технологічної підготовки доцільно розглянути деякі аспекти оптимальності варіантів ГВС.

До основних критеріїв оптимальності використовуваних варіантів варто віднести наступні:

- 1) мінімально необхідна кількість устаткування (основних, допоміжного, транспортних засобів) для виготовлення заданої номенклатури деталей;
- 2) продуктивність комплексу;
- 3) гнучкість (час перебудови системи й налагодження на виготовлення інших виробів);
- 4) займану площу;
- 5) надійність роботи системи й ін.

Після побудови графа-дерева технологічних процесів можна вибирати конкретні моделі устаткування для ділянки ГВС по обробці деталей ІТМ.37.10.144 "Шестерня" та ІТМ.37.10.145 "Шестерня".

Для технологічних операцій (налагоджень):

- Наладка_1, 8 - токарно-револьверний із ЧПУ мод. 1В340Ф30;
- Наладка_2, 9 - протяжний верстат мод. 7Б66Н42;
- Наладка_3, 10 – зубофрезерний мод. 5М324А;
- Наладка_4, - зубодовбальний
- Наладка_5, 11 - зубозакругляющий мод.5А580;
- Наладка_6, 12 - зубошевинговальный мод.57028
- Наладка_7, 13 - зубообкаточный мод.389-264

Технічні характеристики окремих верстатів наведені в таблиці 5.10.

Таблиця 5.1 -Технічна характеристика верстатів

| Найменування встаткування | Технічна характеристика |
|---|---|
| Токарний патронно-центровий зі ЧПУ
мод. 1У340Ф30 | Макс.габарити деталі - 200х750
Частоти обертання:
шпинделя -45-2000 об/хв;
Подача:
поздовжня - 1-2500 мм/хв;
Потужність- 6кВт;
Маса -3500 кг;
Тип ЧПУ - НЦ-80-31;
Габарити - 3200х2300х1870 |
| Зубофрезерний верстат
мод. 5М324А | Макс.габарит деталі - 500 мм;
Частоти обертання:
шпинделя - 50-315 об/хв;
Потужність - 7,5 кВт |

6 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ ГВС.

Гнучкі виробничі системи, як ми вже відзначали, будуються по модульному принципу.

Основу побудови модулів ГВС становлять: гнучкі технологічні комплекси (ГТК), гнучкі транспортні комплекси (ГТрК), гнучкі складські комплекси (ГСК), гнучкі контрольно-вимірювальні комплекси (ГКВК), гнучкі керовані комплекси (ГКК).

Розглянемо принципи побудови гнучких технологічних комплексів ГВС, заснованих на використанні в їхньому составі промислових роботів. Такі комплекси називають гнучкими роботизованими комплексами (ГРК).

ГРК, призначений для виконання однієї технологічної операції й побудований на базі сполучення «робот - одиниця або групи одиниць технологічного устаткування», називають гнучким робототехнологічним осередком (ГРТО)-

Технологічне устаткування в ГРТО може розміщатися по лінійній, кутовій, круговій і комбінованій схемах.

Вибір тієї або іншої схеми ГРТЯ визначається:

- особливостями технологічного процесу;
 - розташуванням основного устаткування й промислових роботів (ПР);
 - способом передачі оброблюваних предметів між основним технологічним устаткуванням, завантажувально-розвантажувальними й пристроями, що транспортно-орієнтують;
 - розміщенням межопераційних заділів і транспортних систем.
- Загальну структуру ГРТК механічної обробки можна представити як складається з п'яти основних підсистем: технологічне устаткування; межопераційне транспортування й складування; маніпулювання; вимір і контроль; видалення технологічних відходів.

6.1. Програмний комплекс імітаційного моделювання «СІМ»

Розробка імітаційної моделі ГВС у середовищі системи імітаційного моделювання. Після завантаження програми на згадку ЕОМ на екрані з'являється вікно системного монітора, з якого можливий доступ із системи моделювання й допоміжних підсистем.

Установка параметрів системи моделювання. На початку сеансу роботи із системою імітаційного моделювання ГВС необхідно виконати її налаштування. Для цього увійдіть у розділ меню **Налаштування** підрозділ **Налаштування** шляхи. На екрані з'явиться панель вибору шляхів до баз даних (рис.6.1).

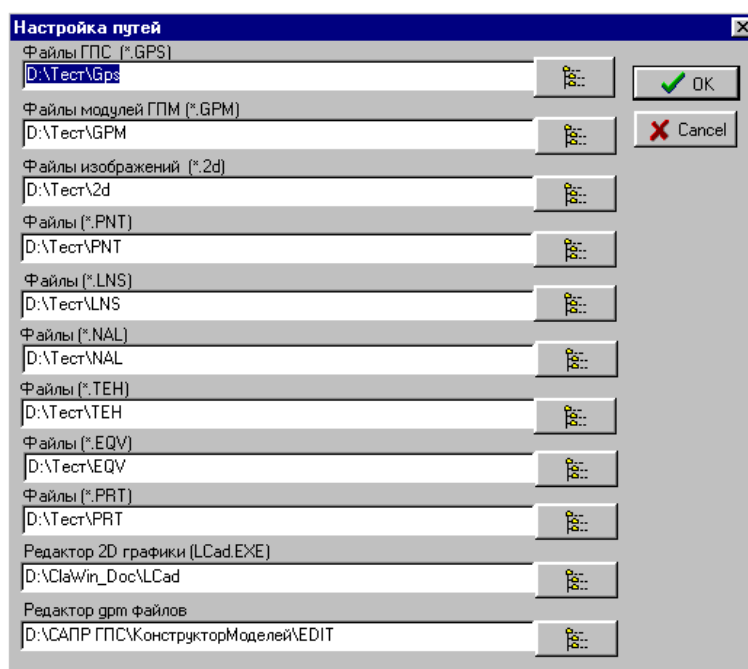
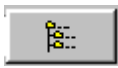


Рисунок 6.1 - Налаштування панелі вибору шляхів до баз даних моделі

Використовуючи кнопку , необхідно активізувати панель інтерактивного налаштування шляхи до БД моделі й настройтеся на неї.

База даних і база знань підсистеми імітаційного моделювання має наступну структуру:

- *.GPS - каталог з файлом опису структури моделі ГВС;
- *.GPM - каталог з файлами керуючих програм ГПМ, що входять у ГВС;

*.2D - каталог з файлами графічних примітивів, використовуваних при моделюванні роботи ГПМ;

*.PNT - каталог з файлом опису крапок траси переміщення АТМ у ГВС;

*.LNS - каталог з файлом опису відрізків траси переміщення АТМ у ГВС;

*.NAL - каталог з описом параметрів операцій, використовуваних при формуванні технологічних процесів обробки системи, що моделюється;

*.TEN - каталог з описом структур технологічних процесів обробки партій виробів у ГВС;

*.EQV - каталог з описом параметрів основного й допоміжного устаткування, що функціонує в ГВС;

*.PRT - каталог з описом структури й параметрів партій виробів, оброблюваних у ГВС.

Так само виробляється налаштування системи моделювання на роботу із графічним редактором векторних зображень (**LCAD**) і генератором імітаційних моделей виробничих модулів-**ProEdit**.

Налаштування параметрів моделюємих об'єктів. Опису всіх моделюємих об'єктів зберігаються в текстових файлах з розширенням **GPS**, що мають оригінальні імена. Состав моделюємих об'єктів й їхніх параметрів відображаються у вікні **СоставГВС**.

Формування структури й параметрів технологічного процесу. Для формування структури й параметрів технологічного процесу необхідно вибрати закладку **Налагодження** панелі системи імітаційного моделювання. Вона складається з регіонів **Налагодження** й **Технології**.

Формування технологічних процесів обробки виробів починається із заповнення даними регіону **Налагодження**. У полях **Ім'я** й **Тшт.** указуються ім'я операції й тривалість її виконання.

Після того, як сформовані всі технологічні операції, приступають до формування структур технологічних процесів (регіон **Технології**). Стосовно

до ГВС особливість формування ТП полягає в можливості їхньої перебудови по ходу виконання технологічних операцій.

Тому для кожної деталі задається не один технологічний процес, а граф-дерево, кожна галузь якого (від початку до кінця) - закінчений технологічний процес, а вузлами є технологічні операції, що реалізують його.

Для редагування структур технологічних процесів необхідно вибрати вузол, з якого буде починатися або гілкуватися структура технологічного процесу. На екрані з'явиться меню з розділами **Вставити** й **Видалити**, а також перелік технологічних операцій, які можна ввести в маршрут обробки.

Після того, як структура технологічного процесу сформована, у верхнім полі вікна **Технологія** необхідно задати ім'я технологічного процесу.

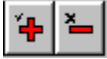
Формування траси переміщення АТМ. Для створення трас переміщення АТМ необхідно активізувати закладку **Траси**. Вона складається з регіонів **Крапки** й **Ділянки траси**.

Формування трас переміщення АТМ починається з визначення вузлових крапок траси. Вузловими крапками є місця завантаження (вивантаження), кінці відрізків траси. Кожна вузова крапка має своє оригінальне ім'я. Параметри (**Ім'я**, координати **X**, **Y**) формується у вигляді списку в регіоні **Крапки**.

При редагуванні координат і додаванні нової крапки на екрані з'являється панель **Транспортна Крапка**. При параметричному завданні координат крапки в полях **X**, **Y** укажіть її місце розташування. При інтерактивному завданні її координат натисніть на кнопку : на екрані з'явиться робоче вікно планування ділянки (рис. 6.2), на якому перехрестями будуть зображені всі вузлові крапки, сформовані до даного моменту часу.

Перемістите курсор у необхідне місце ділянки й натисніть на ліву клавішу миші. Вузова крапка траси з'явиться в цьому місці.

Після того, як вузлові крапки сформовані, вони стають доступними для використання в інших закладках, а також при формуванні трас переміщення

АТМ. Для цього використовується регіон **Ділянки траси** . Кнопками  (додати й видалити) можна редагувати відрізки траси. При додаванні відрізка на екрані з'явиться робоче вікно ділянки (рис. 6.3).

Виберіть курсором вихідну точку відрізка траси й натисніть на ліву клавішу миші. Повторите цю операцію для кінцевої крапки відрізка траси. Між ними з'явиться відрізок прямої. У таблиці з колонками **Від крапки, До крапки** з'явиться новий запис із іменами цих крапок.

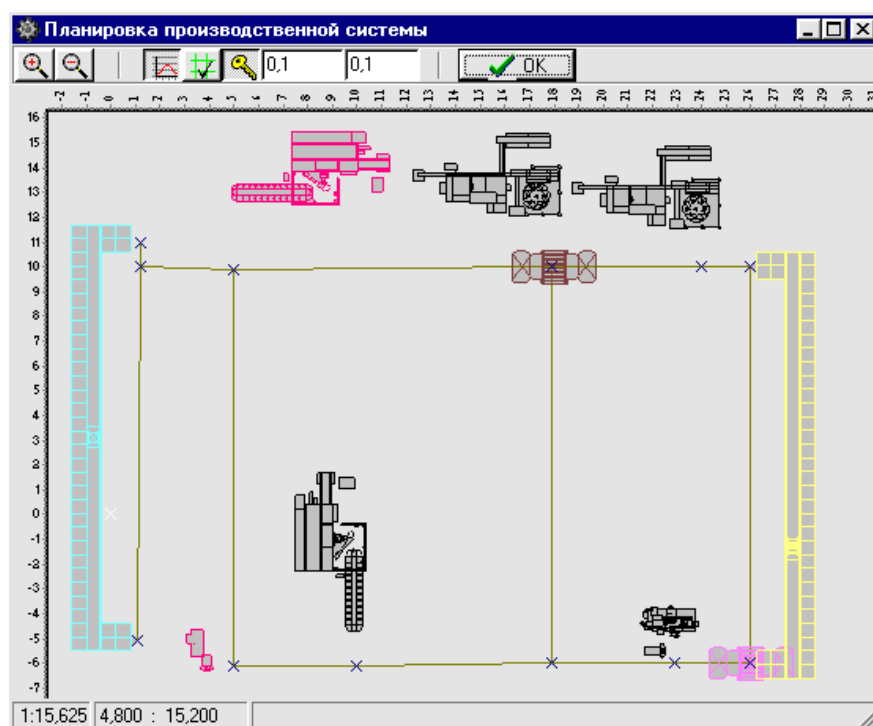


Рисунок 6.2 - Панель візуалізації об'єктів імітації

Установка параметрів модулів.Список модулів, їхні типи, координати на плануванні й місце розташування зображень відображаються в таблиці із закладкою **Список устаткування** .

Залежно від типу модуля (транспортний, обробний, склад) використовуються різні вікна настроювання його параметрів. Причому верхні половини вікон настроювання функціонально однакові. Розглянемо призначення клавіш на їхніх панелях:

 - кнопки переміщення в початок або в кінець списку використовуваних модулів;

 - кнопки переміщення за списком використовуваних модулів на рядок нагору або вниз;

 - кнопки додавання опису модуля до списку або видалення зі списку того модуля, що у цей момент виділений.

Любою модуль зі списку може бути викликаний шляхом активізації рядка його опису. На рис.6.3 представлена панель редагування параметрів моделі обробного модуля.

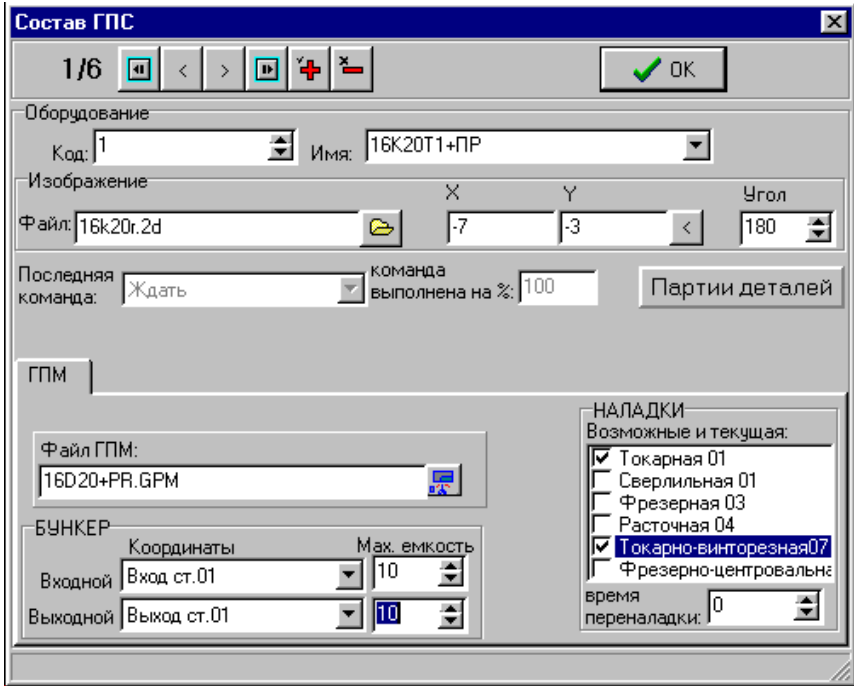


Рисунок 6.3 - Панель редагування параметрів моделі устаткування

При визначенні параметрів всіх типів устаткування, використовуваних у моделі ГВС, указуються наступні дані:

- унікальний код, що відповідає типу модуля (обробний модуль, склад, транспортний модуль), поле **Код** регіону **Устаткування**);
- ім'я модуля (поле **Ім'я** регіону **Устаткування**);
- ім'я файлу основного зображення модуля з розширенням **2D** (поле

Файл регіону Зображення) ;

- координати модуля на плануванні ділянки (полях **X**, **Y** і **Кут** регіону **Зображення**).

Позиціювання модуля на плануванні ділянки може виконуватися двома способами:

параметричним способом - у полях **X** й **Y** регіону **Зображення** вказуються координати крапки прив'язки, а в поле **Кут** - кут його повороту щодо осі X проти вартовий стрілки;

інтерактивним способом - натисніть на кнопку , це дозволить вам увійти у вікно (рис.6.4), укажіть курсором місце розташування крапки прив'язки зображення модуля, зображення модуля переміститься в задане місце.

Якщо імітація виконується для одного об'єкта, то його можна завантажити партією заготовівель. У противному випадку це настроювання не виконується, а завантаження об'єктами обробки здійснюється автоматично у відповідності зі схемою планування обробки на ділянці. Для завантаження модуля заготовками натисніть на кнопку **Партії деталей** (рис. 6.4). На екрані з'явиться вікно **Редагування списку партії на встаткуванні**.

Використовуючи клавіші , , , , партії об'єктів обробки можна переміщати між вхідним вікном і вікнами **Вхідний накопичувач**, **Обробляється**, **Вихідний накопичувач**.

Поля **Остання команда** й **команда виконана на %** (рис. 6.4) є контрольними й служать для ідентифікації стану модуля в момент зупинки процесу імітації.

Закладка **ГПМ** (рис. 6.5) є полем настроювання на програму керування рухами об'єктів, що входять у модуль. Вона являє собою текстовий файл із розширенням **GPM** і розміщається в бібліотеці програм керування модулями. Настроювання на програму імітації роботи модуля здійснюються кнопкою  в поле **Файл** (рис. 6.5).

У полях **Вхідний, Вихідний, Мах. Ємність** регіону **Бункер** необхідно вказати найменування крапок на плануванні, у яких розташовані вхідний і вихідний бункери ГПМ, а також їхню максимальну місткість. При натисканні на кнопку  на екрані з'явиться меню, що випадає, з переліком всіх доступних крапок на трасі переміщення АТМ (рис.6.5).

