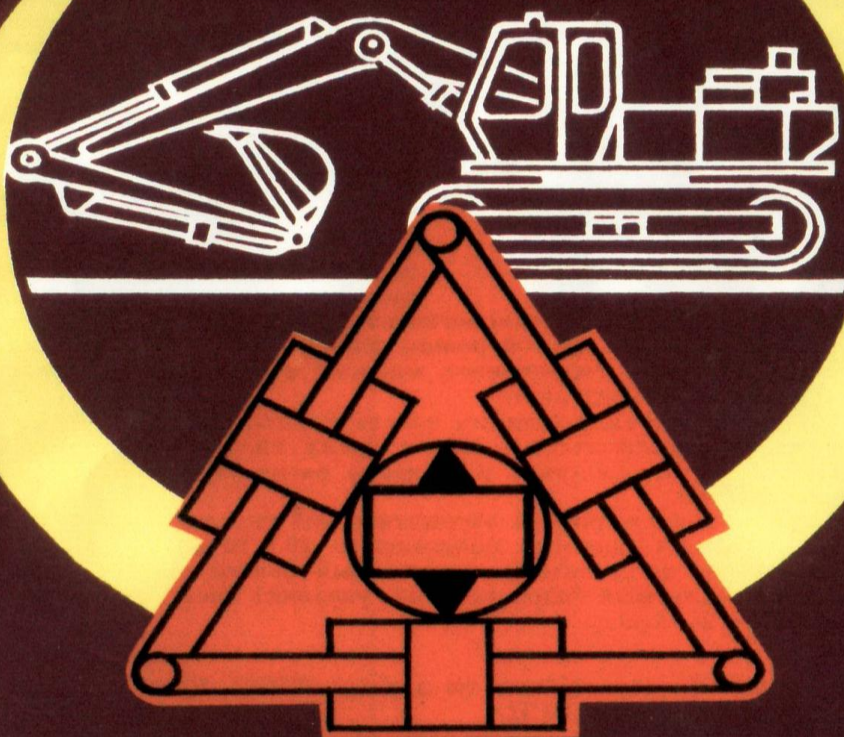


В.В. Яцун, О.В. Горпинченко, В.В. Яцун

ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ МАШИН



2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Центральноукраїнський національний технічний
університет

ЯЦУН В.В., ГОРПИНЧЕНКО О.В., ЯЦУН В.В.

ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ МАШИН

Навчальний посібник

За редакцією професора Яцуна В.В.

Кропивницький
Видавець Лисенко В.Ф.
2025

УДК 623.413.4/69

Я 25

*Друкується за ухвалою Вченої ради
Центральноукраїнського національного технічного університету
протокол № 6 від 03.03.2025 року*

Рецензенти:

В.Л. Баладінський, доктор технічних наук, професор, зав.кафедрою будівельних машин, директор НДІ «БУДМАШ» (Національний технічний університет будівництва та архітектури, м.Київ);
О.І. Волошин, доктор технічних наук, професор, зав.відділом геодинамічних систем і вібраційних технологій, член-кореспондент НАН України (Інститут геотехнічної механіки НАН України, м. Дніпро);
В.Ф. Клочков, доктор технічних наук, професор (Технічний університет, м. Кривий Ріг).

Я 25 Яцун В.В., Горпинченко О.В., Яцун В.В. Технічні основи створення машин: навчальний посібник. (видання 2-ге, доповнене і перероблене). Кривий Ріг: Видавець Лисенко В.Ф. 2025. 229 с.

ISBN 966-7531-10-4

В навчальному посібнику викладено методологічні основи процесу проектування технічних пристроїв. Висвітлені загальні принципи конструювання машин на основі уніфікації, нормалізації, забезпечення резервів розвитку, підвищення надійності та якості.

Особлива увага приділена рентабельності машин і впливу їх параметрів на сумарний економічний ефект за термін експлуатації.

Розглянуті основні питання технічної естетики, ергономіки, безпеки життєдіяльності та методів активізації творчості.

Навчальний посібник призначений для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», 274 «Автомобільний транспорт».

УДК 623.413.4/69

*Копіювання, сканування, запис на електронні носії
і тому подібне книжки в цілому або будь-якої її
частини заборонено*

- © Центральноукраїнський національний технічний університет, 2025
- © Яцун В.В., Горпинченко О.В., Яцун В.В., 2025
- © Лисенко В.Ф., 2025

ISBN 966-7531-10-4

Передмова

Основна задача майбутнього конструктора заключається в створенні технічних пристроїв, які повністю відповідають потребам народного господарства, дають найбільший економічний ефект, конкурентоспроможні і мають високі техніко-економічні та експлуатаційні показники.

Головними показниками являються: висока продуктивність, економічність, міцність, надійність, невеликі маса і металоємність, габарити, енергоємність, обсяги і вартість ремонтних робіт, витрати на оплату праці операторів, високий технічний ресурс і ступінь автоматизації, простота та безпечність обслуговування, зручність керування, збирання і розбирання.

В конструкції машин потрібно дотримуватись вимог технічної естетики. Машини повинні мати красивий зовнішній вигляд, гарне оздоблення.

При проектуванні машини конструктор повинен намагатись всебічного збільшення її рентабельності і підвищення економічного ефекту за весь період роботи. Економічний ефект залежить від обширного комплексу технологічних, організаційно-виробничих і експлуатаційних факторів. В даному навчальному посібнику розглянуті тільки ті способи підвищення економічності, які безпосередньо пов'язані з конструюванням і залежать від діяльності конструктора.

Мета даного навчального посібника – ознайомити студентів з основами методології інженерної творчості з створення нової сучасної техніки. Поставлену мету можливо досягти вивченням технології створення машин у взаємозв'язку і послідовності процесів

удосконалення техніки, з одержанням необхідних знань і початкових навиків використання наукових методів пізнання.

В результаті вивчення матеріалів наведених в навчальному посібнику студент **повинен знати:**

- основні напрямки науково-технічного прогресу в галузі машинобудування і раціонального використання машин;
- умови роботи машин на виробництві, загальнотехнічні, ергономічні і екологічні вимоги, які висуваються до них;
- структуру і методологію наукових досліджень робочих процесів машин, форми і ефективність науково-дослідної роботи;
- порядок і методику конструювання технічних пристроїв, їх випробування і освоєння виробництва;
- винахідницьку справу і основи міжнародних патентних прав.

Повинен уміти:

- використовувати апарат загальнонаукових і загальнотехнічних дисциплін для вирішення технічних задач даної галузі з елементами наукових досліджень;
- розроблювати математичні моделі робочих процесів машин;
- планувати і проводити необхідні експериментальні дослідження з використанням сучасних методів і апаратури;
- використовувати сучасні методики конструктивної компоновки машинних систем.

Основна задача посібника розкрити майбутньому фахівцю можливості творчого активного конструювання. Активно конструювати – це значить: не сліпо копіювати існуючі зразки, а конструювати осмислено, вибираючи із всього арсеналу конструктивних рішень, накопичених сучасним машинобудуванням, найбільш доцільні в даних умовах; уміло поєднувати різні рішення і знаходити нові, вдосконалені, тобто конструювати з творчою ініціативою, з винахідництвом; враховувати динаміку розвитку промисловості і створювати живі, гнучкі, багаті резервами машини спроможні задовольняти вимоги народного господарства і застраховані на тривалий термін від морального старіння.

1. ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ ТА МАШИН

1.1 Системний підхід при проектуванні технічних пристроїв

Процес створення технічних пристроїв та машин складається з проектування, підготовки виробництва і освоєння випуску. При проектуванні розроблюється документація, яка включає всі дані, необхідні для матеріального втілення технічного задуму на наступних стадіях. Проектування - це узагальнене поняття, яке має на увазі чорнове, переважно розумове пропрацювання, методи наукового та інженерного прогнозування, експериментальні дослідження, які виконують перед вибором того чи іншого варіанту технічного рішення. Конструювання є тим етапом проектування, на якому задум перетворюється в технічну документацію. Таким чином, конструктор,

на відміну від проектувальника, повинен розробити у вигляді креслень суворо однозначну основу для подальшої діяльності виробників [12, 31, 33, 34, 36, 40, 43, 44, 45, 47, 51, 55].

Вислів “технічний пристрій” має дуже широке поняття. Під ним ми розуміємо самі різноманітні предмети від маленьких і простих до найскладніших і найбільших машин, приладів, транспортних засобів всіх видів і, на кінець, цілих промислових установок.

Але конструкцію любого технічного пристрою завжди можливо представити як сукупність конструкцій складальних одиниць і деталей, які знаходяться в визначеному взаємозв'язку і забезпечують потрібне функціонування.

З позиції системного підходу технічний пристрій можливо розглядати як ієрархічну систему, що складається з структурних складових різного рівня. В конструкції технічного пристрою чітко проявляються особливості системи - взаємозв'язок між складальними одиницями і деталями. На рис.1 зображена конструкція технічного пристрою у вигляді ієрархічної системи. Технічний пристрій T складається з деякого числа складальних одиниць ($C_1 T, C_2 T, \dots C_i T$), кожна з яких в свою чергу може складатися з деякого числа деталей ($D_1 C_i T, D_2 C_i T, \dots D_j C_i T$). При цьому одна і та ж деталь може входити в різні складальні одиниці. Це відображає принцип уніфікації деталей і розглядається як повторюваність деталей в технічному пристрої. В свою чергу окремі частини (функціональні і структурні) деталі ($Ч_1 D_j C_i T, Ч_2 D_j C_i T, \dots Ч_k D_j C_i T$) можуть входити в конструкцію деталей різних найменувань. В цьому відображається уніфікація частин конструкції деталей. На нижній сходинці ієрархічної структури знаходяться елементи системи - поверхні деталей ($П_1 Ч_k D_j C_i T, П_2 Ч_k D_j C_i T, \dots$

P_m, C_k, D, C, T), які також можуть бути уніфіковані. Слід відзначити, що під поверхнею розуміють не тільки характеристику форми, але також параметри шорсткості і точності.

Наведену схему можливо використовувати при розв'язанні різноманітних задач в процесі проектування технічного пристрою, складальних одиниць, деталей і т.п. В цьому якраз і заключається принцип системного підходу до проектування, коли, вважаємо технічний пристрій як ціле, робимо аналіз і проектуємо його частини. Системний підхід також може бути використаний при формалізації технічних задач. В даному випадку любую технічну задачу можливо представити у вигляді трьох системних об'єктів: **початкового стану, кінцевого результату і процесу перетворення першого в останній.**

Ці три складові технічної задачі можуть бути відомими вхідними або невідомими пошуковими. Таким чином, позначивши початковий стан **a** і **x**, кінцевий результат – **c** і **z**, а процес перетворення **v** і **y**, одержимо вісім видів технічних задач: 1 - **авс**; 2 - **хвс**; 3 - **хус**; 4 - **аус**; 5 - **хвz**; 6 - **ауз**; 7 - **авz**; 8 - **хуз**.

Всі ці види технічних задач можливо охарактеризувати за допомогою таблиці 1. Технічні задачі виду **авс** є конструкторськими. В них відомо тип технічного пристрою, середовище опрацювання (процес) і кінцевий результат.

В залежності від складності розрізняють шість рівнів конструкторських задач (таблиця 2).

На рис. 2 наведено етапи створення технічного пристрою. Перші три рівня **v₁**, **v₂**, **v₃** характеризують екстенсивний шлях розвитку

технічних пристроїв, четвертий \mathbf{v}_4 і п'ятий \mathbf{v}_5 рівні - є рівнями, яким притаманний інтенсивний шлях розвитку технічних пристроїв при

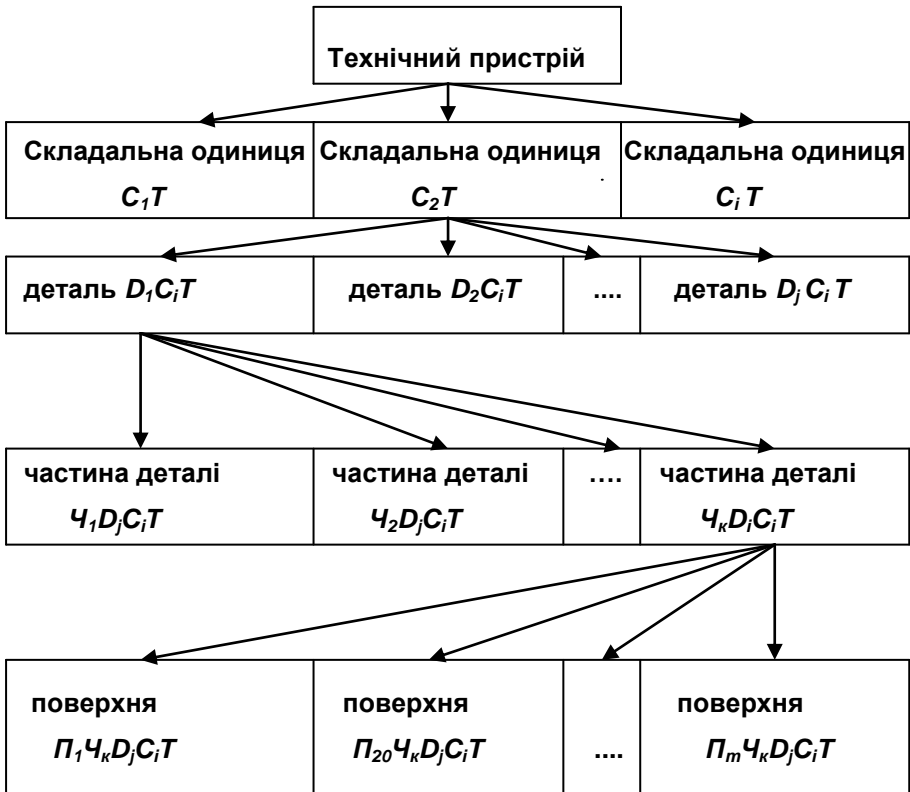


Рисунок 1 - Конструкція технічного пристрою в вигляді ієрархічної системи

збереженні існуючих технологічних схем або використанні нової технологічної схеми.

Шостий рівень \mathbf{v}_6 переводить технічний пристрій в клас технічних задач виду $\mathbf{ay}^*\mathbf{c}$. В цьому випадку йдеться про створення

або використання піонерського винаходу на спосіб і пристрій. При вирішенні цієї технічної задачі проявляється інтенсифікація розвитку технічних пристроїв. Задача знову переходить в клас конструкторських типу **авс** і знову проходить всі рівні. Процес проектування технічних пристроїв являє собою комплексну задачу, при вирішенні якої повинні враховуватися **економічні, соціальні, технічні, експлуатаційні і спеціальні вимоги**, що висуваються при створенні техніки [12, 35, 47, 48, 55].

Економічні вимоги відносяться як до процесу експлуатації технічних пристроїв, так і до процесу їх виробництва. Обов'язковою умовою виконання економічних вимог, які ставляться при створенні техніки, є забезпечення мінімальних витрат пов'язаних з процесом її експлуатації та виготовлення на заводі. Тому продуктивність технічного пристрою, що забезпечує їм продуктивність праці обслуговуючого персоналу і собівартість отриманої продукції, відноситься до найважливіших економічних показників нової техніки.

Виконання економічних вимог, що відносяться до сфери виготовлення технічних пристроїв, пов'язане в першу чергу з технологічністю виготовлення їх конструкцій. Це дозволяє при заданому об'ємі випуску і конкретних умовах виробництва виготовити технічний пристрій з найбільшою продуктивністю праці і найменшою собівартістю. Важливою економічною вимогою при цьому є забезпечення найменшої можливої маси, що пов'язано з загальнодержавною задачею економії матеріалів і позитивно впливає на зниження собівартості виготовлення технічного пристрою [4, 50].

Виконання **соціальних** вимог заключається в забезпеченні максимальної безпеки, легкості керування і найкращих умов праці для

обслуговуючого персоналу. Безпека обслуговування досягається виключенням можливості враження робочих струмом, травмування рухомими частинами, введенням дистанційного або автоматичного керування. Зведенням до мінімуму шкідливих впливів пилу, газів, вібрацій.

Соціальні вимоги необхідно розглядати як обов'язкові, так як умови праці робітників, що обслуговують технічні пристрої, відносяться до найбільш тяжких і небезпечних, особливо при підземних гірничих роботах.

Технічні вимоги заключаються в першу чергу в тому, що нові технічні рішення повинні базуватись на останніх досягненнях науки і техніки і мати основні параметри не нижче стандартів світового рівня.

Технічні пристрої повинні мати високі режимні параметри для забезпечення необхідної продуктивності (міцність, надійність, довговічність, енергоозброєність, к.к.д. і т.д.), а також виконання своїх робочих функцій з мінімальними енерговитратами.

При проектуванні повинні бути закладені передумови збільшення ступеню використання технічного пристрою в часі за рахунок збільшення надійності, передбачені резерви подальшого конструктивного удосконалення.

Основні **експлуатаційні** вимоги вказані в технічному завданні на проектування. Їм потрібно приділяти першочергову увагу при розробці конструкції на стадії її випробувань і при виконанні доводочних робіт. При розробці конструкції необхідно виходити з того, що працездатність в процесі експлуатації буде підтримуватися проведенням технічного обслуговування і ремонтів. З цією метою потрібно передбачати:

Таблиця 1 – Види технічних задач

| Системні об'єкти задачі | Типологічна характеристика технічної задачі | Приклади типових задач |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1. $a \rightarrow v \rightarrow c$ | Системні об'єкти задачі відомі | Створення параметричних рядів, (розмірно-подібних, типорозмірних) |
| 2. $a \rightarrow y \rightarrow c$ | Невідомий спосіб перетворення з початкового стану в кінцевий результат | Добування корисних компонентів та інше |
| 3. $x \xrightarrow{\quad} v \xrightarrow{\quad} c$ | Невідомий початковий стан | Створення нових сплавів з заданими властивостями (наприклад, нових марок гуми) |
| 4. $x \rightarrow y \rightarrow c$ | Відомий лише кінцевий результат | Створення нових матеріалів з заданими властивостями (наприклад, нових марок цементів) |
| 5. $x \rightarrow v \rightarrow z$ | Відомий лише спосіб, призначений для перетворення невідомого початкового стану в невідомий кінцевий результат | Запропонувати спосіб або конструкцію раціонального застосування в техніці (наприклад, електрогідрравлічного ефекту) |

Продовження таблиці 1

| 1 | 2 | 3 |
|---------------------------------------|--|---|
| 6. $a \rightarrow y \rightarrow z$ | Відомий лише початковий стан. Задача по створенню безвідходних технологій | Запропонувати спосіб раціонального використання доменних шлаків, відвалів териконів |
| 7. $a \rightarrow v \rightarrow z$ | Відомий кінцевий результат | Запропонувати спосіб застосування газотурбінного двигуна, який зняли з літака але ще придатного до використання (конвертування) |
| 8. $x \rightarrow y \rightarrow z$ | Не відомий ні один компонент задачі. Задачі не існує | |

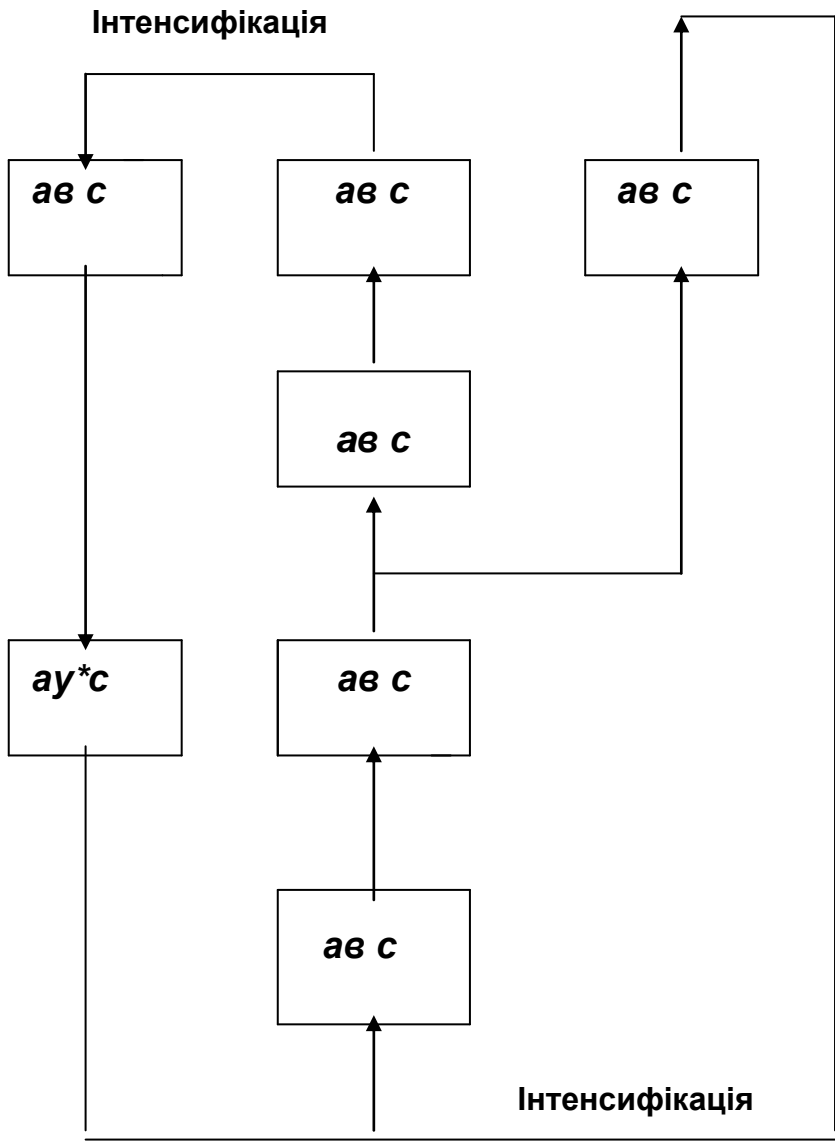


Рисунок 2 - Етапи створення технічного пристрою

- доступність вузлів технічного пристрою для технічного обслуговування і ремонту;
- можливість використання способів і методів контролю технічного стану вузлів технічного пристрою ;
- можливість швидкої заміни вузлів і частин технічного пристрою, що піддається найбільш інтенсивному зносу або руйнації.

Технологічні вимоги направлені на зменшення затрат праці і засобів при виготовленні конструкцій. До них відносяться :

- простота конструкції, яка досягається максимальним спрощенням кінематичних схем і зменшенням числа деталей в конструкції;
- простота форм деталей, раціональний вибір матеріалу та способу отримання заготовок з метою економії матеріалу при найбільшому коефіцієнті використання;
- правильне назначення точності виготовлення деталей і чистоти оброблених поверхонь, зменшення розмірів поверхонь обробки;
- правильний вибір посадок і допусків, які забезпечують точну взаємодію деталей, взаємозамінність, дотримання розмірних ланцюгів, які забезпечують мінімальний об'єм доводочних робіт при складанні;
- максимальне використання в конструкції стандартних і нормалізованих деталей;
- збільшення кількості однакокових розмірів і елементів конструкцій (нормальних діаметрів, посадок, різьб і т.п.);

Таблиця 2 - Рівні конструкторських задач

| Рівень Задачі | Задача конструктора | Повнота запису технічних рішень | Аналог | Творчий рівень |
|------------------|---|------------------------------------|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Зміна типорозміру, агрегативання, переробка конструкторської документації і т.д. | Повна конструктивна | Машина, яка задовольняє всі основні вимоги | |
| 2 | Доведення машини, усунення конструктивних недоліків при запуску в серію і т.д. | Неповна конструктивна | Машина, яка задовольняє більшість основних вимог | Зміна конструкції окремих деталей з метою підвищення їх міцності, технологічності і т.д. |
| 3 | Заміна окремих функціональних елементів машини більш удосконаленими | Функціональна | Машина з нормальною функціональною схемою, але з недостатнім ресур- сом, точністю і т.д. | Використання відомих вдалих технічних рішень, винаходів, які відносяться до окремих вузлів машини |

Продовження таблиці 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|--|------------|---|--|
| 4 | Розробка функціональної схеми і підбір елементів, що її реалізують | Принципова | Машина з нормальною технологічною схемою але не задовольняє основні вимоги (продуктивність, економічність і т.д.) | Використання або створення винаходу відносно машини в цілому. |
| 5 | Розробка принципу роботи на базі нової технологічної схеми. Дослідно-конструкторська розробка | Цільова | Машина, що забезпечує досягнення тієї ж мети, але не має досконалої технологічної схеми | Використання або створення винаходу на спосіб і винаходів на пристрій, що відноситься до машини в цілому |
| 6 | Виявлення технологічних можливостей використання нового фізичного явища. Дослідно-конструкторська розробка | Відсутня | Відсутня | Створення піонерського винаходу на спосіб і пристрій |

- збільшення кількості закупних деталей і вузлів, виготовлених на спеціалізованих заводах.

Спеціальні вимоги обумовлені специфічними умовами роботи технічних пристроїв. При проектуванні технічних пристроїв потрібно використовувати прогресивні технічні рішення, намагатись не сліпо копіювати існуючі зразки, а конструювати розсудливо, вибирати із всього арсеналу конструктивних рішень, розроблених сучасним машинобудуванням, найбільш доцільні в даних умовах. Необхідно також співставляти різні рішення і знаходити нові, кращі.

Велике значення має також правильне використання конструкційних і різних неметалевих композитних матеріалів.

Різні частини однієї деталі мають різні критерії працездатності, наприклад, основне тіло деталі піддається критеріям міцності і жорсткості, а верхні шари – умові зносостійкості або корозійної стійкості. Навряд чи можливо признати доцільним виготовлення станин металоріжучих верстатів з металу, який істотно легований по всьому об'єму, тільки для того, щоб підвищити зносостійкість тонкого поверхневого шару, або виконання лопатей гідравлічних турбін з нержавіючої, тобто високолегованої сталі. Тому багато деталей виконують бі - і поліметалічними або з неметалевим покриттям. Так, вкладиші підшипників спочатку виготовляли суцільними, потім бі - і поліметалічними. Потім здійснюється перехід до поліметалічних – які штамнуються з стрічки.

Находять застосування біметалічні лаковані (тобто, які покриті тонким шаром іншого металу або сплаву) планки направляючих верстатів.

Деталі машин, які працюють в агресивному середовищі, покривають нержавіючою, або хімічно стійкою сталлю чи пластмасою.

Для підвищення міцності деталей застосовують армування. Армування отримало широке розповсюдження в залізобетонних будівельних конструкціях, зокрема в залізобетонних деталях машин. Стальними стержнями армують литі деталі із матеріалів з низьким опором розтягуванню. Для особливо швидкохідних підшипників кочення успішно застосовують армовані пластмасові сепаратори.

Швидкорухомі деталі машин, які навантажені в основному масовими силами, але одночасно піддаються значним місцевим навантаженням або зносу, успішно виконують з легких сплавів з залитими елементами з сталі або чавуну. Сюди відносяться шківні, гальмівні барабани, повзуни швидкохідних стругальних або довбальних верстатів.

Великі перспективи мають волокнисті металеві матеріали. Вони уявляють собою композиції з високоміцних волокон в м'якій основі (матриці). Основне навантаження сприймають волокна, а матриця забезпечує їх рівномірне розподілення. Вважається можливим на протязі найближчих десятиків років підвищення питомої міцності конструкційних композиційних матеріалів проти сучасних металів і сплавів в 10 разів.

Композиційні матеріали застосовують для найбільш напружених деталей, які обмежують підвищення параметрів машин, зокрема у випадку для лопатей швидкохідних турбомашин.

Фелт-метал – це металевий войлок. Його отримують войлокуванням металевих волокон, пресуванням для отримання потрібної щільності і спіканням для щеплення в місцях контакту. Фелт-

метал застосовують у фільтрах, віброгасниках, в звукоізоляційному захисті. Можливо застосування в теплових екранах і ізоляторах, для підшипників ковзання та інших вузлів.

Металокерамічні матеріали, як відомо, виготовляють з металевих порошків пресуванням під високим тиском і наступним спіканням при високій температурі. Металокерамічні матеріали використовують як антифрикційні підшипникові і як фрикційні гальмівні. Вони економічно вигідні при достатній серійності виробництва. Металокерамічні матеріали наносять на сталеві диски або колодки і з'єднують шляхом спікання під тиском. Сталеві поверхні завчасно міднять електролітичним шляхом. Товщина дисків з металокерамічними покриттями на 30-40% менше, ніж з приклепуванням асбофрикційними. Зносостійкість металокерамічних поршневих кілець близька до зносостійкості хромового покриття і в 2-2,5 рази вище – ніж у чавунних.

Графітові матеріали застосовують як антифрикційні в ущільненнях і в меншому мірі – в підшипниках при неможливості забезпечити рідинне тертя або роботу з мащенням, при високих (до 2500°C) і при низьких температурах.

Використовують графіт у чистому вигляді і з пропиткою металевими матеріалами: свинцем, бронзою.

Механізм роботи складається в шаруванні мілких чарунок, які служать змащуванням. Графітові матеріали погано працюють у вакуумі.

В останні десятиріччя спостерігається досить швидкий ріст виробництва з застосування пластичних мас. Це пояснюється, з однієї

сторони, добрими технологічними властивостями пластмас, з другої – багатогранністю їх корисних експлуатаційних властивостей.

За призначенням пластмаси можливо розділити на наступні п'ять груп: *конструкційні*, в тому числі високої, середньої і низької міцності, *теплостійкі*, *декоративно-оздоблювальні і лицювальні*; *фрикційні і антифрикційні*; *електротехнічні*; *звуко- і теплоізоляційні*; *антикорозійні і стійкі до агресивного середовища*.

Пластмаси виготовляють у вигляді листів, прутків, труб, прес-порошків і готових виробів.

Форма пластмасових деталей повинна задовольняти визначеним технологічним вимогам: допускати виготовлення за допомогою нероз'ємних матриць і пуансонів, тобто не мати тінювих ділянок; сприяти вільному протіканню маси; мати плавні поверхні і закруглення, якщо вони допустимі. Товщину стінок за можливістю слід робити однаковою. Потрібно допускати технологічні нахили, якщо вони не перешкоджають правильній роботі деталей. Для деталей типу пластин, для тонкостінних деталей з висотою до 30 мм нахили не потрібні [13, 30, 39, 48, 51, 59].

1. 2 Основні принципи конструювання

1.2.1 Задачі конструювання

Задача конструктора заключається в створенні машин, які б повністю відповідали потребам народного господарства, давали найбільший економічний ефект і мали найбільш високі техніко-економічні і експлуатаційні показники [5, 10, 12, 44, 48, 51, 54, 56, 57].

Головні показники наступні: *висока продуктивність, економічність, міцність, надійність, невелика маса і металоємкість, габаритні розміри, енергоємність, обсяг і вартість ремонтних робіт, затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, високий ресурс довговічності і ступінь автоматизації, простота і безпечність обслуговування, зручність керування, збирання і розбирання.*

В конструкції машин необхідно враховувати вимоги *технічної естетики*. Вони повинні мати гарний зовнішній вигляд, красиве гармонічне оздоблення.

В залежності від призначення машини переважну увагу приділяють тим або іншим з перерахованих показників. При проектуванні машини, конструктор повинен добиватися всебічного збільшення її *рентабельності і підвищення економічного ефекту* за весь період роботи. Економічний ефект залежить від широкого комплексу технологічних, організаційно-виробничих і експлуатаційних факторів.

1.2.2 Економічні основи конструювання

Економічний фактор відіграє першочергове значення в конструюванні. Окремі успіхи при проектуванні елементів конструкції не повинні знецінювати основної мети конструювання – збільшення економічного ефекту від машини [50].

Помилкова думка про те, що економічна сторона конструювання зводиться до того, щоб зменшувати вартість машини на стадії виготовлення, запобігати складних і дорогих рішень,

застосовувати більш дешеві матеріали і найбільш прості засоби обробки. Це тільки невелика частина задачі. Велике значення має те, що економічний ефект визначається величиною корисної віддачі і сумою експлуатаційних витрат за весь період роботи машини. Вартість машини є тільки однією (не завжди головною, а інколи і малозначною) складовою цієї суми.

Економічно направлене конструювання повинне враховувати весь комплекс факторів, які визначають економічність машини, і правильно оцінювати відносне значення цих факторів. Це правило часто ігнорують. Прагнучи до здешевлення продукції, конструктор досить часто добивається економії в одному напрямку і не помічає інших, більш ефективних шляхів підвищення економічності. Більш того особиста окрема економія, яка здійснюється без врахування сукупності всіх факторів, нерідко веде до зниження сумарної економічності машин.

Головні фактори, що визначають економічність машин -- *корисна віддача, довговічність, надійність, витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, споживання енергії і вартість ремонтів.*

Корисна віддача

Корисна віддача виражається вартістю продукції або корисної роботи, яка виконується технічним устаткуванням за одиницю часу. Величина корисної віддачі залежить від продуктивності машини і від вартості одиниці продукції або виконаної роботи. Збільшення віддачі – комплексна задача, рішення якої в багатьох випадках залежить від правильної експлуатації. Для автотранспортних засобів, наприклад, експлуатаційні заходи підвищення віддачі заключаються в скороченні холостих пробігів, збільшення технічної

швидкості їзди, підвищення вантажопідйомності (використання причепів) і т.д. Продуктивність машин-знарядь підвищують інтенсифікацією технологічних операцій, застосуванням пристроїв і спеціального оснащення.

В основному дану задачу потрібно вирішувати конструктивними заходами. Машині потрібно надати найбільш можливу продуктивність, погоджену з реальними вимогами виробництва і перспективами його розвитку. Робочі органи слід розраховувати на максимальний об'єм операцій з відповідним вибором їх кінематики, потужності, міцності і жорсткості.

Головні способи підвищення продуктивності машин:

- збільшення числа одночасних операцій при виготовленні виробу;
- збільшення числа виробів, що одночасно оброблюються;
- скорочення тривалості технологічного циклу;
- автоматизація технологічного процесу.

Надійність технічних пристроїв.

Згідно ДСТУ 2860-94 "Надійність техніки. Терміни та визначення", *надійність – це властивість машини виконувати визначені паспортом функції в продовж заданого терміну з встановленими експлуатаційними характеристиками. Надійність характеризується працездатністю, довговічністю та іншими показниками [14, 25].*

Працездатність – стан машини або технічного пристрою, при якому вони здатні виконувати задані функції, зберігаючи значення заданих параметрів в межах, які встановлені нормативно-технічною документацією. З поняттям працездатності тісно пов'язано поняття

довговічності машини. *Працездатність і довговічність – основні характеристики технічного стану конструкції.*

Довговічність (ДСТУ 3960-2000) - *здатність машини зберігати працездатність до визначеного граничного стану; цей стан визначається неможливістю подальшої експлуатації у зв'язку з відмовою, зниженням ефективності використання або порушенням режиму роботи [14, 25].*

Критерії довговічності

Розпізнають розрахункову (номінальну) $D_{ном}$ і фактичну D довговічність. Фактична довговічність часто значно відрізняється від розрахункової. Вона зменшується при систематичному перевантаженні, роботі на підвищених швидкостях, режимах, в не сприятливих кліматичних умовах і т.ін. При полегшених умовах роботи довговічність зростає. Вплив умов роботи на довговічність враховується введенням коефіцієнту режиму $\eta_{реж}$. Значення коефіцієнту режиму визначається диференційованим вивченням умов і режимів експлуатації. При відсутності точних даних в першому наближенні можливо прийняти: для середніх умов експлуатації $\eta_{реж} = 1$; важких – 1,2...1,5; легких – 0,7...0,8.

Термін служіння – *це загальна тривалість перебування технічного пристрою в експлуатації (в роках) до вичерпання ресурсу довговічності.* Для пристроїв неперіодичної дії термін служіння визначається як частка від ділення довговічності, яка виражається числом операцій (одиниць роботи), на їх середнє число за рік.

Наприклад, термін служби автомобіля, розрахованого на сумарний пробіг, км:

$$H = \frac{L}{\ell \eta_{реж}}$$

де, $\eta_{реж}$ – коефіцієнт режиму; L - середній кілометраж, який проходить автомобіль за рік.

Для технічних пристроїв, довговічність яких обчислюють в одиницях часу, термін служіння (в роках) рівний частці від ділення довговічності D на коефіцієнт використання $\eta_{вик}$, який характеризує середню за період роботи машини ступінь фактичного її використання без врахування всього холостого часу. З урахуванням коефіцієнту режиму:

$$H = \frac{D}{\eta_{исп} \eta_{реж}}$$

Коефіцієнт використання в загальному випадку:

$$\eta_{вик} = \eta_{сез} \eta_{вих} \eta_{рем} \eta_{зн} \eta_{маши} \eta_{заг} \eta_{пр}$$

Коефіцієнт сезонності $\eta_{сез}$ визначається відношенням тривалості сезону роботи устаткування до загального числа днів у році:

$$\eta_{сез} = \frac{h_{сез}}{365}$$

До числа машин, тривалість дії яких обмежена кліматичними і сезонними умовами, належить більшість сільськогосподарських машин, дорожні, снігоприбиральні машини, судовий транспорт з обмеженим періодом навігації. Для деяких категорій технічних пристроїв (спеціалізовані сільськогосподарські машини, наприклад,

картоплезбиральні, бавовнозбиральні) $\eta_{сез} = 0,05...0,02$. Для пристроїв, що використовують цілий рік, $\eta_{сез} = 1$.

Коефіцієнт вихідних днів $\eta_{вих}$ – відношення числа робочих днів у році до загального числа днів. При п'ятиденному робочому тижді число робочих днів $52 \times 5 = 260$, а за вирахуванням вихідних днів – 255 днів.

Відповідно, $\eta_{вих} = 255/365 = 0,7$. Цей коефіцієнт дійсний для обладнання, яке працює у календарному режимі. Для агрегатів, які працюють безперервно на протязі всього року (доменні агрегати, обладнання теплосилових станцій), $\eta_{вих} = 1$.

Коефіцієнт змінності $\eta_{зн}$ – відношення тривалості змін в годинах, на протязі яких працює технічне устаткування, до числа годин в добі: $\eta_{зн} = h_{зн}/24$.

При 8-годинному робочому дні і одно-, дво- і трьохзмінній роботі відповідно $\eta_{см} = 0,33; 0,66$ і 1 .

Коефіцієнт ремонтних простоїв $\eta_{рем}$ – середнє відношення тривалості $h_{ф}$ фактичної роботи технічного устаткування до суми тривалості простоїв в ремонті:

$$\eta_{рем} = \frac{h_{ф}}{h_{ф} + h_{рем}}$$

Цей коефіцієнт залежить в першу чергу від надійності машини, яка визначає тривалість міжремонтних термінів і об'єм ремонтних робіт, і від рівня організації праці, а також від тривалості перебування технічного приладу в експлуатації. Незначні на перших етапах експлуатації, ремонтні простої збільшуються в міру зношування машин і до кінця терміну служби можуть досягати великих значень.

Для технологічних машин, які працюють за календарним режимом, в середньому $\eta_{рем} = 0,85...0,95$. Для інших категорій значення змінюються в широких межах.

Для технічних пристроїв машин сезонного і різко періодичної дії $\eta_{рем} = 1$, так як вони ремонтуються майже завжди в періоди бездії.

Коефіцієнт машинного часу $\eta_{маш}$ – відношення машинного часу $h_{маш}$ (час фактичної роботи) до суми машинного і допоміжного $h_{доп}$ часу (який затрачується на установку і зняття виробу, настройку і регулювання, обслуговування і догляд):

$$\eta_{маш} = \frac{h_{маш}}{h_{маш} + h_{доп}}$$

Цей коефіцієнт дійсний для машин-знарядь з ручним керуванням, які обслуговуються операторами (наприклад, металооброблюючі верстати, ковальсько-пресове обладнання). Він залежить від типу обладнання, досконалості організації робочого процесу, розмірів партії виробів. Для металорізючих верстатів в середньому $\eta_{маш} = 0,8...0,9$. З збільшенням ступеню амортизації значення $\eta_{маш}$ наближується до 1.

Коефіцієнт завантаження $\eta_{зав}$ – відношення $h_{ф}$ тривалості фактичної роботи до суми фактичної роботи і холостого часу $h_{хол}$ – простоїв за той же період, які визвані виробничою неможливістю забезпечити повне завантаження технічного пристрою:

$$\eta_{зав} = \frac{h_{ф}}{h_{ф} + h_{хол}}$$

Низький коефіцієнт завантаження мають прилади і машини, які працюють без часового графіка, і машини не періодичної дії з нерегламентованим завантаженням (допоміжні, аварійні, ремонтні). Як правило, низьке значення коефіцієнту $\eta_{зав}$ у технологічних машин – наслідок дефектів виробничого планування, неправильного підбору обладнання за чисельністю, типажу і продуктивності, а також нестабільності профілю продукції. В виробництвах з змінними об'єктами величина $\eta_{зав}$ залежить від типу об'єкта, який знаходиться в даний момент в виробництві, характеру обробки його деталей, а тому може змінюватись з часом. Наприклад, при обробці деталей з перевагою токарних операцій завантажені верстати токарної групи; інші верстати (фрезерні, розточувальні) не завантажені або простоюють.

В дрібносерійному виробництві $\eta_{зав} = 0,7...0,75$, в серійному $0,8...0,85$; в крупносерійному $0,9...0,95$. При безрозривно – потоковому масовому, стабільному у часі виробництві $\eta_{зав} = 1$.

Коефіцієнт вимушених простоїв $\eta_{пр}$ – середнє відношення фактичної роботи машини h_{ϕ} до суми h_{ϕ} і часу $h_{пр}$ простоїв, які визвані неполадками і несправностями, що усуваються на місці:

$$\eta_{пр} = \frac{h_{\phi}}{h_{\phi} + h_{пр}}$$

Значення цього коефіцієнту для надійно виконаних і таких, що правильно експлуатуються технічних пристроїв близьке до одиниці. У технічних пристроях з дефектами конструкції або працюючих при некваліфікованому догляді $\eta_{пр}$ значно менше одиниці.

Розрахункова довговічність

Для технічних пристроїв, що працюють за календарним режимом, ступінь використання, а відповідно, і співвідношенням між періодом служби H і довговічністю D залежить переважно від $\eta_{см}$. Для роботи в одну, дві і три зміни приймаються відповідно значення $\eta_{см} = 0,33; 0,666$ і 1 . Для цілодобової роботи з урахуванням вимушених простоїв, приймається $D = 0.95 H$.

Шляхи керування надійністю в процесі виробництва машин

Основні фактори, що обмежують надійність, наступні: руйнування деталей; зношування поверхонь тертя; пошкодження поверхонь в результаті дії контактних напружень, наклепування і корозії; пластичні деформації деталей, які визивають місцеві або загальні переходи напружень за межу плинності або (при підвищених температурах) повзучості.

В технічних пристроях загального призначення можливо повне усунення пошкоджень. При існуючому на сьогодні асортименті машинобудівних матеріалів і методах виготовлення, сучасному стані науки про міцність, в цьому класі технічних пристроїв немає деталей, яким не можливо було б надати практично необмежену довговічність.

У випадку технічних пристроїв напруженого класу, наприклад транспортних, ця задача складніша. Вимоги габаритних розмірів і маси обумовлюють підвищення розрахункових напружень, внаслідок чого вірогідність поломок збільшується. Але постійне удосконалення технологій зміцнення і уточнення методів розрахунку дозволяють і в даному випадку усунути або значно зменшити межі міцності лімітів довговічності.

В найгіршому положенні знаходяться теплові машини, довговічність яких залежить в першу чергу від стійкості деталей, що працюють при високих температурах.

Міцність матеріалів різко знижується з збільшенням температури. Крім того, при підвищених температурах виникає явище повзучості (пластична плинність матеріалу) під дією порівняно невеликих напружень, які приводять до зміни початкових розмірів деталі і як наслідок до втрати її працездатності.

Практично довговічність в найбільшій мірі визначається зношуваністю деталей. Поступовий знос веде до загального погіршення показників, зниженню точності виконуваних машиною операцій, падіння ККД, збільшення енергоспоживання і зниження корисної віддачі. З часом зношування вступає в катастрофічну стадію. Прогрес пошкоджень викликає поломки та аварії (руйнування підшипників кочення, викришування зубів зубчатих коліс і т.д.).

Основний вид зношування в технічних пристроях – механічний, який підрозділяється на абразивний, знос при терті ковзання, знос при терті кочення і контактний. Деякі деталі піддаються зносу хімічному (корозійному), тепловому, кавітаційно-ерозійному. Різні види зносу та їх фізико-механічна природа вимагає диференційного вивчення і спеціальних методів запобігання.

Головні способи підвищення зносостійкості при механічному зносі: *збільшення твердості поверхонь тертя, підбір матеріалів пар тертя, зменшення тиску на поверхні тертя, підвищення якості поверхонь і правильне змащування.*

Сучасна технологія має ефективні засоби підвищення твердості поверхонь: *цементация і обробка струмами високої*

частоти (HV 500...600), азотування (HV 800...1200), дифузійне хромування (HV 1200...1400), плазмове наплавлення твердим сплавами (HV 1400...1600), борування (HV 1500...1800), бороціанування (HV 1800...2000) і ін.

Другий напрямок заключається в покращенні антифрикційних властивостей поверхонь осадженням фосфатних плівок (фосфатування), графітом (графітування), дисульфідом молібдену і т.д. При помірній твердості такі поверхні мають підвищене ковзання, малий коефіцієнт тертя, високу стійкість проти задирів, заїдань і схвачування. Ці способи (особливо сульфидування і обробка дисульфідом молібдену) збільшують зносостійкість сталевих деталей в 10-20 разів. Застосовують і сполучення цих методів (наприклад, сульфоціонування, підвищує одночасно твердість і ковзання поверхонь).

Важливе значення має правильне поєднання твердості поверхонь тертя. Підчас руху з малими швидкостями при великих навантаженнях доцільно підвищувати твердість обох поверхонь, а при рухові з великими швидкостями в присутності мащення – поєднання твердої поверхні з м'якою, яка має підвищені антифрикційні властивості.

Ефективний спосіб збільшення зносостійкості – зменшення тиску в з'єднаннях тертя. Інколи цього можливо досягти зменшенням навантажень (раціональний розподіл сил) або зниженням ступеню циклічності і ударності навантажень. Найбільш простий спосіб заключається в збільшенні площі поверхні тертя, нерідко це досягається без будь якого збільшення габаритних розмірів.

В усіх випадках, коли допускає конструкція, точковий контакт потрібно замінити лінійним, лінійний – поверхневим, тертя ковзання – тертям кочення.

Особливий напрямок заключається в компенсації зносу, яка виконується періодично або автоматично. До числа вузлів з періодичною компенсацією відносяться підшипники ковзання з осьовим або радіальним регулюванням зазору (з конічними несучими або посадочними поверхнями, з періодичним підтягуванням). Другі приклади – осьова підтяжка підшипників кочення (радіально-упорних і конічних) і регулювання зазору в прямолінійних направляючих за допомогою переставних клинів і планок.

Більш досконалі системи з автоматичною компенсацією зносу (торцеві і манжетні ущільнення, вузли підшипників кочення з пружним натягом системи, гідравлічною компенсацією зазорів в важільних механізмах і т.д.).

Істотне значення має правильне змащування вузлів тертя. Всюди, де це можливо, слід забезпечувати рідинне тертя і усувати напіврідинне і напівсухе. Потрібно уникати відкритих механізмів, які змащуються періодично набивкою. Недоцільно застосовувати відкриті зубчасті і ланцюгові передачі. Всі частини тертя повинні бути поміщені в закриті корпуси і надійно захищені від пилу, бруду і атмосферної вологи. Найкраще рішення при цьому – повністю герметичні системи з безперервною подачею мастила під тиском до всіх точок змащування.

Ефективність змащування підвищує введенням присадок, які покращують якість змащування (колоїдальний графіт, сірка, дисульфід молібдену), збільшують маслянистість (олеїнова, пальмітинова та інші органічні кислоти), попереджують окислення (органічні і

металоорганічні сполуки), усувають задири (кремній, органічні сполуки).

Ідеальним з точки зору зносостійкості є повне усунення металевого контакту між робочими поверхнями. Прикладами вузлів, що не зношуються слугують електромагнітні опори з “витаючими” валами, електромагнітні муфти і насоси (передача крутного моменту і осьового руху електромагнітними силами), муфти рідинного тертя (передача крутного моменту силами в'язкого зсуву силіконової рідини), гідравлічні трансформатори (передача крутного моменту гідродинамічними силами потоку рідини).

Відоме наближення до принципу незношуваності представляють собою підшипники ковзання з гідравлічним мащенням. При безперервній подачі мастила і наявності клиновидного мастильного зазору, що обумовлено нагнітання мастила в навантажену область, в таких підшипниках на стійких режимах роботи механічні поверхні повністю розділені мастильною плівкою. Це забезпечує теоретичну незношуваність роботи вузла, довговічність якого не залежить ні від навантаження (як у підшипників кочення), ні від частоти обертання (числа циклів навантаження). Вражаюче місце підшипників ковзання – порушення рідинного мащення на нестационарних режимах, особливо в період пуску і становлення, коли через зниження частоти обертання нагнітання мастила припиняється і між цапфою і підшипником виникає металевий контакт.

Останнім часом отримали розповсюдження гідравлічні підшипники з подачею в зазор мастила під тиском від автономного насосу. В таких підшипниках поверхні тертя розділяються мастильною

плівкою ще до запуску машини; зміна частоти обертання не впливає на працездатність підшипника.

В гідростатичних підшипниках можливе збільшення товщини мастильної плівки до 120 мкм, замість 10-20 мкм в звичайних гідродинамічних підшипниках, що знижує (приблизно на один порядок) коефіцієнт тертя підшипника і загальні втрати потужності на тертя (з урахуванням потужності приводу насоса).

В зв'язку з появою гідростатичних підшипників відбувається переоцінка порівняльних переваг опор ковзання і опор кочення, яким до цього часу упевнено віддавалась перевага. Опори ковзання з правильно організованим мащенням принципово доцільніші, так як вони дозволяють повністю виключати металевий контакт і здійснювати роботу без зносу, тоді як в опорах кочення металевий контакт і знос завжди присутні.

Одна з найбільш частих причин передчасного виходу технічного пристрою з строю – корозія. В конструкціях машин, особливо які працюють на відкритому повітря, в умовах підвищеної вологості або в хімічно активному середовищі, потрібно передбачати ефективні засоби захисту, застосовуючи гальмівне покриття (хромування, нікелювання, оміднення), осадження хімічних плівок (фосфатування, оксидування), нанесення полімерних плівок (капронізація, поліетиленізація).

Найкраще рішення при цьому – застосування корозійностійких матеріалів (нержавіючої сталі, титанових сплавів). Малонавантажені деталі, які працюють з хімічно активними агентами, доцільно виготовляти з хімічно стійких пластиків (поліолефіни, фторопласти).

Застосовуючи всі описані технологічні і конструктивні заходи, можливо у машин загального призначення підвищити термін роботи більшості деталей практично до любых значень, які вимагає довговічність машини в цілому [13, 32, 58].

Але є і винятки. Досить важко забезпечити довговічність деталей, які працюють в безпосередньому контакті з абразивним середовищем (крильчатки насосів, які перекачують забруднені рідини; робочі органи ґрунтообробних машин; зуби ковшів екскаваторів; траки гусеничних машин; камнедробарки; ланцюги і приводи безперервного транспорту для цементу, вугілля і ін.). Термін роботи таких деталей становить в деяких випадках (бурові коронки) десятки годин. Його можливо лише трохи подовжити підбором найбільш зносостійких матеріалів і застосуванням раціональної зміцнюючої обробки .

Заходи підвищення довговічності збільшують вартість конструкції. Необхідне застосування якісних матеріалів, введення нових технологічних процесів, інколи організації нових цехів - все це потребує додаткові грошові витрати. Ці витрати повністю оправдані. Вартість виготовлених деталей, що визначають довговічність машини, незначна в порівнянні з вартістю виготовлення машини, а остання як правило, невелика порівняно з всією сумою експлуатаційних витрат.

Невеликі в загальній сумі додаткові витрати на підвищення довговічності дають в кінцевому рахунку великий вигреш в результаті збільшення сумарної корисної віддачі машини, зменшення простоїв і вартості ремонтів.

Потрібно відмітити, що технічно можлива довговічність в значній мірі залежить від ступеню напруженості роботи машин.

Довговічність транспортних машин становить 10...20 тис. годин і термін служіння 5-8 років; стаціонарних машин, наприклад машин-знарядь – 50...100 тис. годин, що при двохзмінній роботі відповідає терміну роботи 15...25 років, при тризмінній – 10...20 років. При таких термінах служіння стає актуальною проблема технічного старіння.

Довговічність машини можливо штучно подовжити відновлюючими ремонтами. Однак цей шлях економічно не вигідний, так як інколи витрати на ремонт набагато більше перевищують першопочаткову вартість машини.

Таким чином, економічно доцільною межею експлуатації потрібно вважати момент, коли наступні витрати на капітальний ремонт наближаються до ціни нової машини: раціонально придбати нову машину, ніж ремонтувати стару.

Довговічність і технічне старіння

Підвищення довговічності тісно пов'язане з проблемою технічного старіння. Старіння настає, коли деталі зберігають фізичну працездатність за своїм показникам, але перестають задовольняти промисловість в силу підвищення вимог або появи більш досконалих технічних пристроїв.

Признаками старіння являються занижені порівняно з середнім рівнем показники надійності, якості продукції, точності операцій, продуктивності, витрати енергії, вартості праці, обслуговування та ремонтів і як загальний результат — низька рентабельність. Головний наслідком старіння — зниження росту продуктивності на одиницю робочої сили – основного показника економічного прогресу.

Безумовне старіння настає в двох випадках: при переході на нову продукцію (повна зміна технологічного процесу); при відкритті нових робочих процесів або появи принципово нових конструктивних схем, які дозволяють створити технічні пристрої, що перевищують старі по всім показникам.

Однак подібні корінні і швидкоплинні зміни відбуваються не часто. По-перше, в більшості випадків, особливо у машин напруженого класу, фізичний знос настає задовго до технічного старіння. Наприклад, фізичний ресурс вантажних автомобілів при інтенсивній експлуатації вичерпуються за 5-6 років, тоді як за техніко-економічними показниками машини могли б повноцінно працювати на протязі більш тривалого часу. По-друге, є більш ефективні способи попередження старіння машин.

Головний з цих способів – конструювання з врахуванням динаміки розвитку споживаючої галузі промисловості. В конструкцію початкового виробу мають бути закладені резерви росту продуктивності, потужності, корисної віддачі, розширення діапазону операцій, що дозволяє послідовно модернізувати технічний пристрій і підтримувати його показники на рівні зростаючих технічних вимог без зміни основної моделі і без злому виробництва, яке обов'язкове при переході на випуск нової моделі. У технічному пристрої, який знаходиться в експлуатації, наявність резервів забезпечує можливість їх форсування по мірі росту потреб виробництва.

Найбільш продуктивний засіб попередження старіння – підвищення ступеню використання машин в експлуатації. Скорочення терміну служби до 3-4 років практично зберігає технічний пристрій від старіння.

Скорочення періоду служіння зовсім не значить зменшення продуктивності машин. Як вказано вище, сумарна віддача визначається не періодом служби, а тривалістю фактичної роботи машини, тобто в кінцевому рахунку довговічністю.

Задача зниження періоду служіння при незмінній довговічності зводиться до всесторонньої інтенсифікації використання технічних пристроїв.

Для технологічних машин, які працюють за календарним режимом, найбільше значення має збільшення числа робочих змін і підвищення ступеню завантаженості.

Основні конструктивні передумови інтенсифікації:

- універсализація, тобто розширення діапазону операцій, що виконуються і забезпечення цим стійкого завантаження;

- підвищення надійності, що призведе до скорочення аварійних і ремонтних простоїв.

Ступінь використання пристроїв неперіодичної дії, наприклад сезонних машин, можливо підвищити за допомогою змінного, причіпного і навісного обладнання, яке сприяє збільшенню тривалості їх роботи за рік.

Швидкість і ступінь старіння залежить від масштабу і технічного рівня виробництва. На великих підприємствах, які швидко нарощують темпи виробництва і безперервно удосконалюють технологічний процес, машини старіють набагато швидше, ніж на середніх і дрібних підприємствах, які розвиваються повільніше.

Експлуатаційна надійність

Експлуатаційну надійність можливо охарактеризувати частотою відмов, тривалістю безперебійної роботи технічного

пристрою між відмовами; закономірністю зміни частоти відмов за період служіння; ступенем складності відмов; об'ємом, вартістю і тривалістю робіт, які необхідні для усунення відмов [15, 26].

За ступенем складності відмови ділять на *легкі, середні і важкі.*

Легкі відмови – це дрібне несправності, які усуваються на виробництві обслуговуючим персоналом.

Середні відмови – несправності і пошкодження, які вимагають тривалої зупинки технічного пристрою, часткового розбирання, заміни (або відновлення) пошкоджених деталей і виконуються з залученням ремонтних служб.

Важкі відмови – аварії, які виводять з ладу життєво важливі органи машини і вимагають тривалої зупинки на ремонт. До важких відмов можливо віднести загальний знос машини, який вимагає на визначеній стадії повного перебирання машини і заміни деталей, що зносилися.

По походженню розпізнають відмови, які викликані конструктивними і технологічними дефектами, неправильною експлуатацією і випадкові.

Під неправильною експлуатацією розуміють поганий догляд за машиною, порушення правил експлуатації, недодержання встановлених режимів (перевантаження), помилки в послідовності операцій управління (неправильне вмикання), недотримання техніки безпеки і т.д.

Більшість відмов, які приписують неправильній експлуатації, можливо в повній мірі віднести за рахунок дефектів конструкції. В правильній конструкції повинно попереджуватись використання

машини на небезпечних перевантажених режимах, виключена можливість неправильних вмикань і зводиться до мінімуму вплив якості догляду на працездатність машини.

Надійність машин в першу чергу визначають міцністю і жорсткістю конструкції. Раціональні засоби підвищення міцності, які не вимагають збільшення маси, наступні: використання вигідних профілів і форм, максимальне використання міцності матеріалу, за можливістю рівномірне навантаження на всі елементи конструкції.

Цілеспрямовані засоби підвищення жорсткості – правильний вибір схеми навантаження, раціональна розстановка опор, надання конструкціям жорстких форм.

Безаварійність роботи і тривалість міжремонтних термінів в багатьох випадках залежать від правильної експлуатації, бережного ставлення до машини, ретельного догляду, своєчасної профілактики, попередження перевантажень. Але було б нерозумно повністю покладатися на якість обслуговування. Умови правильної експлуатації машин повинні закладатися в її конструкцію. Необхідно забезпечити надійну роботу навіть в умовах недостатньо кваліфікованого обслуговування. Якщо машина ламається в неумілих руках, значить її конструкція недостатньо надійна.

Суб'єктивний фактор в обслуговуванні і управлінні машиною потрібно за можливістю виключати, а операції догляду зводити до мінімуму.

Усуненню належать періодичні операції регулювання, підтягування, мащення і т.д., які при недостатньо уважному догляді можуть бути причиною підвищеного зносу і передчасного виходу машини з строю.

Наприклад, в двигунах внутрішнього згорання періодичне регулювання зазорів в клапанному механізмі можливо усунути введенням автоматичних компенсаторів зносу і теплових розширень (гідравлічного або іншого типу). Це не тільки спрощує догляд, але й забезпечує надійну роботу клапанного механізму без зазорів. Компенсатори разом з тим істотно підвищують його довговічність.