Функціональні можливості ГПМ формуються в регіоні **Налагодження** (рис. 6.5). У вікні **Можливі й поточна** із усього переліку наявних налагоджень пташкою позначаються ті, які можуть бути виконані на даному встаткуванні. У поле **час переналагодження** вказується час переналагодження модуля.

Установка параметрів складів. При настроюванні параметрів складів використається панель (рис.6.6).

Настроювання параметрів складу виконується так само, як настроювання параметрів обробного модуля, з тією різницею, що для настроювання крапок завантаження (розвантаження) складу необхідно вказати крапку траси АТМ, у якій буде здійснюватися завантаження (розвантаження) складу (за аналогією з настроюванням регіону **Бункер**, рис. 6.5). Так само необхідно заповнити поля **Ємність**, указавши максимальну ємність складу й **Час переналагодження**, указавши максимальний час пошуку й переміщення заготовки (деталі) до місця завантаження (розвантаження).

Установка параметрів АТМ. При настроюванні параметрів АТМ використається панель (рис.6.7).

Для настроювання параметрів переміщення АТМ крім параметрів, описаних при настроюванні ГПМ, необхідно вказати тип транспортного пристрою (регіон **Тип**), імена модулів, що обслуговують, (**регіон Устаткування**), швидкість переміщення транспортного пристрою в стаціонарному режимі (**поле V**), модність привода АТМ (**поле N**).

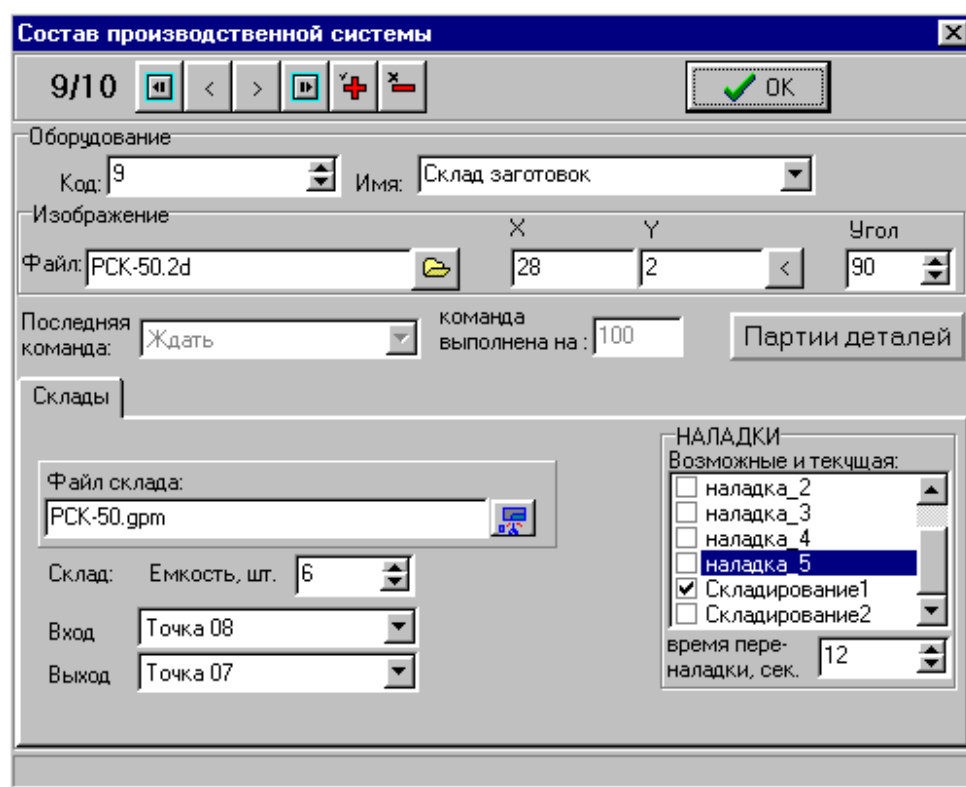


Рисунок 6.4 - Вікно редагування параметрів складу

У ПІМ можливе моделювання роботи транспортних пристроїв наступних типів:

- транспортних візків - алгоритм їхньої роботи побудований таким чином, щоб вибирати найкоротший шлях переміщення, виходячи зі сформованої на даний момент часу транспортної ситуації;

- тактового пристрою (тактового стола, тактового транспортера, поворотно-ділильного стола й ін.) - алгоритм роботи даного типу пристроїв побудований таким чином, щоб синхронізувати початок роботи всіх модулів, що обслуговують їм;

- транспортні пристрої безперервної дії (конвеєри, рольганги й т.п.) - їхні алгоритми роботи орієнтовані на довільне укладання (виїмку) деталей (заготівель) і їхнє транспортування в міру готовності устаткування, що обслуговує.

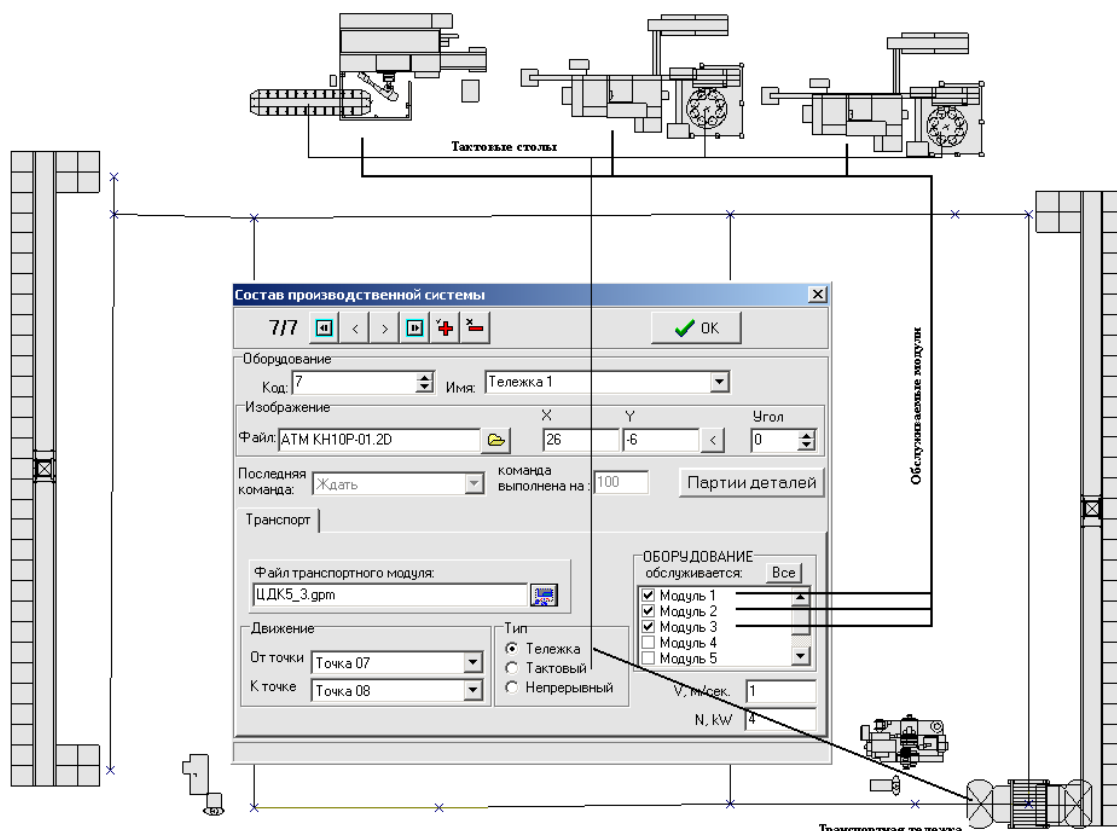


Рисунок 6.5 - Панель редагування параметрів транспортного візка

Формування параметрів партій обробки. При активізації закладки **Партії Деталей** на екрані з'явиться панель настроювання партії виробів на обробку в ГВС. На панелі перебуває таблиця зі списком параметрів виробу, що складає з: найменування виробу (поле **Найменування**), порядкового номера виробу (поле **№**), найменування технологічного процесу виготовлення деталі (поле **Технологія**), опису місця розташування виробу на момент редагування його характеристик (поле **Де перебуває**), розміру партії обробки (поле **Розмір партії**), останньої пройденої налагодження до моменту редагування даних (поле **Пройдене налагодження**), стану виробу до моменту редагування його параметрів (поле **Стан**).

Призначення параметрів партії обробки виробляється в наступній послідовності:

- у поле **Найменування деталей** указується найменування виробу;
- у поле **Номер партії** вказується унікальний номер партії виробів;

- у поле **Кількість деталей у партії** вказується кількість об'єктів обробки в партії запуску;

- у меню, що **випадає**, Технологія вибирається ім'я одного із пропонованих технологічних процесів;

- в меню, що **випадає**, На встаткуванні вибирається ім'я модуля, з якого починається процес обробки (за замовчуванням це склад).

У регіоні **Стан** відображається стан партії обробки до моменту редагування її параметрів. Радиокнопками можна за бажанням змінити стан партії обробки. Для визначення імені останньої операції обробки використається клавіша **Остання операція...** При натисканні на неї з'явиться панель із графом технологічного маршруту обробки виробу. Пташкою буде відзначена остання виконана операція.

Збереження моделі. Після того, як вихідні дані для моделювання підготовлені, виконасте перевірку правильності їхнього введення. Увійдіть у підменю **Перевірка** меню **Пуск**. Якщо помилок у вихідних даних ні, буде видане відповідне повідомлення. У протилежному випадку будуть зазначені помилки даних і місце їхнього знаходження. Збережете вихідні дані під новим ім'ям (розділ меню **Файл**, підрозділ **Зберегти як**) або під старим ім'ям (розділ **Зберегти**).

Імітаційне моделювання виробничих процесів. Перед початком імітаційного моделювання ГВС необхідно виконати налаштування системи моделювання й переконатися в її правильності створення моделі, вибравши розділ меню **Перевірка**.

Для редагування колірної гами режимів роботи ГВС у розділі меню **Налаштування** необхідно вибрати підрозділ **Налаштування кольори.....**

На екрані з'явиться панель колірної гами елементів циклограми переміщення об'єктів імітації (рис. 6.8). Якщо кольори відображення елемента циклу вас не влаштовує, його можна відредагувати, використовуючи стандартну панель із колірною палітрою MS Office.

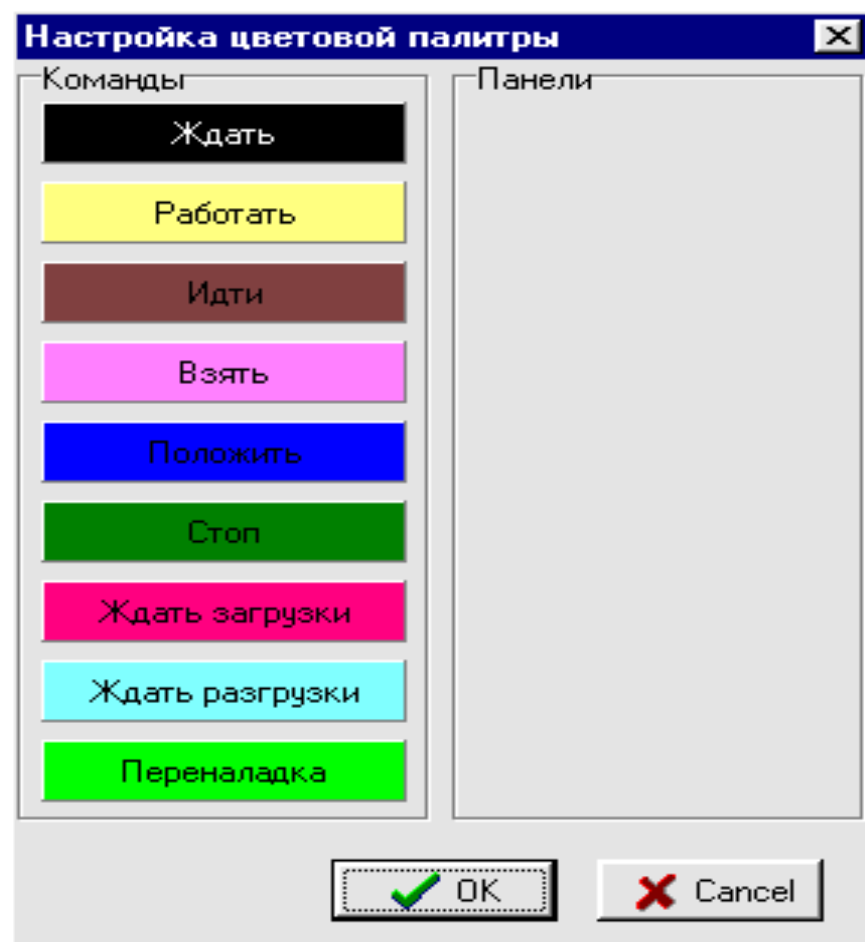
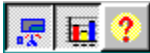
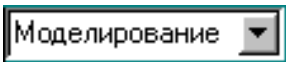


Рисунок 6.6 - Панель настроювання колірної гами елементів циклограми

Вхід у підсистему моделювання здійснюється при натисканні на клавішу **Пуск**. На екрані з'явиться панель керування підсистемою імітаційного моделювання (рис.6.7).

Вона дозволяє управляти процесом імітації (клавіші **ПУСК**, **Стіл**, **ПАУЗА**), видозмінювати структуру системи моделювання (додавати або видаляти вікна візуалізації моделируемых об'єктів, циклограм їхньої роботи) забезпечувати підказкою зміст вікна моделювання. Ці операції активізуються за допомогою відповідних кнопок: . Кнопка  дозволяє очищати закладку **Повідомлення** панелі **Статистична інформація**. меню, Що  Випадає, дозволяє переходити від режиму налагодження моделі ГВС до режиму її моделювання.

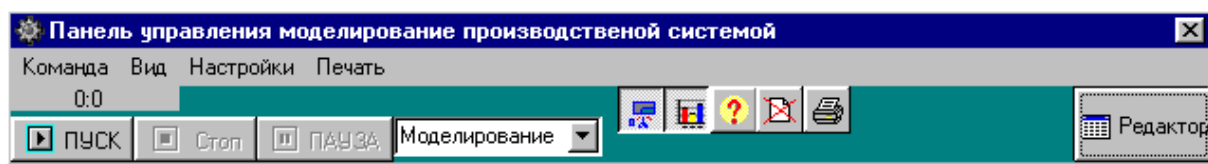


Рисунок 6.7 - Панель керування підсистемою імітаційного моделювання

Перед початком моделювання, використовуючи стандартні прийоми роботи з вікнами в системі Windows 9.x, необхідно сформувати робочі області вікон візуалізації процесу моделювання й інформаційної панелі.

Для зміни масштабів зображення планування устаткування використовуються кнопки . Якщо при масштабуванні зображення устаткування "спливають" за межі робочої області екрана, його можна «перетаскувати», нажавши на праву клавішу миші й переміщаючи курсор у потрібному напрямку.

Відкриття й закриття вікна візуалізації графічного зображення моделюваної системи (панель **Планування виробничої системи**) здійснюється з використанням кнопки .

Відкриття (закриття) вікна статистичної інформації про об'єкт моделювання (панель **Статистична інформація**) здійснюється кнопкою .

У тих випадках, коли необхідно одержати інформацію про процеси, що протікають у модулях ГПМ й АС, (панель **Устаткування**), необхідно перевести курсор на об'єкт, що цікавить Вас, і нажати  на кнопку. Вивід на екран монітора вікна з журналом повідомлень про стан елементів ГВС (панель **Статистична інформація**, закладка **Повідомлення**, рис. 6.10) виробляється кнопкою .

Після того, як виконані всі налаштування, натисніть на клавішу **Пуск** (рис. 6.9).

У вікні (панель **Планування виробничої системи**) почнеться переміщення пристроїв і механізмів, що реалізують процес обробки.

Якщо відкрито панель **Статистична інформація** на одній із закладок: **Гистограма завантаження ПМ**, **Завантаження ПМ**, **Завантаження ПС**, **Діаграма Ганта**, **Витрати енергії в ПМ**, **Витрати енергії в ПС**, **Потужність приводів ПМ**, **Потужність приводів ПС**, **КПД ПМ**, **КПД ПС**, то візуально можна спостерігати динаміку зміна графіків відповідних параметрів ГВС у часі (рис. 6.11, 6.12, 6.13).