Можливо усунути періодичне підтягування корінних і шатунних підшипників колінчастого валу двигунів. Сучасний стан змащувальної техніки дозволяє створити підшипники, які можуть працювати практично необмежений час з мінімальним зносом. Періодична підтяжка ослаблених в експлуатації гайок і болтів усувається застосуванням сучасних самоконтрящихся конструкцій різьбових з'єднань.

Дуже ускладнює експлуатацію нераціональна система мащення, яка вимагає постійної уваги з сторони обслуговуючого персоналу. Періодичного точкового мащення безперечно слід уникати. Якщо цього зробити неможливо за конструктивними особливостями, слід застосовувати опори самозмащення або вводити систему централізованої подачі мастила до всіх точок з одного поста.

Найкраще рішення з точки зору надійності і зручності експлуатації – це повністю автоматизована система мащення, яка не потребує періодичної заміни мастила. Цього можна досягти, якщо передбачити заходи протидії окисленню і тепловому переродженню мастила і забезпечення його безперервного очищення і регенерації.

В системи мащення необхідно вводити аварійні пристрої, які забезпечують подачу мастила в обмеженій кількості при виході з ладу головної системи.

Одним з прийомів збільшення експлуатаційної надійності є дублювання обслуговуючих пристроїв, в роботі яких часто бувають збої. Таким прикладом є дублювання системи запалювання бензинових двигунів, а також систем автоматичного управління.

В комплексі заходів, які забезпечують експлуатаційну надійність машини, велике значення має автоматичний захист від випадкових перевантажень запобіжними пристроями, які працюють в охоронному режимі і вступають в дію при перевантаженні машини.

Найбільш доцільна повна автоматизація управління, тобто перетворення машини в самообслуговуючий і саморегулюючий на оптимальний режим роботи агрегат. Наприклад, автоматична коробка зміни швидкостей і трансмісія автомобіля з безступеневим регулюванням передаточного відношення від двигуна до ходового механізму. Система автоматично ставить оптимальне передаточне відношення для даних умов їзди, профілю і стану дороги, що збільшує економічність і підвищує їздовий ресурс.

Високої надійності машин можливо досягти тільки комплексом конструктивних, технологічних і організаційно-технічних заходів. Підвищення надійності вимагає тривалої, повсякденної, кропіткої, цілеспрямованої спільної роботи конструкторів, технологів, металургів, експериментаторів і виробничників, які працюють за прискіпливо розробленим планом, що послідовно виконується.

В даний час широко застосовують метод моделювання експлуатаційних умов, який заключаються в стендових або в експлуатаційних випробуваннях машин на форсованому режимі в умовах, переважно більш важких, ніж нормальна робота машини. В цьому випадку машина виконує за скорочений час цикл, який при

нормальній її роботі продовжується декілька років. Випробування проводять до настання граничного зносу або до повного чи часткового руйнування машини. Періодично машину зупиняють, вимірюють знос, фіксують стан деталей, встановлюють ознаки наближення аварії.

Подібні жорсткі випробування дозволяють знайти недоліки конструкції і застосувати заходи до їх усунення. Прискорені випробування дають також достатньо надійний матеріал для оцінки реальної довговічності.

Уніфікація

Уніфікація конструктивних елементів заключається в багаторазовому застосуванні в конструкції одних і тих же елементів. Це сприяє скороченню номенклатури деталей, зменшення вартості виготовлення, спрощенню експлуатації і ремонту машин. Вона дозволяє скоротити номенклатуру робочого, вимірювального і монтажного інструментів [43, 57, 59].

Уніфікації піддаються посадочні розміри (за посадочними діаметрами, класами точності), різьбові з'єднання (за діаметрами, типами різьб, посадками і класами точності, розмірами під ключ), шпоночні і шліцьові з'єднання (за діаметрами, формами шпонок і шліців, посадками і класами точності), фаски і галтелі (за розмірами і типами) і т.д.

Уніфікація оригінальних деталей і вузлів може бути внутрішньою (в рамках даного виробу) і зовнішньою (деталі, які беруть з різних машин цього ж або інших заводів).

Найбільший економічний ефект дає застосування деталей з машин, що серійно виготовляються. Такі деталі можливо отримувати в готовому вигляді. Запозичення деталей машин одиничного

виробництва, машин знятих або які підлягають до зняття з виробництва, а також, які знаходяться в виробництві на підприємствах других відомств, має тільки одну позитивну сторону: перевірку деталей досвідом експлуатації. В багатьох випадках і це виправдує уніфікацію.

Уніфікація марок і сортаменту матеріалів, електродів, типорозмірів кріплень і других нормалізованих деталей, підшипників кочення і т.д., полегшує забезпечення заводу-виготвника і ремонтних підприємств матеріалами, нормальми і покупними виробами.

Ступінь уніфікації оцінюється коефіцієнтом уніфікації $\eta_{ун}$, який представляє відношення:

- числа $Z_{ун}$ уніфікованих деталей до загального числа Z деталей виробу:

$$\eta_{ун} = \frac{Z_{ун}}{Z} \cdot 100\% ;$$

- маси уніфікованих деталей $\Sigma G_{ун}$ до загальної маси виробу G :

$$\eta_{ун} = \frac{\Sigma G_{ун}}{G} 100\% ;$$

- ціни уніфікованих деталей $\Sigma C_{ун}$ до загальної вартості виробу C :

$$\eta_{ун} = \frac{\Sigma C_{ун}}{C} 100\%$$

Недолік першого показника полягає в тому, що він не враховує питомих значення уніфікованих деталей в конструкції машини. Другий

показник враховує долю маси уніфікованих деталей в загальній масі машини. Найбільш правильний – третій показник, однак його визначення більш складніше, ніж в двох попередніх.

Ступінь внутрішньої уніфікації оцінюють коефіцієнтом повторюваності:

$$\eta_n = \left(1 - \frac{N_H}{N_D} \right) 100\%,$$

де, N_H – число найменувань деталей виробу; N_D – загальне число деталей виробу.

Цей коефіцієнт, який легко визначається на основі збірної специфікації, сумарно характеризує досконалість конструкції з сторони скорочення номенклатури деталей. В досконалих конструкціях $\eta_n = 40...60\%$.

Для диференційованої оцінки застосовують наступні показники:

- ступінь уніфікація оригінальних деталей:

$$\eta_{ун.ор} = \frac{N_{ун.ор}}{N_{ор}} 100\%,$$

де, $N_{ун.ор}$ – число уніфікованих оригінальних деталей; $N_{ор}$ – загальне число оригінальних деталей;

- ступінь уніфікації елементів конструкції:

$$\eta_l = \left(1 - \frac{N_{TP}}{N_l} \right) 100\%,$$

де, N_{TP} – число прийнятих типорозмірів даних елементів; N_n – загальне число даних елементів у виробі.

Наприклад, ступінь уніфікації різьб:

$$\eta_{рез} = \left(1 - \frac{N_{TP.рцб}}{N_{рцб}} \right) 100\%,$$

де, $N_{TP.рцб}$ - число типорозмірів різьб; $N_{рцб}$ – загальне число різьбових з'єднань у виробі;

- ступінь уніфікації кріпильних деталей:

$$\eta_{кр} = \left(1 - \frac{N_{тр.кр}}{N_{кр}} \right) 100\%,$$

де, $N_{TP.кр}$ – число типорозмірів кріпильних деталей, $N_{кр}$ – загальне число кріпильних деталей.

Нормалізація - це регламентування конструкцій і типорозмірів деталей, вузлів та агрегатів, що широко застосовуються в машинобудуванні.

Майже в кожній спеціалізованій проектній організації нормалізують типові для даної галузі машинобудування деталі і вузли. Нормалізація прискорює проектування, полегшує виготовлення, експлуатацію і ремонт машин, а при раціональній конструкції нормалізованих деталей сприяє збільшенню надійності машин.

Найбільший ефект нормалізація дає при скороченні числа типорозмірів нормалізованих деталей, тобто при їх уніфікації. В практиці проектних організацій ця задача вирішується випуском

обмежених нормалей, які містять мінімум нормалізованих деталей, що задовольняють потреби даного класу машин.

Переваги нормалізації реалізуються в повній мірі при централізованому виготовленні нормалізованих виробів (деталей) на спеціалізованих заводах. Це розвантажує машинобудівні заводи від трудомісткої роботи і спрощує постачання ремонтних підприємств запасними частинами.

Ступінь нормалізації оцінюють коефіцієнтом:

$$\eta_H = \frac{N_H}{N} 100\%,$$

де, N_H - число нормалізованих деталей; N – загальне число деталей у виробі.

Використання нормалей не повинно обмежувати творчу ініціативу конструктора і зашкодити пошукам нових, більш раціональних конструктивних рішень. При конструюванні машин доцільно застосувати нові рішення в областях, які охоплюються нормаллями, якщо ці рішення мають явну перевагу перед нормаллями.

1.2.3 Створення похідних машин на базі уніфікації

Уніфікація являє собою ефективний і економічний спосіб створення на базі вихідної моделі ряду похідних машин однакового призначення, але з різними показниками потужності, продуктивності і т.д., або машин різного призначення, що виконують якісно інші операції, а також розрахованих на випуск іншої продукції.

В існуючий час є декілька напрямків вирішення цієї задачі. Не всі вони універсальні. У більшості випадків кожний метод застосується

тільки до визначеної категорії машин, при чому економічний ефект їх різний.

Наведена далі класифікація методів створення похідних машин досить умовна. Деякі методи тісно взаємозв'язані, провести тверду межу між ними важко. Можливо сполучення і паралельне застосування двох або декількох методів.

Секціювання

Цей метод полягає в розділенні машин на однакові секції і утворення похідних машин набиранням уніфікованих секцій.

Секціюванню добре піддаються багато видів підйомно-транспортних пристроїв (стрічкові, скребкові, ланцюгові транспортери). В даному випадку застосування методу зводиться до побудови каркасу машин з секцій і складання машин різноманітної довжини з новим несучим полотном. Досить просто секціонуються машини з ланцюговим несучим полотном (ковшеві елеватори, пластинчаті транспортери з полотном на основі втулочно-роликів ланцюгів), у яких довжину полотна можливо змінювати зменшенням або збільшення ланок.

Секціюванню піддаються також дискові фільтри, пластинчаті теплообмінники, центробіжні, вихрєві і аксєальні гідравлічні насоси. В останньому випадку набиранням секцій можливо отримати ряд багатоступєневих насосів різноманітного тиску, які уніфіковані по основним робочим параметром.

Метод зміни лінійних розмірів

При цьому методі з метою отримання різної продуктивності машин і агрегатів змінюють їх довжину, зберігаючи форму поперечного сїчення. Метод зміни лінійних розмірів застосовують до обмеженого

класу машин (головним чином роторних), продуктивність яких пропорційна довжині ротора (шестеренчасті і лопатні насоси, мішалки, вальцьові машини і т.д.).

Ступінь уніфікації при цьому методі невелика. Уніфікуються тільки торцеві кришки корпусів і допоміжні деталі. Головний економічний ефект дає збереження основного технологічного обладнання для обробки роторів і внутрішніх порожнин корпусів. Окремим випадком застосування даного методу є підвищення навантаженості зубчатих передач збільшенням довжини зубів коліс з збереженням їх модуля.

Метод базового агрегату

В основі цього методу лежить застосування базового агрегату, який перетворюється в машини різного призначення приєднанням до нього спеціального обладнання. Найбільше застосування цей метод отримав в виробництві дорожніх машин, самохідних кранів, навантажувачів, укладальників, а також сільськогосподарських машин.

Базовим агрегатом в даному випадку в основному являються тракторні і автомобільні шасі, які випускаються серійно. Монтуючи на шасі допоміжне обладнання, отримують серію машин різного призначення.

Приєднання спеціального обладнання вимагає розробки допоміжних механізмів і агрегатів (коробок відбору потужності, підйомних і поворотних механізмів, лебідок, реверсів, фрикціонів, гальм, механізмів управління, кабін), які, в свою чергу, можливо в значній мірі уніфікувати.

Конвертування

В методі конвертування базову машину або основні її елементи використовують для створення агрегатів різного призначення, іноді близьких, а іноді далеких за робочим процесом. Прикладом конвертування може служити перевід поршневих двигунів внутрішнього згоряння з одного виду палива на інший, з одного виду теплового процесу на другий (з циклу іскрового запалення на цикл з спалахом від стискання).

Бензинові карбюраторні двигуни легко конвертуються в газові. Для цього достатньо замінити карбюратор змішувачем, змінити ступінь стиснення (що легше всього досягається зміною висоти поршнів) і виконати деякі другорядні конструктивні переробки. В цілому двигун зостається таким же.

Конвертування бензинового або газового двигуна в дизель являє собою більш важку задачу, головним чином через притаманні дизелям підвищені робочі зусилля, які обумовлені високим ступенем стиснення і великим тиском спалаху. Тому, конвертований двигун повинен мати значні запаси міцності. Конвертування в даному випадку заключається в заміні карбюратора паливним насосом і форсунками (або насосами-форсунками), зміні ступеню стиснення (за рахунок головок циліндрів, збільшення висоти поршнів або зміною їх днищ).

Наступний приклад конвертування – перевід поршневих повітряних компресорів на інший газ (аміак, фреон). В цьому випадку при переобладнанні потрібно враховувати різні фізичні і хімічні властивості робочих агентів і відповідно вибирати матеріали робочих деталей.

Прикладом конвертування агрегатів, які відрізняються за робочим процесом, є переобладнання двигуна внутрішнього згоряння в поршневий компресор. Конвертування в даному випадку включає в себе заміну головок двигуна клапанними коробками з відповідною зміною механізму розподілення, що вимагає значних переробок.

Компаундування

Метод компаундування (паралельного з'єднання машин або агрегатів) застосовують з метою збільшення загальної потужності або продуктивності пристрою. Спарені машини встановлюються рядом як незалежні агрегати, або зв'язуються між собою синхронними, транспортними і іншими подібними пристроями, або конструктивно об'єднуються в один агрегат.

Приклад суміщення першого типу – це парне встановлення судових двигунів, які працюють кожний на свій гвинт, а також встановлення двох або більшого числа двигунів на крилах літака. Крім підвищення загальної потужності (якщо важко створити двигуни великої потужності) цей спосіб інколи дозволяє вдало вирішити і інші задачі. Так паралельна установка судових двигунів збільшує маневреність судна, особливо на малому ході. Установка декількох двигунів на літаках полегшує віражування і вирулювання на землі. Застосування декількох двигунів в відомій мірі збільшує надійність: при виході з ладу одного з двигунів можливо продовжити рейс, хоч і з зниженою швидкістю.

Приклад суміщення другого типу - паралельне встановлення машин-знарядь групами (по дві–три). Його застосовують в автоматичних лініях, коли продуктивність окремої машини, яка входить в потік, значно менше продуктивності всієї лінії. Таке встановлення

вимагає розділення потоку на два або більше потоків (відповідно числу паралельно встановлених машин) з подальшим з'єднанням їх в один.

Приклад суміщення третього типу – здвоєння або зтроєння лінійних машин-знарядь, тобто об'єднання декількох робочих тракторів на загальній станині. В результаті отримуємо багатолінійну паралельно-поточну машину з продуктивністю підвищеною відповідно числу тракторів.

Модифікування

Модифікуванням називають переробку машини з метою пристосування її до інших умов праці, операцій і видів продукції без зміни основної конструкції.

Модифікування машини для роботи в різних кліматичних умовах зводиться безпосередньо до заміни матеріалів. В машинах, які працюють в жаркому і вологому кліматі (машини тропічного виконання), застосовують корозійностійкі сплави, в машинах, що експлуатуються в районах з суворим кліматом (машини арктичного виконання), використовують холодостійкі матеріали, а системи змащування пристосовують до роботи при низьких температурах.

Модифікування стаціонарних машин для роботи в морському транспорті (машини морського виконання) складається з всебічного полегшення машини заміною важких сплавів (чавуну) легкими (алюмінієвими) і введенням матеріалів, стійких до корозії у вологому морському повітрі та при контакті з морською водою.

Складніше модифікувати машини з метою їх пристосування до різних операцій або виробів. В цьому випадку метод модифікування тісно змикається з методом агрегування.

Агрегативання

Агрегативання – це створення машин сполученням уніфікованих агрегатів, які являють собою автономні вузли, і встановлюються в різній кількості та комбінаціях на загальній станині.

Найбільш повне впровадження цей принцип отримав в конструкції агрегатних металообробних верстатів. Такі верстати створюють на основі уніфікованих блоків (обробні блоки, механізми синхронізації, поворотні столи, корпуси загального призначення, станини, тумби, допоміжні вузли, системи подачі змащувально-охолоджувальних рідин).

Більша частина виробу в процесі обробки залишається нерухомою. До неї з різних сторін підводяться відповідним чином налагоджені блоки; операції обробки виконуються одночасно, що прискорює технологічний процес.

Головні переваги агрегативання: скорочення термінів, вартості проектування і виготовлення машин, спрощення обслуговування і ремонту, можливість переналагодження машин для обробки різноманітних деталей. Метод агрегативання дуже перспективний. Окрім металоріжучих верстатів його можна застосувати і для інших машин-зрядь.

Частковим агрегативанням є використання стандартизованих вузлів з числа серійно випускаємих промисловістю (редукторів, насосів, компресорів), а також запозичення вузлів і агрегатів серійно виготовляємих виробів (коробок зміни швидкостей, механізмів переключення муфт, фрикціонів і т.д.).

Комплексна нормалізація

Близький до агрегування метод комплексної нормалізації, який застосовують для агрегатів найпростішого типу (відстійників, випарних і сумішоготуючих пристроїв). Простота конструктивних форм цих агрегатів дозволяє нормалізувати всі або майже всі елементи їх конструкції. Нормалізації за типорозмірами піддаються вінці резервуарів, днища, кришки, лази, арматура, лапи кріплення, стійки. Нормалізують також вузли (теплообмінники, приводи мішалок, дозуючі пристрої і т.д.).

Особливістю агрегатів цього типу є широке застосування допоміжного покупного обладнання (насосів, фільтрів, приладів контролю і управління, засобів автоматизації).

З нормалізованих деталей, уніфікованих вузлів і уніфікованого обладнання можливо компонувати апарати: з однаковим робочим процесом, але з різними розмірами і продуктивністю; однакового призначення, але з різноманітними параметрами робочого процесу (тиском, температурою); різного призначення і з різним робочим процесом.

Уніфіковані ряди

В деяких випадках можливо утворення ряду похідних машин різної потужності або продуктивності зміною числа головних робочих органів або їх застосуванням в різноманітних сполученнях. Такий ряд називається сімейством, гамою або серією машин. Цей спосіб застосовується до машин, потужність або продуктивність яких залежить від числа робочих органів.

Метод забезпечує наступні технологічні і експлуатаційні переваги:

- спрощення, прискорення і здешевлення процесів проектування і виготовлення машин;
- можливість застосування високопродуктивних методів обробки уніфікованих деталей;
- зменшення термінів доводки і освоєння дослідних зразків (завдяки відпрацьованості головних робочих органів);
- полегшення експлуатації;
- скорочення термінів підготовки обслуговуючого персоналу і термінів ремонту машин, а також спрощення постачання запасними деталями.

Інша область застосування методу уніфікованих рядів — це роторні машини-знаряддя. Продуктивність роторних машин пропорційна числу операційних блоків, які встановлені на машині, тому з уніфікованих блоків можливо створити ряд машин різної продуктивності. На відміну від поршневих двигунів число блоків, які можливо установити на роторній машині, практично не обмежене і залежить тільки від заданої продуктивності.

Наряду з зміною числа операційних блоків на роторних машинах можливо змінювати блоки, пристосовуючи машину до виконання різних операцій. Це — приклад сполучення методу уніфікованих рядів з методами конвертування або агрегативання.

Межі методу

Методи створення похідних машин та їх рядів на основі уніфікації не являється універсальними та всеоб'ємними. Окремий метод застосовується до окремої категорії машин. Багато машин (парові або газові турбіни) за конструкцією не допускають створення похідних машин. Неможливо або недоцільно створювати похідні ряди

для спеціалізованих машин, машин великої потужності і т.д., а також для машин, які зостаються в категорії індивідуального проектування.

Уніфікація нерідко супроводжується погіршенням якості, особливо в випадку похідних рядів великого діапазону. Крайні члени ряду за габаритними розмірами, металоємкості, питомій масі і експлуатаційним показникам, як правило, поступаються, якщо уніфікація забезпечує великий економічний ефект, а габаритні розміри і маса мають другорядне значення.

Цей метод, застосовується до машин загального призначення. Інколи він видається зовсім недопустимим до машин, коли до габаритних розмірів і маси висуваються підвищені вимоги. При створенні категорії машин підвищеного класу нерідко приходиться відмовлятися від уніфікації і йти по шляху індивідуального проектування.

В зв'язку з цим необхідно згадати про технологічне направлення конструювання, яке висуває на перший план технологічну сторону і надає особливе значення методам уніфікації, створенню похідних рядів, що розглядаються даним напрямком майже як головний початок раціонального конструювання. Заслуга технологічного напрямку заключається в обґрунтуванні органічного зв'язку між конструюванням і технологією. Технологічність конструкції повинна бути в процесі створення машин і закладена в задумі і в конструктивному оформленні машини. Але технологічність не може служити визначним початком при конструюванні.

Головний напрямок конструювання націлений на те, щоб підвищити якість машин, їх довговічність, економічний ефект.

Технологія повинна забезпечувати всіма засобами вирішення цих основних задач, але не диктувати напрямок конструювання.

Не потрібно перебільшувати роль утворення похідних машин і їх рядів як засобу здешевлення машин. Ці методи застосовуються обмежено і за ефективністю поступаються іншим методам (автоматизації і механізації виробництва, скороченню числа типорозмірів машин і ін.).

Неправильно вважати, можливість утворення похідних машин і рядів ознакою технологічності конструкції лиш через те, що цей спосіб застосовується не до всіх машин. Помилково було б вважати не технологічною конструкцію великої теплової машини, наприклад потужної парової турбіни, тільки тому, що на її базі неможливо створити похідний ряд.

1.2.4 Зменшення номенклатури об'єктів виробництва

Скорочення номенклатури об'єктів виробництва на основі раціонального вибору їх типажу підвищує серійність випуску, розширює можливості механізації і автоматизації виробництва, впровадження прогресивних методів виготовлення з відповідним збільшенням випуску, зменшення вартості продукції і підвищення її якості. При цьому усувається розпилення коштів на випуск машин малими серіями, полегшується експлуатація, ремонт і постачання запасними частинами, створюються передумови централізованого і рентабельного виготовлення запасних частин [12, 39, 46, 48, 57, 59].

Задача скорочення номенклатури і числа об'єктів виробництва вирішується наступними основними засобами:

- створенням параметричних рядів машин з раціонально вибраними інтервалами між кожною з них;
- збільшення універсальності машин, тобто розширення кола операцій;
- закладенням в конструкцію резервів розвитку з послідовним використанням цих резервів в міру росту потреб народного господарства.

Всі названі способи можуть поєднуватись як між собою, так і з методами уніфікації. Наприклад, можливе паралельне створення уніфікованих і параметричних рядів поршневих двигунів; уніфіковані ряди складаються з двигунів з однаковими циліндрами, але з різним їх числом і розташуванням; параметричні ряди – з двигунів з тим же числом і розташуванням циліндрів, але з іншим діаметром останніх.

Параметричні ряди

Параметричними рядами називають ряди машин однакового призначення з регламентованими конструкцією показниками і градаціями параметрів. В багатьох випадках доцільно покласти в основу ряду єдиний тип машини, отримуючи необхідні градації зміною її розмірів при збереженні геометричної подібності модифікації ряду. Такі ряди називають *розмірно-подібними* або просто *розмірними*.

В інших випадках доцільно встановити для кожної градації свій тип машин з своїми розмірами. Такі ряди називають *типорозмірними*.

В змішаних рядах одні модифікації ряду виконують однотипними і геометрично подібними, другі створюють на основі інших типів.

Використання різних типів (випадок типорозмірних і змішаних рядів) не знижує ефективність методу параметричних рядів, так як їх економічний ефект обумовлено скороченням числа моделей. Більш технологічним є централізоване, а відповідно, продуктивне виготовлення машин, обумовлене збільшенням випуску моделі.

Метод параметричних рядів дає найбільший ефект в застосуванні до машин масового використання, які мають великий діапазон зміни показників.

Головне значення при проектуванні параметричних рядів має правильний вибір типу машин, числа членів ряду і інтервалів між ними. При вирішенні цих питань необхідно враховувати ступінь використання різних членів ряду, реальність експлуатаційних режимів роботи, ступінь гнучкості і пристосованості машин даного класу (можливість варіацій експлуатаційних показників), можливості їх модифікації, утворення допоміжних похідних машин.

В діапазоні параметрів, що найбільш часто зустрічаються доцільно збільшувати число членів ряду; в діапазоні, що рідко зустрічаються – розширити інтервали між членами ряду.

Однією з головних умов реалізації економічного ефекту параметричних рядів є тривалість їх застосування. Тому, при проектуванні параметричного ряду потрібно своєчасно враховувати стан і перспективи розвитку всіх секторів народного господарства.

Розмірно-подібні ряди

Показники розмірно-подібних машин залежать від геометричних розмірів машин і від параметрів робочих процесів.

Для збереження повної схожості машин різних розмірів необхідно дотримуватися геометричної подібності, а також подібності

робочих процесів, тобто забезпечити однаковість параметрів енергетичної і силової напруженості машин в цілому і їх деталей.

Розмірно-подібні ряди необхідно будувати на основі головних характеристик (потужності, продуктивності і т.д.), а не геометричних параметрів, так як в силу внутрішніх законів подібності головні характеристики розташовуються за закономірністю, яка відрізняється від закономірності зміни геометричних характеристик. Останні отримуються як похідні.

Слід враховувати неминучу для геометрично подібних машин зміну питомих показників (наприклад, літрової потужності у двигунів), а також зміну механічних показників (наприклад, жорсткості на згинання).

Універсалізація машин

Мета універсалізації розширити функції машин, діапазон операцій, що виконуються, номенклатуру деталей. Вона збільшує пристосованість машин до вимог виробництва і підвищує коефіцієнт використання. Головне економічне значення універсалізації полягає в тому, що вона дозволяє скоротити число об'єктів виробництва. Одна універсальна машина замінює декілька спеціалізованих, що виконують окремі операції.

Розширити функції і область застосування машин можливо наступними способами: введенням допоміжних робочих органів; додаванням змінного обладнання; введенням регулювання для збільшення номенклатури виробів, що оброблюються; регулюванням головних показників (частоти обертання, потужності, продуктивності).

В якості прикладу універсалізації можливо привести повздовжні стругально-фрезерні верстати, які поєднують операції стругання і фрезерування, а також блюмінги-слябінги, які розраховані

на випуск заготовок і для профільного (блюмів), і для листового (слябів) прокату.

Універсалізації добре піддаються багато сільськогосподарських машин. Надаючи базовій машині допоміжне навісне або причіпне обладнання, можливо створити багатофункціональну машину з збільшенням сезонів використання.

Прийоми універсалізації можливо прослідкувати на прикладі автоматичних роторних наповнювачів, які розраховані на заповнення тари різного об'єму.

Перша умова універсалізації поршневого наповнювача – це створення дозуючого механізму з регулюванням дози в широких межах. В якості такого механізму застосовують плоску нахилену шайбу, яку підвішують в одній точці; протилежний кінець може переміщатися в основному напрямку регулюючим гвинтовим механізмом. На каруселі встановлений ряд дозуючих циліндрів, поршні яких при обертанні каруселі обкатують шайбу. Різниця рівнів точки зависі і точки кріплення шайби в регулюючому механізмі визначає хід поршнів (відповідно дозу); регулювання безступеневе.

Задачу пропускання через машину тари різного діаметру вирішують застосуванням регулюючих направляючих або змінних механізмів подачі тари на карусель. Пропускання тари різної висоти забезпечує регулюванням висоти розташування карусельного стола на якому знаходиться тара.

Заповнення різноманітної тари вимагає різного часу. Тому для регулювання частоти обертання каруселі в механізм вводять коробку швидкостей або безступеневий варіатор.

Важливо визначити доцільну ступінь універсалізації. Універсальні машини, які розраховані на досить велику номенклатуру виробів або діапазон операцій, складні за конструкцією, громіздкі і незручні в обслуговуванні. Інколи доцільніше створити ряд машин, кожна з яких має помірну ступінь універсалізації. В цілому ряд охоплює всю необхідну номенклатуру.

В інших випадках універсальні машини можливо доповнити двома-трьома спеціалізованими машинами, які призначені для виробів, що різко відрізняються за габаритними розмірами або за конфігурацією від основного типу виробів.

Послідовний розвиток машин

Надання машині резервів розвитку дозволяє систематично вдосконалювати машину і підтримувати її показники на рівні зростаючих вимог техніки. Метод розвитку позбавляє від необхідності періодичної заміни застарілих моделей, забезпечує на довгі роки стабільний випуск однієї конструкції, дає великий економічний ефект і слугує одним з головних способів зниження вартості машинобудівної продукції.

Резерви, які закладаються в конструкцію, залежать від призначення машин. Вихідна модель теплової машини повинна мати резерв робочого об'єму, ресурси збільшення частоти обертання і поліпшення теплового процесу. Машини-знаряддя, для яких на першому плані стоїть продуктивність, повинні мати ресурси підвищення швидкохідності, збільшення об'єму і діапазону операцій, що виконуються.

У всіх випадках необхідно забезпечити запаси потужності і жорсткості вихідної моделі. Це не означає, що базова модель має бути

недовантаженою. Важливо посилити найбільш напружені деталі і вузли.

Велике значення має раціональність силової схеми машини, яка визначає загальну, притаманну конструкції здатність до форсування.