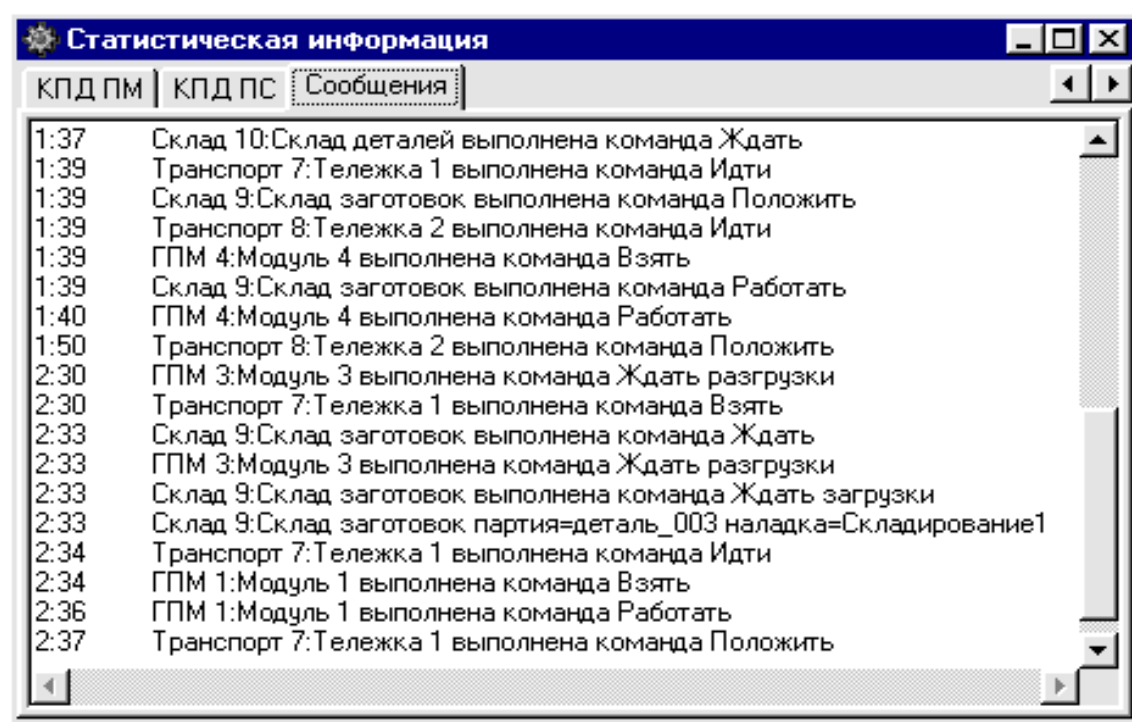


Рисунок 6.10 - Приклад формування журналу повідомлень про стан елементів ГВС

Якщо в процесі імітації для аналізу результатів моделювання або для уведення нових вихідних даних необхідно зупинити системний таймер, можна скористатися кнопками **Стіп** і **Пауза** (рис. 6.9).

Кнопка **Стіп** припиняє процес імітаційного моделювання й дозволяє передати керування іншим підсистемам (при натисканні на кнопку **Пуск** процес моделювання буде продовжений).

Для переходу до редагування моделі ГВС у процесі імітаційного моделювання необхідно натиснути на кнопку **Редактор**.

Кнопка **Пауза** дозволяє тимчасово призупинити процес моделювання з метою проміжного аналізу одержуваної інформації. При її повторному натисканні процес моделювання відновиться.

Особливо необхідно зупинитися на взаємодії підсистеми моделювання з підсистемами, що забезпечують її інформацією.

Методика побудови моделей елементів системи обробки заснована на принципі відкритості, що передбачає можливість коректування будь-якого елемента моделі як перед початком моделювання, так й у будь-який момент функціонування моделі.

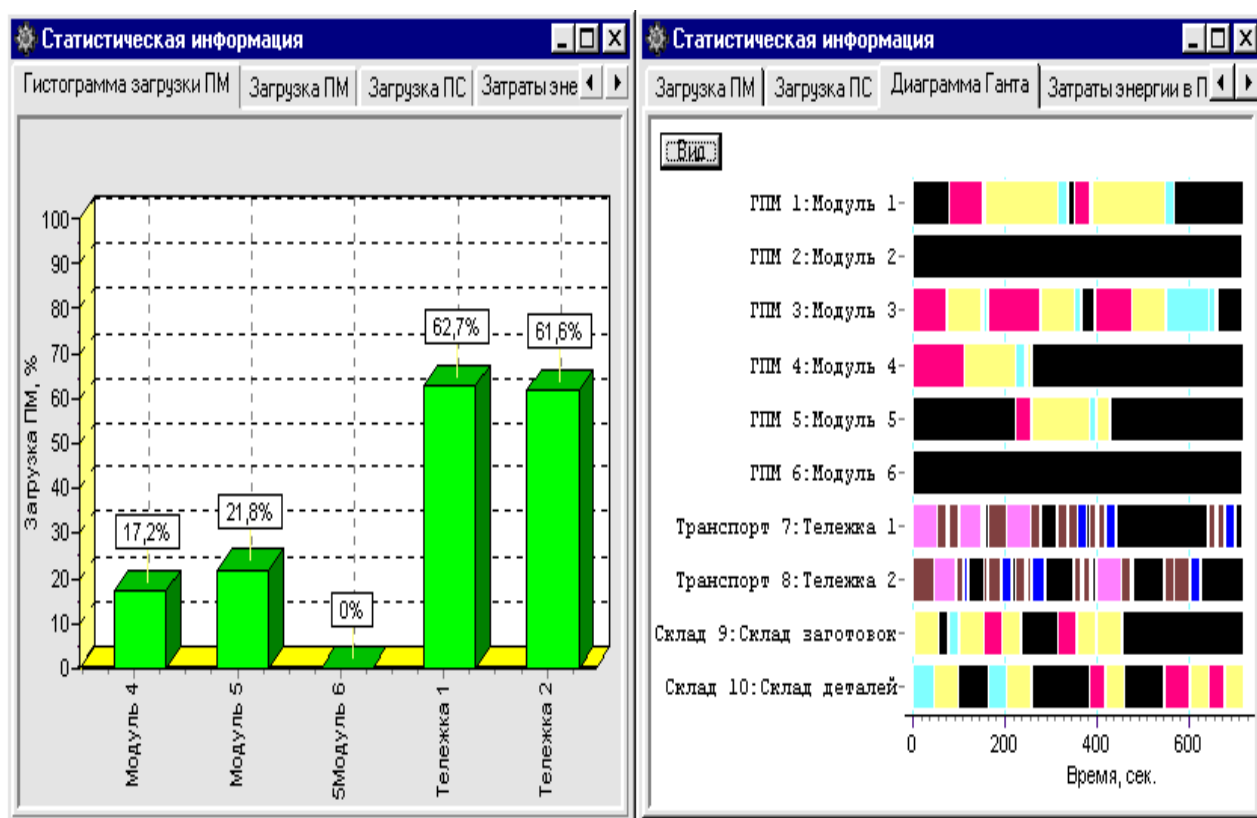


Рисунок 6.11 - Приклад діаграми середнього завантаження устаткування й діаграма ГАНТА

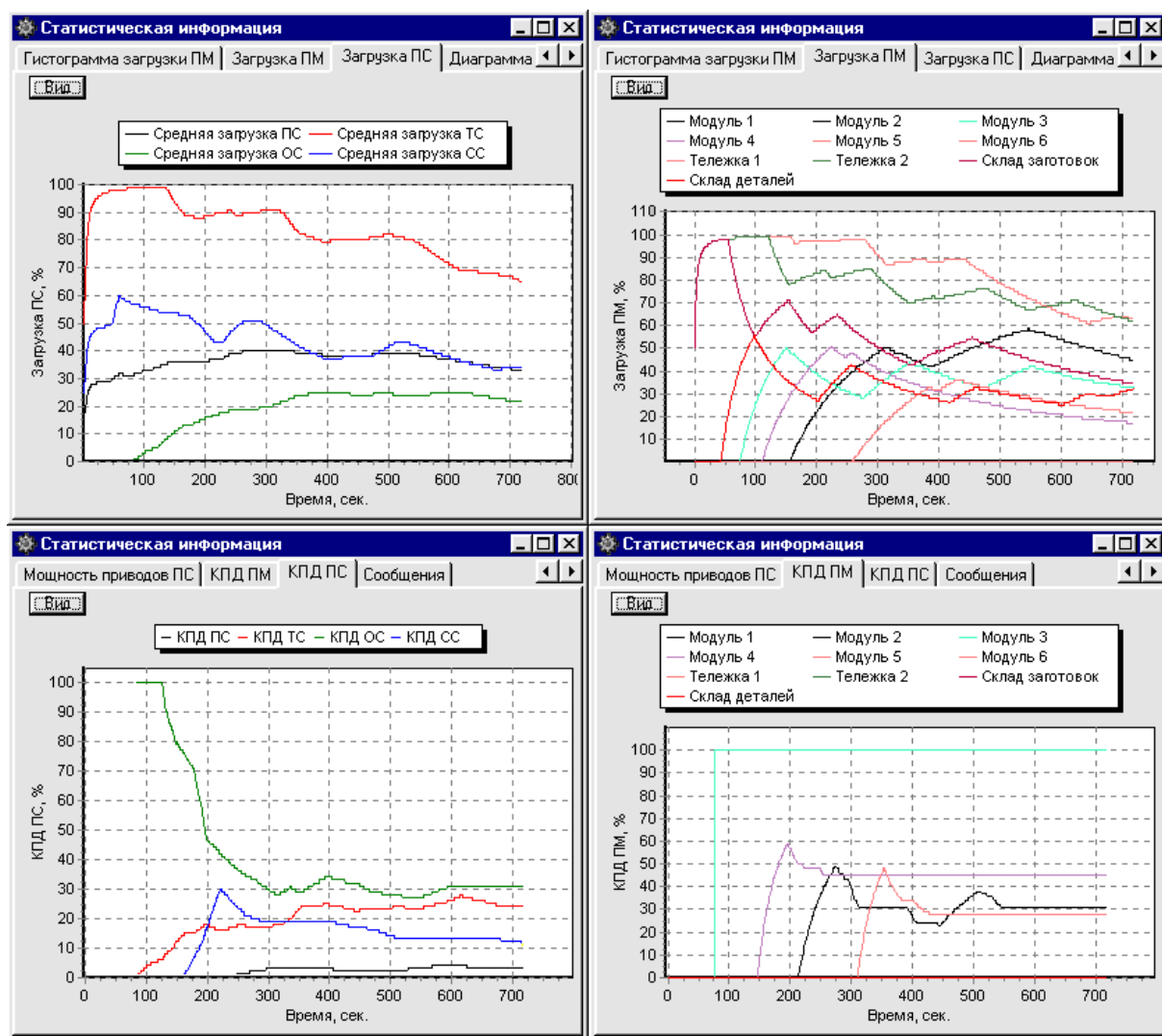


Рисунок 6.12 - Приклады розрахунку коефіцієнтів корисної дії й рівнів завантаження окремих модулів і виробничої системи в цілому

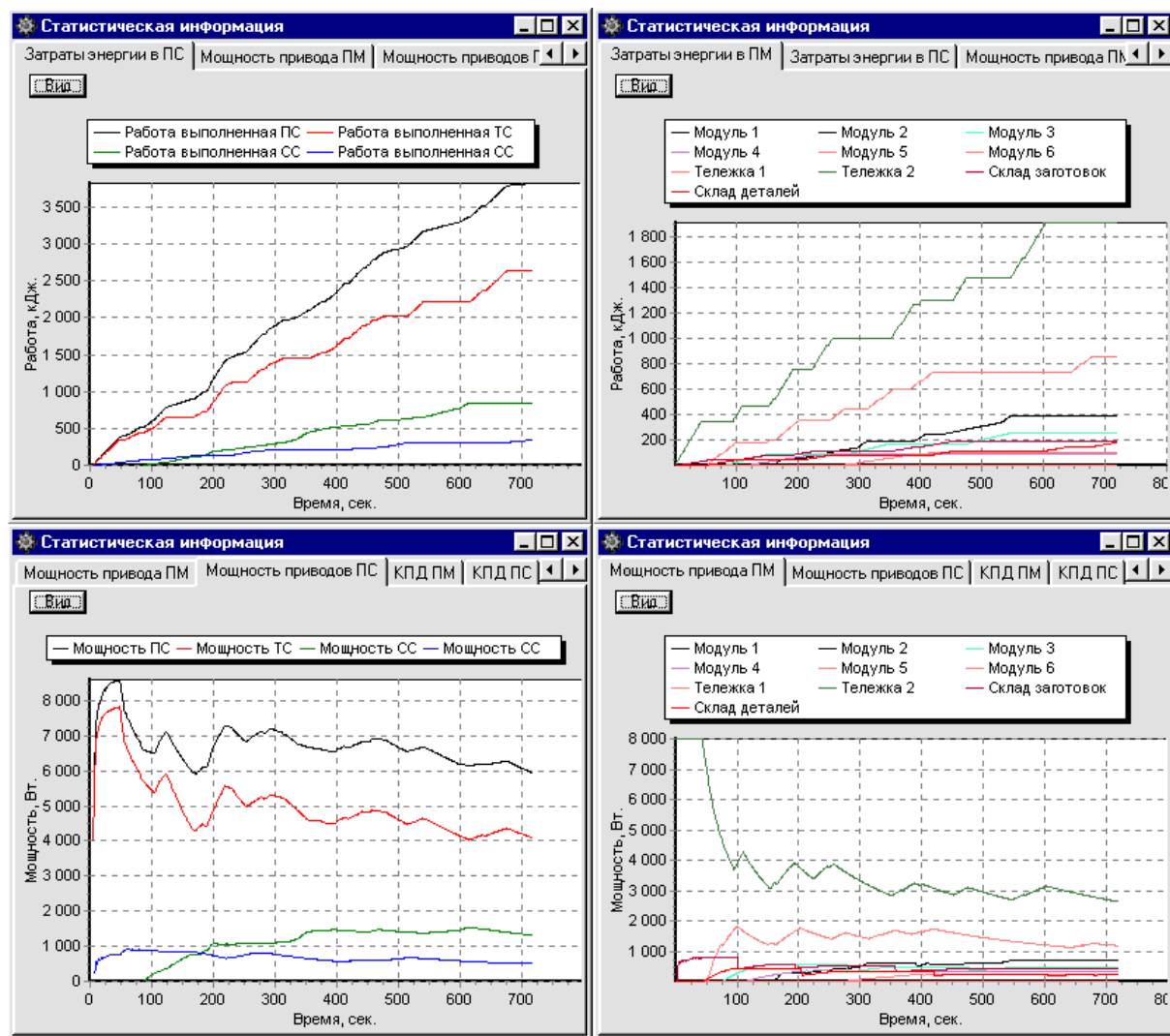


Рисунок 6.13 - Приклади розрахунків витрат енергії на виробничий процес і середні рівні споживаних потужностей окремими модулями й виробничою системою в цілому

У системі моделювання реалізовані наступні процеси:

- можливість коректування виробничого завдання в ході моделювання;
- можливість коректування состава устаткування на моделюємій ділянці (додавання, видалення, заміна);
- можливість коректування транспортних шляхів (додавання, зміна й видалення), а також кількості й параметрів транспортних засобів;
- можливість зміни технології обробки як на структурному рівні (зміна послідовності обробки, додавання й видалення операцій, розгалуження

технологічного процесу), так і на параметричному рівні (зміна параметрів окремих технологічних операцій);

- можливість зміни алгоритмів роботи устаткування в процесі моделювання шляхом заміни керуючих програм.

Всі ці дії можна виконати без шкоди для процесу моделювання в тому випадку, якщо при редагуванні моделі не буде порушуватися послідовність її формування:

операції (технології (транспортні шляхи (устаткування (партії обробки.

Таким чином, використовуючи операції Пуск — Редагування — Пуск, можна видозмінити середовище моделювання за своїм розсудом, а проміжні результати (стану моделі) записувати у вигляді нових моделей у розділі **Файл, Зберегти Як... .**

Якщо яке-небудь із ланок даної послідовності міняється, то необхідно простежити за коректністю зміни ланок, що впливають за ним (наприклад, при заміні устаткування необхідно переконаватися в тім, що при плануванні обробки партій виробів є посилання на нього).

Кількість тактів, відпрацьованих технологічним устаткуванням відображається в лівому нижньому куті панелі керування процесом імітації ГВС.

Якщо процес імітації необхідно повторити знову, вийдіть із підсистеми імітаційного моделювання в панель редактора даних. Після цього натисніть на кнопку , що дозволить очистити інформаційні масиви, що формують зображення й циклограми роботи устаткування ГВС. Тепер можна знову запустити процес імітації роботи ГВС.

Таким чином, у режимі діалогу створюється новий технологічний процес, що забезпечує проходження виробу через систему обробки з урахуванням взаємодій, що виникають усередині її.

7 РОЗРОБКА МОДЕЛІ ДІЛЯНКИ ГВС

Розроблені раніше маршрути обробки деталей у системі «СІМ» можна реалізувати на обраному технологічному встаткуванні.

Уведення вихідних даних про техпроцес, устаткуванні, партіях запуску й плануванню ділянки ГВС показаний на рисунках 7.1-7.8.

Рисунок 7.8 ілюструє роботу моделі ділянки ГВС в «СІМ» у конкретний момент часу імітаційного моделювання.

На рисунках 7.9-7.12 показані графіки завантаження обладнання і діаграма ГАНТА.