Вдосконалення машин нерідко вимагає наступного введення додаткових агрегатів (редукторів, коробок швидкостей, засобів автоматизації). Необхідно забезпечити їх встановлення без руйнування конструкції машини, залишаючи для них місце і в деяких випадках заздалегідь передбачати поверхні прив'язки і точки кріплення.

На ряду з використанням вихідних резервів варто постійно удосконалювати машину. Користуватись новими технологічними і конструктивними прийомами, домагатись зниження маси, енергоємності, підвищення довговічності, надійності, ступеню автоматизації, збільшення зручності обслуговування.

1.2.5 Ряди переважних чисел

Основою нормалізації являються ряди чисел, які підкоряються визначеним закономірностям. У арифметичних рядах кожний член утворюється додаванням до попереднього члена постійного числа (різниці прогресії) τ .

Величина будь-якого члену ряду $a_k = a_0 + K\tau$, де a_0 - перший член ряду, якому присвоюється нульовий номер; K — порядковий номер члену ряду.

Наприклад, є арифметичні ряди з $d_0 = 10$, $\tau = 10 \dots 1$ в діапазоні $K = 0 \dots 30$. При $\tau = 5$ арифметичний ряд в діапазоні найбільш поширених в машинобудуванні діаметрів $D = 10 \dots 100$ мм наступний: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70...100.

Арифметичні ряди відрізняються відносною нерівномірністю. Їх верхні області більш насичені градаціями розмірів, а нижні – менш. Відношення кожного члену ряду до попереднього має більшу величину для перших членів ряду і різко зменшується у верхніх областях ряду.

Нерівномірність можливо частково виправити зміною величини τ для різних областей ряду. Так, для приведеного ряду в діапазонах $D < 20$, $D = 20 \dots 50$ і $D = 50 \dots 100$ мм можливо прийняти відповідно $\tau = 2,5$; $\tau = 5$ і $\tau = 10$.

Тоді отримуємо ряд 10; 12,5; 15; 17,5; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 60; 70; 80; 90; 100 з більш рівномірною градацією розмірів.

В рядах, які побудовані по принципу геометричної прогресії, кожний член ряду отримується множенням попереднього члену на постійну величину ϕ (знаменник прогресії).

Основні ряди

ДСТУ встановлює п'ять рядів переважних чисел з знаменником прогресії $\phi = \sqrt{10}$. Ступені n кореня прийняті рівними 5, 10, 20, 40 і 80. Ці числа разом з буквою R складають позначення ряду (таблиця 3).

Величина будь-якого члену ряду $a_k = a_0 \phi^k$, де a_0 – перший член ряду, якому привласнюють нульовий номер; K – порядковий номер члена ряду.

З зменшенням ϕ інтервали між членами ряду зменшуються, число членів ряду зростає; ряд утворюється більш подрібнений. Основні ряди переважних чисел в діапазоні 1-10:

R5: 1,6; 2,5; 4; 6,3; 10.

R10: 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10.

R20: 1; 1,12; 1,25; 1,4; 1,6; 1,8; 2; 2,24; 2,5; 2,8; 3,15; 3,55; 4; 4,5; 5; 5,6; 6,3; 7,1; 8; 9; 10.

R40: 1; 1,06; 1,12; 1,18; 1,25; 1,32; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2; 2,12; 2,24; 2,36; 2,5; 2,65; 2,8; 3; 3,15; 3,35; 3,55; 3,75; 4; 4,25; 4,5; 4,75; 5; 5,3; 5,6; 6; 6,3; 6,7; 7,1; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10.

R80: 1; 1,03; 1,06; 1,08; 1,12; 1,15; 1,18; 1,2; 1,25; 1,28; 1,36; 1,4; і т.д.

Числові значення членів всіх рядів округлені з похибкою $\pm 1\%$. Кожний більш низький ряд отримується вилученням членів через один з найближчого більш високого ряду.

Похідні ряди

З основних рядів можливо отримати геометричні ряди для будь-якого діапазону чисел, тобто з лубим значенням початкового і кінцевого членів. У відповідності з основним законом утворення геометричних прогресій похідні ряди отримують множення першого члену нового ряду з числа будь-якого з основних рядів (**R5...R10** і т.д.), навіть до отримання значення **R10**, яке в свою чергу, множать на числа того ж основного ряду і т.д.

Для прикладу наводиться довільний ряд з діапазоном 1-1000 на основі ряду **R5**: 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000.

Ряди на основі геометричної прогресії можливо розподілити шляхом відбору m членів (m - порядковий номер, кратний любому цілому числу). В результаті утворюється новий ряд з знаменником φ^m . Прикладом такого розрідження служать основні ряди переважних чисел.

Ряди **R20** ($\varphi^m = 1,06^2 = 1,12$), **R10** ($\varphi^m = 1,06^4 = 1,25$), **R5** ($\varphi^m = 1,06^8 = 1,6$) отримують відбором з ряду **R 40** ($\varphi = 1,06$) всіх членів з порядковими номерами, кратними відповідно 2, 4, 8. Відбором з ряду **R 40** членів з порядковими номерами, кратними 3, 6, 9, можливо отримати відповідно ряди зі знаменниками: $\varphi^m = 1,06^3 = 1,19$; $\varphi^m = 1,06^6 = 1,41$; $\varphi^m = 1,06^9 = 1,68$

Створення похідних рядів можливо і іншими способами. При зведенні членів геометричної прогресії в будь-яку ступінь отримують нову прогресію, з іншим знаменником. Так, при зведенні членів ряду **R 5** в квадрат отримують прогресію зі знаменником : 2,56; 1; 2,56; 6,25; 16; 39,7; 100.

Таким чином, якщо лінійні розміри ряду деталей утворюють геометричну прогресію, то значення площ січень, об'ємів, маси, моментів опору і моментів інерції січень також утворюють геометричні прогресії, але з іншими знаменниками і іншими першими і останніми членами.

Нормальні лінійні розміри

На базі основних рядів розроблені ряди нормальних лінійних розмірів з декілька більшим округленням чисел в порівнянні з основними. На відміну від основних ряди нормальних розмірів

Таблиця 3 - Позначення ряду

| Величина | Ряди | | | | |
|-----------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | R5 | R10 | R20 | R40 | R80 |
| φ | $\sqrt[5]{10} \approx 1.6$ | $\sqrt[10]{10} \approx 1.25$ | $\sqrt[20]{10} \approx 1.12$ | $\sqrt[40]{10} \approx 1.06$ | $\sqrt[80]{10} \approx 1.03$ |

позначають буквою **a**:

Ra 5: 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100.

Ra 10: 0,1; 0,12; 0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,2; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 80; 100.

Ra 20: 0,1; 0,11; 0,12; 0,14; 0,16; 0,18; 0,2; 0,22; 0,25; 0,28; 0,32; 0,36; 0,4; 0,45; 0,5; 0,56; 0,63; 0,71; 0,8; 0,9; 1; і т.д. з підвищенням цифр на один порядок.

Ra 40: 0,1; 0,105; 0,11; 0,115; 0,12; 0,13; 0,14; 0,15; 0,16; 0,17; 0,18; 0,19; 0,2; 0,21; 0,22; 0,24; 0,25; 0,26; 0,28; 0,3; 0,32; 0,34; 0,36; 0,38; 0,4; 0,42; 0,45; 0,48; 0,5; 0,53; 0,56; 0,6; 0,63; 0,67; 0,71; 0,75; 0,8; 0,85; 0,9; 0,95; 1; 1,05; 1,1; 1,15; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5 і т.д.

ДСТУ охоплює лінійні розміри в інтервалі 0,001...2000 мм.

Застосування передбачених ДСТУ лінійних розмірів доцільно для поверхонь, які піддаються точній механічній обробці, особливо для діаметрів посадочних з'єднань. Це сприяє нормалізації ріжучого, контрольного і вимірювального інструментів, полегшує налагодження верстатів.

Головний економічний вигравш отримується при скороченні числа членів рядів, тобто при застосуванні в кожному окремому випадку найбільш низького ряду, який забезпечує потрібний діапазон розмірів.

Менше значення мають нормальні розміри для поверхонь, які не потребують точної координації.

На основі нормальних лінійних розмірів встановлюють ряди діаметрів дроту, прутків, товщини листового прокату, лінійних розмірів січень фасонного прокату.

Застосовувати нормалізовані ряди для осьових розмірів і для розмірів необроблених поверхонь (лиття, штамповки) не раціонально. В таких випадках навіть часткова нормалізація розмірів, не дає ніяких реальних переваг, тільки ускладнює процес проектування і виготовлення деталей.

Ряди переважних чисел в конструюванні

Значення рядів переважних чисел для конструювання не слід переоцінювати. Деякі конструктори вважають необхідним застосовувати ряди переважних чисел для нормалізації і для всіх областей конструювання. Це не правильно.

Ряди переважних чисел доцільно використовувати у випадках, коли потрібно створити ряд градацій будь-якого параметру з рівномірною насиченістю у всіх частинах ряду (наприклад передаточних відношень у коробках передач і подач металоріжучих верстатів).

Однак рівномірне розподілення градацій не завжди є найбільш раціональним. Правильно при нормуванні технічних параметрів виходити з щільності розподілення частоти застосування даного параметру.

Якщо зобразити графічно частоту застосування модулів зубів в загальному машинобудуванні, то буде видно що для 90% всіх коліс модуль дорівнює 1...5. Максимум приходить на колеса з модулем 2...3. В даному випадку доцільно збільшити число градацій в області найбільшого застосування і скоротити число градацій для модулів, що рідко зустрічаються. В інших галузях машинобудування (приладобудування, важке машинобудування) співвідношення можуть бути різними. В кожній галузі потрібно встановити щільність

розподілення і відповідно вибрати градації стандартних модулів. Такий же диференційований підхід необхідний і для інших нормативних в машинобудуванні параметрів (розміри посадкових діаметрів, різьб і інші).

Ряди переважних чисел не застосовуються для створення уніфікованих рядів машин з робочими органами, що повторюються. Параметри уніфікованих рядів складаються за іншими законами, які залежать від реальних можливостей сполучення уніфікованих органів і умов технічної пристосованості членів ряду, і не можуть вкластися в геометричну прогресію.

Параметричні ряди необхідно будувати з урахуванням частоти застосування різних категорій машин, ступеню їх гнучкості і т.п. Формальне застосування геометричних прогресій призводить до великих помилок.

Не потрібно використовувати ряди переважних чисел для визначення параметрів машин прогресивного розвитку, і машин що модернізуються. Параметри цих машин на кожній стадії залежать від технічних можливостей і потреб відповідних галузей народного господарства. Так потужність теплових машин залежить від їх вихідних параметрів (тиск, температура) і частоти обертання. Жодного з цих параметрів неможливо довільно збільшувати. В деяких випадках вони мають оптимальне значення (наприклад, ступінь стиснення в газових турбінах), зміна якого погіршує показники машини. Збільшення температури і частоти обертання можливо тільки на базі технічних вдосконалень (підвищення жароміцності матеріалів, покращення охолодження термічно навантажених деталей). Результати цих пошукових робіт неможливо укласти в ряди переважних чисел.

Таким чином, необхідно підкреслити, що параметри елементів нормалізації потрібно вибирати на основі конкретних умов їх застосування.

1.2.6 Загальні правила конструювання

При створенні машин рекомендується притримуватися наступних правил:

- націлювати конструкторські задачі на збільшення економічного ефекту, який визначається в першу чергу корисною віддачею машини, її довговічність і вартість експлуатаційних витрат за весь термін використання машини;

- добиватися максимального підвищення корисної віддачі, збільшення продуктивності машин і об'єму операцій, що ними виконуються;

- добиватися всебічного зниження витрат на експлуатацію машин зменшенням енергоспоживання, вартості обслуговування і ремонту;

- максимально збільшувати ступінь автоматизації машин з метою підвищення продуктивності, покращення якості продукції і скорочення витрат на працю;

- всебічно збільшувати довговічність машин, як засіб підвищення фактичної чисельності машинного парку і їх сумарної корисної віддачі;

- упереджувати технічне старіння машин, забезпечуючи їх довгостроковість і передбачати резерви розвитку і послідовного удосконалення;

- закладати в машину передумови інтенсифікації використання в експлуатації підвищенням їх універсальності і надійності;

- передбачати можливість створення похідних машин з максимальним використанням конструктивних елементів базової машини;

- прагнути до скорочення числа типорозмірів машин, добиватися задоволення потреб народного господарства мінімальним числом моделей через раціональний вибір їх параметрів і підвищення експлуатаційної гнучкості;

- прагнути до задоволення потреб народного господарства мінімальним випуском машин шляхом збільшення корисної віддачі і довговічності машин;

- конструювати машини з розрахунком на безремонтну експлуатацію з повним усуненням капітальних ремонтів і з заміною відновлювальних ремонтів комплектацією машин з змінними вузлами;

- запобігати виконання поверхонь тертя безпосередньо на корпусі деталей; для полегшення ремонту поверхні тертя виконувати на окремих деталях, що легко замінюються;

- послідовно витримувати принцип агрегатності; конструювати вузли у вигляді незалежних агрегатів, які встановлюються на машину в зібраному вигляді;

- виключити підбір і підгонку деталей при складанні; забезпечити повну взаємозамінність деталей;

- виключити операції підгонки, регулювання деталей і вузлів по місцю; передбачати в конструкції фіксуючі елементи, які забезпечують правильне встановлення деталей і вузлів при збиранні;

- забезпечувати високу міцність деталей машин в цілому способами, які не вимагають збільшення маси (надання деталям раціональних форм з найкращим використанням матеріалу, застосування матеріалів підвищеної міцності, введення зміцнюючої обробки);

- приділяти особливу увагу підвищенню циклічної міцності деталей; надавати деталям раціональні по встановленій міцності форми; зменшувати концентрацію напруг; вводити стомлюючо-зміцнюючу обробку;

- в машини, вузли та механізми, які працюють при циклічних і динамічних навантаженнях, вводити пружні елементи, які пом'якшують удари і коливальні навантаження;

- надавати конструкціям високу жорсткість цілеспрямованими заходами, які не вимагають збільшення маси (застосування пустотілих і оболонкових конструкцій; блокування деформацій поперечними і діагональними зв'язками; раціональне розташування опор і вузлів жорсткості);

- всемірно збільшувати експлуатаційну надійність машин, добиваючись за можливістю повної безвідмовності їх дії;

- виготовляти машини невибагливими до догляду; скорочувати об'єм операцій обслуговування, встановлювати

періодичне регулювання, виконувати механізми у вигляді самообслуговуючих агрегатів;

- попереджати можливість перенавантаження машин в експлуатації; вводити автоматичні регулятори, запобіжні і попереджувачі пристрої, які виключають можливість експлуатації машин на небезпечних режимах;

- усувати можливість руйнувань і аварій в результаті невмілого або недбалого відношення до машини; вводити блокування, які попереджують можливість неправильного маніпулювання органами управління; максимально автоматизувати управління машиною;

- виключати можливість неправильного складання деталей і вузлів, які потребують точної координації один відносно другого; вводити блокування, які допускають складання тільки в потрібному стані ;

- усувати періодичне змащування; забезпечувати безперервну автоматичну подачу мастильного матеріалу до з'єднань тертя;

- запобігати відкритих механізмів і передач; розміщати механізми в закриті корпуси, які попереджують проникнення бруду пилу і вологи на деталі і поверхні, тертя, а також дозволяють організувати безперервне змащування;

- забезпечити надійне страхування різьбових з'єднань від самовідгвинчування; внутрішні сполучення фіксувати методами позитивного стопоріння (шплінти, відгинні шайби);

- попереджувати корозію деталей, особливо у машин, які працюють на відкритому повітрі або мають дотики з

хімічно активними засобами, застосуванням стійких лакофарбних і гальванічних поверхонь і виготовленням деталей з корозійностійких матеріалів;

- зменшувати вартість виготовлення машин шляхом придання конструкціям технологічності, уніфікації, нормалізації, зменшення металоємкості, скороченням числа типорозмірів машин;

- зменшувати масу машин збільшенням компактності конструкції, застосуванням раціональних кінематичних і силових схем, усуненням невиконаних видів навантаження, заміною згину розтягненням-стискуванням, а також застосуванням легких сплавів і неметалевих матеріалів; всебічно спрощувати конструкцію машин; запобігати суцільних багатодетальних конструкцій;

- замінити у всіх випадках, де це можливо, механізми з прямолінійним поступально-поворотним рухом більш вигідними механізмами з обертовим рухом;

- забезпечувати максимальну технологічність деталей, вузлів і машини в цілому, закладаючи в конструкцію резерви найбільш продуктивного виготовлення і складання;

- скорочувати об'єм механічної обробки, передбачаючи виготовлення деталей із заготовок з формою, близькою до кінцевої форми виробу; замінювати механічну обробку більш продуктивними засобами обробки без зняття стружки;

- максимально уніфікувати елементи конструкції з метою здешевлення машини, скорочення термінів її

виготовлення, доводки, а також для полегшення експлуатації і ремонту;

- всебічно розширяти застосування нормалізованих деталей; дотримуватися діючих ДСТУ, галузевих нормалей;

- не застосовувати оригінальних деталей та вузлів там, де можливо обійтися стандартними, нормальними, уніфікованими, запозиченими і закупними деталями і вузлами;

- економити дефіцитні дорогі матеріали, застосовуючи їх повноцінні замінники; при неминучості застосування дефіцитних матеріалів звести їхні витрати до мінімуму ;

- прагнути (як загальне правило) до здешевлення виготовлення, не обмежувати витрати на виготовлення деталей, ключових для довговічності і надійності машини; виконувати такі деталі з якісних матеріалів, застосовувати для їх виготовлення технологічні процеси, які забезпечують найбільше підвищення надійності і терміну служіння;

- надавати машині прості і гладкі зовнішні форми, які полегшують догляд за машиною і її утримання;

- дотримуватися вимог технічної естетики, надаючи машинам стрункі архітектурні форми; покращувати зовнішнє оздоблення машин;

- зосереджувати органи управління і контролю за можливістю в одному місці, зручному для огляду і роботи;

- виконувати доступними і зручними для огляду вузли і механізми, які потребують періодичної перевірки;

- забезпечувати безпеку обслуговуючого персоналу; попереджувати нещасні випадки максимальною автоматизацією робочих операцій, введенням блокувань, застосуванням закритих механізмів і встановленням захисних огорож;

- в машинах-знаряддях і автоматах забезпечувати можливість регулювання і налагодження механізмами ручного прокручування, повільного повертання від приводного двигуна (з реверсом, якщо того потребують умови налагодження);

- в машинах з приводом від електродвигуна враховувати можливість неправильного включення двигуна, а в машинах з приводом від двигуна внутрішнього згоряння – зворотніх спалахів; забезпечувати можливість реверсивної роботи машини або вводити попереджувальні пристрої (відгінні муфти);

- ретельно вивчати досвід експлуатації машин і оперативно вводити в конструкцію виправлення дефектів, які виявились в експлуатації;

- вивчення експлуатації – кращий засіб вдосконалення і доводки машин, і ефективний засіб підвищення кваліфікації конструктора;

- безперервно вдосконалювати конструкцію машин, які знаходяться в серійному виробництві, підтримувати їх на рівні зростаючих вимог промисловості;

- забезпечувати конструктивний резерв, готуючи випуск нових машин з більш високими показниками на зміну старих;

- вивчати тенденції розвитку галузей народного господарства, які використовують дані машини, вводити перспективне проектування, розраховане на задоволення потреб споживачів машин;

- при проектуванні нових конструкцій, а також машин, які мають призначення для нових технологічних процесів, перевіряти нові елементи за допомогою експерименту, моделювання, завчасного виготовлення і випробування вузлів;

- ширше використовувати досвід експлуатації конструкцій в суміжних галузях машинобудування;

1.3 Методика конструювання

Вихідними матеріалами для конструювання можуть бути:

- технічне завдання, яке видається плануючою організацією або замовником і визначає параметри машин, область і умови її застосування;

- технічна пропозиція, яка висувається в ініціативному порядку проектною організацією або групою конструкторів;

- науково-дослідна робота або створений на її основі експериментальний зразок;

- зразок зарубіжної машини, який підлягає копіюванню або відтворення з переробками [10, 12, 34, 39, 44, 51, 54].

Перший випадок – найбільш загальний; на ньому зручно відслідковувати процес конструювання. До технічних завдань необхідно підходити критично. Конструктор повинен добре знати галузь промисловості, для якої конструює машину. Він зобов'язаний

перевірити завдання, і якщо потрібно, обґрунтовано доказати необхідність його коректування.

Не завжди враховують ті обставини, що з моменту початку конструювання до терміну введення машини в експлуатацію проходить визначений період, як правило, тривалість його залежить від складності машини. Цей період складається з наступних етапів: *конструювання, виготовлення, заводського налагодження, доведення зразка, промислових випробувань, внесення виявлених у ході випробувань переробок, державних випробувань і приймання дослідного зразка.* Далі йде виготовлення технічної документації головної серії, виготовлення головної серії і її промислове випробування. Після цього розробляють серійну документацію, готують виробництво до серійного випуску, і на кінець, організовують серійний випуск.

В кращому випадку, при відсутності великих недоліків і ускладнень цей процес триває – півтора-два роки. Інколи між початком конструювання і початком широкого випуску машин проходить два-три роки, а іноді й більше.

Машини з неправильно вибраними, заниженими параметрами, оснований на шаблонних рішеннях, які не забезпечують технічного прогресу, не сумісні з новими уявленнями про роль якості, надійності і довговічності, старіють уже до початку серійного випуску. Робота, яка затрачується на проектування, виготовлення і доведення зразку, виявляється марною, а промисловість не отримує потрібної машини.

1.3.1 Конструктивна приємственність

Конструктивна приємственність – це використання при проектуванні попереднього досвіду машинобудування даної та суміжних галузей, введення в агрегат, що проектується, всього корисного, що є в існуючих конструкціях машин. Майже кожна сучасна машина являє собою підсумок роботи конструкторів декількох поколінь. Початкову модель машини поступово вдосконалюють, збагачують новими вузлами і агрегатами, новими конструктивними рішеннями, які являють собою результат творчих зусиль і винахідливості наступних поколінь конструкторів. Деякі конструктивні рішення з виникненням більш раціональних рішень, нових технологічних засобів, підвищенням експлуатаційних вимог відпадають, а деякі зберігаються тривалий час в такому або майже в такому початковому вигляді.

З плином часу підвищуються техніко-економічні показники машин, росте їх потужність і продуктивність, збільшується ступінь автоматизації, надійність і довговічність, з'являються нові машини однакового призначення, але принципово інших конструктивних схем. В змаганні отримують перемогу найбільш прогресивні і живучі конструкції.

Особливо важливе вивчення вихідних матеріалів при розробці нової конструкції. Головна задача при цьому – правильно вибрати параметри машини. Окремі незначні конструктивні помилки виправляються в процесі виготовлення і доведення машини. Помилки ж в параметрах і в головному задумі машини не піддаються

виправленню і нерідко ведуть до провалу конструкції. На цьому етапі не слід шкодувати ні часу, ні зусиль на вишукування.

Передумовою вибору параметрів повинно явитись повне дослідження усіх факторів, які визначають життєздатність машини. Необхідно вивчити досвід виготовлення зарубіжних і вітчизняних машин, провести порівнюючий аналіз їх переваг і недоліків, вибрати правильний прототип, з'ясувати тенденції розвитку і потреби даної галузі машинобудування.

Важлива умова правильного проектування – наявність фонду довідкового конструкторського матеріалу. Окрім архівів власної продукції конструкторські організації повинні мати альбоми конструкцій суміжних організацій. Обов'язкове систематичне поглиблене вивчення вітчизняної і зарубіжної періодичної літератури і патентів.

Конструктор повинен бути в курсі пошукових і перспективних робіт, які проводяться науково-дослідними інститутами в даній галузі.

Поряд з вивченням досвіду тієї галузі машинобудування, в якій працює дана конструкторська організація, слід використовувати досвід інших, навіть віддалених за профілем галузей машинобудування. Це розширить кругозір конструктора і збагатить арсенал його конструкторських задумів. Особливо доцільно вивчати досвід передових галузей машинобудування, де конструкторська і технологічна думка, збуджена високими вимогами до якості продукції (авіація) і масовості виготовлення (автотракторобудування), безперервно розробляє нові конструктивні форми засобів підвищення якості, надійності, довговічності і прийоми промислового виготовлення.

Використання накопиченого досвіду дозволяє вирішувати окремі задачі, які виникають при проектуванні. Інколи конструктор

б'ється над створенням будь-якого спеціального вузла або агрегату, нового для конструкції даної машини, тоді як подібні вузли давно розроблені в інших галузях машинобудування і перевірені тривалою експлуатацією.

Творча ініціатива не являється обмеженою, якщо конструктор її запозичив. Проектування кожної машини являє собою широке поле діяльності для конструктора.

Процес постійного вдосконалення машин під тиском зростаючих вимог промисловості знаходить відображення у створенні школи конструювання і складу конструкторського мислення [6, 12].

1.3.2 Вивчення сфери застосування машин

Розвиток машинобудування нерозривно пов'язаний з розвитком секторів народного господарства. В промисловості виникає процес безперервного вдосконалення: зростають об'ємом продукції, скорочується виробничий цикл, з'являються нові технологічні процеси, змінюється компоновка ліній, склад і розташування обладнання, постійно підвищується рівень механізації і автоматизації виробництва. Відповідно зростають вимоги до показників машин, їх продуктивності, ступеню автоматизації. Деякі машини з появою нових технологічних процесів стають непотрібними. З'являється необхідність створення нових машин або докорінної зміни старих.

Інколи ці зміни бувають дуже значними і зачіпають багато категорій машин. Так, введення прогресивного процесу безперервного розливання металу означає відмирання, або у всякому випадку, скорочення застосування таких складних і

металоємних машин, як блюмінги і слябінги (беззлитковий прокат). Розвиток конвертерного виробництва сталі з кисневим дуттям викликає зменшення використання мартенівських печей, якщо тільки останні, в свою чергу, не підлягають докорінним вдосконаленням. Поява магнітогазодинамічних генераторів, які безпосередньо перетворюють теплову енергію в електричну, призводить до зникнення електрогенераторів і значному скороченню використання теплових двигунів.

При проектуванні машин, що мають призначаються для визначеної галузі промисловості, попередньо здійснюється ретельне вивчення особливостей цієї галузі, динаміки її кількісного і якісного розвитку потреб в даній категорії машин і вірогідності появи нових технологічних процесів і методів виробництва.

Конструктору необхідно знати специфіку цієї галузі і рівень експлуатації машин, поєднувати конструкторські здібності з знанням умов експлуатації об'єктів проектування.

При виборі параметрів машини необхідно враховувати конкретні умови її застосування. Так неможливо довільно збільшувати продуктивність машини, не враховуючи продуктивності суміжного обладнання. В деяких випадках машини з підвищеною продуктивністю можуть виявитися в експлуатації недозавантаженими і будуть більше простоювати, ніж працювати. Це знижує ступінь їх використання і зменшує економічний ефект.

1.3.3 Вибір конструкції

При виборі параметрів машини, головної схеми і типу конструкції в центрі уваги мають бути фактори, які визначають економічну ефективність машини - висока корисна віддача, мале електроспоживання і витрати на обслуговування, низька вартість експлуатації і тривалий термін застосування. Схему машини завжди вибирають методом паралельного аналізу декількох варіантів, які піддають ретельній порівняльній оцінці з сторони конструктивної доцільності, досконалості кінематичної і силової схем, вартості виготовлення, енергоємності, витрат на робочу силу, надійності дії, габаритних розмірів, металомісткості і маси, технологічності, ступеню агрегатності, зручності обслуговування, збирання-розбирання, огляду, наладки і регулювання.

Потрібно з'ясувати, в якій мірі схема забезпечує можливість послідовного розвитку, форсування і вдосконалення машини, утворення на базі вихідної моделі похідних машин і модифікацій.

Не завжди вдається навіть при самих ретельних пошуках знайти рішення, яке повністю відповідає висунутим вимогам. Бездоганий у всіх відношеннях варіант в конструкторській практиці – рідкісна вдача. Суть інколи не в недоліках винахідливості, а в протиріччі висунутих вимог. В таких випадках приходиться йти на компромісне рішення і поступатися деякими вимогами, які не мають першоступеневого значення в даних умовах застосування машини. Нерідко приходиться вибирати варіант не з невеликими перевагами, а з найменшими недоліками.

Після вибору схеми і основних показників агрегату розробляють компоновку, на основі якої складають **ескізний, технічний і робочий проекти**.

Розробка варіантів закономірний метод конструювання, який допомагає відшукувати найбільш раціональне рішення.

1.3.4 Метод інверсії

Серед прийомів, які полегшують складний процес конструювання, видне місце займає **метод інверсії** (*обернення функції, форм і розміщення деталей*).

В вузлах інколи змінюють роль деталей, наприклад ведену деталь зробити ведучою, направляючу – направляємою, охоплювану - охоплючою, нерухому - рухомою. Доцільно інколи інвертувати форми деталей, наприклад: зовнішній конус замінити внутрішнім, опуклу сферичну поверхню - увігнутою. В інших випадках являється вигідним перемістити конструктивні елементи з однієї деталі на другу, наприклад шпонку з вала на маточину або бойок із важеля на штовхач.

Кожного разу конструкція при цьому набуває нових властивостей. При цьому задача конструктора - зважити переваги і хиби вихідного і інвертованого варіантів з урахуванням міцності, технологічності, зручності експлуатації і вибрати найкращий з них. Для досвідченого конструктора інвертування - метод, що значно полегшує процес пошуку рішень, і в результаті якого народжується раціональна конструкція.

1.3.5 Компонування

Компонування звичайно складається з двох етапів: **ескізного і робочого**. У ескізованому компонуванні розробляють основну схему і загальну конструкцію агрегату (іноді декілька варіантів). На підставі аналізу ескізної компоновки складають робочу компоновку, яка враховує конструкцію агрегату і слугує вихідним матеріалом для подальшого проектування.

При компонуванні важливо вміло виділяти головне із другорядного і встановити правильну послідовність розробки конструкції. Спроба скомпонувати одночасно усі елементи конструкції – це помилка, яка притаманна починаючим конструкторам. Отримавши завдання, яке визначає цільове призначення і параметри проектуемого агрегату, конструктор нерідко відразу вимальовувати конструкцію в цілому у всіх її деталях, з повним зображенням конструктивних елементів, надаючи компоновці такий вигляд, який повинне мати тільки збірне креслення конструкції в технічному або робочому проекті. Так конструювати не розумно. Утворюється механічне нанизання конструктивних елементів і вузлів, розміщених завідомо не доцільно.

Компоновку потрібно починати з рішення головних питань — вибору раціональних кінематичної і силової схем, правильних розмірів і форми деталей, визначення найбільш доцільного взаємного їх розташування. При компонуванні треба йти від загального до окремого, а не навпаки. З'ясування дрібниць конструкції на даному етапі не тільки некорисно, а й шкідливо, так як відволікає увагу конструктора від головних задач компонування і порушує логічний хід розробки конструкції.

Друге основне правило компоунвання – розробка варіантів, поглиблений їх аналіз і вибір найбільш раціонального. Помилково, якщо конструктор відразу задається направленням конструювання, вибравши перший ліпший тип конструкції, який прийшов у голову або приймаючи за зразок шаблонну конструкцію. Саме шкідливе на даному етапі проектування – піддатися психологічній інерції і мислити стереотипно. На початку необхідно продумати всі можливі рішення і вибрати з них оптимальне для даних умов. Це вимагає праці і дається не відразу, а в результаті пошуків, інколи тривалих.

Повна розробка варіантів не обов'язкова. Достатньо замальовків від руки олівцем, щоб отримати уявлення про перспективу варіанту і вирішити питання про доцільність продовження роботи над ним.

В процесі компоунвання необхідно проводити розрахунки (хоч би орієнтовні і наближені). Основні деталі конструкції мають бути розраховані на міцність і жорсткість. Вибирати розміри і форми деталей “на око” не допустимо.

Неправильно всеціло опиратись і на розрахунок. По-перше, існуючі методи розрахунки на міцність не враховують ряду факторів, які визначають працездатність конструкції. По-друге, існують машини, які не піддаються розрахунку (наприклад, складні корпусні деталі). По-третє, необхідні розміри деталей залежать не тільки від міцності, але і від інших факторів. Конструкція литих деталей визначається в першу чергу вимогами технології по литтю. Для деталей, які оброблюються механічно, потрібно враховувати опір зусиллям різання і надавати їм необхідну жорсткість. Деталі, що оброблюються термічно, не повинні бути достатньо масивними, з метою запобігання короблення. Розміри

деталей керування треба вибирати з врахуванням зручності маніпулювання.

При конструюванні необхідно постійно враховувати питання виготовлення і з самого початку надавати деталям технологічно доцільні форми. Досвідчений конструктор, при компонуванні моделі, відразу робить її технологічною; початківець повинен постійно звертатися за консультацією до технологів.

Компонувку необхідно вести на основі нормальних розмірів (діаметри посадочних поверхонь, розміри шпоночних і шліцьових з'єднань, діаметри різьб і т.д.). Особливо це важливо при компонуванні вузлів з декількома концентричними посадочними поверхнями, а також ступінчатих деталей, форма яких в значній мірі залежить від градації діаметрів.

Одночасно слід добиватися максимальної уніфікації нормальних елементів. Елементи, що потрібні по конструкції основних деталей і вузлів, рекомендується використовувати і в інших частинах конструкції.

При компонуванні повинні враховуватись всі умови, які визначають працездатність агрегату, розроблені системи змащування, охолодження, збирання - розбирання, кріплення агрегату і приєднання до нього суміжних деталей (приводних валів, комунікацій, електропроводки); передбачені умови зручного обслуговування, огляду і регулювання механізмів; вибрані матеріали для основних деталей; продумані засоби підвищення довговічності, збільшення зносостійкості з'єднань тертя, засоби захисту від корозії; вишукані можливості форсування агрегату і визначені їх межі.

Не завжди компоування йде гладко. В процесі проектування часто знаходяться не помічені в початкових вишукуваннях недоліки, для усунення яких приходиться звертатися до раніше забракованих схем або розробляти нові. Окремі вузли не завжди створюються з перших спроб. Приходиться створювати “тимчасові” конструкції і доводити їх до необхідного конструктивного рівня в процесі подальшої праці. В таких випадках доцільно зробити перепочинок, після якого в результаті підсвідомої роботи мислення нерідко виникають удачі рішення. Після паузи конструктор дивиться на креслення по іншому і бачить хиби, що були допущені в період розвитку основної ідеї конструкції.

Іноді конструктор мимоволі втрачає об'єктивність, перестає бачити хиби вибраного варіанта і можливості інших варіантів. У таких випадках цінною являється безпристрасна думка сторонніх людей, вказівка старших, поради товаришів по роботі, навіть прискіплива критика. Більш того, чим гостріше критика, тим більшу користь вона дає конструктору.

На всіх стадіях компоування варто вдаватися до консультацій виробничників і експлуатаційників. Чим ширше поставлене обговорення компоування і чим уважніше конструктор прислухається до корисних вказівок, тим краще стає компоування і створюється досконаліша конструкція.

Вартість проектних робіт складає незначну частку від вартості випуску машин (за винятком машин одиничного і дрібносерійного виробництва). Більш глибока проробка конструкції в кінцевому рахунку дає вигреш у вартості, термінах виготовлення і доведення, якості.

Техніка компоунвання

Компоунвання краще вести в масштабі 1:1, якщо допускають габаритні розміри об'єкта проектування. При цьому легше вибрати потрібні розміри і поперечні січення деталей, скласти уяву про відношення частин конструкції, міцності і жорсткості деталей та конструкції в цілому. Разом з цим такий масштаб позбавить від необхідності проставлення більшого числа розмірів і полегшить наступні процеси проектування, зокрема деталювання. Розміри деталей у цьому випадку можна брати безпосередньо з креслення.

Креслення в зменшеному масштабі, особливо яке перевищує 1:2, сильно ускладнює процес компоунвання, порушує пропорції і позбавляє креслення наглядності. Якщо розміри об'єкту не дозволяють застосувати розміри 1:1, то окремі вузли і агрегати об'єкту потрібно компоувати в натуральну величину.

Компоновку найпростіших об'єктів можливо розробляти в одній основній проекції. Форми конструкції в поперечному напрямленні сприймаються просторовим уявленням.

При компоунванні більш складних об'єктів вказаний засіб може викликати суттєві помилки. В таких випадках обов'язкова розробка креслень у всіх необхідних проекціях та січеннях.

Техніка виконання компоновочних креслень являє собою процес безперервних пошуків, випробувань, прикидок, розробки варіантів, їх співставлення і вибраковки недосконалих. Креслити потрібно з слабим натиском олівця, тому що при компоунванні перероблення йдуть одне за другим, із за чого приходится часто витирати накреслене. Січення можливо не штрихувати, а якщо і

штрихувати, то тільки від руки. Не слід витратити багато часу на вирисовування подробиць. Типові деталі і вузли (деталі кріплення, ущільнення, пружини, підшипники кочення) доцільно зображати спрощено.

1.4 Вибір конструктивних варіантів

При розробці технічної системи конструктори шукають рішення, яке вважають за оптимальне. При цьому виходять з ступеню виконання системою заданих вимог, передбачених витрат і просто суб'єктивної оцінки конструкції. У ході пошуку оптимального рішення виконавець зіштовхується з багатокритеріальністю оцінки технічних систем. Багатокритеріальність означає, що ступінь досконалості системи, якість виконання нею своїх функцій залежать від декількох вихідних характеристик. Часто ці характеристики суперечливі і найбільш сприятливі співвідношення між ними невідомі. У цих умовах багатокритеріальність системи викликає складності рішення задачі вибору, особливо якщо один з варіантів розробки переважає інші по одній групі критеріїв, але поступається їм по іншій. Задача вибору переважного варіанту вирішується завжди інтуїтивно технічним керівником, який опирається на думку експертів-спеціалістів.

1.4.1 Пошук оптимальної області зміни параметрів машини

В останній час створений ряд методів, які полегшують вибір варіантів при конструюванні. Багато з них побудовані на компромісному рішенні задачі і використовуються тоді, коли

характеристики машини взаємообумовлені і покращення одних з них обов'язково веде за собою погіршення інших.

Проблема є у визначенні області зміни окремих критеріїв, в якій знаходиться оптимальне рішення. Легше всього уявити суть проблеми при її геометричному тлумаченні.

Припустимо, що потрібно оптимізувати систему, ефективність якої визначається двома критеріями x і y і зростає при їхньому збільшенні. Тоді на полі координат кожне рішення позначається точкою з координатами x і y , а його ефективність є функція від координат $\mathcal{E}_i = f(x_i; y_i)$. Фізичні обмеження не дозволяють надати критеріям скільки завгодно великих значень. Типові два види обмежень – абсолютні, які не залежать від інших критеріїв, і взаємопов'язані. На рис. 3 показана геометрична інтерпретація критеріїв для двох критеріальної системи.

Лінія X_{max} відповідає фізичному обмеженню за критерієм X . Лінія A відповідає взаємозв'язаному обмеженню. Необхідно також введення мінімальних обмежень критеріїв X_{min} , Y_{min} при переході через які ефективність системи стає недопустимо малою. Не має зиску наприклад, створення вантажного автомобіля з нульовою вантажопідйомністю або бульдозера з шириною захвату декілька сантиметрів. З урахуванням усіх обмежень можливі рішення конструкторської задачі повинні знаходитись на полі B , а оптимальні рішення – на виділеній ділянці лінії A . Цю частину обмеженої лінії називають областю компромісу, тому що тут збільшення одного із критеріїв можливо добитися тільки ціною зменшення іншого.

Взаємозв'язаних критеріїв може бути декілька, тоді лінія компромісу

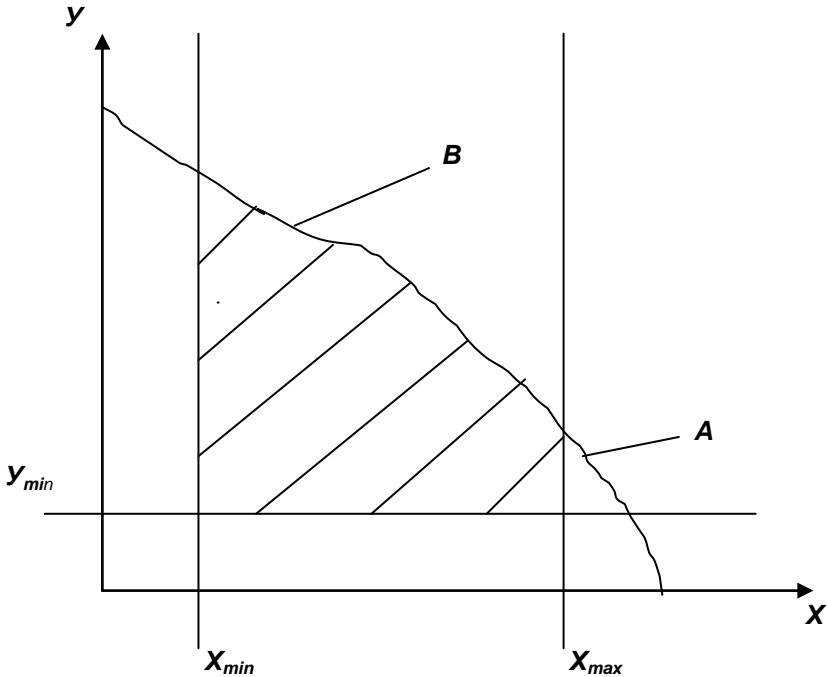


Рисунок 3 - Геометрична інтерпретація критеріїв для двокритеріальної системи

буде ламаною, а поле можливих рішень має складну форму. Приведемо приклад, який пояснить викладене.

Приклад. Проектується електрокар. Загальна його маса a складається із маси конструкції a_k , маси акумуляторів a_a і маси корисного навантаження a_n . Критерії ефективності: маса корисного навантаження a_n і шлях руху L без під зарядки або заміни акумуляторів.

Відоме максимальне навантаження a , яке визначається міцністю і довговічністю ходової частини, зокрема граничним навантаженням на колесо. Необхідно визначити область компромісу при заданій допустимій загальній масі a електрокара.

Шлях L , який може пройти електрокар без під зарядки або заміни акумуляторів, в першому наближенні пропорційний сумарній енергії, яку може віддати акумуляторна батарея. Ця енергія, в свою чергу, пропорційна масі акумуляторів. Відповідно, шлях, пройдений електрокаром, буде пропорційний масі батареї:

$$L = Ka_a$$

Звідки наступний вираз для обмеженої лінії:

$$L = K(a - a_k) - Ka_n.$$

Графік, який зображений на рис. 4. Кращі конструктивні рішення повинні лежати на лінії компромісу AB . Подальший вибір робиться з урахуванням інших критеріїв. Так, можливо задатися максимальним пробігом за одну зміну без перезарядки L_{max} , тоді лінія компромісу зменшиться до відрізка CB і т.д. Необхідно врахувати також економічні фактори.

Відшукування області компромісу дозволяє дослідити не всі можливі конструктивні рішення, а тільки незначну їх частину, в якій завідома знаходиться і оптимальне рішення. Область компромісу може представляти собою безперервну границю – лінію, поверхню, або, якщо критерії приймати лише дискретні значення – сукупність дискретних крапок або відрізків.

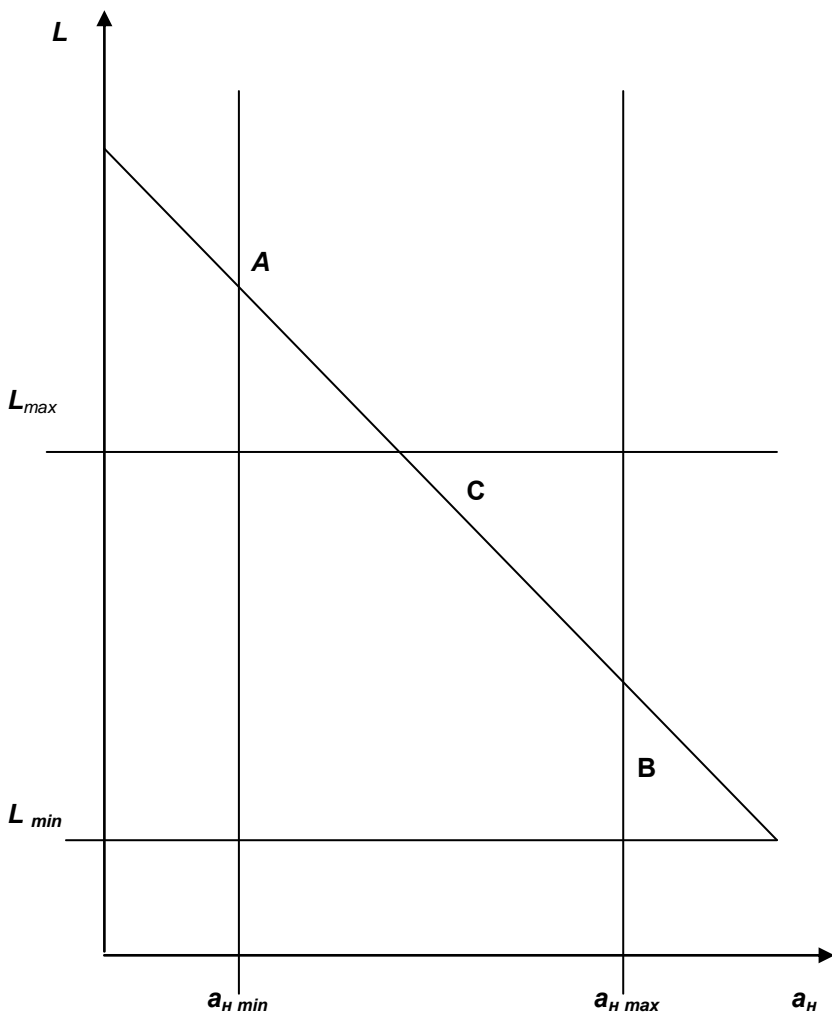


Рисунок 4 - Визначення області компромісу при заданій допустимій загальній масі електрокару

1.5 Застосування при конструюванні прогресивних конструкторських рішень і типових прийомів

При створенні й удосконалюванні машин просте наслідування прототипа не дозволяє досягти високих експлуатаційних показників і економічності машин. Виріб світового класу повинен містити декілька десятків технічних рішень на рівні винаходів, що використовуються в основних вузлах машини і які забезпечують підвищення довговічності, надійності і навантажувальної спроможності не менше чим на 25-50% при одночасній економії матеріалів. Проте таке широке використання новинок можливе тільки при створенні серійної машини - за умови проведення натурних експериментів на дослідних зразках. При проектуванні оригінального устаткування, машин, що випускаються дрібними серіями, обсяг експериментів обмежений і не всі технічні рішення вдається попередньо перевірити. В даних умовах конструктор не має права на помилку, оскільки при доведенні машини її не можливо усунути. Ризик більше загубити, чим виграти від використання нового технічного рішення збільшується, і конструктор намагається йти звичним шляхом, якнайменше відхиляючись від нього. Це, природно, не сприяє значному росту ефективності нової машини. Проте в ході експлуатації прототипу машини безсумнівно виявляються слабкі місця, вузли з недостатнім ресурсом і т.п. Усунення цих хиб при створенні нової машини - обов'язок конструктора, але виконати його часто не дозволяє те, що конструкція цих вузлів уже вичерпала себе і традиційні шляхи досягнення цілі (збільшення площі перерізу деталі для підвищення її надійності і жорсткості, підвищення швидкості для збільшення продуктивності

машини і т.д.) ведуть у безвихідь. Таким чином, конструктор завжди зустрічається з протиріччями, що складаються з необхідності застосування нових технічних рішень і небажаності їхнього застосування через неможливість попередньої експериментальної перевірки. У такій ситуації доцільно запозичати передові технічні рішення з інших галузей техніки, де вони вже реалізовані в машинах і перевірені на практиці. Ризик від впровадження нового значно скорочується. Такий міжгалузевий обмін технічними новинками не тільки сприяє удосконалюванню конкретної машини, але і підвищує ефективність НДР, використання винаходів і т.п. [34, 39, 43].

Першорядне значення має передача досвіду винаходів і відкриттів, зроблених у галузях промисловості, що мають високий науково-технічний рівень, у всі сфери господарства країни. У кожній галузі є свої специфічні задачі, для яких знайдені рішення високого рівня. Так, хімічне машинобудування має великий фонд технічних рішень спрямованих на досягнення високої корозійної стійкості; автомобільна промисловість - досвід збільшення ресурсу машин; верстатобудування - підвищення точності обробних машин і використанні програмного керування; авіація - забезпечення високої надійності і зниження маси; гірське машинобудування - підвищення довговічності в умовах абразивного середовища і т.д. Кожна галузь машинобудування в своїх питаннях набагато випереджує інші, і в той же час має не вирішені проблеми, які усуваються перевіреними рішеннями із інших галузей. Можливе запозичення не окремих технічних рішень, а цілих вузлів та агрегатів, першочергово спроектованих для інших цілей. Так, маємо досвід використання авіаційних двигунів внутрішнього згорання в суднобудуванні; авіаційні

газотурбінні двигуни ефективно застосовуються в приводах газоперекачування на газопроводах; автомобільні коробки швидкостей і їх вузли – у верстатах і т.д. Якщо розробка створена на новому принципі, оригінальному конструкторському рішенні, то вона може використовуватися і в декількох галузях, не вимагаючи значних конструкторських доробок.

Пошук і використання прогресивних конструкторських рішень в якості типових прикладів у вирішенні задач проектування значно полегшується при складанні вказівок, які класифікують такі рішення за цілями, на досягнення яких вони направлені. Так, можливо створити вказівки прийомів збільшення ресурсу машин, підвищення точності, зменшення маси, енергетичних втрат і т.п. Вказівки необхідно постійно поповнювати при читанні технічних і науково-популярних журналів, ознайомлення з машинами інших галузей і т.п. Такий вказівник може утримувати десятки технічних рішень з різних галузей техніки. При вирішенні задачі конструювання, зіткнувшись з проблемою, яка не вирішується традиційними засобами, конструктор продивляється вказівник і знаходить декілька приємливих рішень. Після цього він уточнює питання в спеціальній літературі і проводить пряме запозичення технічного рішення або його відповідна доробку.

Приведемо один з таких розроблених вказівників, який включає в себе прийоми, направлені на підвищення ресурсу машин шляхом зменшення зносу в сполученнях. В ньому в якості прикладів приведені технічні рішення з верстатобудування, гірничого машинобудування, приладобудування, транспортного машинобудування і т.п. Вказівник побудований на основі класифікації засобів усунення тертя ковзання або зменшення його шкідливої дії на машину.

Конструктивні прийоми збільшення ресурсу машин.

1. Усунення тертя ковзання.

1.1 Заміна тертя ковзання тертям кочення.

Приклад. Шарикопідшипники: направляючі кочення; шарикогвинтові механізми.

1.2 Заміна зовнішнього тертя внутрішнім.

1.2.1 Використання гнучких стрічок і стержнів.

Приклад. Пружні шарніри підвіски грохоту. Стальна стрічка в якості тягової ланки замість рейкової передачі, ланцюга, гвинта.

1.2.2 Використання об'ємних пружних матеріалів (гуми, поліуретану і т.п.).

Приклад. Гумометалеві шарніри для сполучення траків гусениць. Кріплення ресор в резинових башмаках. Пружні футеровки в гірничих машинах (грохотах і т.п.).

1.2.3. Використання гнучких оболонки, мембран.

Приклад. Гнучкі трубчаті ущільнення гідроциліндрів для роботи в абразивному середовищі. Мембранні пневмоприводи замість поршневих.

1.2.4 Використання в'язкого тертя для передачі зусиль.

Приклад. Дискова муфта з безконтактними дисками і в'язкою рідиною між ними. Аварійне гальмування автомобіля в мілкому басейні з водою. Аварійна посадочна смуга з в'язкопружним покриттям.

1.3 Розділення поверхонь тертя з проміжним шаром.

1.3.1 Гідро – і аеростатичні опори.

Приклад. Гідростатичні направляючі у верстатах. Відвал бульдозера з газовим змащенням. Високошвидкісні аеростатичні опори кочення.

1.3.2 Ущільнення з магнітотвердіючою рідиною.

Приклад. Магніто-рідинне ущільнення вала обертання у вакумі.

1.3.3 Розділення поверхонь тертя на час переміщень

Приклад. Стіл верстата, що обертається і переміщується під час обертання.

1.4 Заміна механічної взаємодії.

1.4.1 Використання магнітного поля.

Приклад. Магнітна підвіска ротора центрофуги. Діафрагменний насос з магнітною передачею руху. Шарикова направляюча з утриманням тіл кочення магнітним полем замість сепаратора. Створення імпульсного магнітного поля для сколювання льоду на крилах літака.

1.4.2 Використання явища гідроудару.

Приклад. Застосування електрогідралічного ефекту для створення імпульсного тиску і дроблення породи, промивання в абразивному середовищі і т.п.

1.5 Зміна напрямлення взаємодії поверхонь.

1.5.1 Заміна дотичної взаємодії нормальною.

Приклад. Застосування валкової передачі в заміні черв'ячної. Застосування мікрохрапових муфт замість роликів механізмів вільного руху. Використання теплового розширення для збирання сполучень з натягом в заміні пресування.

2. Зменшення впливу тертя на зношування.

2.1.1 Перенос частини навантаження на менш відповідальні поверхні тертя.

Приклад. Розвантаження направляючих ковзання верстату шляхом встановлення підпружинених вставок.

2.1.2 Врівноваження рухомих вузлів машини

Приклад. Симетричне використання центробіжного насосу зменшує осьове навантаження на вал. Прикладання зусилля подачі в точці рівнодіючих сил різання знижує навантаження на направляючі багатошпindelного верстату.

2.1.3 Збільшення площі контакту.

Приклад. Заміна контакту по лінії контактом по поверхні в кулачковому механізмі. Збільшення числа паралельно встановлених тіл кочення в муфті вільного ходу.

2.1.4 Забезпечення рівномірності розподілення навантаження.

Приклад. Самовстановлюючі опори ковзання не жорсткого валу. Забезпечення статичної визначеності системи шляхом встановлення механізмів на три точки і усунення перекосів від затяжки при кріпленні. Зміна вихідної конфігурації деталей з урахуванням зміни їх форми при деформації .

2.2 Зменшення сили тертя.

2.2.1 Застосування змащування.

2.2.2 Підбір пар з низьким коефіцієнтом тертя.

2.2.3 Вібростабілізація сил тертя.

Приклад. Придання ультразвукових коливань гайці зменшує сили тертя у гвинтовій парі.

2.2.4 Створення оптимального мікрорельєфу поверхонь які труться.

Приклад. Поршні з поверхнею, на яку нанесений регулярний мікрорельєф у вигляді сітки, що дозволяє створити простір для

розташування змащування, мають менше зношування.

2.3 Зменшення шляху тертя.

2.3.1 Зменшення величини взаємного переміщення деталей .

Приклад. Зменшення довжини ходу вузлів, які пересуваються, за рахунок застосування важелів і т.п. Заміна високошвидкісних пар на тихохідні.

2.4 Самовідновлення поверхонь тертя.

2.4.1 Використання явищ вибіркового переносу у парах тертя.

2.4.2 Використання частинок середовища для захисту де-талей.

Приклад. Захист стінки дробоструменевої камери дробом за допомогою магнітів. Захист колін трубопроводів від абразивного зношування створенням карманів в яких накопичуються абразивні частки.

3. Зменшення впливу зношування на параметри машини.

3.1 Забезпечення рівномірності зношування.

3.1.1 Розташування шарів металу за твердістю.

Приклад. Самофіксування леміхів плугу. Самофіксування різців.

3.1.2 Розташування тіл ковзання за твердістю, яке забезпечує раціональну форму зношування у парі тертя.

Приклад. В кінчному крані при довжині конуса, більшій довжини гнізда, гніздо виготовляється з менш зносостійкого матеріалу, при довжині меншій довжини гнізда – навпаки.

3.1.3 Введення в роботу нових ділянок поверхні деталей.

Приклад. Самообертовий дисковий токарний різець. Плаваюче сполучення вал – втулка - корпус забезпечує мікроповороти втулки і її рівномірний знос.

3.2 Резервування деталей зносу.

3.2.1 Створення запасу на зношування, достатнього для повного терміну експлуатації.

Приклад. Багатодискова фрикційна муфта.

3.2.2 Послідовне встановлення декількох деталей, які виконують одну функцію.

Приклад. Послідовне встановлення на валу декількох ущільнень.

3.2.3 Введення легкозмінних елементів.

Приклад. Стальна стрічка великої довжини, яка намотується на направляючі ковзання і переміщається по мірі зносу.

3.3 Індикація у межах допустимого зносу.

3.3.1 Введення “мітки” в деталь, що зношується.

Приклад. Яскравий кольоровий ракорд в гумовій покришці, який сигналізує про небезпеку подальшої експлуатації. Флуоресцентні або радіоактивні мітки, які проявляються в мастилі змащування.

3.3.2 Контроль зовнішніх параметрів вузла.

Приклад. Контроль зносу різця на верстаті по різанню або по рівню вібрацій.

3.4 Компенсація зносу.

3.4.1 Ручна компенсація.

Приклад. Регульовальні клини в направляючих типу “хвіст ластівки”. Розрізні черв'ячні колеса з вибиранням зазору. Розжимні гайки приводів подачі верстатів.

3.4.2 Автоматична компенсація піджиманням поверхонь пружними, центробіжними та іншими силами.

Приклад. Шпindelний вузол з пружиною вибору зазорів в підшипниках кочення. Манжетне ущільнення з піджиманням пружиною і тиском рідини.

3.4.3 Автоматична компенсація по вихідним параметрам процесу, машини.

Приклад. Налагодження верстата на розмір по мірі зношування різця за контрольним розміром деталей, що оброблюються.

При використанні вказівок, зіткнувшись з задачею збільшення ресурсу якого-небудь вузла або механізму машини, конструктор в першу чергу повинен спробувати застосувати найбільш радикальні прийоми першої групи, які забезпечують повне усунення тертя ковзання. Якщо ціль не досягнута, використовуються прийоми інших груп. Можлива комбінація декількох прийомів, коли вони виявляються недостатньо ефективними.

Конструктор повинен постійно поповнювати свій фонд конструктивних прийомів і конструктивних рішень. Тільки тоді він зможе створити високоефективні, надійні машини.

1.6 Етапи проектування

Процес проектування в загальному виді розпочинається з одержання технічного завдання, яке включає основні параметри майбутнього технічного пристрою [8, 44, 48, 57, 59]. В загальному випадку роботи над технічною задачею відбуваються в 4 етапи:

- 1. Технічне пропонування;**
- 2. Ескізний проект;**

3. Технічний проект;

4. Робочий проект.

Порядок оформлення технічного завдання регламентує ДСТУ 3278-95; технічного пропонування, ескізного проекту, технічного проекту – ДСТУ 3321:2003 «Система конструкторської документації» (34010), ДСТУ ГОСТ 2.612:2014 [16, 17, 18, 19, 20, 23].