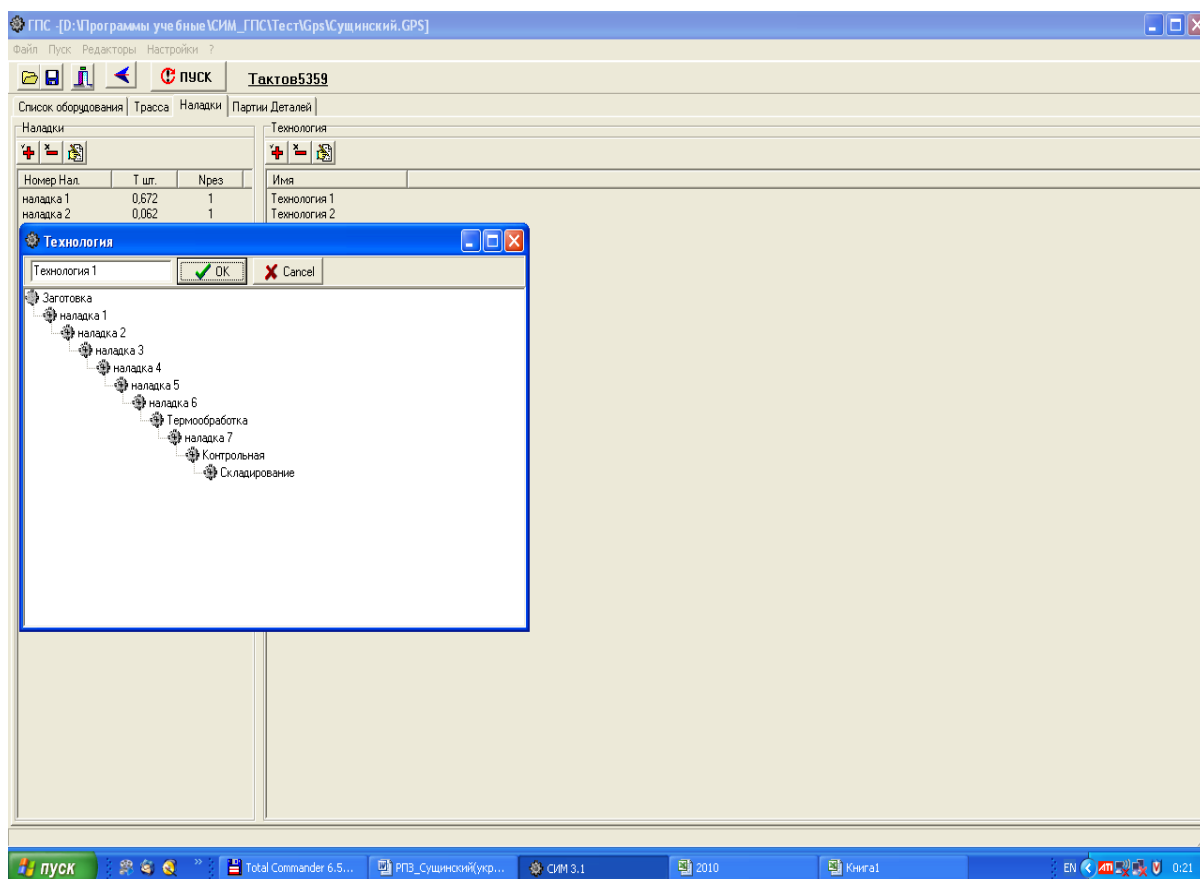


Рисунок 7.1 - Формування маршруту обробки деталей

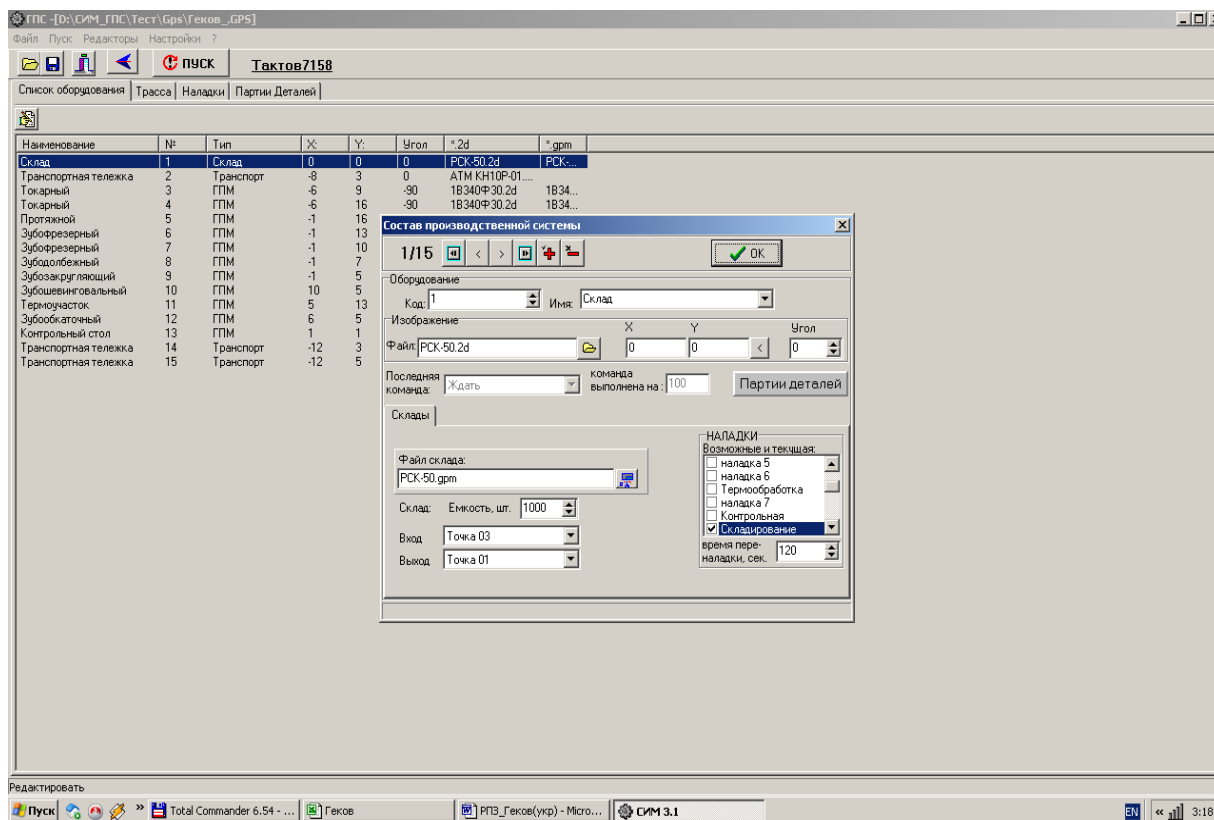


Рисунок 7.2 - Уведения вихідних даних про складську систему

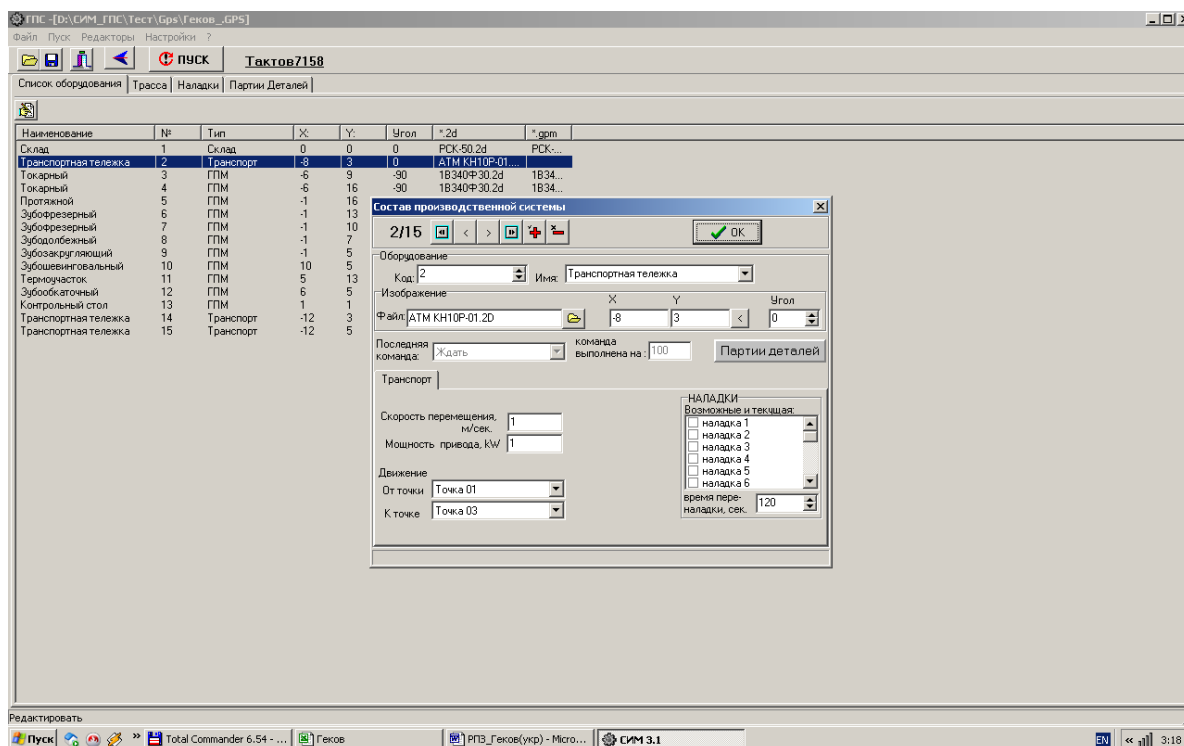


Рисунок 7.3 - Уведения вихідних даних про транспорт ГВС

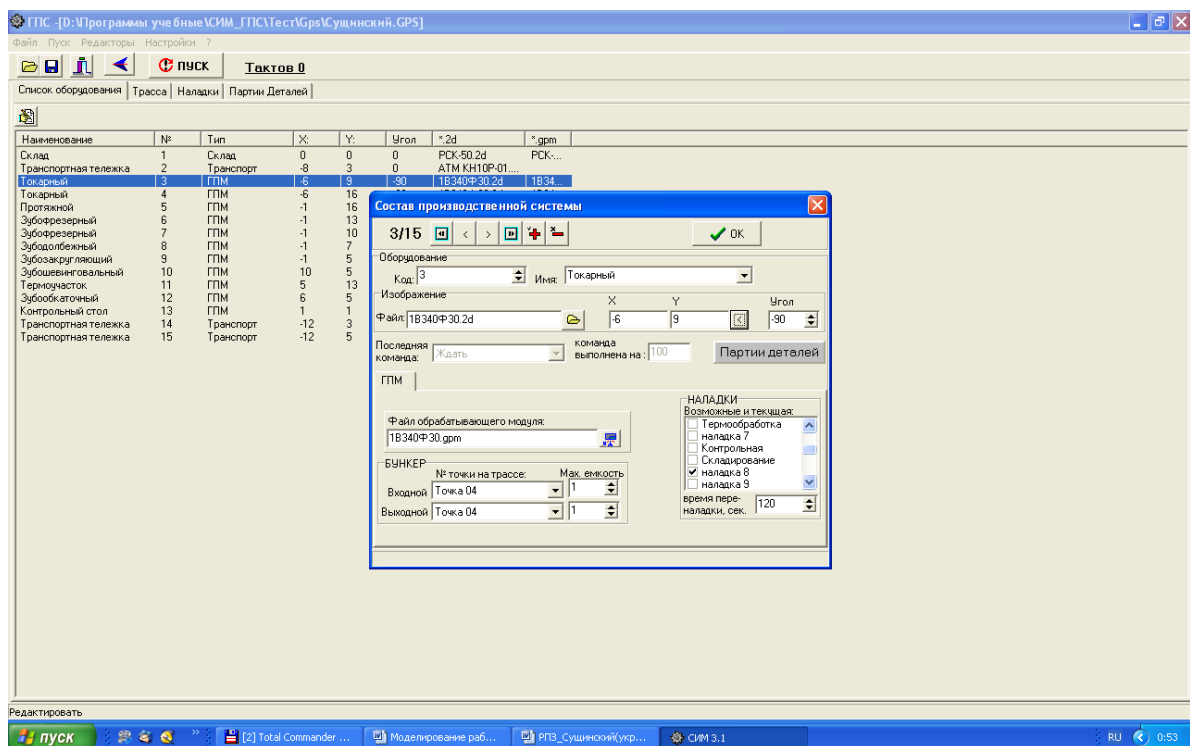


Рисунок 7.4 - Уведення вихідних даних про ГВМ

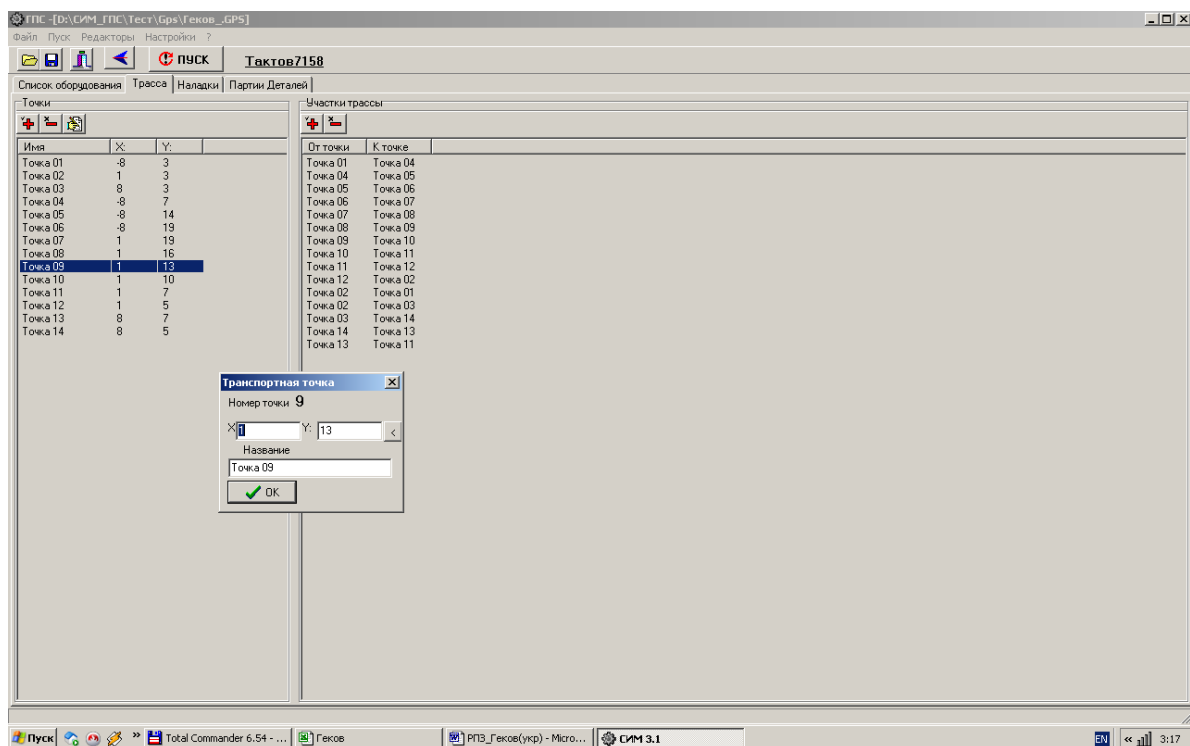


Рисунок 7.5 - Уведення вихідних даних про транспортні шляхи (трасі)