Технічне пропонування розроблюється в наступній послідовності:

1. Вивчення раніше створених конструкцій і постановка задачі:
 - 1.1. Складання огляду існуючих рішень аналогічних або близьких конструкцій, їх вивчення, аналіз переваг та недоліків.
 - 1.2. Вивчення результатів проведених досліджень в даній галузі.
 - 1.3. Розробка і вибір критеріїв і представлення за їх допомогою ідеального кінцевого результату.
 - 1.4. Визначення основних задач, які потрібно вирішити для досягнення оптимальних кінцевих результатів.
 - 1.5. Постановка задачі.
2. Розробка можливих напрямків вирішення задачі:
 - 2.1. Прийняття попередніх значень для деяких пошукових величин на основі результатів виконаних досліджень.
 - 2.2. Постановка досліджень для одержання відсутніх характеристик фізичних процесів окремих механізмів і пристроїв.
 - 2.3. Визначення можливості розділення задачі на частини, визначення питань, які потребують найбільшої уваги при

- проектуванні.
- 2.4. Визначення найбільш технічних рішень та напрямків вирішення задач з урахуванням компоновочних, монтажних і експлуатаційних вимог.
 - 2.5. Визначення можливості усунення елементів, які раніше вважались необхідними, наприклад, шляхом передачі їх функцій іншим елементам.
 - 2.6. Пошук аналогічних або близьких рішень в інших областях техніки.
 - 2.7. Визначення і аналіз можливих варіантів конструктивних рішень.
 - 2.8. Повернення до вихідної постановки задачі і зміна її умов, якщо шляхи, що розглядались, не дають бажаних результатів.
3. Вибір раціонального напрямку вирішення задачі:
 - 3.1. Прийняття найбільш доцільного варіанту для проробки.
 - 3.2. Проробка прийнятих варіантів.
 - 3.3. Проведення досліджень конструкцій, що створюються на моделях та макетах.
 - 3.4. Вибір оптимального варіанту.
 4. Обговорення технічного пропонування і оформлення необхідних документів у відповідності з вимогами ЄСКД.

Ескізний проект

Ескізний проект включає:

1. Розробку конструктивної схеми і компоновку технічного пристрою.

2. Проробку підваріантів: вибір робочого варіанту на основі проведення технологічних досліджень; проробка технологічності; співставлення габаритних розмірів підваріантів, їх орієнтовних мас; оцінка естетичності, ергономічності; визначення потреби необхідних матеріалів, технічного рівня, патентної чистоти.
3. Забезпечення необхідного технічного захисту нових рішень.
4. Попереднє узгодження з суміжними підприємствами проектування інших елементів необхідних для створення запропонованої конструкції.

Технічний проект

При розробці технічного проекту виконуються детальні технічні розрахунки і детальна проробка конструкції. Особлива увага звертається на забезпечення високого рівня технологічності, в тому числі уніфікацію. Остаточно визначаються складальні одиниці конструкції, встановлюються марки матеріалів і види заготовок всіх останніх деталей. Призначаються умови контролю і види випробувань, визначаються всі необхідні техніко-економічні показники, які співставляються з базовим зразком. Розроблюються креслення дослідного зразка. Останній проходить всесторонні випробування, в процесі яких здійснюється доведення конструкції.

Технічний проект принципово нової конструкції як правило обговорюється в колі спеціалістів.

Робочий проект

В робочому проекті враховуються рекомендації прийняті при обговоренні, узгодженні і затвердженні технічного проекту, досвід виготовлення, випробувань і доводки дослідних зразків.

Розроблюються робочі креслення всіх деталей, їх складальні одиниці з технологічною обробкою. Розроблюються технологічні процеси виготовлення деталей. Уніфікуються елементи конструкції і деталі з метою доведення до мінімуму необхідної номенклатури ріжучого інструменту. Встановлюються і уточнюються допуски і посадки, якість покриття і зовнішнє оздоблення. Уточнюються техніко-економічні показники. Складаються повні комплекти конструкторської і технологічної документації. Розроблюється конструкторська документація на технологічне оснащення, яке передається допоміжному виробництву. Співставляються і узгоджуються технічні умови, вимоги. Після розробки робочого проекту комісія з представників зацікавлених організацій проводить приймання дослідної конструкції з визначенням її технічного рівня і присвоєння категорії якості. Виконується проектування нестандартного технічного обладнання, якщо це необхідно.

Установочна партія або перший виробничий зразок

Робоча документація надходить на основне виробництво, проводиться виготовлення і доведення технологічного оснащення, технологічна підготовка виробництва і виготовлення установочної партії з застосуванням технологічного оснащення.

Головний зразок (установочна партія) піддається всестороннім випробуванням і відбувається його здавання міжвідомчій або державній комісії, яка з урахуванням якості виробництва і в відповідності з технічними умовами присвоюють виробу категорію якості. Після цього розпочинаються поставки в промислове виробництво або поставки замовникам продукції.

2. ОСНОВИ ХУДОЖНЬОГО КОНСТРУЮВАННЯ

2.1 Промислове мистецтво, дизайн, технічна естетика та художнє конструювання

Назви промислове мистецтво, дизайн, технічна естетика та художнє конструювання з'явилися порівняно недавно серед вчених, архітекторів, художників, інженерів та інших спеціалістів, що працюють у галузі художнього конструювання. Ще існують різні точки зору в визначенні цих назв та їх суті. Наприклад, відносно терміну промислове мистецтво одні стверджують, що промислове мистецтво – це дійсно мистецтво (близьке до прикладного). Інші бачать в ньому умовне мистецтво (замінник), як будівельне мистецтво, де застосовується не художня, а чисто технічна творчість. Треті вважають, що це дійсно нове явище, пов'язане з художньою діяльністю, а тому і з мистецтвом. Деякі ж взагалі заперечували його, вважаючи, що цей термін тільки вносить плутанину в сферу виробничої діяльності [5, 42, 49, 53, 56, 60].

Вчені Варшавського художнього промислового коледжу (Польща) суть промислового мистецтва визначили як: “Промислове мистецтво представляє собою специфічну форму людської діяльності, мета якого – естетична організація середовища, що оточує людину, естетичне перетворення знарядь праці та речей, якими користується людина та які органічно входять в її життя [42, 56]. В сферу промислового мистецтва входять знаряддя праці, засоби транспорту, різноманітні інструменти та обладнання науково-дослідних інститутів,

спортивний інвентар, музичні інструменти, медичне обладнання та предмети побуту.

Поряд з терміном промислове мистецтво широке розповсюдження отримав англійський термін дизайн (від англ. design - задум, проект) – творча діяльність, метою якої є формування гармонічного предметного середовища, яке найбільш повно задовольняє матеріальні та духовні потреби людини. Ця мета досягається визначенням формальних якостей предметів, які створюються індустріальним виробництвом. До них потрібно віднести не тільки зовнішній вигляд предметів, але головним чином зв'язки, які надають предметному середовищу необхідне функціональне та композиційне єдинство, яке сприяє підвищенню ефективності виробництва і якості продукції.

Термін технічна естетика виник в 50-х роках минулого століття за пропозицією П.Тучни (Чехія). Технічна естетика – це теорія дизайну. Вона має свою методологічну основу і опирається на загальні принципи естетики.

Дизайн та технічна естетика повинні формувати гармонічне предметне середовище і сприяти підвищенню ефективності виробництва.

Термін художнє конструювання сьогодні є загальноприйнятим та звичним.

В архітектурній практиці під терміном конструювання розуміють детальну розробку предмету або сформованої ідеї. Розробку проекту звичайно прийнято називати проектуванням. В художників застосовується термін художнє проектування, а не художнє конструювання.

Художнє конструювання – новий творчий метод проектування виробів промислового виробництва, впровадження якого повинно забезпечити високу якість продукції. Специфічною особливістю - є єдинство утилітарних та естетичних принципів.

Під утилітарністю розуміють корисність, функціональність, зручність користування, технологічність та економічність, а під естетичністю – красоту, виразність та образність. Ці два поняття взаємопов'язані, причому утилітарне в більшості випадків залишається визначним та домінуючим.

Коли в минулому йшла мова про художню культуру, здебільшого це сприймалось як театр, образотворче мистецтво, література та інші види мистецтв, але не враховувалось те, що культура представляє собою трудову діяльність, і слугує подальшому прогресивному росту художніх та матеріальних цінностей створених людством в розвиток суспільства.

Існує безпосередній зв'язок дизайну з іншими видами мистецтва, наукою та технікою. Архітектура, прикладне мистецтво та дизайн розміщені ближче інших мистецтв до сфери матеріального виробництва. Вони перетворюють матеріальні вироби, які потрібні людині в її повсякденному житті, в вироби, які мають не тільки утилітарні якості, а також художню цінність і спроможність емоціонального впливу на людину.

Об'єкти дизайну та архітектури функціонально, конструктивно і композиційно взаємопов'язані. Цей зв'язок двосторонній, оскільки будови різного призначення не можуть функціонувати без технологічного обладнання, меблів, як і останні в більшості випадків не потрібні без відповідних приміщень.

Разом з тим архітектура та дизайн істотно відрізняються терміном служіння своїх об'єктів, різними функціональними процесами. Їх взаємодія знаходиться на різних структурних рівнях предметного середовища.

Сьогодні існує декілька точок зору на визначення суті і сфери застосування дизайну. Так, з точки зору художників, дизайн відноситься до сфери мистецтва, з точки зору архітекторів – до сфери архітектурно-художньої діяльності, з точки зору інженерів – до сфери техніки.

Не дивлячись на деякі принципові розбіжності названих сфер діяльності, кінцева мета у них одна – підняти культуру матеріально-предметного середовища, на найвищий науково-технічний і художньо-естетичний рівень шляхом синтезу науки, техніки та мистецтва.

2. 2 Принципи художнього конструювання

Художнє конструювання – новий метод проектування виробів промислового виробництва, впровадження якого повинно забезпечувати високу якість продукції.

Основною метою художнього конструювання є активне перетворення середовища оточення людини, естетизація матеріальної сфери праці та побуту.

В сфері діяльності дизайнера існують різні напрямки (спеціалізації) з яких найбільш розповсюджені: приладобудування, машинобудування, засоби транспорту, вироби легкої промисловості (побут), інструменти, промислова графіка та інше.

Процес художнього конструювання виробів промислового виробництва та технічних систем досить складний. За методикою цей процес за багатьма факторами аналогічний процесу архітектурного проектування, а в окремих випадках ще складніший.

Готових рекомендацій про те, як зробити визначений промисловий виріб вдосконаленим в технічному та художньому відношеннях, дати неможливо. В кожному окремому випадку потрібно окремий підхід, який залежить від визначних умов. Але існують принципи та об'єктивні закономірності, що витікають з закономірностей природи.

Визначені три основні принципи художнього конструювання виробів промислового виробництва:

- *комплексне, одночасне вирішення утилітарно-функціональних, конструктивно-технологічних, економічних та естетичних питань;*
- *врахування навколишнього середовища та конкретних умов;*
- *єдність форми та змісту (образність).*

Комплексне, одночасне вирішення утилітарно-функціональних, конструктивно-технологічних, економічних та естетичних питань.

Визначними, які підчиняють собі всі останні, являються питання утилітарно-функціональні. Речі, які зроблені людиною мають своє призначення і виконують визначені функції. Всяка річ (предмет, виріб) незручна в експлуатації і яка не відповідає утилітарно-функціональним вимогам, являється поганою. Погані меблі, незручні у побуті; поганий той інструмент, який намозолює руки; погана та

машина чи верстат, якщо вони незручні в експлуатації та малопродуктивні. При вирішенні форми виробу в цілому та окремих його частин потрібно в першу чергу домагатися того, щоб форма в максимальній ступені відповідала його утилітарно-функціональному призначенню. Тому проектування та конструювання будь-яких речей потрібно починати з вивчення їх утилітарного призначення та функції.

Для більш повного та наглядного розкриття суті першого принципу художнього конструювання розглянемо таблицю 4.

В сучасній проектній та конструкторській практиці суть першого принципу у відповідності до таблиці 4 можливо коротко висловити наступним формулюванням:

користь + зручність + краса

Кожний член цієї формули представляє собою сукупність визначених факторів: перший – техніко-економічних; другий – ергономічних; третій – естетичних. Тому в процесі художнього конструювання повноцінний результат можливо отримати тільки при взаєморозумінні та творчій співпраці дизайнера, інженера-конструктора, технолога, ергономіста та інших. Недопустимо не враховувати основні якості виробу (зручність та функціональність) для спрощення конструкції та технології виготовлення.

Наглядним прикладом врахування першого принципу художнього конструювання в історичному етапі є конструкції автомобілів минулих років (рис. 5) та сучасності. Машини минулих років сконструйовані примітивно, без врахування методів художнього конструювання. Більшість представлених сучасних машин відповідають утилітарно-функціональним, конструктивно-технологічним, ергономічним, економічним та естетичним вимогам.

Наведені приклади показують, що вироби та обладнання промислового виробництва потрібно проектувати з урахуванням утилітарно-функціональних, конструктивно-технологічних та естетичних функцій.

Врахування навколишнього середовища та конкретних умов

Виріб повинен відповідати навколишньому середовищу та конкретним умовам.

Розглянемо декілька прикладів:

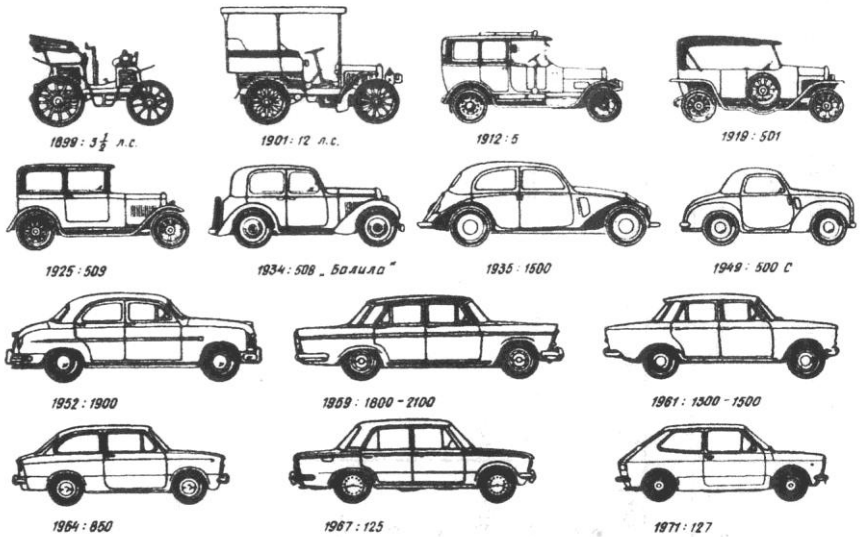
1. Планування та конструкція автобуса, призначеного для міського транспорту, та автобуса для рейсових перевезень на великі відстані, повинні бути різними. В першому випадку потрібно забезпечити більш просторі проходи за рахунок місяць для сидіння, двоє дверей – вхід та вихід. У другому випадку, навпаки, потрібно використовувати максимально площу для сидячих місць з одним виходом і входом. У цьому випадку потрібно враховувати конкретні умови.
2. Транспортні засоби пересування в умовах півночі або півдня, через різні кліматичні, умови повинні відрізнятись. За конструктивним рішенням та за матеріалом транспортні машини повинні створюватись з урахуванням температурно-вологісного режиму та інших конкретних умов.
3. Питання вибору кольору для фарбування виробничих приміщень та обладнання неможливо вирішувати в загальному вигляді без врахування конкретних умов. Відомо, що від вибіру кольору в інтер'єрі залежить хід характеру виробничого процесу, абсолютних розмірів обладнання, величини та завантаженості виробничих площ, освітленості приміщення і т.п.

Таким чином, ні одне явище, ні одну річ неможливо взяти і розглядати ізольовано у відриві від конкретних умов, так як всі явища взаємопов'язані і взаємообумовлені. Тому, не знаючи оточення, неможливо спроектувати предмет, виріб, деталь і т.д.

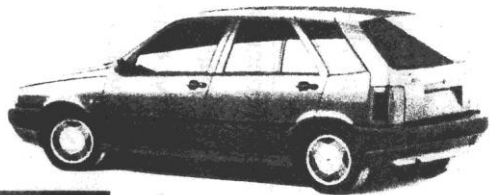
Єдність форми та змісту (образність)

Цей принцип, з точки зору художньо-естетичної, соціальної та ідеологічної, є найбільш складним та відповідальним в художньому конструюванні. Наприклад, відомо, що на протязі віків формується архітектура різних будівель та споруд, у відповідності до їх змісту. В історичному процесі розвитку архітектурні форми змінювались разом з прогресивним розвитком науки, техніки, мистецтва та соціальними умовами життя людей. Ці зміни форм та зразків в утилітарних мистецтвах складались головним чином при появі нових матеріалів та конструкцій, нових соціально-економічних та побутових умов, при розвитку продуктивних сил суспільства. Образ різних типів будівель та виробів дизайну формується в складному творчому процесі з урахуванням основних принципів, в тому числі і принципу єдності форми та змісту. На рис. 6 наведені приклади настільних ламп, багато з яких досить наглядно характеризують принцип єдності та змісту. Як видно з рисунку, ці лампи задовольняють різні вимоги, що пред'являються до інтер'єрів різного призначення та змісту.

В якості абажура в одному випадку можливо застосувати скло різної форми, в іншому – метал, у третьому – діафрагмовий пристрій. Це розширює вибір форми мінімальними заходами та забезпечує естетичну виразність лампи. В даному випадку зміст з різновидами абажурів за функціональними ознаками логічно співставляється з їх конструктивною формою.



FIAT Tipo (1988)



FIAT Bravo (1995)



Рисунок 5 - Развитие форм легкового автомобиля.

2.3 Методика художньо-конструкторського аналізу

Аналіз – це метод наукового дослідження виробів, явищ, понять, головна складова частина конструювання. Він включає багатосторонній розгляд виробу – всього, що в сукупності дає вичерпне представлення про нього. Дизайнер повинен аналізувати всі об'єкти своєї творчої роботи: загальні попередні роздуми перед початком проектування, всі етапи підготовки виробу до виробництва, а також і після його виготовлення. Недостатній аналіз на окремих стадіях проектування понижує цінність виробу ще в проекті. Відсутність обґрунтованого художньо-конструкторського аналізу виробу під час проектування приводить до його морального старіння та неповноцінності ще до початку випуску.

Поглиблений аналіз виробів передбачає сполучення різних факторів, вимог, умов, підходів. Неможливо, наприклад, отримати повну уяву про річ, розглядаючи тільки її функціональні особливості та не приділяючи уваги матеріалу, технології виготовлення виробу, конструкції і форм. Складно проаналізувати також саму форму виробу, оцінити його композицію та естетичність, якщо не відоме функціональне призначення виробу. Таким чином, аналіз – це комплексний не ділений та різносторонній процес. Під час аналізу об'єкту потрібно послідовно, з усіх сторін розглядати і оцінювати вдосконаленість виробу, функціональність, конструктивність, технологічну доцільність, експлуатаційну практичність, економічність, вимоги ергономіки, раціональність композиції та естетичність. Аналіз промислової продукції є значимою попередньою умовою повного та все стороннього визначення її якості.

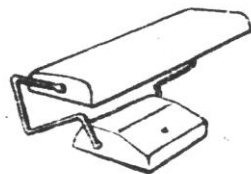
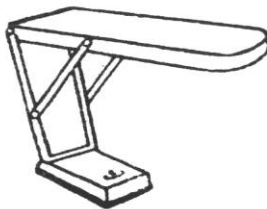
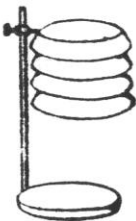
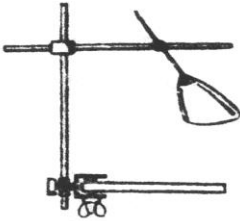
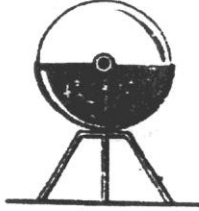


Рисунок 6 - Форма та зміст настільних ламп за різновидом функцій.

Таблиця 4 - Комплексне, вирішення утилітарно-функціональних та інших питань

| № | Найменування та формування фактору | Мета | Шляхи та засоби досягнення мети | Кількісні показники для оцінки отриманих результатів |
|----|---|--|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | Прогресивність (функціональність) – прагнення до досягнення прогресивних параметрів, технічного удосконалення конструкції та її найбільшої відповідності заданим вимогам. | Підвищення технічного рівня виробу відповідно його призначення та функціям праці, збільшення продуктивності, | Подолання явних технічних бар'єрів “шляхом” вишукування принципів нових конструктивних рішень автоматизації керування, використання нових більш удосконалених матеріалів і т.д. | Досягнуті технічні параметри співставляються з тими, що є. |

Продовження таблиці 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|--|---|---|--|
| 2. | <p>Конструктивність – досягнення можливої простоти та доцільності конструкції, її максимальної компактності (малогабаритності) та мінімальної маси, усунення проміжних ланцюгів.</p> | <p>покращення умов праці. Отримання високих техніко-економічних показників, покращення виробництва та експлуатації.</p> | <p>Критичне вивчення аналогічних конструкцій, варіантне проектування, широке використання нормалізованих деталей та вузлів, розумний підхід до вибору конструктивних форм та матеріалів, обґрунтований вибір оптимального варіанту.</p> | <p>Габарити; маса; загальна кількість деталей; кількість оригінальних та запозичених деталей; кількість складальних одиниць; коефіцієнт конструктивного запозичення.</p> |

Продовження таблиці 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|---|--|---|---|
| 3. | <p>Раціональне розподілення конструкції на вузли та її транспортабельність.</p> <p>Технологічність – забезпечення простоти та зручності виготовлення, збирання та регулювання деталей вузлів та конструкції в цілому, технологічної</p> | <p>Зменшення трудоемкості виготовлення деталей та збирання виробу, можливість застосування найбільш продуктивних технологічних</p> | <p>Залучення технологів-спеціалістів до участі в розробці конструкції та формоутворенню деталей з початкової стадії проектування, а також загальне підвищення технологічної культури конструктора</p> | <p>Трудоемкість загальна та за видами робіт;</p> <p>коефіцієнт технологічного запозичення;</p> <p>коефіцієнт використання матеріалів.</p> |

Продовження таблиці 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|---|--|---|--|
| 4. | запозиченості виробу у виробництві. Економічність – забезпечення високої ефективності конструкції у виробництві та експлуатації. | процесів та їх типізація. Отримання мінімальної собівартості та найменших експлуатаційних витрат. | Підвищення економічної культури конструкторів; за участю економістів визначення техніко-економічних показників та їх коректування у процесі проектування; вибір оптимального проектного варіанту за принципом | Собівартість; експлуатаційні витрати; економічна ефективність; термін окупності. |
| 5. | Надійність – підвищення експлуатаційних | Забезпечення тривалої | мінімуму сумарних витрат. | Термін служіння (гарантійний ресурс); |

Продовження таблиці 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|---|---|---|--|
| 6. | <p>якостей виробу та чіткість його роботи при нормальних режимах, гарантійна довговічність, простота та безпечність монтажу та обслуговування.</p> <p>Ергономічність – забезпечення зручності</p> | <p>безперебійної роботи всієї установки, збільшення загального терміну служіння виробу, забезпечення вимог техніки безпеки та виробничої санітарії.</p> <p>Створення оптимального режиму роботи людини в системі “людина – машина”.</p> | <p>Уважне урахування та розрахунках експлуатаційних вимог, досвіду експлуатації та аварійної статистики по конструкціям аналогічного призначення.</p> <p>Всебічне урахування “людського фактору” підчас проектування.</p> | <p>критерії надійності.</p> <p>Приріст продуктивності праці.</p> |

Продовження таблиці 4.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|---|---|---|-------------------------------|
| 7. | обслуговування та ремонту. Естетичність – досягнення цільності, розмірності та виразності форм виробу, найкращої її відповідності функції та призначенню виробу. | Створення найбільш зручних психологічних умов для продуктивної роботи персоналу обслуговування. | Розвиток художнього смаку у конструкторів та залучення до конструювання художників – спеціалістів по промисловим виробам. | Приріст продуктивності праці. |

Для того, щоб здійснити різні підходи в художньо-конструкторському аналізі, потрібно розділити промислові вироби на групи. Всі промислові вироби в залежності від призначення ділять на чотири групи:

а) вироби, що безпосередньо обслуговують людину (предмети побуту, тобто одяг, взуття, меблі і т.п.):

б) вироби, що безпосередньо обслуговують людину та виконують технічну функцію (побутові прилади, електроапаратура і т.п.):

в) промислові вироби, які виконують робочі функції та частково обслуговують людину (верстати, прилади, машини, засоби транспорту):

г) промислові вироби, які виконують тільки робочу функцію (автоматизовані системи, вузли механізмів машин, автоматичні лінії).

За такою класифікацією речі розділяють на великі групи, що дає можливість більш точно визначити методика аналізу для кожної групи виробів.

В загальних рисах послідовність художньо-конструкторського аналізу для виявлення якостей попиту виробів наступна:

- 1) збір інформації з різних джерел – за патентними матеріалами, каталогами і проспектами, які відносяться до аналогів заданого для проектування виробу;
- 2) підбір діючих аналогів виробів, що проектуються; складання детального опису процесу його використання;

- 3) аналіз функціональних вимог з визначенням зв'язку “людина-предмет”, “предмет-середовище” та безпеки експлуатації;
- 4) виявлення відповідності форми конструктивній основі, логіці та тектонічності форми;
- 5) аналіз відповідності матеріалів в функціональному, конструктивному і декоративному відношеннях;
- 6) аналіз технологічності виробу, як в окремих елементах, вузлах та деталях, так і в цілому;
- 7) аналіз композиційного рішення єдності форми, єдності характеру всіх елементів і відповідності форми направленості стилю;
- 8) загальний висновок по виробу.

Перелічені вище принципи художньо-конструкторського аналізу тісно пов'язані, але для виявлення головної вимоги розглядаються два основні розділи аналізу: функціональний та композиційний.

Функціональний аналіз

Аналіз функціональних вимог – це наперед всього соціальне значення виробу, тобто облік та оцінка всіх якостей, які визначають зв'язок “людина – предмет”. На цьому етапі аналізу потрібно притримуватися послідовності при розгляді всіх складових процесу. Особливо важливо встановити значимість та потребу для суспільства цього виробу у відповідності з його призначенням.

Важливим фактором в функціональному аналізі є виявлення зв'язків “предмет – середовище”. Тут потрібно звернути увагу на те, наскільки форма за своїм характером та стилем спроможна співіснувати з іншими елементами, які відіграють значну роль в

загальному інтер'єрі (побутові меблі, радіо – відеоапаратура, верстати та машини, пульти керування, виробниче та лабораторне обладнання). Значно складніше розглядати транспортні засоби. Середовищем для них є вулиця, природне оточення. Постійна зміна середовища повинна враховуватися дизайнером, так як виникають вимоги пов'язані з питаннями масштабу, “яскравості” форми, її інформативності. Таким чином, функціональність – це зручність, раціональність, відповідність та вдосконаленість.

Всебічність функціонального аналізу виявляється у всіх виробках, пов'язаних з діяльністю людини.

Для більш наглядного уявлення про суть функціонального аналізу розглянемо приклад. Настільний телефонний апарат – виріб, який має велику значимість. До нього можливо пред'явити наступні вимоги: технічні (звук та швидкість сполучення з абонентом); технологічні (масове виробництво); економічні (витрати на експлуатацію та виготовлення); експлуатаційні (простота ремонту, легкість заміни частин, доступ до деталей); ергономічні (зручність тримання трубки, раціональне розміщення мікрофону, геометрична форма, положення диску, кнопок, табло).

Окрім перерахованих конкретних вимог в процесі художнього конструювання до цього апарату можливо пред'явити більш загальні вимоги: компактність апарату, стійкість при набиранні номера, добра видимість цифр.

На основі перерахованих вище вимог проведено функціональний аналіз телефонних апаратів трьох моделей (рис. 7). Краще всього задовольняє вимоги компактності апарат показаний у верхній частині рисунка. Але він не задовольняє іншим вимогам :

нестійкий, цифри під диском з робочого місця сприймаються зображеними. Друга модель (середнє зображення) стійка, але не компактна, цифри також погано видно. Модель (нижня частина рис. 7) гірша за компактністю, менш стійка в порівнянні з другою, але забезпечує найкращу видимість цифр, займає мало місця. В процесі художньо-конструкторського аналізу можливо розробити й інші різновидності телефонних апаратів. Наведений приклад показує, як можливо і потрібно в процесі аналізу знаходити оптимальне рішення виробу з логічними взаємно обґрунтованими і підчас протиречивими вимогами. В результаті технологічного прогресу, розвитку науки на заміну стаціонарних телефонів прийшли – мобільні.

Композиційний аналіз

Поняття композиція виробу, предмету, речей або їх комплексу пов'язане з поняттям їх образності та художньої виразності.

Композиційна якість – кінцева фаза, до якої приходять після прискіпливого і усестороннього аналізу всіх утилітарних та функціональних вимог, які пред'являються виробу.

Розглянемо деякі загальні питання цільності та єдності характеру елементів форми. На рис. 8 з лівої сторони зображено три верстата, в яких відсутня композиційна єдність. Їх форма сприймається як механічне сполучення окремих елементів, органічно не пов'язаних між собою. Приливи, виступи, накладні деталі у всіх трьох верстатах не організовані. Крім цього, ця різноманітність підсилюється дробимістю деталей та необґрунтованою складністю їх форм.