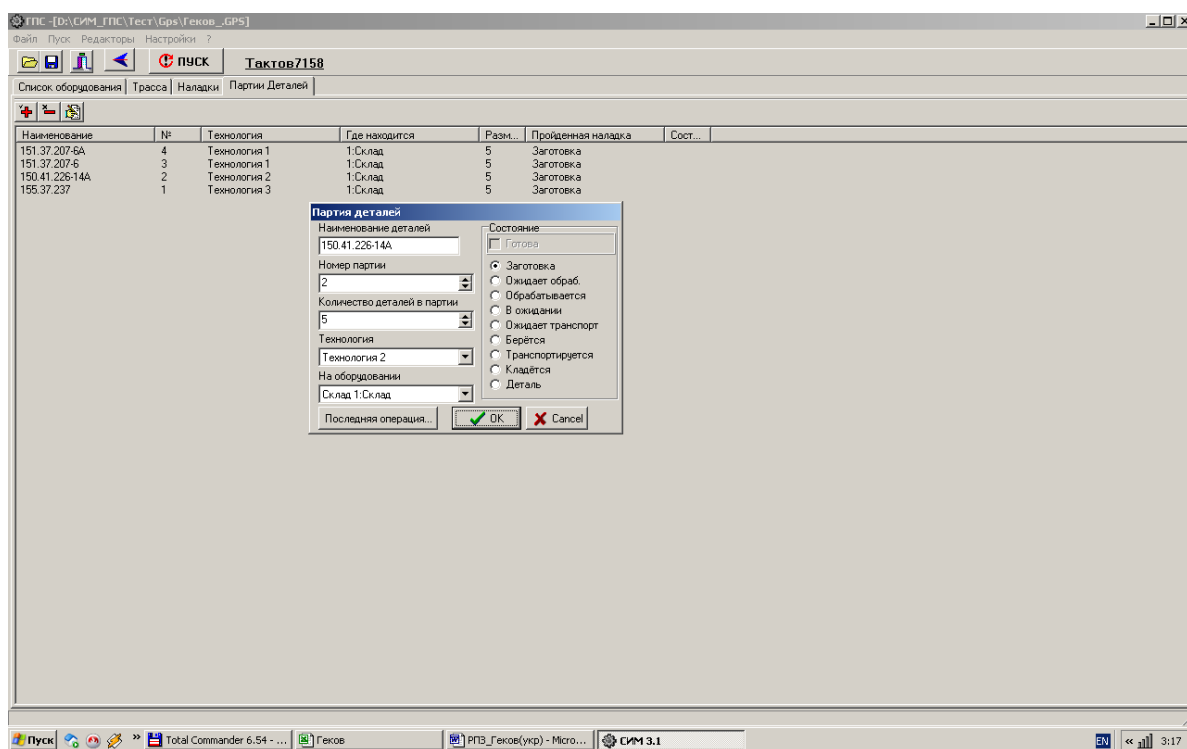


Рисунок 7.6 - Уведения вихідних даних про партії запуску

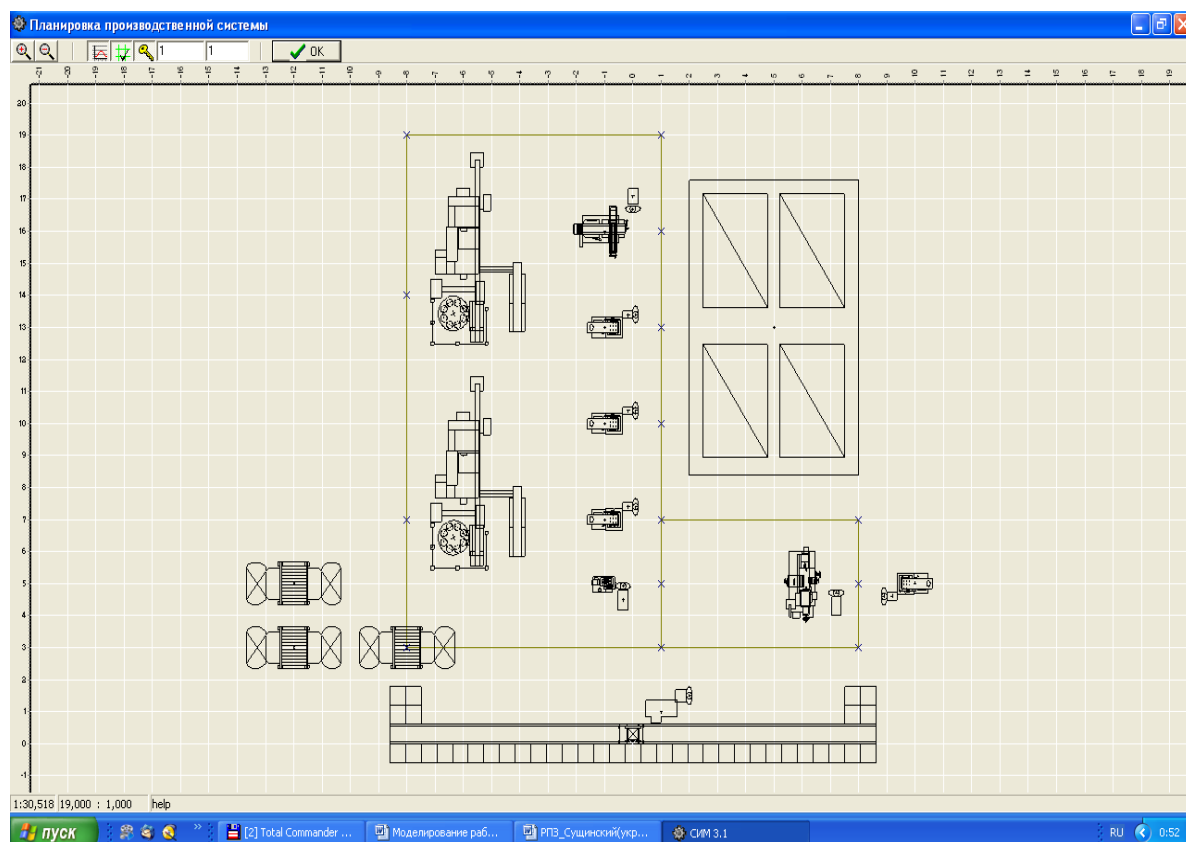


Рисунок 7.7 - Планування ділянки ГВС

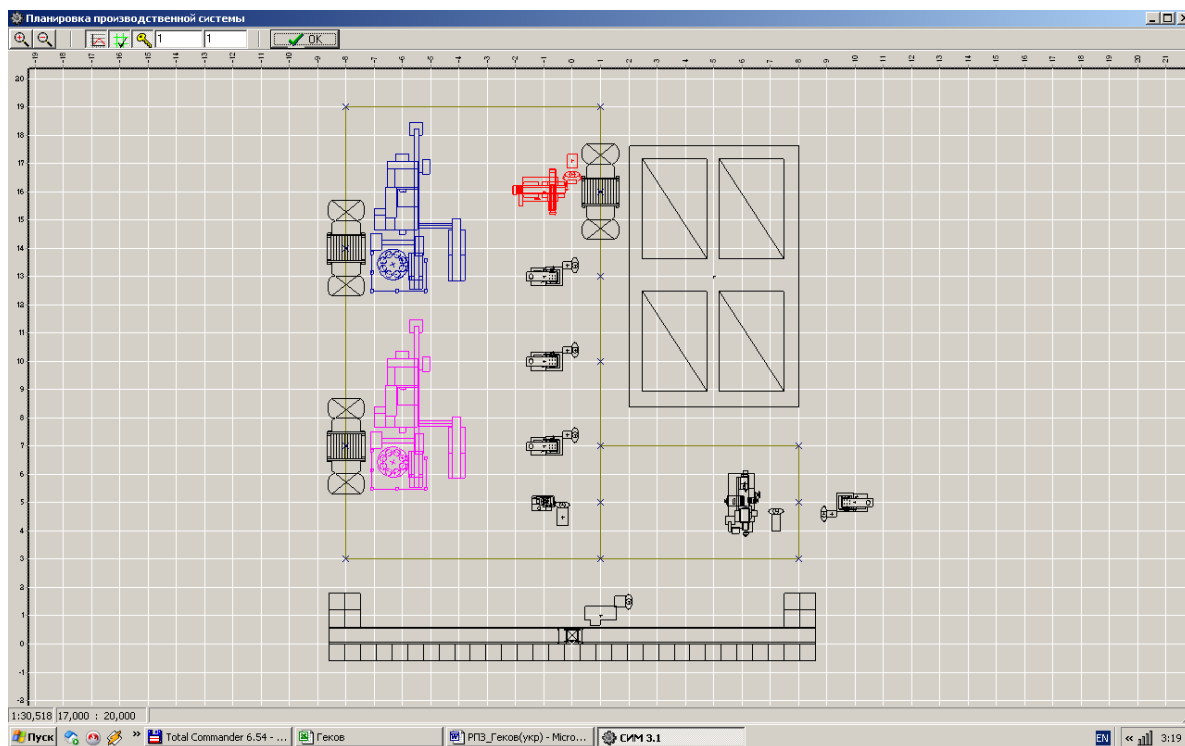


Рисунок 7.8 - Моделирование работы ділянки ГВС (у момент работы ділянки)

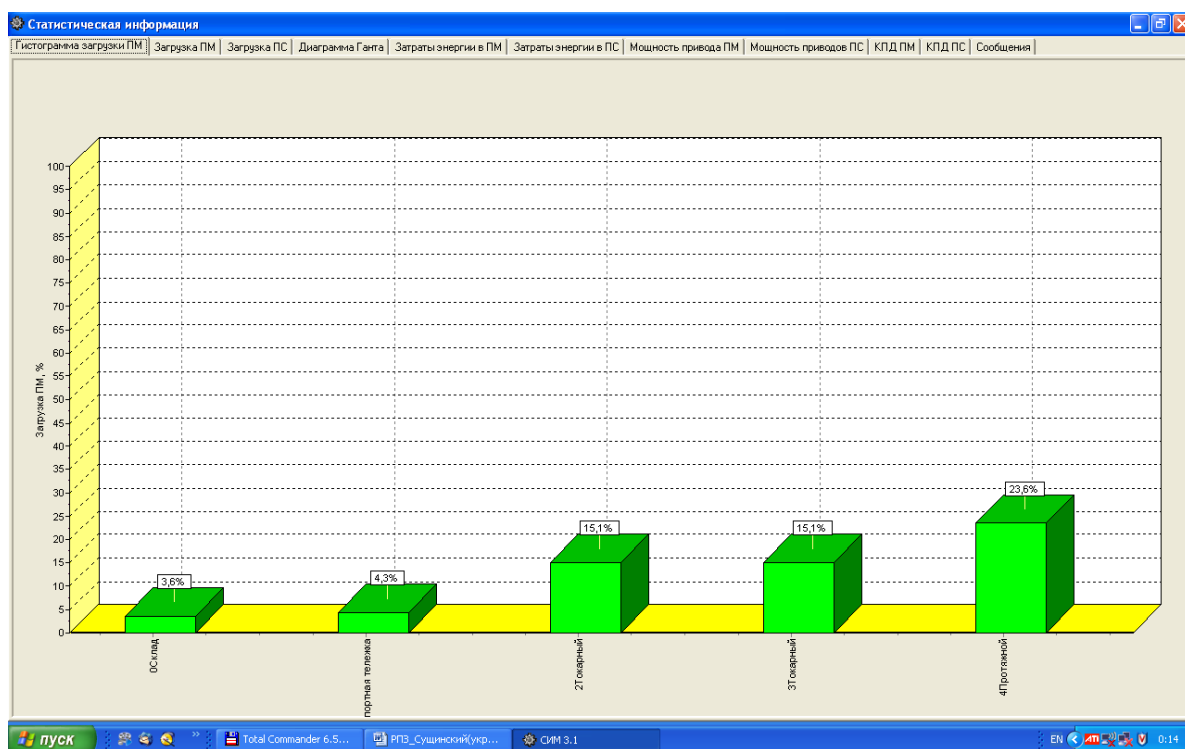


Рисунок 7.9 - Діаграма завантаження ГПМ

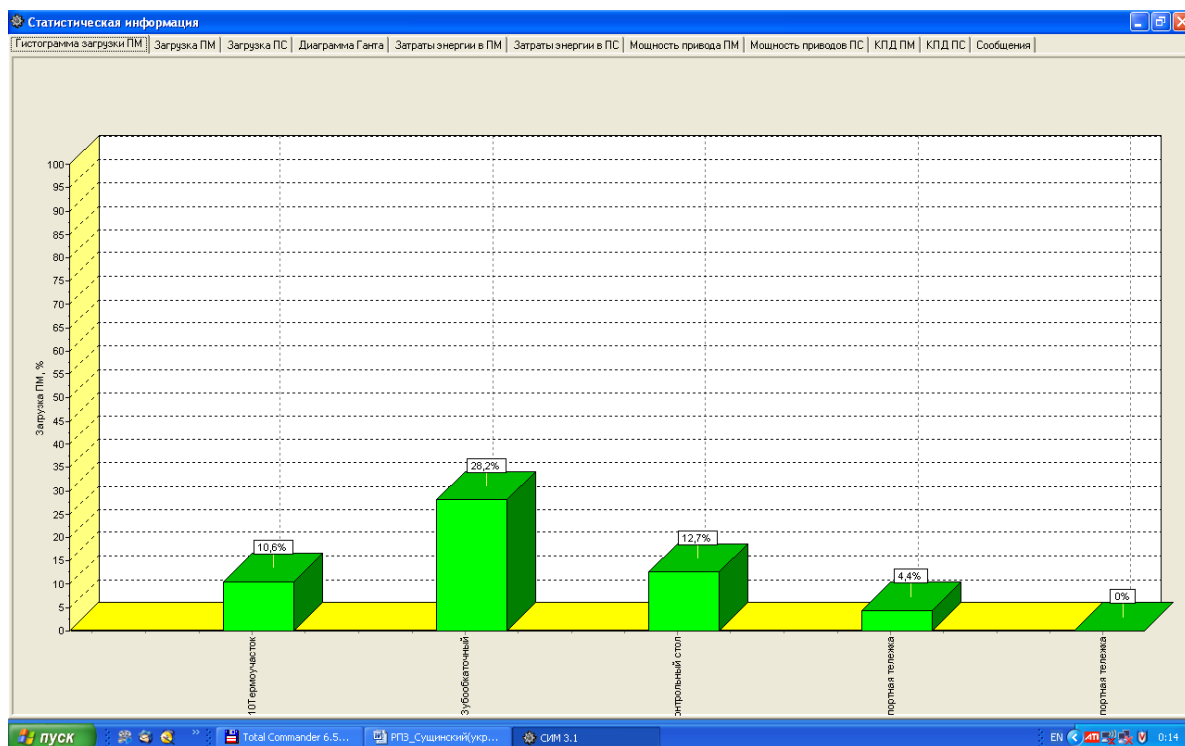


Рисунок 7.10 -Діаграма завантаження ГПМ

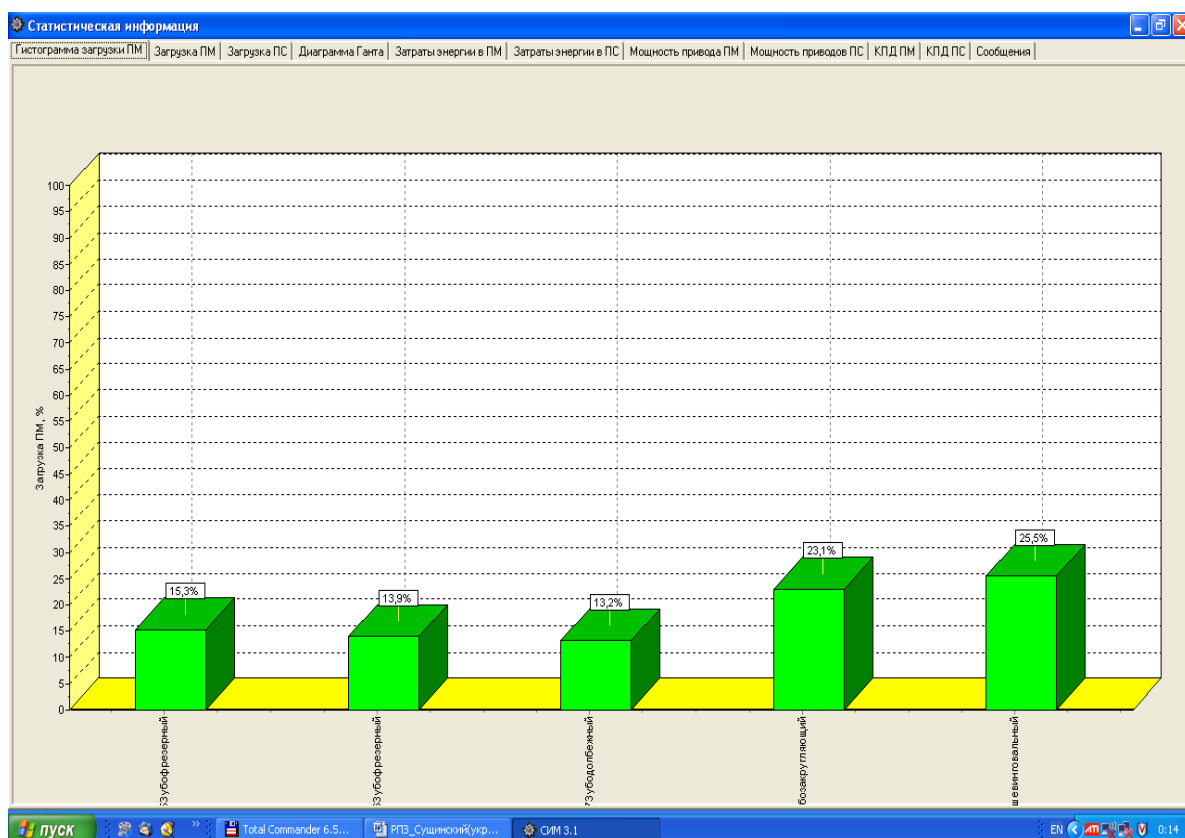


Рисунок 7.11 - Діаграма завантаження ГПМ

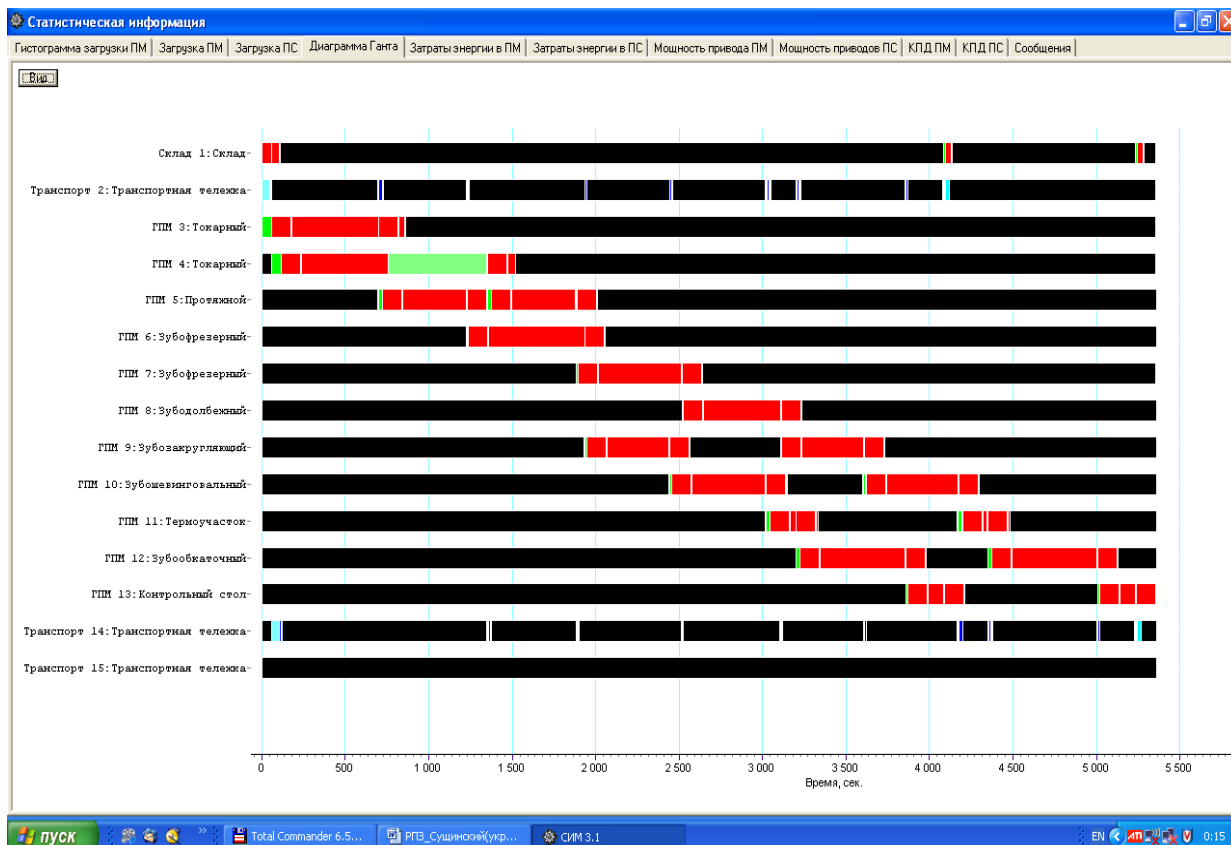


Рисунок 7.12 - Діаграма ГАНТА

Годинна продуктивність ділянки – 3,27 комплектів.

Програма випуску 2500 комплектів може бути виконана за 48 днів при двозмінній роботі ділянки ГВС.

8 ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМИ ЯКОСТІ ГВС.

Контроль якості обробки на верстаті. Для досягнення необхідної точності обробки та профілактики браку у складі САК створюється система метрологічного забезпечення.

Основною частиною цієї системи є автоматизований контроль розмірів оброблюваної деталі безпосередньо на верстаті. Він здійснюється телеметричною (щуповою, лазерною) головкою.

Головка монтується на стандартній конічній інструментальній оправці та встановлюється в гніздо інструментального магазину верстата типу ОЦ. За командою головка переноситься у шпиндель верстата. Останній переводиться в режим виміру.

Перед вимірюванням головкою визначається фактичний стан заготовки на столі верстата та подається команда на зсув (корекцію) початку відліку системи координат. У ході вимірювання головкою визначається величина припуску, що підлягає зніманню для досягнення високої точності обробки будь-якої поверхні. Після закінчення обробки проводиться обмір оброблених поверхонь і їх фактичні розміри виводяться у вигляді протоколу контролю.

На токарних верстатах вимірювальна головка жорстко закріплюється в одному з гнізд револьверної головки.

Контроль стану інструменту на верстаті. Якість обробки деталей в ГВС визначається переважно станом різального інструменту. Тому в структурі системи автоматичного контролю ГВС створюється підсистема контролю стану інструменту безпосередньо на верстаті.

Кожному інструменту, що використовується в ГВС, призначається гарантований термін придатності (стійкості), а система управління ГВС визначає фактично відпрацьований інструментом час.

По закінченні терміну придатності інструмент не допускається до подальшого використання та замінюється дублюючим.

Така система контролю стану інструменту в принципі забезпечує робітника якісним інструментом, проте у неї є слабе місце – помилки при призначенні терміну придатності (стійкості), який може коливатися в широких межах залежно від якості виготовлення інструменту (матеріалу, термообробки, заточування та ін.), нестабільності властивостей оброблюваного матеріалу заготовки, змінності припуску, зміни умов охолодження та ін.

Аварійну ситуацію може створити також поломка інструменту, яка часто має місце при свердлінні отворів малих діаметрів, нарізуванні різьби мітчиком і при виконанні деяких інших операцій.

Тому поряд з системою обліку часу роботи інструменту в ГВС застосовуються різні методи прямого або непрямого контролю за станом інструменту.

Для виявлення поломки інструменту широко застосовуються пневматичні та електричні детектори, що працюють за принципом кінцевого вимикача (при відсутності інструменту у шпинделі в період атестації детектор вимикає верстат). Великого поширення набули датчики дотику, сенсорні (безконтактні) датчики, що установлюються на столі верстата.

При їх використанні інструмент, встановлений в шпиндель, піднімається за програмою до датчика, що дає можливість визначити його фактичні розміри.

Для виявлення поломок свердел діаметром 5 мм та мітчиків M10 і більше застосовують пристрій вимірювання виходу струму навантаження двигуна шпинделя за верхню чи нижню межі: верхня - вказує на затуплення інструменту, нижня – на поломку.

Для виявлення зносу та поломки інструменту застосовують тензометричні пристрої вимірювання сили на приводах подач і шпинделя.

Вихідний контроль деталі після обробки здійснюється на координатно-вимірювальних машинах.

Контрольно-вимірювальна система КВС (у літературі зустрічається система автоматичного контролю САК) є найважливішою ланкою ГВС.

Ця система вирішує такі завдання:

- одержання та надання інформації про властивості, технічний стан і просторове розташування контрольованих об'єктів, а також про стан технологічного середовища і виробничих умов;
- порівняння фактичних значень параметрів із заданими;
- передача інформації про непогодження з моделями виробничого процесу для прийняття рішень на різних рівнях керування ГВС;
- отримання та подання інформації про використання функцій КВС

повинно забезпечувати:

- О можливість автоматичної перебудови засобів контролю в межах заданої номенклатури контрольованих об'єктів;
- О відповідність динамічних характеристик КВС динамічним властивостям контрольованих об'єктів;
- О повноту та достовірність контролю;
- О надійність засобів контролю.

Види контролю. Під технічним контролем розуміють перевірку відповідності об'єкта встановленим технічним вимогам.

Об'єктами технічного контролю є продукція, процеси її створення, застосування, транспортування, зберігання, технічного обслуговування та ремонту, а також відповідна технічна документація.

Стосовно ГАВ існує два найважливіших терміни:

- контроль технічного стану;
- технічне діагностування (пошук дефектів).

Технічний контроль поділяється: на виробничий та експлуатаційний

Виробничий контроль включає:

- контроль якості продукції:
 - О продукції допоміжного (підготовчого) виробництва;

- контроль продукції основного виробництва;
- вхідний;
- операційний;
- приймальний;
- приймально-здавальні випробування;
- періодичні випробування;
- контроль технологічних процесів:
 - контроль основних технологічних процесів;
 - контроль процесів виготовлення технологічної оснастки;
 - контроль технологічного середовища;
 - безперервний;
 - періодичний;
 - реєстраційний;

Експлуатаційний контроль включає (можливий на СТД):

- контроль дотримання експлуатаційної та ремонтної документації;
- контроль технічного стану та діагностування з пошуком дефектів;
 - контроль основного технологічного обладнання;
 - контроль засобів ТНС і СІЗ;
 - контроль засобів автоматичної системи управління (АСУ):
 - параметричний;
 - функціональне тестування.

При створенні КВС розробнику необхідно:

- встановити основні принципи, які будуть закладені в КВС (централізація контролю, ступінь його автоматизації та суміщення з обробкою, використання статистичних методів, повнота контролю тощо);
- виявити та оптимізувати номенклатуру та характеристики вимірюваних параметрів продукції, режимів роботи елементів ГВС, працездатності обладнання, пристроїв, інструментів;
- визначити перелік інформації та форми її подання у КВС, а також з КВС в систему керування ГВС;

- вибрати засоби вимірювань, що забезпечують необхідну точність і надійність функціонування ГВС;
- визначити характеристики надійності обладнання, пристроїв та інструменту, а також періодичність контролю та працездатності;
- встановити функціональні зв'язки КВС у загальній системі керування ГВС.

Типова структура КВС ГВС включає три рівні:

Верхній рівень забезпечує загальний контроль сукупності автоматичних комірок для координації їх взаємодії, перебудови та ремонту, видачі інформації на пульт керування ГВС і вирішення таких завдань:

- отримання, обробка та узагальнення інформації, що надходить з нижче розташованого нижче рівня (від комірок);
- контроль обсягу і якості продукції та матеріально-технічного забезпечення (матеріалу, інструменту тощо);
- контроль за виконанням сукупності операцій, які виконує комірка;
- самоконтроль і контроль функціонування нижче розташованого рівня.

Середній рівень забезпечує контроль окремої автоматичної комірки та подання на верхній рівень узагальненої інформації про властивості, технічний стан і просторове розташування контрольованих об'єктів і складових частин комірки.

При цьому вирішуються такі завдання:

- отримання та обробка інформації про контрольовані параметри об'єкта, параметри функціонування комірки та її елементів, параметри технічного середовища;
- передача інформації на верхній рівень;
- контроль якості виготовлення об'єкта обробки на елементарних автоматичних системах, що входять до складу комірки;
- контроль за виконанням операцій;

- самоконтроль і контроль функціонування нижче розташованого рівня.

Нижній рівень забезпечує контроль об'єктів обробки, технічного стану та просторового розташування складових частин елементарної автоматичної системи (верстата з ЧПК, робота завантаження та ін.).

На цьому рівні вирішуються завдання:

- отримання та обробка інформації про контрольовані параметри та функції об'єкта обробки та складових частин елементарної системи;
- передача інформації на середній рівень;
- контроль за виконанням переходів;
- контроль функціонування складових частин елементарної системи;
- подання інформації до системи технічного обслуговування для прогнозування відмов інструменту та обладнання.

Об'єктом контролю верхнього рівня є сукупність типових комірок (обробної, транспортної, складської, контрольно-вимірювальної, випробувальної) і робоче місце оператора, а засобом контролю – керуючий обчислювальний комплекс на базі лінії–ЕОМ.

Об'єктом контролю середнього рівня слугує осередок, що складається із сукупності елементарних систем, а засобом контролю – керуючий обчислювальний комплекс на базі лінії–ЕОМ.

Об'єктом контролю нижнього рівня є складові частини елементарної системи: керуючий орган, передавальна ланка, виконавчий орган, об'єкт обробки, засоби контролю - різні датчики.

Економічні переваги підприємств, що мають сертифіковану систему якості, перед підприємствами, у яких такий ні, підтверджуються спеціальними дослідженнями. Так, по оцінках фахівців, що ведуть західні фірми з найвищим вихідним рівнем організації виробництва змогли збільшити прибуток на 10 - 20 % у результаті побудови й сертифікації системи якості.

У цей час інструментами забезпечення якості є:

- 24 міжнародних стандарту керування й забезпечення якості (включаючи
 - стандарти по екологічному менеджменті);
 - міжнародна система сертифікації систем якості;
 - міжнародний реєстр сертифікованих аудиторів систем якості (1RSA);
 - те ж на регіональних і національних рівнях.

Одним з основних напрямків як у сфері виробництва, так й у сфері обслуговування є якість, а не обсяг випуску продукції або надання послуг.

Дослідження однозначно показують, що визначальною умовою для довгострокового завоювання ринків збуту, не говорячи вже про доходи від продажу, акціонерному капіталі й капіталовкладеннях, є більше висока відносна якість із урахуванням запитів споживачів, а не більше низькі ціни.

Високоякісна продукція приносить приблизно на 40 % більше прибутку на інвестований капітал, чим низькоякісна.

Іншим основним напрямком є керування поліпшенням якості, тобто керування розвитком підприємства щодо задоволення потреб споживачів, співробітників і суспільства ("загальне керування якістю", TQM).

Можна констатувати, що концепція "загального керування якістю" стає провідним інструментом менеджменту.

Ця концепція постійно збагачується досвідом провідних підприємств - лауреатів щорічних національних, міжнародних й європейських премій по якості.

Фірма, що не використовує такий досвід, не може розраховувати на успіх у все й суспільне визнання.

До початку 1999р. більше 700тис. фірм у світі мали сертифікати на внутріфірмові системи якості.

Наявність такого сертифіката стала невід'ємною умовою існування підприємств на цивілізованому ринку.

Система якості - сукупність організаційної структури, методик, процесів і ресурсів, необхідних для здійснення керування якістю.

Система якості за формою - це система документації, у якій установлені загальні принципи забезпечення якості, вимоги до діяльності й відповідальності кожного співробітника в області якості; умови дотримання заданих параметрів кожного процесу й характеристик кожного об'єкта; методики контролю, обробки й аналізу інформації про якість; програми навчання персоналу в області якості й ін.

Система якості містить у собі також систематичну діяльність відповідно до встановлених вимог, виявлення недоліків і постійний пошук шляхів поліпшення. Побудовою системи якості найчастіше займаються професійні організації, що грають роль радників по якості.

Система якості в організації призначена, насамперед, для задоволення внутрішніх потреб керування організацією. Вона ширше, ніж вимоги певного жителя, що оцінює тільки ту частину системи якості, що стосується його індивідуальних вимог.

Призначення системи якості:

- організація діяльності в області якості у формі системи з функціями координації, регулювання, аналітичного виробітку рішень;
- регламентація й упорядкування всієї діяльності організації відповідно до поставлених мет в області якості;
- визначення ролі й відповідальності кожного співробітника відповідно до поставлених мет в області якості;
- приведення всіх процесів на підприємстві в керовані умови;
- забезпечення контролюємості продукції й ресурсів;
- постійне підвищення кваліфікації персоналу;
- організація системи ведення, нагромадження й обробки інформації з метою мінімізації витрат, викликаних низькою якістю.

Технічним комітетом ISO/TK 176 була здійснена більша робота з узагальненням накопиченого національного досвіду по розробці, впровадженню

й функціонуванню систем якості й відповідних стандартів підприємств на основі якої було підготовлено й в 1987 р. опубліковано п'ять народних стандартів на системи якості, які одержали в ISO індекс серії 9000, а саме: ISO 9000, 9001, 9002, 9003, 9004.

А 1995 року Держстандарт України видав ДСТУ ISO -9000, ДСТУ ISO-9001, ISO -9002, ДСТУ ISO -9003, ДСТУ ISO -9004, Стандарти ДСТУ ISO -9000 не стосуються конкретного сектора промисловості або економіки. Сукупно вони являють собою установки по керуванню якістю й загальні вимоги щодо забезпечення якості, вибору й побудови елементів системи якості

Стандарт ISO 10012 вимоги до якості вимірювального устаткування.

Бажаний результат досягається ефективніше, якщо діяльністю й пов'язаними з нею ресурсами управляти як процесом.

Системний підхід до керування:

Розуміння й керування взаємозалежними процесами як системою сприяє підприємству в більше ефективному й результативному досягненні його цілей.

Постійне поліпшення:

Постійне поліпшення діяльності організації варто вважати незмінною метою організації.

Прийняття рішень на основі фактів:

Ефективні рішення приймаються на основі аналізування даних й інформації..

Взаємовигідні відносини з постачальниками:

Організація й постачальники є взаємозалежними, тому взаємовигідні відносини підвищують можливості обох сторін для створення цінностей.

Діяльність вищого начальства охоплює наступні сфери:

- установлення й актуалізацію політики й цілей підприємства в області якості;
- пропагування політики й цілей підприємства в області якості на всіх рівнях в організації для підвищення знань, мотивації й залучення робітників;

- забезпечення орієнтування на потреби замовника на всіх рівнях в організації;

- забезпечення впровадження належних процесів які дають можливість виконання вимог замовника й інших зацікавлених сторін, а також досягнення й цілей підприємства в області якості;

- забезпечення розробки, впровадження й підтримки результативної й ефективної системи керування якістю;

- забезпечення необхідними ресурсами;

- твердження заходів щодо політики й цілей підприємства в ОБЛАСТІ якості;

- твердження заходів щодо поліпшення системи керування якістю.

Наступним, не менш важливим, елементом системи керування якістю є контроль якості продукції.

Відповідно до ISO 9000 основних елементів системи керування якістю є:

- кваліфікований персонал;
- виробниче устаткування;
- конструкторська й технологічна документація;
- документація на кадри;
- складальні одиниці;
- готові вироби;
- контроль готових виробів (процеси контролю й вимірів

управляються за допомогою різноманітних дій і методів, викладених у СТП, і дозволяють управляти:

- а) інформацією, матеріальними й людськими ресурсами, що забезпечують виконання процесу;
- б) використовуваними технологіями, інструментом й устаткуванням;
- с) виробничим середовищем;
- д) вихідними даними процесу.

Для того щоб ефективно визначити якість виробу, т. е. сукупність характеристик, що задовольняють вимогам замовника, необхідний контроль на всіх етапах розробки й виготовлення продукції.

Контроль є одним з найважливіших етапів при розробці й випуску продукції. Про ступінь досягнення якості можна судити з того, наскільки ефективно був виконаний контроль виробу.

Контроль є невід'ємною частиною для забезпечення якості, т. е. впевненості в тім, що вимоги замовника будуть виконані, а також для поліпшення якості, тобто до збільшення здатностей, виконувати вимоги, пропоновані до якості виробу.

Контроль виробу - це контроль якості й керування якістю неможливо без такого етапу, як контроль.

Вище керівництво повинне враховувати контроль як один із засобів забезпечення якості й ця умова повинне бути відбите в політику якості.

Без цього неможливо досягти поставлених цілей, тобто випуск якісної продукції. І про результативність й ефективність випущеної продукції можна судити тільки за умови, якщо воно належним чином проконтрольовано.

Іншими словами контроль визначає якість виробу.

Контроль необхідний також при вимірах. Існує навіть ціла система контролю вимірів, тобто сукупність взаємозалежних або взаємодіючих елементів, необхідних для метрологічного підтвердження й постійного контролю вимірів. Впровадженням цієї системи займається метрологічна служба. Контроль вимірів забезпечує їх же якість.