В токарних верстатах, які показані з правої сторони на рис. 8, з'являється добра організація форми, композиційна цілостність та

єдинство. Це досягається різними засобами: єдиною загальною

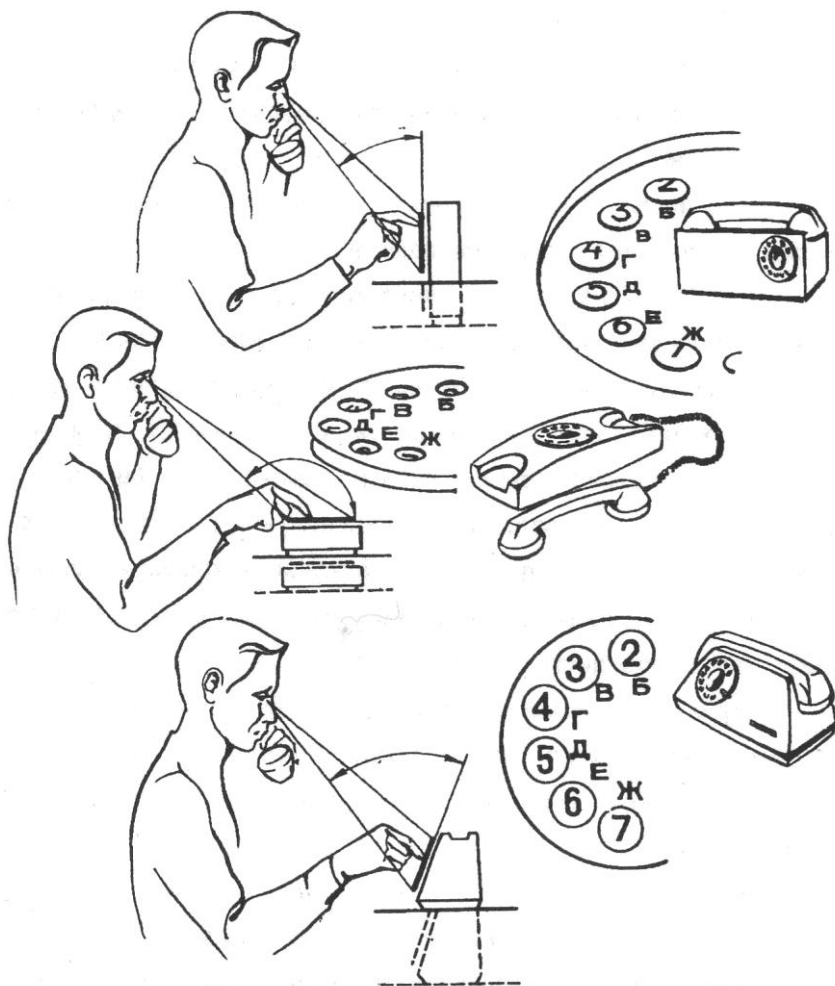


Рисунок 7 - Функціональний аналіз телефонних апаратів

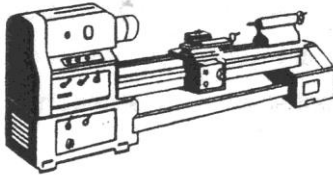
площиною станини і передньої бабки верстата (рис.8 а); використанням в якості об'єднуючого форму елемента лицьового борту корита, яке проходить потім в вертикаль (рис. 8 б); введенням екрану, який прикриває інтер'єр зі сторони працівника, з використанням композиційного зв'язку основних елементів (рис. 8 в).

В токарних верстатах, які представлені на рис. 8, загальний характер форми – горизонтальний ритм. Це обумовлено загальністю принципу дії: обертання деталей, що оброблюються, навколо горизонтальної осі та переміщенням паралельно їй супорта з різцем. Вироби повинні мати оригінальну композицію та цільність форми, але це не самоціль.

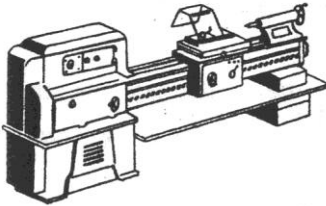
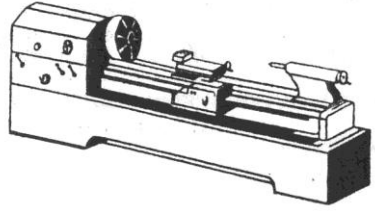
Всі вироби обов'язково повинні узгоджуватись з функціональними вимогами, в протилежному випадку порушиться технологічний процес виготовлення. В якості прикладу, який підтверджує це положення, наведено одну з моделей наручних чоловічих годинників “Кварц” Чистопільського заводу (рис. 9).

Намагаючись придати корпусу годинника оригінальну та цілостну форму, конструктор зрізає хордами з обох сторін ободок, в результаті чого здвигаются лінії кола циферблату до центру цифр 6 і 12, що порушує закономірне циркульне розміщення цифр та чітку схему самого циферблату. Таке спотворення циферблату створює досить неприємне враження та призводить до погіршення функціональних якостей речей. В даному випадку мова йде про принципи утворення форми – принципах художнього конструювання. Можливі кращі варіанти цільної форми корпусу годинника.

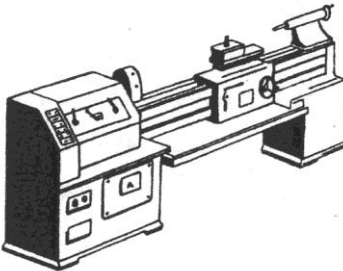
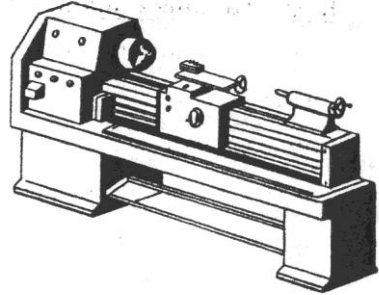
Закономірним продовженням художньо-конструкторського



a



b



b

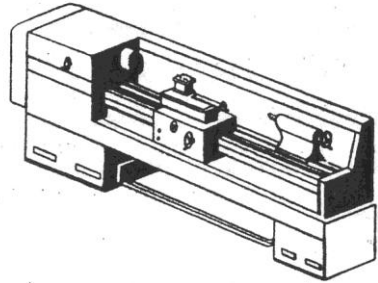


Рисунок 8 - Варіанти композиційної цілостності токарних верстатів.

аналізу є художньо-конструкторський синтез або творчі вишукування при проектуванні та створенні нових виробів, більш удосконалених в порівнянні з існуючими зразками.

Аналіз та художньо-конструктивний синтез можуть забезпечити удосконалену розробку не тільки окремого виробу визначеного зразка, але і цілого типологічного ряду зразків схожого виробу.

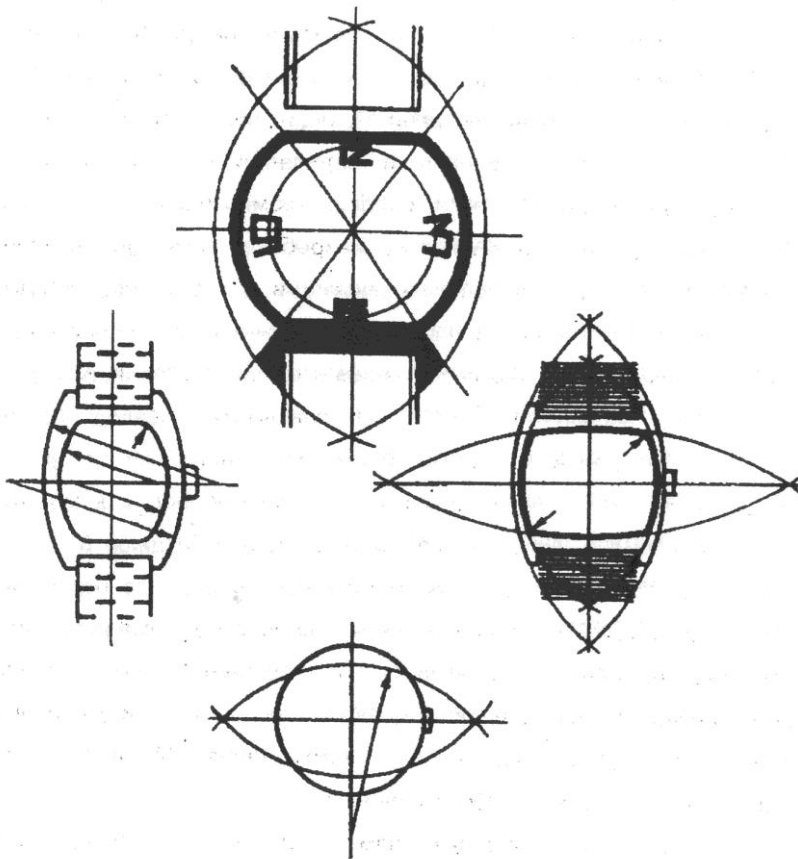


Рисунок 9 - Аналіз композиції у відношенні функціональності

2.4 Стадії проектування

Створити досконалий виріб промислового виробництва без послідовної методичної проробки неможливо. Весь процес художнього конструювання (проектування) ділиться на стадії, які мають в методичному відношенні загальні риси зі стадіями архітектурного проектування.

Проектування промислових виробів починається з моменту складання та видачі завдання. Бажано, щоб в складанні завдання брали участь майбутні автори – дизайнери. Завдання видається замовником в письмовому вигляді, а іноді доповнюється схематичними кресленнями, в яких проставлені основні розміри виробу. В завданні стиснено уточнюються функціональне призначення, передбачене конструкторсько-технологічне рішення, особливі вимоги. Завдання на проектування може бути видане для модернізації існуючого виробу або перспективного проектування.

Інженер-конструктор разом з художником-конструктором, а в деяких випадках з технологом та іншими спеціалістами прискіпливо вивчають завдання та вимоги.

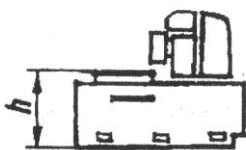
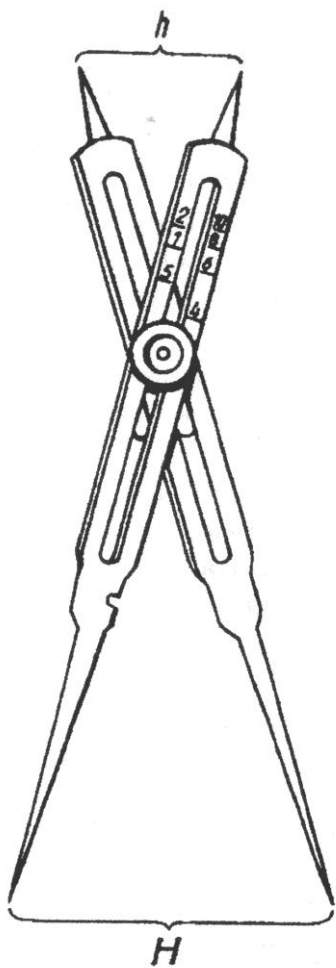
В вивченні та аналізі завдання, яке видав замовник, повинні уточнюватись наступні основні вимоги: *функціонально-експлуатаційні*, які виходять з порядку та зручності роботи, ремонту, огляду і т.п.; *психологічні*, які передбачають вплив виробу у процесі його експлуатації на органи людини, центральну нервову систему; продиктовані навколишнім середовищем та конкретними умовами, в яких виріб використовується; *технологічні*, пов'язані з визначеною виробничою базою, можливими способами виготовлення;

конструктивні – пов'язані з застосуванням визначених матеріалів, компоновки, технологічності виготовлення; *економічні* – направлені на економічну ефективність виробів, та які враховують вартість виготовлення та експлуатаційні показники: продуктивність, міцність, довговічність; *художньо-естетичні*.

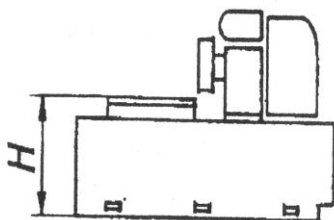
Після детального ознайомлення з завданням, вивчення літератури та натуральних зразків, дизайнер приступає до розробки ескізів в декількох варіантах, в яких і виявляється краще художньо-конструктивне рішення. Ескізи представляються у вигляді креслень, в ортогональних та перспективних проекціях, які дають наглядне уявлення про виріб. Як правило, ескізи роблять в менших масштабах в порівнянні з кінцевим проектом. Для переведення ескізів з одного масштабу в інший існують різні способи: аналітичний перерахунок розрізів; перенесення за допомогою пропорційного лінійного масштабу або пропорційного циркуля (рис. 10). Пропорційний циркуль архітектори, дизайнери, інженери-конструктори в процесі ескізування інколи використовують для пропорціювання окремих елементів, зокрема, пропорції золотого січення. В пошуках композиційного рішення виробу потрібно використовувати об'ємно-зображувальні засоби — макети. Спочатку макет виготовляють в зменшеному масштабі, а в міру припрацювання форми масштаб їх збільшується. Макети виконуються з податливих матеріалів (пластиліну, глини, скульптурної глини) та твердих (гіпс, дерево, метал, пластмаса).

У більшості випадків макет — основний засіб пошуку художньо-композиційного рішення промислових виробів, але граничні засоби є головними.

Таким чином, до першої стадії художнього конструювання



Масштаб 1: h



Масштаб 1: H

Рисунок 10 - Пропорційний циркуль.

відноситься: розробка креслень, рисунків ескізного проекту та виготовлення макету. На цій стадії проектування складаються пояснювальна записка, в якій коротко фіксується прийняте рішення, способи опрацювання та всі основні показники, включаючи економічні.

Перша стадія проектування — найбільш відповідальна та визначна. Вона дає об'ємне рішення, компоновку, образність та інші якості виробу. Ескізний проект повинен супроводжуватися високою якістю демонстраційного матеріалу. Перша стадія проектування закінчується розглядом проекту на відповідних художньо-технічних радах та затверджуючих інстанціях.

Друга стадія проектування включає виготовлення робочої моделі та загальний вид виробу в ортогональних проєкціях, конструктивні розміри, креслення вузлів та деталей, шаблони, тобто всі проектні матеріали, які потрібні для промислового виробництва виробу. Іноді друга стадія проектування закінчується виготовлення експериментального зразка під спостереженням авторів проекту. В цьому випадку всі робочі креслення виробу, який призначено для серійного виробництва, виконуються після випробовувань експериментального зразка.

В деяких випадках при виготовленні особливо важливих виробів розробка технічного проекту входить у другу стадію. Тоді робочий проект відноситься до третьої стадії.

Якщо завдання видається на вже освоєний виріб — це завдання на модернізацію. В цьому випадку не можливо повністю використати можливості художнього конструювання як методу, тому, що повертатись до пропущених стадій проектування організаційно досить важко та не економічно.

Загальний вид виробу в ортогональних проєкціях та перспективі виконується з відмивкою та побудовою тіней.

Спосіб побудови перспектив та тіней здійснюється за всіма правилами нарисної геометрії або застосуванням ПЕОМ. Послідовність художнього конструювання наведена в таблиці 5.

2.5 Процес проєктування

Процес проєктування виробів промислового виробництва здійснюється поступово у відповідності з викладеними в таблиці 5 даними і охоплює наступні розділи проєктування: *художньо-конструкторське пропонування, компоновка виробу, художньо-конструкторський проєкт та робоче проєктування з авторським наглядом.*

Художньо-конструкторське пропонування

Це пошук основної ідеї виробу, його компоновки та узагальнення форми. Цей процес починається після детального вивчення завдання, використання літературних джерел та матеріалів художньо-конструкторського аналізу.

Робота над ескізними варіантами зводиться до знаходження доцільної компоновки вузлів та окремих деталей, до пошуку їх просторового взаємозв'язку і завершується самою відповідальною творчою роботою над зовнішньою формою виробу, логічно пов'язаною до змісту. В цьому процесі дизайнер та інженер-конструктор повинні ясно уявити реальні основні матеріали оздоблення, а також виробничо-технологічні можливості виготовлення виробу в конкретних умовах.

Об'ємний пошук — основний метод творчості дизайнера на протязі всієї роботи. Модель дає йому найбільш правильне уявлення про майбутній виріб. Моделі і макети розроблюються для всього виробу або окремих його вузлів. В міру наближення до кінцевого рішення вибраного варіанту масштаб моделі макету збільшується. В більшості випадків макет виготовляють в натуральну величину. В процесі ескізування основні показники раціональної конструктивної схеми, зменшення маси, габаритів, необхідної потужності, застосування нових матеріалів, обліку стандартів та типуажу, а також технологічні, експлуатаційні, економічні, естетичні та інші вимоги повинні знайти логічне відношення в перших ескізах форми.

Компоновка виробу

Це один з самих відповідальних моментів процесу художнього конструювання. Взагалі процес компоновки виробу здійснюється одночасно дизайнером і інженером-конструктором. Конструктор визначає основні вузли, які входять у виріб, їх габарити та схематичну компоновку. Дизайнер, який вільно володіє графікою та просторовою уявою, шукає можливі варіанти компоновки та об'ємні рішення. Після цього конструктор припрацьовує і розраховує вибрані варіанти.

Подальший творчий процес — композиційне уточнення форми, яка виникла з компоновочної схеми. В залежності від прийнятої композиції загальних мас виробу припрацьовуються елементи (з урахуванням кольору, фактури, пластики), які викликані способом виготовлення, режимами експлуатації та матеріалами, а також присутністю стандартизованих деталей. В цей період творчості процес естетичного узагальнення форми максимально наближається до знаходження красоти виробу.

Великий вплив на естетичне формування виробу мають умови середовища та зміст форми (образність). На форму виробу впливають різні фактори: чистота повітря або забруднюючі матеріали, місце експлуатації виробу (на відкритому повітрі, в закритому помешканні, у воді) температурний режим, агресивна дія середовища, кліматичні умови (крайня північ, середня смуга, жаркий клімат, тропіки).

Як висновок, естетичні якості виробу пов'язані з конкретними умовами, які визначають його форму та зміст. Обов'язкова умова процесу художнього конструювання — застосування засобів гармонізації (правильне співставлення основних мас та їх пропорцій, масштабність, статичність або динамічність, симетрія або асиметрія, ритмічний або метричний лад композиції виробу).

В результаті роботи на стадії художньо-конструкторського проектування створюється два-три варіанти конструкторського та композиційного рішення, які відповідають основній прийнятій принциповій схемі. Затвердження художньо-конструкторського проектування — проміжний етап, на якому відбувається вибір кращого з представлених варіантів. Цей варіант повинен максимально відповідати вимогам, які встановлені у процесі художньо-конструкторського аналізу. Склад проектної документації на даній стадії припрацювання в кожному конкретному випадку залежить від складності виробу та умов виробництва. Приблизний склад документації:

а) короткий опис, який містить суть художньо-конструкторського пропонування з технічним обґрунтуванням та характеристикою тенденції розвитку форми виробу;

б) перелік інформаційного та наукового матеріалу (журнали та проспекти, наукові праці, звіти, рисунки, фотознімки, ілюстрації, рецензії), фотографії аналогів та прототипів;

в) макети і моделі, які виконані на стадії художньо-конструкторського пропонування;

г) компоновочні схеми, рисунки, ортогональні та перспективні креслення варіантів виробу.

Художньо-конструкторський проект

Ця стадія проектування (стадія технічного проекту для складних виробів), яка передбачає поглиблену розробку художньо-конструкторського проекту з урахуванням зауважень і пропозицій. Характерна особливість цієї стадії заключається в тому, що обсяг роботи інженера-конструктора значно більший обсягу роботи художника-конструктора. Велику частину часу на цій стадії займає об'ємне моделювання виробу та його окремих елементів, уточнення загальної композиції, пропорцій, компоновка елементів промграфіки (текстові та цифрові таблички, шкали, щитки керування та контролю). Макети, як правило, виконуються в натуральну величину, а для серійного виробництва — у вигляді еталону зовнішнього вигляду.

На цій стадії дизайнер повинен виконати креслення загальних видів у відповідності з останньою затвердженою моделлю, дати схему фарбування та рекомендації по матеріалам оздоблення.

Таблиця 5. Послідовність художнього конструювання в проектуванні промислових виробів.

| Стадії проектування | Зміст роботи дизайнера | Результат роботи дизайнера |
|---|--|---|
| 1 | 2 | 3 |
| <p>Технічне завдання</p> <p>Попередня: художньо-конструкторський аналіз</p> <p>Перша: технічне пропонування (ескізний проект)</p> | <p>Участь в розробці технічного завдання</p> <p>Участь у розкритті якості аналогів і комплексу зв'язків “людина – предмет” і “людина – середовище”</p> <p>Розробка художньо-конструкторського пропонування: попередні дослідження на основі даних соціології, типології, ергономіки та інших наук; вивчення конструкції, матеріалів та технології виготовлення; вимог, що пред'являються до виробу; варіанти початкових компонок; розробка варіантів</p> | <p>Узгодження з дизайнером технічного завдання</p> <p>Узагальнення художньо-конструкторського аналізу</p> <p>Художньо-конструкторське пропонування; компоновка (2–3 варіанти), 2-3 ескізних варіанти у графіці та об'ємі; обґрунтування рішення</p> |

Продовження таблиці 5

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| <p>Друга: технічне пропонування (технічний проект – тільки для складних виробів)</p> <p>Третя: робочий проект</p> | <p>ескізів у графіці та об'ємі; аналіз та вибір ескізних варіантів</p> <p>Розробка художньо-конструкторського проекту; кінцева компоновка, моделювання або макетування, розробка складних поверхонь, вибір конструкційно-оздоблювальних матеріалів, економічне обґрунтування, оформлення проекту</p> <p>Робоче проектування: участь в розробці робочих креслень виробу, технологічного обладнання; контроль, який забезпечує відповідність робочих креслень художньо-конструкторському проекту; розробка креслень</p> | <p>Художньо-конструкторський проект, модель або макет, компоновочні креслення, вироби та перспективні зображення на матеріалі, пояснювальна записка</p> <p>Робочий проект; креслення загальних видів, підпис технічної документації</p> |

Продовження таблиці 5.

| 1 | 2 | 3 |
|------------------|---|----------------------|
| Дослідний зразок | елементів промграфіки, пультів, щитків та деталей зовнішнього оформлення виробів Участь в авторському нагляді за виготовленням, випробуваннями та доведенням дослідного зразка | Висока якість зразка |

Процес затвердження проекту вимагає досить уважного аналізу всієї проектної документації з урахуванням завдання на проектування, в якому повинні відобразитись результати досліджень.

В художньо-конструкторський проект, який подають на затвердження, входять наступні матеріали: пояснювальна записка; витяг з протоколу про затвердження художньо-конструкторського пропонування; креслення загальних видів та вузлів, аксонометричні зображення, рисунки; фотознімки макетів, моделей, рисунків на стадіях розробки; фотознімки аналогів та прототипу; еталон зовнішнього виду або макет.

Робоче проектування та авторський нагляд

Після затвердження художньо-конструкторського проекту дизайнер оброблює креслення та принципи геометричної систематизації складних поверхонь виробів, приймає участь в розробці плазових креслень, виготовленні майстер моделі, виконує елементи промграфіки, схеми та макети, складає документацію супроводження.

Плазове креслення (плаз) для серійного або масового виробництва виробу виконується на алюмінієвих листах, пофарбованих світло-сірою фарбою. Точність його дорівнює 0,25 мм при розбиванні сітки з інтервалом 200 мм. Виконання плазу на алюмінієвих листах підвищує точність та збереження проекту. Лінії сітки обводять чорною тушшю або прошкрябують голкою, як і всі важливі контури та січення.

Майстер модель виготовляється при передачі виробу в серійне або масове виробництво. Модель виготовляють у повній відповідності з плазовим кресленням і виконують з добре висушеної деревини

твердої породи, легкого металу або пластмаси. Вона складається з блоків, кожен з яких відповідає окремим укрупненим деталям.

З'єднання між блоками досить точно підганяють. Призначення майстер моделі полягає в тому, що її блоки слугують зразками для виготовлення на копірувально-фрезерних верстатах штампів майбутніх деталей оздоблення.

На даній стадії розроблюються також креслення технологічного обладнання з урахуванням технологічних можливостей підприємства. При розробці робочих креслень відповідальність дизайнера дуже велика. Він повинен слідкувати за тим, щоб задум, який виражається в загальному художньо-конструкторському проекті, не був зображений, постійно контролювати виконання робочих креслень деталей та вузлів, які можуть впливати на зручність експлуатації та зовнішній вигляд виробу.

В виготовленні дослідного зразка та його випробувань дизайнер також приймає активну участь. Якість дослідного зразка перевіряється в реальних умовах експлуатації з урахуванням вимог. Дизайнер і інженер-конструктор проекту здійснюють авторський нагляд за реалізацією проекту в умовах виробництва. Нагляд є невід'ємною частиною процесу створення нового виробу.

3. ОСНОВИ ЕРГОНОМІКИ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ

3.1. Ергономіка, як етап процесу створення машин

Ергономіка – комплексна наука про пристосування знарядь і умов праці до людини. Її мета – вивчити функціональні можливості

людини, її фізіологічні, гігієнічні і психологічні вимоги до машини і робочого місця [27, 54, 60].

Технічна ефективність сучасних машин багато в чому визначається не тільки їх робочими характеристиками, але і тим, наскільки легко і точно людина-оператор керує машиною на протязі довгого періоду контакту. Це в свою чергу, визначається як конструкцією машини, так і способом подачі людині-оператору інформації, розміщенням органів керування, силою і точністю рухів оператора при управлінні. Машина повинна легко управлятися, а оператор повністю реалізувати можливості машини.

У зв'язку з сучасними вимогами до системи людина – машина встановлені наступні групи комплексних ергономічних показників: гігієнічні (освітленість, вентиляція, температура, вологість, шуми, вібрація і т.д.); антропометричні (відповідність конструкції виробу розмірам і формі тіла людини, розподілення маси його тіла і т.д.); психофізіологічні і фізіологічні (відповідність конструкції виробу силовим, швидкісним, енергетичним зоровим, слуховим, осмисленим, тактичним, чуттєвим і смаковим можливостям людини); психологічні (відповідність закріплених і знову формуємих робочих навиків людини до її можливостей сприймати і перероблювати інформацію).

Виконання сукупності перерахованих показників, в проекті тої чи іншої системи, забезпечуються оптимальними умовами взаємодії оператора і машини, що за рядом технічних, технологічних, економічних і інших причин не завжди здається можливим. Тому допускаються коливання ергономічних показників в визначених межах
Встановлено *чотири типи умов* :

- **важкі**, робота в яких потребує часткової або повної ізоляції від зовнішнього середовища (скафандри водолазів і космонавтів);

- **некомфортні**, при яких один із показників умов роботи різко відрізняється від допустимих (температура в ливарних цехах, робота в кесонах, свічення дуги при дуговому зварюванні і т.д.);

- **комфортні** – задовільно відповідають вимогам людського організму;

- **високого комфорту** – ідеально відповідають людині.

У відповідності з зонами комфортності розробляються органи взаємодії оператора і машини, а також засоби захисту оператора.

Виконанням вимог комфортності забезпечуються такі головні показники якості системи людина-машина (СЛМ), як швидкодія та надійність. Швидкодія визначається часом проходження інформації по замкнутому контуру людина-машина:

$$T_u = \sum_{i=1}^K t_i,$$

де, T_u – час затримки (обробки) інформації в i -й ланці системи;

K – число послідовно з'єднаних ланок СЛМ, в якості яких можуть виступати як технічні ланки, так і оператори.

Надійність характеризує безпомилковість (правильність) рішення задач, які ставляться перед СЛМ і оцінюються вірогідністю правильного вирішення задачі, яка за статистичними даним визначається відношенням:

$$P_{np} = 1 - \frac{m_{ош}}{N},$$

де, $m_{ош}$, N – відповідно число помилково вирішених і загальне число задач, що вирішуються.

Точність роботи оператора (не слід плутати з надійністю) характеризується ступенем відхилення деякого параметра, який вимірюється, встановлюється або регулюється оператором, від його потрібного значення. Точність оцінюється похибкою:

$$|\gamma| = I_{TP} - I_{OPT}$$

де, I_{TP} , I_{opt} – відповідно значення необхідного параметра і того, який вимірюється (регулюється) оператором.

Своєчасне вирішення технічної задачі системою людина-машина оцінюється вірогідністю того, що задача буде вирішена за час, який не перевищує допустимий:

$$P_{св} = P\{T_{ц} \leq T_{дон}\} = \int_0^{T_{дон}} \varphi(T) dT$$

де, $\varphi(T)$ – функція щільності часу вирішення задачі системою. Ця ж вірогідність за статистичними даними:

$$P_{св} = 1 - \frac{m_{н.с}}{N}$$

де, $m_{н.с}$ – число несвоєчасного вирішених задач.

На базі показників надійності і своєчасності використання загальний показник надійності:

$$P_{счм} = P_{пр} \cdot P_{св}$$

Роботу оператора, не дивлячись на всю її різноманітність, можливо представити в вигляді чотирьох основних етапів; прийом інформації; оцінка і переробка інформації; прийняття рішення; реалізація прийнятого рішення.

Кожний етап безпосередньо визначається технічними рішеннями, прийнятими в конструкції машини, механізмами керування і приладами інформації. На оцінку і переробку інформації впливає спосіб її кодування, об'єм відображення, динаміка змін та інше. Виконання керівного руху залежить від числа органів управління, їх типу і способу розміщення, а також від набору характеристик, які визначають ступінь зручності роботи з окремими органами управління (розмір, форма, сила і т.д.).

З метою створення оптимальних умов оператору в процесі розробки машин на різних етапах і різними методами проводиться *комплексний аналіз* технічного пристрою або машини, що розроблюється:

- **позиційний**, при якому виявляють положення тіла оператора при роботі і відповідність йому розміщення органів управління і контролю;
- **динамічний**, який дозволяє виявити траєкторію рухів оператора, зміну поз, тривалість робочих операцій;
- **аналіз взаємодії оператора з машиною**, при якому уточнюється значимість технологічних операцій, визначається частота використання всіх органів управління і контролю;

- **аналіз сил**, які прикладаються до органів керування, їх напрямлення, траєкторії і ступінь плавності рухів;
- **аналіз інформації і засобів її відображення (ЗВІ)** (вимірювальних, сигнальних, надписів, мнемосхем та ін.).

3.2 Ергономічний аналіз машини

Мета проведення ергономічного аналізу - відпрацювання ергономічних показників машини або технічного пристрою, що створюється. Для цього використовуються експерименти на макетах і моделях, а безпосередньо при проектуванні – прийоми сомотографії, які базуються на анатомії людського тіла і антропометрії. При цьому використовуються схематичні відображення людського тіла в різних положеннях для визначення пропорціональних відношень людини і машини.