І зрештою контроль забезпечує придатність виробу. Він виявляє, відповідність або невідповідність - виконання або невиконання вимог, дефекти. Тільки після контролю можна судити про подальшу долю виробу, що не відповідає вимогам замовника.

Коректування дій - дія, виконувана для усунення причини невідповідності, переробка - дія, чинене з невідповідне продукцією, щоб зробити її відповідним вимогам, зниження градації тобто зміна первісних

вимог з метою відповідності, ремонт, відбракування, тобто утилізація, знищення невідповідної продукції, або поступка яка дозволяє випуск невідповідного вимогам виробу.

Із усього перерахованого вище ми з вами бачимо, наскільки важливий контроль у системі менеджменту якості, та й у принципі в житті й тому, у першу чергу- нам необхідно розглянути такий етап у системі керування якістю як контроль готових виробів.

Розглянемо тепер, яким образом здійснюється контроль на виробництві.

Система технічного контролю передбачає організацію на підприємстві служби технічного контролю, що поряд з технологічними службами повинна забезпечувати високу якість продукції.

Система технічного контролю включає наступні основні елементи:

- об'єкт контролю;
- метод і засоби контролю;
- виконавці;
- технічна документація.

Під об'єктом контролю розуміють продукцію на тій або іншій стадії технологічного процесу, засобу виробництва й технологічні процеси.

Метод контролю - це сукупність певних принципів і правил виконання контролю.

До засобів контролю відносять контрольно-вимірювальні прилади, інструменти, апаратури, матеріали, застосовувані при контролі.

Під виконавцями контролю розуміють фахівців відділу технічного контролю (ОТК) і працівників центральної заводської лабораторії (ЦЗЛ), що займається перевіркою й ремонтом засобів виміру.

При технічному контролі виявляють відхилення об'єкта контролю від елементних вимог НТД (технічної-нормативно-технічної документації).

Технічний контроль проводиться відповідно до технічної документації й організується за правилами, установленим стандартом підприємства.

Сутність технічного контролю визначається виконанням двох наступних функцій:

-одержання інформації про фактичний стан об'єкта контролю, його контрольованих параметрах і показниках якості (цю інформацію називають первинною);

- зіставлення первинної інформації із установленими вимогами, критеріями й нормами (інформація про відхилення фактичних параметрів і показників якості від заданих називається вторинної).

Вторинна інформація використовується для виробітку керуючого рішення, спрямованого на об'єкт контролю. При цьому вирішується головне завдання керування якістю - відомість до мінімуму або повне усунення виявлених відхилень у ході технологічного процесу виготовлення продукції.

Крім відзначених до інших понять, використовуваним при контролі ставляться:

- обсяг контролю - відношення загальної кількості проконтрольованих об'єктів до загальної кількості виготовлених;
- тривалість контролю - час, необхідне для його підготовки, проведення й аналізу результатів;
- вартість контролю - матеріальні витрати на проведення контролю;
- контрольований параметр - кількісна або якісна характеристика об'єкта контролю;
- вірогідність контролю - імовірність відповідності фактичних результатів дійсним значенням контрольованих ознак.

Залежно від видів контрольованих параметрів і категорії їхньої відповідальності встановлюється певна система організації контролю продукції на підприємстві. В основу цієї системи покладена класифікація видів технічного контролю по окремих ознаках.

По стадіях технологічного процесу контроль розділяють на:

- вхідний (попередній);

- операційний (поточний);
- остаточний (готової продукції).

Під терміном попередній контроль розуміють не тільки перевірку матеріалу, але й працездатності устаткування й кваліфікації виконавців робіт.

Операційному контролю піддають технологічні процеси по окремих операціях маршрутної технології після її завершення або під час виконання.

По обсязі контрольованої продукції:

- суцільний;
- вибірковий.

Суцільний контроль виконують для відповідальних виробів.

Вибірковий - при контролі виробів крупносерійного й масового виробництва.

По місцю проведення контролю:

- стаціонарний;
- рухливий (ковзний).

Стаціонарний контроль виробляється на спеціальному обладнаному контрольному пункті або в спеціальному приміщенні .

Рухливий контроль виробляється безпосередньо на робочому місці.

По характері контролю:

- інспекційний;
- летучий.

Під інспекційним контролем розуміють вибірковий контроль продукції спеціальними особами (інспекторами) для додаткової перевірки якості проконтрольованої продукції.

Летучий контроль виконується з довільною періодичністю, носить інспекційний характер і виконується працівниками ОТК. При цьому контролюється дотримання технологічних процесів (контроль технологічної дисципліни), наприклад, дотримання правил зберігання й умов транспортування виробів на відповідність вимогам технічної документації.

При перевірці дотримання технологічного процесу особлива увага приділяється раціональній організації робочих місць, що припускає наявність необхідної технологічної документації, оснащення й контрольно-вимірювальних приладів й інструмента і їхнього стану, дотримання правил і норм техніки безпеки, стан робочого місця й відповідність його вимогам технологічної документації. Таку перевірку часто називають контролем виробничої дисципліни.

По меті контролю:

- приймальний;
- статистичний.

Приймальний контроль має відбракований характер і проводиться з метою відділення придатної продукції від шлюбу. Статистичний контроль використовується в крупносерійному і масовому виробництві в системі керування якістю продукції. Статистичний контроль є засобом профілактичного впливу на хід технологічного процесу з метою його коректування й виключення появи шлюбу.

По можливості використання проконтрольованої продукції:

- руйнуючий;
- не руйнуючий.

Руйнуючий контроль застосовують для одержання контрольованих кількісних показників продукції. У деяких випадках контроль проводять із частковим порушенням цілісності матеріалу виробу, тобто шляхом випробувань без руйнування виробу.

Не руйнуючий контроль не робить впливу на цілісність продукції й побічно характеризує її якість.

По засобах контролю й одержання інформації:

- візуальний;
- інструментальний.

Візуальному контролю піддають 100% виробі.

Інструментальний контроль є більше зробленим, т к. здійснюється за допомогою різноманітних технічних засобів контролю .

Технічні засоби контролю можна розділити на наступні групи.

По характері виміру контрольованого параметра:

- контрольно-вимірювальні інструменти й прилади;
- контрольно-сортуючі пристрої.

Контрольно-вимірювальні засоби є основними засобами контролю. Контрольно-сортуючі засоби призначені для сортування об'єктів контролю по двох групах: придатний, непридатний; або по декількох групах, виходячи, наприклад, з геометричних розмірів.

По ступені впливу на хід технологічного процесу:

- засоби пасивного контролю;
- засоби активного контролю.

Засоби пасивного контролю ставляться до звичайних контрольно-вимірювальних засобів, що фіксують отриманий результат.

Засоби активного контролю вбудовуються в технологічне устаткування й використовуються для безпосереднього керування технологічними процесами. При досягненні граничних значень контрольованих параметрів ці пристрої автоматично управляють режимом роботи устаткування, забезпечують задану точність, і мають значно більшу ефективність попередження шлюбу.

По ступені автоматизації:

- ручні;
- механізовані;
- автоматичні.

Засоби ручного контролю використовують там, де застосування механізованих автоматичних контрольних пристроїв утруднене або практично неможливо.

Ефективність використання автоматичних контролюючих пристроїв обумовлено можливістю одержання документа або протоколювання результатів

контролю. При використанні механізованих засобів контролю протоколювання результатів контролю

РОЗДІЛ 10

РОЗРОБКА ДИДАКТИЧНОГО ПРОЄКТУ ФАКУЛЬТАТИВНОГО

ЗАНЯТТЯ НА ТЕМУ «АНАЛІЗ ТА СИСТЕМАТИЗАЦІЯ

КОМПОНУВАНЬ ПОРТАТИВНОГО МОБІЛЬНОГО

МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ АГРЕГАТНО – МОДУЛЬНОЇ

КОНСТРУКЦІЇ» ДЛЯ ФАХІВЦІВ МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ

4.1. Постановка цілей факультативного заняття (оперативних цілей)

В таблиці 4.1 наведено оперативні цілі з теми.

Таблиця 4.1

Постановка цілей факультативного заняття

| Цілі факультативного заняття | Цілі формування різних рівнів засвоєння навчального матеріалу | Умови досягнення | Результат у вигляді дій здобувачів освіти |
|---|---|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Сформувати вміння розкривати питання компонентики портативних мобільних верстатів агрегатно-модульної конструкції використовуваних для механічної обробки | I-IV рівень | Базові знання з дисципліни «Металорізальні верстати» | Сформовані вміння у здобувачів освіти щодо питань компонентики портативних мобільних верстатів агрегатно-модульної конструкції використовуваних для механічної обробки відновлених і приєднувальних поверхонь |

Продовження табл. 4.1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|--|
| відновлених і приєднувальних поверхонь великогабаритних деталей і вузлів турбоагрегатів, що не демонтуються | | | великогабаритних деталей і вузлів турбоагрегатів, що не демонтуються |

4.2. Перелік літературних джерел з теми

1. Баланюк Г. В. Підвищення точності та якості багаторізцевого розточування ступінчастих отворів на основі дослідження динаміки технологічної системи : автореф. дис. на здоб. наук. ступеня канд. техн. наук / Баланюк Ганна Василівна ; МОН України, Одеський нац. політехн. ун-т. – Одеса, 2018. – 23 с. 713825 К 621.9

2. Барандич К. С. Технологічне забезпечення циклічної довговічності деталей при їх токарному обробленні : автореф. дис. на здоб. наук. ступеня канд. техн. наук / Барандич Катерина Сергіївна ; МОН України, Нац. техн. ун-т України "КПІ імені І. Сікорського". – Київ, 2018. – 22 с. К 128902 621.7

3. Батигін Ю. В. Устаткування для практичної реалізації індукційного нагрівання в сучасних технологіях машинобудування / Ю. В. Батигін, О. С. Сабокар, В. А. Стрельнікова // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2017. – № 4. – С. 70-74. – Бібліогр.: с. 73 (5 назв). Р/О126.

4.3. Конструювання дидактичних матеріалів: аналіз структури навчального матеріалу факультативного заняття

План викладення теми: «Аналіз та систематизація компонувань портативного мобільного металорізального обладнання агрегатно – модульної конструкції».

1. Теорія компонок металорізальних верстатів.
2. Приклади структурних формул компонок верстатів.
3. Структурний аналіз та синтез компонок металорізального обладнання для ремонту недемонтованих великогабаритних деталей та вузлів турбоагрегатів.
4. Приклади реалізованих на заводі «Турбоатом» компонок мобільного портативного технологічного обладнання для механічної обробки відновлених та приєднувальних поверхонь недемонтованих великогабаритних деталей та вузлів турбоагрегатів.

4.4. Аналіз базових умов навчання

В таблиці 4.2 приведено вибір базових понять, визначення способів перевірки та формування базових знань.

Таблиця 4.2

Вибір базових понять, визначення способів перевірки та формування базових знань

| Перелік базових понять, законів, способів дії | Назва дисциплін і тем, в яких формуються базові знання і дії | Способи (методи, форми, засоби) перевірки рівня сформованості базових знань і способів дій | Способи актуалізації або поповнення базових знань і способів дій |
|---|--|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Виготовлення деталей на металорізальних верстатах різного виду та типу за стадіями технологічного процесу | Дисципліна «Металорізальні верстати» | Метод – комбіноване опитування
Форма – фронтальна
Засіб – тестові завдання.
Приклад питань:
Питання 1. Скільки існує груп і типів металорізальних верстатів згідно з їхньою класифікацією?
Варіанти відповідей: | Нагадування основних моментів |

Продовження табл. 4.2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| | | <p>Варіанти відповідей
1;2;3;4;5;6;7;8;9</p> <p>Питання 2. Технологічні машини, призначені для обробки матеріалів різанням з метою отримання деталей заданої форми та розмірів з необхідною точністю та якістю обробленої поверхні - це....</p> <p>Питання 3. Які верстати у запропонованих відповідях (вказіть один або кілька варіантів) не відносяться до їхньої класифікації за ступенем універсальності?</p> <p>Варіанти відповідей:
А.універсальні верстати
Б.спеціалізовані верстати
В.спеціальні верстати
Г.легкі верстати
Д.середні верстати
Ж.важкі верстати
З.унікальні верстати</p> <p>Питання 4. Які існують верстати за рівнем автоматизації?</p> <p>Питання 5. Вкажіть одну або кілька правильних відповідей: які бувають верстати за розташуванням шпинделя?</p> <p>Варіанти відповідей
А.горизонтальні
Б.вертикальні
В.похилі
Г.комбіновані
Д.автомати
Ж.напівавтомати
З.спеціальні
К.універсальні</p> | |

Продовження табл. 4.2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|--|---|
| | | <p>Питання 6. Зіставте запропоновані позначення з точністю верстатів.</p> <p>1.Н
2.П
3.З
4.А
5.У</p> <p>Варіанти відповідей:
А.Нормальної точності
Б.Підвищеної точності
В.Висока точність
Г.Особливо високої точності
Д.Особливо точні</p> <p>Питання 7. У верстаті марки 16К20Ф1 вкажіть позначення системи числового програмного управління.</p> <p>Варіанти відповідей
А.К20
Б.16К
В.Ф1
Г.6К2</p> <p>Питання 8. Вкажіть один або кілька варіантів відповідей: у марці верстата 6Р82Г вкажіть, що позначають цифри "6" та "8"</p> <p>Варіанти відповідей:
А.Цифра "6" - група верстата (фрезерні)
Б.Цифра "8" - тип верстата (горизонтально-фрезерні консольні)
В.Цифра "8" - група верстата (горизонтально-фрезерні консольні)
Г.Цифра "6" - тип верстата (фрезерні)
Д.Цифра "6" - вид верстата (фрезерні)</p> | |

Продовження табл. 4.2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|--|---|
| | | <p>Ж.Цифра "8" - підвид верстата (горизонтально-фрезерні консольні)</p> <p>Питання 9. У марці верстата 3М151 що означає буква "М"?</p> <p>Варіанти відповідей:</p> <p>А.Групу верстата</p> <p>Б.Порядковий номер модернізації верстата</p> <p>В.Тип верстата</p> <p>Г.Масу верстата</p> <p>Запитання 10. Визначте тип одношпиндельних токарних автоматів.</p> <p>Запитання 11. Визначте групу зубообробних верстатів.</p> <p>Запитання 12. Визначте тип багатошпиндельних напівавтоматів свердлильних.</p> | |

4.5. Проєктування мотиваційних технологій навчання

На рис. 4.2 представимо характеристику мотиваційних технологій навчання, а в таблиці 4.3 – текст мотивації до нашого заняття

Таблиця 4.3

Визначення способів реалізації мотивації

| Способи реалізації мотивації | Внутрішня мотивація |
|--|--|
| 1 | 2 |
| Вступна мотивація
Прийом:
віднесення до ситуації | Актуальним виробничим завданням заводу «Турбоатом» є ремонт деталей та вузлів експлуатованих в Україні та за кордоном турбоагрегатів. Недоцільність, а іноді й технічна неможливість демонтажу великогабаритних деталей унеможливорює їх поточний ремонт за умов заводу. У цьому випадку ефективним і єдиним можливим є використання мобільного портативного технологічного обладнання для |

Продовження табл.4.3

| 1 | 2 |
|---|--|
| | механічної обробки відновлених та приєднувальних поверхонь недемонтованих великогабаритних деталей та вузлів турбоагрегатів. |

4.6. Проєктування технології формування орієнтовної основи діяльності на факультативному занятті

Вибір методів, форм та засобів формування ООД наведено в таблиці 4.4

Таблиця 4.4

Способи формування ООД на факультативному занятті

| Рівні засвоєння навчального матеріалу теми заняття | Форми | Методи | Засоби |
|--|------------|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| I | Фронтальна | Лекція з елементами бесіди, ілюстрація, демонстрація | Презентаційні слайди з теми плакати, відеоматеріали з теми. |
| II | Фронтальна | Дискусія є одним із видів інтерактивних освітніх технологій. Являє собою обговорення, спільне дослідження конкретної теми, завдання та явища між усіма учасниками освітнього процесу. Проведення занять-дискусій стимулює пізнавальну активність учнів, сприяє більш осмисленому овоєнню ними нових знань за допомогою підготовки аргументації та захисту своєї позиції з теми, що обговорюється. | |
| III | Фронтальна | Кейс-технологія є одним із видів інтерактивних освітніх технологій. Являє | |

Продовження табл. 4.4

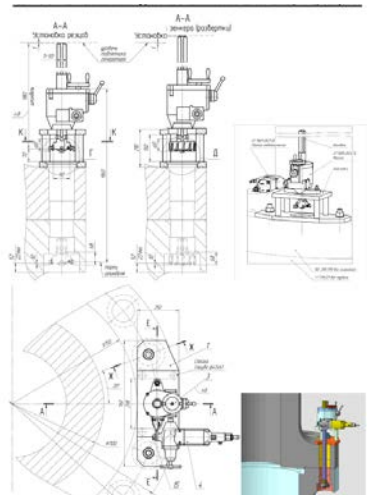
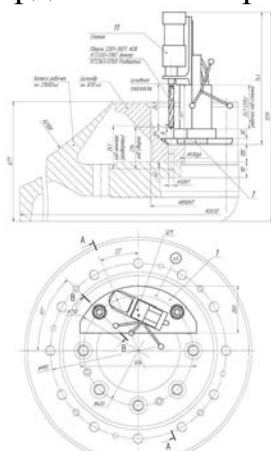
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|------------|---|---|
| | | собою роботу учнів у вирішенні завдання вигляді описи проблемної ситуації. Реалізація кейс-технології дозволяє сформулювати в учнів уміння застосовувати комплексний підхід під час вирішення професійних, практичних завдань, стимулює розвиток в учнів критичного, аналітичного, творчого мислення, soft skills. | |
| IV | Фронтальна | Ділова гра є одним із видів інтерактивних освітніх технологій. Являє собою моделювання проблемної професійної ситуації, вирішення якої досягається в процесі рольової взаємодії учасників, із встановленням правил, розробкою сюжету, формуванням команд гравцем та "групи експертів", за певним сценарієм та подальшою оцінкою прийнятого рішення. Проведення ділової гри допомагає організувати самостійну роботу учнів з придбання професійних знань та навичок, вирішення нестандартних професійних завдань у процесі спільної підготовки командних рішень. | |

4.7 Просктування технології формування виконавчих дій на факультативному занятті

Вибір методів, форм та засобів формування виконавчих дій наведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5

Способи формування виконавчих дій з теми

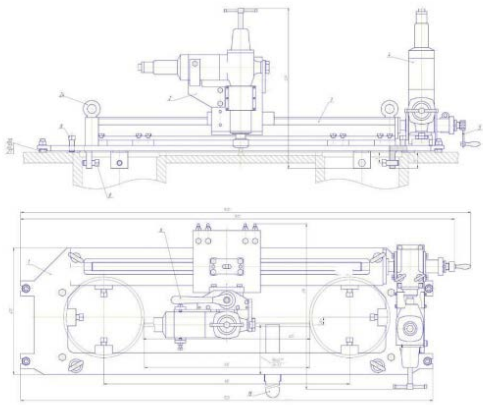
| Рівні засвоєння навчального матеріалу теми заняття | Форми | Методи | Засоби |
|--|------------|---------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| I, II, III, IV | Фронтальна | Рішення задач | <p>Завдання 1. Опишіть компонування OZCv мобільного портативного розточувального верстата</p>  <p>Завдання 2. Опишіть компонування OZCv мобільного свердлильного верстата</p>  <p>Рисунок 2 – Компонування OZCv мобільного свердлильного станка</p> <p>170</p> |

4.8 Проектування контрольних дій з теми

Вибір методів, форм та засобів формування контрольних дій наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6

Засоби контролю з теми факультативного заняття

| Рівні засвоєння навчального матеріалу теми заняття | Форми | Методи | Засоби |
|--|------------------|----------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| IV рівень | Фронтальна форма | Письмове опитування. | <p>Контрольна робота.
Завдання: Опишіть компонування ОХЗСч мобільного портативного фрезерного верстата.</p>  <p>Рисунок 3 – Компонування ОХЗСч мобільного портативного фрезерного станка</p> |

4.9 Розробка сценарію факультативного заняття

Сценарій заняття, його структура й зміст структурних елементів представлені у вигляді табл. 4.7.

Таблиця 4.7

Сценарій заняття з теми заняття «Аналіз та систематизація компонувань портативного мобільного металорізального обладнання агрегатно – модульної конструкції»

| № з/п | Структурні елементи заняття | Зміст структурних елементів |
|-------|----------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Організаційний момент | Вітання, фіксація відсутніх, перевірка зовнішньої обстановки в аудиторії. Вітання викладача. Студенти підтверджують присутності у момент переклички, налагоджуються на здійснення навчальної діяльності. |
| 2 | Повідомлення теми і мети заняття | Повідомлення теми заняття: «Аналіз та систематизація компонувань портативного мобільного металорізального обладнання агрегатно – модульної конструкції». Мета: сформувати вміння у здобувачів освіти щодо аналізу та систематизації компонувань портативного мобільного металорізального обладнання агрегатно – модульної конструкції. |
| 3 | Мотивація мети | Повідомлення важливості вивчення даної теми: «Аналіз та систематизація компонувань портативного мобільного металорізального обладнання агрегатно – модульної конструкції». Текст для формування внутрішньої мотивації представлений в табл. 4.3. |
| 4 | Актуалізація базових знань | Проведення фронтального опитування.
Метод – письмове опитування.
Форма – фронтальна.
Засіб – тестові завдання.
Перелік тестових питань представлений в таблиці 4.2. |
| 5 | Формування ООД | Викладач викладає новий навчальний використовуючи методи традиційні – пояснення, бесіда, демонстрація та інноваційні – лекція-дискусія з елементами мозкового штурму відповідно за планому заняття, який представлений у п. 4.3. |

Продовження табл. 4.7

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|--|
| 6 | Формування
ВД | Викладач проводить закріплення навчального матеріалу за допомогою методу – рішення задач, видаючи кожному студенту картки-завдання з вправами. Приклад вправ представлений в табл. 4.5. |
| 7 | Формування
КД | Викладач проводить для студентів письмове опитування у формі контрольної роботи, які представлені в таблиці 4.6. |
| 8 | Підбиття під-
сумків, видача
домашнього за-
вдання | Узагальнення засвоєного шляхом нагадування в узагальненому вигляді основних питань, розглянутих на занятті Відновлення в пам'яті основних моментів матеріалу заняття.
Видає домашнє завдання: Написати реферат по темі. |

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі представлено рішення науково-технічної задачі моделювання ділянки гнучкої виробничої системи по обробцікомплекту шестерень з річною програмою випуску 2500 комплектів.

У магістерському проекті був проведений та детально описаний аналіз засобів технологічного оснащення, огляд сучасних технологічних методів обробки деталі типу вал. Також проведений аналіз технологічності конструкції деталі, вибір та проектування заготовки, призначення припусків на обробку, також вдосконалення технології виготовлення.

Розроблена і описана формування графа-дерева маршрутної технології обробки деталей.

Створено імітаційне моделювання організаційно-технологічної структури ГВС в програмному комплексі імітаційного моделювання «СІМ».

Розроблена модель ділянки ГВС

Розглянути елементи системи якості ГВС.

Представлені деякі рекомендації щодо обладнання, інструменту та стратегій оброблення, які необхідно враховувати при моделюванні ділянки гнучкої виробничої системи з урахуванням сучасних тенденцій.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х т. Т.2./ Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Суслова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. - 5-е изд. исправл. - М.: Машиностроение, 2003г. - 944с., ил.
2. Імітаційне моделювання в задачах машинобудівного виробництва / Г.В. Біловол, М.І. Гасанов, О.О. Клочко, О.В. Набока, А.О. Скоркин, О.М. Шелковой: навчальний посібник. / за ред. О.М. Шелкового Харків: НТУ «ХП», 2019. – 500 с.
3. Шелковий О.М. Розробка графічних примітивів гнучких виробничих модулів у середовищі графічного векторного редактора LCAD: Навчально-методичний посібник. - Харків: НТУ „ХП”, 2003. - 66с.
4. Теория систем и системный анализ: учебное пособие /Л. В. Кузьменко, С.И. Кондрашов, Н. Е. Сергиенко, М. И. Гасанов и др.- Харьков: ФОП Панов А. М., 2019. - 244 с.
5. Горохов, В.А. Основы технологии машиностроения и формализованный синтез технологических процессов. В 2-х т. Основы технологии машиностроения и формализованный синтез технологических процессов: Учебник / В.А. Горохов. - Ст. Оскол: ТНТ, 2012. - 1072 с.
6. Технология машиностроения: учеб. для вузов: в 2 т. / В.М. Бурцев, А.С. Васильев, И.Н. Гемба и др.; под ред. Г.Н. Мельникова. 3-е изд., испр. и перераб. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана 2012. Т. 2. Производство машин. 551 с.
7. Основи обробки матеріалів різанням та інструмент: Навчальний посібник для підготовки молодших спеціалістів та бакалаврів машинобудівних спеціальностей / Ю. Ф. Лебеденко, С. Є. Сліпченко. – Харків: ФАКТ, 2020. – 344 с.
8. Учебное пособие «Имитационное моделирование в задачах механосборочного производства» / Шелковой А.Н., Клочко А.А. Изд-во LAMBERT, Akademik Publishing, Германия, 2015. -523с.

9. Автоматизированное проектирование технологических процессов механической обработки заготовок на станках с ЧПУ: Учебное пособие / Ю.И. Самсонов, О.Н. Анисимов, Е.А. Карев и др. Ульяновск: УлГТУ, 2000. 84с.
10. Учебное пособие «Имитационное моделирование в задачах машиностроения». /Шелковой А.Н., Клочко А.А., Скоркин А.О., Беловол А.В. Изд-во Харьков, НТУ «ХПИ», 2014. - 750с.
11. Опыт создания современных технологий изготовления нежестких деталей с применением передовых CAD/CAM/CAE систем /С.С. Доброворский, Е.В. Басова, М.И. Гасанов, Р.В. Головатый, С.А. Гаков, С.С. Гнучих//Вісник НТУ «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні – Харків: НТУ «ХПІ», 2015. – №. 4(1113). –С. 37-40.
12. Кореньков В.М. Процедура целенаправленного DFA-анализа сборочных единиц / В.М. Кореньков, В.А. Пасічник, Ю.В. Лашина // Technika i technologia montazu maszyn. – 2008. – z.72. – С. 81-87.
13. Geoffrey Boothroyd, Peter Dewhurst, Winston Anthony Knight. Product design for manufacture and assembly. 2nd ed. ISBN 10: 082470584X, CRC Press Taylor & Francis Group, 2001
14. Lucas Engineering Systems Ltd., University Of Hull, Design For Assembly / Manufacture Analysis Practitioners Manual, Version 10.5, CSC Manufacturing, Solihull, UK, 1995.
15. Автоматизированное проектирование металлорежущего инструмента: учебное пособие / В.А.Гречишников, Г.Н. Кирсанов, А.В. Катаев и др.– М.: Машиностроение, 1984, – 104 с.
16. Дударева Н.Ю., Загайко С. А. SolidWorks 2009 на примерах. – СПб.: БХВ- Петербург, 2009. – 544с.
17. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / Авторы: Алямовский А. А., Собачкин А. А., Одинцов Е. В., Харитонович А. И., Пономарев Н. Б. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 800 с.: ил.

18. Прохоренко В.П. SolidWorks. Практическое руководство. — М.: ООО «Бином-Пресс», 2004 г. — 448 с.: ил.
19. ЛоуА., КельтонВ. Имитационное моделирование [Simulation Modeling and Analysis]. СПб.: Издательство: Питер, 2004. — 848 с.
20. Алямовский А.А. Инженерные расчеты в Solid Works Simulation. М.: ДМК Пресс, 2010. -464с.
21. Дьяконов В.П. VisSim+Mathcad+MATLAB. Визуальное моделирование. - М.: Солон-Пресс, 2004.- 384 с.
22. Н.П. Бабич, И.А. Жуков Компьютерная схемотехника: Методы построения и проектирования.- „МК-Пресс”, Киев, 2004,-576 с.
23. Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения: Уч. / Б.М. Базров. - М.: Инфра-М, 2019. - 492 с.
24. Капустин, Н. М. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учеб. для вузов / Под ред. Н. М. Капустина. - М.: Высшая школа, 2004. - 415 с. -[ISBN 5-06-004583-8](#)
25. Юревич, Е. И. Основы робототехники. - 2-изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 416 с. -[ISBN 5-94157-473-8](#).
26. Кондаков А.И., Васильев А.С. Выбор заготовок в машиностроении: Справочник. М.: Машиностроение, 2007. 560 с.
27. Рогов, В. А. Технология конструкционных материалов. Нанотехнологии: учебник для вузов / В. А. Рогов. - 2-е изд., перераб., и доп. - Москва: Юрайт, 2016. - - 190 с.: ил. (Авторский учебник).
28. Машиностроение. Энциклопедия. Т. III-3 «Технология изготовления деталей машин»/ А.М.Дальский, А.Г.Суслов, Ю.Ф.Назаров и др.; Под общ. ред. А.Г.Суслова. - М.: Машиностроение, 2000. -840 с.
29. Машиностроение. Энциклопедия. Т. III-4 «Сборка машин» / Соломенцев Ю.М., Гусев А.А. и др.; Под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. - М.: Машиностроение, 2000. -760с.
30. Никифоров, А.Д. Современные проблемы науки в области технологии машиностроения. / А.Д. Никифоров. - М.: Высшая школа, 2006. -

392 с.

31. Автоматизированное проектирование технологических процессов механической обработки заготовок на станках с ЧПУ: Учебное пособие / Ю.И. Самсонов, О.Н. Анисимов, Е.А. Карев и др. Ульяновск: УлГТУ, 2000. 84с.

32. Емельянов, С.В. Информационные технологии и вычислительные системы: Интернет-технологии. Математическое моделирование. Системы управления. Компьютерная графика /С.В. Емельянов. - М.: Ленанд, 2012. - 96 с.

33. Струтинський В.Б. Математичне моделювання процесів та систем механіки. Підручник. – Житомир: МІТІ, 2001. – 612 с.

34. Хватов Б.Н., Х304 Гибкие производственные системы. Расчет и проектирование: учеб. пособие / Б.Н. Хватов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 112 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-0694-3.

35. Кравченко Л. С. Размерный анализ при проектировании, изготовлении и сборке: Учеб, пособие для студентов машиностроительных специальностей. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2009. – 352 с.

36. Якимов О.В., Гусарев В.С., Якимов О.О., Линчевський П.А. Технология автоматизированного машиностроения: Учебник.- К.: УСДО, 1993.– 440 с.

37. Проектирование технологий машиностроения на ЭВМ: Учебник для вузов/ О.В. Таратынов, Б.М. Базров, В.В. Клепиков, О.И. Аверьянов и др.; Под ред. О.В. Таратынова. –М.: МГИУ, 2006. –519с.

38. Красильникова Г., Самсонов В., Тарелкин С. Автоматизация инженерно-графических работ. – СПб: Питер, 2001. – 256с.

39. Молчанов, Д. Стародубцев Применение технологии трехмерного моделирования при освоении новых изделий
<http://www.sapr.ru/Article.asp?id=3319>

40. Пелипенко А.Б., Яблочников Е.И. Современные тенденции в развитии CAD/CAM-технологий: ориентация на процессы. // САПР и Графика, № 9, 2001, с. 82-85.

41. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002
42. Никифоров А.Д., Ковшов А.Н., Назаров Ю.Ф. Процессы управления объектами машиностроения. М.: Высшая школа, 2001. – 414с.
43. Давыгора В. Н. Теория формализованного синтеза множества альтернатив доминирующих порядков последовательно-параллельной сборки / В. Н. Давыгора, В. А. Пасечник // Вестник НТУУ „КПИ”. – К.: 2000. – № 39 / Машиностроение. С. 55–77.
44. Пасічник В. А. Принципи формування математичної моделі складальної одиниці в виді бінарних відношень обмежень рухливості / В. А. Пасічник, В. М. Кореньков // Машиностроение и техносфера XXI века. Сб. тр XV межд. науч. техн. конф., В 4-х томах. – Донецк: ДонНТУ, 2008. Т. 3. – С. 64–70.
45. Пасічник В. А. Програмне забезпечення автоматизованого формування математичної моделі складального виробу / В. А. Пасічник, Р. Р. Сімута // Вестник НТУУ „КПИ”. – К.: 2003. – № 44 / Машиностроение. С. 173–175.
46. <http://www.info.instrumentmr.ru>
47. Дипломні проекти та дипломні роботи. Загальні вимоги до виконання. СТЗВО-ХПІ-2.01-2018
48. Методические указания к выполнению экономической части дипломного проекта (бакалавры, магистры) для студентов технических специальностей / сост. С.П. Сударкина /Х.: НТУ «ХПИ», 2019. - 46 с.
49. Закон України «Про охорону праці». – Введ. 21.11.2002.
50. ГОСТ 2.0.003-74* ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – Введ. 01.01.76. Изменен 1978.
51. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Введ. 01.01.89.
52. СНиП 2.04.05-91 Строительные нормы и правила. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: Стройиздат, 1992. – 110 с.

53. ДНБ В.2.5-28-2006 Державні будівельні норми. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. – К.: Мінбуд України, 2006. – 80 с.
54. ГОСТ 12.1.003-83 * ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – Введ. 01.01.84.
55. ДСТУ ГОСТ 12.1.012: 2008. Вібраційна безпека. Загальні вимоги. – Введ. 01.01.09.
56. НРБУ-97/2000 Норми радіаційної безпеки України. Доповнення: Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення. Затвердж. постановою Головного державного санітарного лікаря України від 12.07.2000, №116.
57. ПУЭ-87 Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 648 с.
58. ГОСТ 14255 – 69 (МЭК 144-63). Аппараты электрические напряжением до 1000 В. Оболочки. Степени защиты. – Введ. 01.07.69.
59. ГОСТ 12.1.030-81* ССБТ Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. – Введ. 01.07.82. Изменен 1987.
60. НАПБ Б.03.002-2007 Нормативний акт пожежної безпеки. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установ за вибухопожежною та пожежною небезпекою. – Затвердж. наказом МНС від 03.12.2007, № 833.
61. ДБН В.1.1-7-2002 Державні будівельні норми. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К., 2003. – 41 с.
62. ГОСТ 12.1.004-91* ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – Введ. 01.07.92.
63. Кодекс цивільного захисту України – ВРУ № 5403-VI, від 02.10.2012 р.
64. Кулаков М.А., Ляпун В.О., Мягкий В.О. та ін. Цивільна оборона: навч. посібник для студентів вищих навч. закладів // за ред. Березуцького В. В. – Харків: Факт, 2008. – 312 с.