Аналіз робочого простору

Під робочим простором в СЛМ розуміється той простір, на який розповсюджується вплив людини під час роботи. Вважається, що робочий простір організовано раціонально, якщо оператор легко і швидко дістає і бачить всі елементи, необхідні для роботи. Так, висота зони роботи руками повинна вибиратись з таким розрахунком, щоб оператор міг зручно сидіти, при необхідності спиратися на підлокітники, і не був змушений приймати при роботі незручну робочу позу. Органи управління повинні розміщуватись на 200...300 мм вище переднього краю сидіння і на відстані 450...600 мм від спинки крісла. В переведеному положенні "на себе" відстань від рукоятки важеля до спинки крісла повинна бути не менше 350 мм і не більше 700 мм. В

залежності від ходу педалі (50...150 мм) відстань педалей від спинки крісла повинна знаходитися в межах 920...810 мм (рис.11).

При аналізі робочого простору перевіряють розміри кабіни, її просторість, зручність і вільність переміщення, чи зручно оператору займати робоче місце. Оцінюють оптимальність розміщення робочого місця в кабіні і обладнання, яке входить в склад робочого місця (ЗВІ, органи управління, інструменти, полки та ін.). Перевіряють наявність необхідних інструкцій, попереджувючих надписів і знаків, які допоможуть оператору швидко, точно і безпечно виконати робочі операції. Оцінюють зручності огляду з кабіни, робочу позу оператора, її зручність і зміни під час виконання операцій, робочу зону ніг, покриття підлоги. Перевіряють досяжність оператором органів керування і іншого обладнання, що знаходиться в кабіні, чи не закривають руки оператора під час роботи прилади, не зменшується при цьому огляд органів управління (рис. 12).

При створенні робочого простору важливим фактором являється робоче крісло оператора, призначення якого заключається не тільки в тому, щоб знизити навантаження на ноги людини, але і створити сидячому опору для того, щоб він міг підтримувати стабільну позу під час роботи і розслабити ті м'язи, які не приймають участі в роботі. Перший признак вдалої конструкції крісла – відповідність його розмірів антропометричним даним оператора. Висота сидіння не повинна перевищувати висоту ноги до підколінного вузла при зігнутому під прямим кутом коліна. Якщо висота сидіння більше, оператор буде відчувати надмірний тиск на нижню частину стегон. Бажано, щоб висота сидіння регулювалась. Глибина сидіння (відстань від спинки до переднього краю) повинна бути такою, щоб запобігти тиску краю

сидіння на підколінну ямку й ікри ніг. Ширина сидіння визначається головним чином достатньою площею для стегон і тазу.

Підлокітники обмежують рух, але в деяких випадках забезпечують бокову опору для тіла оператора, а також для рук; можуть використовуватися для упора рук, коли оператор сідає в крісло або підводиться з нього.

Спинка сидіння повинна забезпечувати добру опору для спинного і грудного відділів хребта. Кут між навантаженим сидінням і спинкою повинен бути не менше 95° . Поверхня сидіння повинна бути горизонтальною, але краще мати нахил від переднього краю до спинки, рівний 5° , нахил вперед не дозволяється. Обшивка (покриття) сидіння - достатньо шорстка, щоб запобігти ковзанню тіла, але не настільки, щоб заважати сидячому змінювати позу. В той же час матеріал обшивки - міцний, повітропроникний, вібродемпфіруючий і легко піддається пранню.

Розміри, які рекомендуються для крісла оператора:

| | |
|--|--------------|
| Глибина, мм | 370...400 |
| Ширина, мм | не менше 400 |
| Висота (від підлоги), яка регулюється в межах, мм | 370...420 |
| Передня частина сидіння по відношенню до задньої повинна бути вище, мм | 15...20 |
| Кут між площиною сидіння і спинкою (регулюємий), град | 98...104 |
| Висота спинки, мм | 405...455 |

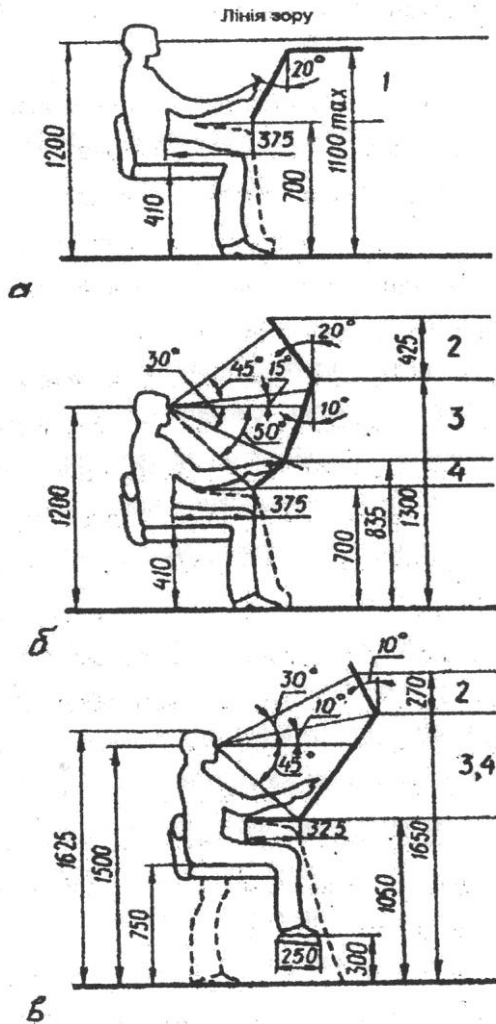


Рисунок 11 - Робочі зони і розмірні співвідношення на робочому місці

Підлоктники, мм:

висота

210...230

ширина

не менше 50

довжина

250...200

Аналіз засобів відображення інформації (органів контролю і сигналізації)

Інформація, що надходить від машини до оператора, має важливе значення для її ефективного використання, тому що про стан машини, характері відхилень робочих параметрів, результаті своїх дій оператор судить за даними СОІ, основними з яких є контрольно-вимірювальна апаратура, лічильники, світлове табло, мнемосхеми, цифрові лампи, монітори, дисплеї і т.д.

Основні ергономічні вимоги, запропоновані до СОІ: інформація, одержувана оператором від СОІ, повинна бути точною і своєчасною, в обсязі, що відповідають реальним можливостям людини по її переробці і достатньому для оцінки ситуації, прийняття правильного рішення і контролю за його виконанням.

Форма інформації повинна бути зручною для її використання (перекодування, перерахунки, переведення даних з однієї системи в іншу – не допустимо). Оператор сприймає візуальну (зорову), звукову (акустичну) і дотикову (тактильну) форми індикації. В машинобудуванні частіше інших застосовується візуальна індикація: стрілочні прилади, лічильники, лімби, графічні індикатори та ін. На читання показників (процес прийому інформації) великий вплив мають окремі елементи приладів: шкали, стрілки, цифри, штрихи, відстань між відмітками, компоновка приладу і т.д. Так, цифри на шкалах, позначки, стрілки повинні добре констатувати за тоном з лицьовою частиною приладу і бути достатньо освітленими. Рухома стрілка на нерухомій шкалі,

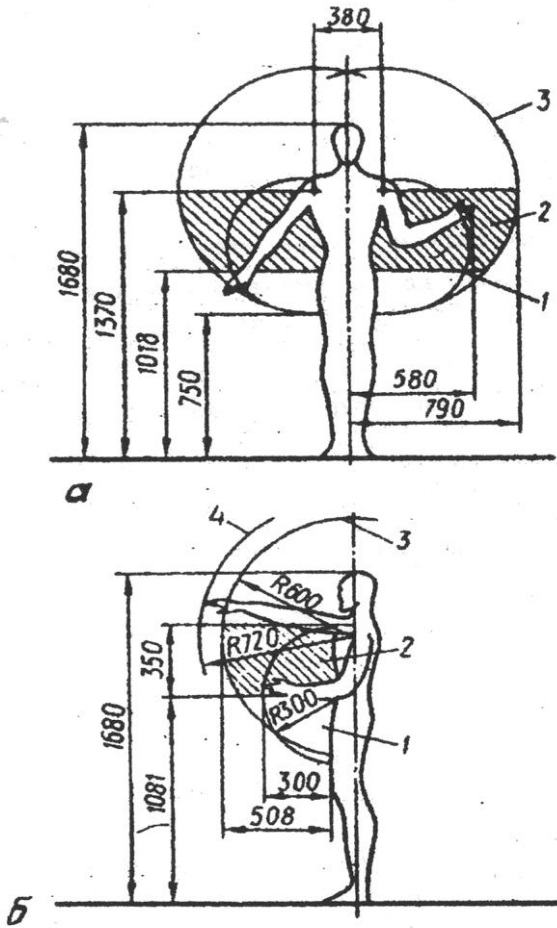


Рисунок 12 - Зони досяжності рук людини: а) – в вертикальній площині; б) – в горизонтальній площині; 1 – зона оптимального захвату; 2 - оптимальної ручної дії; 3 – максимального захвату.

краще рухомої шкали з фіксованою відміткою. Цифри шкали повинні збільшуватись за напрямком руху за ходом часової стрілки зліва направо або знизу вгору. Початок і кінець шкали потрібно виразно позначити. Оптимальний розмір лінійних шкал становить 62...72 мм по довжині, інколи допускається менше 55 або більше 100...125 мм. Оптимальна ширина штриха в стрілочних приладах рівна 0,8...1,0 мм. Цифровані штрихи повинні бути в 2-4 рази товщі і в 2-2,5 рази довші інших. Стрілки не повинні закривати цифри на поділках шкал. Їх встановлюють так, щоб можливість помилки зчитування із-за візуального паралакса була мінімальною. Важлива довжина стрілки. Коли видно тільки кінець стрілки, або вона не дістає до ділень шкали, помилки зчитування значно виростають.

Нормальна лінія спостереження (або погляду) оператора проходить на 10° нижче лінії горизонту при роботі стоячи і на 15° – сидячи (рис.13). Тому з урахуванням основних зон зорового поля людини СОІ рекомендується розташовувати по вертикалі в границях $0...30^\circ$ вниз від лінії погляду. Гранично допустимим розміщенням потрібно вважати 30° вгору і 40° вниз від лінії погляду і у горизонтальній площині під кутом $\pm 30^\circ$ від сагітальної (серединної) площини. Фронтальні частини індикаторів виставляються перпендикулярно до лінії погляду. Допоміжні прилади і пристрої, які не використовуються оператором в основній роботі, виносять за поле зору оператора.

Необхідно також мати в виду, що час зчитування показників приладів залежать від перепадів відстаней між ними за глибиною, тобто від різниці відстані до ока. Так, при переносі погляду з прибору,

розташованого на відстані 66 см від ока, на прибор, розташований на відстані 99 см, час зчитування показників збільшується на 5-14%. При переносі погляду з першого прибору (66 см від ока) на прибор, який знаходиться на відстані 114 см, час зчитування збільшується на 8...21%.

При аналізі засобів відображення інформації визначаються типи індикації (звукова, зорова, дотикова) і раціональність розподілення інформації між типами індикації. Встановлюється наявність пристроїв, що сигналізують про аварійні ситуації, способи подачі аварійного сигналу, розміщення його в зонах для сприйняття, наявність перешкод для сприйняття сигналу (шум і інші). Оцінюються розбіжність органів контролю, сигналізації в зонах зорового поля оператора, зручність сприйняття панелі приладів, розміщення приладів по глибині. Визначаються кут нахилу панелі приладів до лінії погляду оператора, наявність і розміщення написів, що відносяться до органів контролю і сигналізації, кольорове вирішення панелі. Дається ергономічна характеристика шкал, що включає в себе форму і розміри шкал, виконання написів на них, контраст з фоном і т.д.

Аналіз органів управління

Зручність обслуговування машини забезпечується мінімальними затратами часу на виконання операцій управління, антропометричною відповідністю, невеликими витратами фізичних сил при маніпулюванні органами керування, раціональним розміщенням приладів і органів управління, які позбавляють оператора від зайвого напруження пам'яті і уваги.

За конструктивним виконанням органи управління

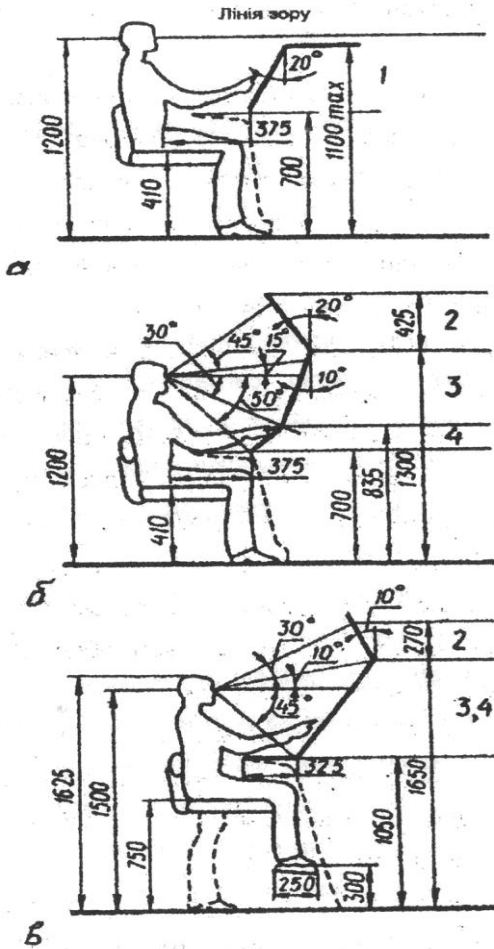


Рисунок 13 - Огляд і розміщення панелей пультів керування при роботі: а – сидячи, з оглядом поверх пульта; б – сидячи; в - сидячи і стоячи; 1, 2, 3, 4 – зони для розміщення відповідно індикаторів і органів керування, допоміжних індикаторів, важливих індикаторів.

розподіляються на ряд підгруп: кнопки, тумблери, рукоятки, селекторні перемикачі, педалі, важелі, штурвали, активні дисплеї і т.д.

При їх виборі і розміщенні потрібно враховувати загальні інженерно-психологічні вимоги.

Органи управління необхідно розміщувати з урахуванням принципу економії рухів. Це значить, що їх кількість і траєкторії повинні зводитись до мінімуму, сам рух повинен бути простим і ритмічним. В зоні оптимального візуального контролю і досяжності розташовують найбільш важливі і такі, що часто використовуються органи керування. В особливу групу виділяють аварійні і ті, якими користуються "наосліп". Їх розташовують в місцях, легкодоступних при будь-якому положенні оператора.

Для полегшення керування, зменшення помилок і часу пошуку потрібного органу використовують різні методи кодування: кольором, формою, пояснювальними надписами та ін. Надписи повинні бути короткими, мати тільки загальноприйняті скорочення.

Прості рухи керування типу "включити-виключити" завжди виконуються при поступових рухах рук або ніг за допомогою кнопок, рукояток, педалей, важелів, тумблерів, при цьому рух на себе і від себе здійснюється легше, чим рух в сторону.

Кожний тип органів керування має свої конструктивні особливості, продиктовані антрометричними особливостями людини. Так, форма кнопок, їх розміри повинні враховувати анатомічну постановку пальців руки людини. Найбільш зручні, особливо при частому використанні, кнопки чотириох кутової форми з закругленими кутами або закругленою верхньою виїмкою. Для покращення фіксації

пальця на кнопці в ній повинна бути неглибока насічка або виїмка. Оптимальне розташування кнопок – на рівні ліктя сидячої людини.

Рукоятки вимикачі (тумблери) рекомендується розташовувати горизонтальними рядами. Відстані між ними повинні бути не менше 20 мм, а опір зусиллю при довжині тумблера до 30 мм складати 3...5 Н, при довжині 50 мм – 10 Н. Бажано, щоб переключення супроводжувалось звуком.

Маховики (штурвали) повинні мати нахил до 45° в вертикальній площині, а їх центр потрібно розташовувати приблизно на висоті ліктя (близько 230 см від поверхні сидіння).

Рекомендовані параметри маховиків і штурвалі керування:

Діаметр маховиків. мм 150...550

Опір (окружне зусилля), Н

на ободі при роботі:

однією рукою 25...150

двома руками 25...300

Поверхня ободу маховика добре оброблена і не має гострих ребер.

Важелі застосовуються в системах управління для швидкого руху і перемикачів при короткому ході, середніх і великих зусиллях. Рух важеля до себе точніше, чим від себе, як і рух ввверх-вниз, а не вправо вліво.

Педалі повинні розташовуватися ближче до повздовжньої осі тіла оператора (відхилення не більше 100 мм). Відстань між педалями по осях рекомендується 200...450 мм. Довжина педалей, які часто і тривало використовуються – 280...300 мм, для короткочасного і рідкого натискування – 75 мм, на їх поверхнях виконують насічки (рифлення).

Рекомендовані зусилля на важелях і педалях управління:

| Органи управління | Зусилля, Н |
|--|------------|
| Рукоятка | 20...40 |
| Кнопки, тумблери, перемикачі: | |
| "легкого типу" | 1,4...1,5 |
| "важкого типу" | 6...12 |
| Ножні педалі управління, які використовуються: | |
| рідко | до 300 |
| часто | 10...50 |
| Важелі ручного управління, які використовуються: | |
| періодично | 120...160 |
| постійно | 20...40 |

Для досягнення оптимальних результатів прилади COI і органи керування машиною повинні розташовуватися в робочому просторі у відповідності з логікою діяльності людини. При цьому в основу розміщення приладів і органів управління можливо покласти наступні принципи:

- функціональна відповідність – прилади і органи керування групуються на панелі по узагальненому відображенню ними показників процесу (манометри в одній групі, витратоміри в другій і т.д.);

- важливість частоти використання – прибори найбільш відповідальні, які мають важливе значення і найбільш часто використовуються, розміщуються там, де умови для їх сприйняття і використання найкращі, в доступному для оператора місці, в межах оптимальної зони поля зору і поля досяжності. В особливу групу виділяють аварійні органи управління і ті, якими користуються

"наосліп". Вони повинні не тільки відрізнитись від звичайних, але і бути просторово віддаленими від них;

- за послідовністю використання – прибори і відповідні їм органи управління розташовують всередині функціональних груп в тій послідовності, в якій людина-оператор завжди зчитує їх показники. Завжди ця послідовність відповідає стереотипу читання книги – зліва направо і зверху вниз;

- узгодженість розташування (картинність). Взаємне розташування приладів погоджують з просторовим розташуванням вузлів машини.

Аналіз факторів виробничого середовища

Фактори виробничого середовища (температура, повітря, освітлення, шум, вібрація та ін.) значно впливають на функціональний стан і працездатність оператора.

Так, висока температура разом з високою вологістю повітря негативно позначається на працездатності і на деяких психологічних функціях людини. Знижується розумовий об'єм оперативної пам'яті, погіршується увага, уповільнюється протікання рахункових операцій і ін. Оптимальна температура повітря в залежності від виду роботи, що виконується – 18...24°C.

При освітленні робочого місця оператора необхідно уникати різкої контрастності освітленості об'єкта робочої операції і навколишнього фону, не допускати джерел блиску в полі зору, ритмічного чергування темних і світлих поверхонь.

Вібрація – основний механічний фактор виробничого середовища. При вібраціях знижується гострота зору, з'являється

головна біль, головокружіння, атрофія в`язів верхніх і нижніх кінцівок. В більш важких випадках можлива поява вібраційної хвороби.

Слід мати на увазі, що людина гірше переносить вертикальні коливання, ніж горизонтальні. Найбільш небезпечна вібрація з частотою 6...8 Гц, так як в цьому діапазоні лежить власна частота коливань тіла, голови і черевної порожнини людини.

Аналіз експлуатаційних властивостей

Основні ергономічні критерії добре сконструйованої машини: безпека, ремонтпригодність і зручність обслуговування. Деталі, вузли, блоки, які часто замінюються, повинні бути не тільки легкодоступні, але і розташовані таким чином, щоб їх зняття або заміна не вимагали допоміжного розбирання машини.

Періодичне мащення поверхонь тертя потрібно здійснювати без розбирання вузлів. Окремі точки мащення слід позначити надписами з вказівкою сорту мастильних матеріалів і періодичності мащення.

В кожухах і корпусних деталях, особливо зварних, не повинно бути гострих країв і кутів, які можуть стати причиною травми під час роботи.

3.3 Питання охорони праці і навколишнього середовища при проектуванні машин

Постійно зростаючі соціальні потреби ставлять задачу забезпечення комфортних умов праці для операторів машин, проведення робочих процесів при дотриманні вимог екології навколишнього середовища. На теперішній час розроблені вітчизняні і

міжнародні стандарти в цій області. Ергономічні показники машин – це складова частина групи властивостей, сукупність яких визначає якість машини [26].

Відповідність виробу загальним вимогам безпеки встановлюється ДСТУ 7748:2015, який визначає наступні групи вимог:

- *загальні вимоги безпеки до машини в цілому;*
- *до робочого місця машиніста і кабіни;*
- *до органів управління машиною;*
- *до силових установок, робочих органів, пневмо- і гідросистем, ходової частини;*
- *до електрообладнання, освітлення, сигналізації.*

Оператори машин працюють в умовах, коли прийом і переробка інформації поєднується з виконавчими і керуючими діями. Здійснюючи робочий процес, оператор реалізує свої можливості (фізіологічні, психологічні), впливаючи на органи управління. Задача просторової організації робочого місця – вирішальна для забезпечення ефективності, надійності, безпеки роботи оператора і збереження його здоров'я. Практика експлуатації будівельних машин показує, що більше 20% нещасних випадків відбувається через недостатню оглядність. В той же час рівень працездатності оператора багато в чому залежить від розташування органів управління. Тому, при проектуванні робочого місця самохідних будівельних машин слід пам'ятати, що останні працюють в умовах інтенсивного маневрування, у взаємодії з другими машинами і людьми на обмеженому просторі будівельних майданчиків. Внаслідок цього задача оптимізації моторного поля заключається в забезпеченні відповідності розташування органів управління машиною антропологічним,

психологічним і біологічним можливостям оператора. Виконання цих вимог досягається різними конструктивними рішеннями. Наприклад, баштові крани обладнують уніфікованими кабінами, фасад яких виконаний в вигляді ліхтаря просторової конструкції, і світлові прорізи розташовані за основними напрямками забезпечення огляду. Січення стійок віконних прорізів вибрані з урахуванням вимог безпеки. Органи управління краном об'єднані в компактні блоки і розміщені в зонах, що забезпечують раціональну позу оператора і безпеку роботи.

Задовільні результати дає конструкція органів управління з регулюванням положення, особливо тих, використання яких в процесі роботи обмежено. Так, рульове колесо (кермо) пневмоколісних екскаваторів використовується не більше 5% чистого часу роботи. Розробка конструкції кріплення колеса на шарнірному кронштейні дозволяє вилучити його з зони оглядності. При цьому огляд збільшується на 50 %.

В кабінах машин лобове і заднє скло повинно забезпечуватися склоочисниками, а також обігрівом від обледеніння. При експлуатації машин в холодних кліматичних зонах скло обдувається теплим повітрям.

В конструкції робочого місця необхідно забезпечувати виконання операцій в граничних зонах моторного поля. Важелі управління розташовують з урахуванням частоти їх включення. Так, машиніст екскаватора виконує 4310 включень за годину, бульдозерист – 1000. Важелі і педалі управління, які використовуються досить часто, розташовують в оптимальній зоні і зоні легкої досяжності.

Не менш важливі питання забезпечення шумо-віброзахисту. Граничні і еквівалентні рівні звуку складають 85 дБ (ДСТУ ЕН

1299:2019 «Вібрація та удар механічні. Віброізоляція машин. Інформація...», ДБН В.1.2-10:2021 «Захист від шуму та вібрації»). Будівельні машини мають джерело шуму, як аеродинамічного, так і структурного характеру. Найбільш значні аеродинамічні джерела: випускна система двигуна, вентилятор системи охолодження, системи впуску повітря. Боротьба з шумами ведеться як в джерелі (активний захист), так і на шляху його розповсюдження (пасивний захист). Зниження шуму в джерелі досягається рівновагою обертових мас, зменшенням швидкості руху і частоти обертання, жорсткості і маси взаємодіючих деталей, твердості поверхонь контакту, зміною кінематичної схеми, застосуванням пружнов'язких матеріалів, зменшенням допусків на виготовлення і складання деталей і вузлів, забезпеченням щільного прилягання дотичних деталей в місцях їхнього зв'язку, покриттям деталей вібродемпферними матеріалами і т.п. Значний ефект дає використання віброзахисних сидінь, зв'язаних з підлогою через пружні елементи (пружини) і гасники коливань (демпфери). Існує три типи сидінь:

- без підвіски (застосовуються на баштових кранах і машинах, що працюють в стаціонарних умовах);

- з короткоходовою підвіскою (використовуються на екскаваторах, стрілових самохідних кранах, котках, укладальниках);

- з довгоходовою підвіскою (встановлюється на автогрейдерів, скреперах, колісних навантажувачах).

На сидіннях встановлюються пінополіуретанові подушки і спинки, які обтягуються перфорованою повітронепроникною штучною шкірою. В конструкціях передбачають регулювання сидіння за висотою, зміною нахилу спинки. Для колісних землерийно-

транспортних машин використовують сидіння з змінною жорсткістю підвіски.

Працездатність оператора багато в чому визначається мікрокліматом кабіни. Останній являє собою комплекс фізичних факторів середовища, спроможних впливати на тепловий стан організму, його терморегуляторні реакції. До них відноситься температура, вологість і швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання, запиленість повітря, наявність шкідливих домішок. В кабіні потрібно підтримувати рівномірну температуру не більш чим на 2...3°C вище зовнішньої. При цьому температура в кабіні - 14...28°C при відносній вологості повітря 60...80%. Для районів з середньою температурою зовнішнього повітря в 13 годин самого теплого місяця більше +25°C температура в кабіні повинна бути не більше 31°C. Кабіни, окрім тих, що використовують в теплих і жарких зонах, повинні мати регульовану системи підігрівання, яка забезпечує при зниженні зовнішньої температури від +10°C до -20°C температуру в кабіні не нижче +14°C з перепадом по висоті не більше 4°C. Подача повітря в кабіну здійснюється так, що його швидкість на рівні грудей становить не більше 0,5 м/с при температурі в кабіні до +22°C і не більше 1,5 м/с при температурі вище +22°C. Вміст шкідливих домішок на рівні голови не повинен перевищувати встановлених норм, запиленість повітря в робочій зоні знаходитись в межах 1...4 мг/м³. Мікроклімат в кабіні підтримується застосуванням систем вентиляції, опалення і кондиціювання.

Конструкція машини повинна виключати можливість її перекидання при подоланні крутих підйомів, спусків, при роботі на косогорах або мати надійний захист для оператора. Наприклад,

вибираючи швидкість на першій передачі, при заданій потужності двигуна виключається можливість подолання машиною небезпечного підйому. В протилежному випадку машина оснащується різного роду обмежувачами і сигналізаторами: висоти підйому вантажу, вильоту стріли, пересування і обертання крана і т.д. Кабіни машиністів бульдозерів, навантажувачів повинні мати захисні огороження від перекидання. Останні також потрібні при роботі машин на валці лісу, розчищенні від чагарників і т.д.

Слід додержуватись необхідної освітленості робочих зон машин. Для робочих органів бульдозерів, катків, інших дорожніх машин, зайнятих на планувальних роботах, вона повинна бути не менше 10 лк. Освітленість екскаваторного забою в горизонтальній площині - не менше 5 лк, а в вертикальній – 10 лк.

Виробнича діяльність людини досягла таких масштабів, коли відходи виробництва стали наносити помітний збиток навколишньому середовищу. Шкідливі викиди в атмосферу спостерігаються на асфальтобетонних заводах, значне пилоутворення має місце при виробництві щебеню, мінерального порошку, цементобетона. Максимально допустима запиленість викидів в атмосферу димових газів не повинна перевищувати 150 мг/м³. Максимальна кількість пилу, яка зноситься при роботі сушильного апарату становить 6...8% маси піску, який надходить на сушку. Це відповідає запиленості димових газів 300...400 г/м³. Проблему можливо вирішити шляхом застосуванням пилегазоочисних пристроїв. Гази піддаються подвійному і потрійному очищенню з використанням пристроїв різного принципу дії: пилеосадкових камер, центробіжних апаратів (циклонів), електрофільтрів, апаратів мокрого пилеочищення (труби Вентурі,

барботажи пилеуловлювачі і пінні апарати). Значне пилеутворення спостерігається при транспортуванні пиловидних матеріалів (цементу, мінерального порошку, піску) технологічним обладнанням в ході приготування різних будівельних матеріалів. Призначені для цієї мети транспортні засоби (контейнери, шнеки, елеватори) повинні виготовлятися в закритому виконанні.

Істотний збиток навколишньому середовищу можливо нанести при недотриманні відповідних вимог у ході технічної експлуатації машин. При проектуванні на базах механізації постів мийки дорожньо-будівельної техніки обладнують водоочисні споруди з багатократним використанням води. Відпрацьовані мастила (моторні, трансмісійні, робочі рідини гідросистем) збирають у ємкості, що виключає їх витікання. Пристрої по заправці машин паливом повинні виключати можливість його витікання і випаровування.

4. ЕВРИСТИКА І МЕТОДИ ТЕХНІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ

Найбільш ранні спроби пояснити закономірності творчого мислення здійснювалися ще в античні часи і знайшли відображення в працях Архімеда Сірокузьського, Аполонія Пергейського, папи Александрійського, Геракліта Ефеського, Сократа і т.д. Ці праці були ще розрізнені і несистематизовані, але іменно вони явились початками **евристики - вчення про продуктивне творче мислення і про методи творчості.**

Творчість першої логічної системи в античний період Демокріт з Абдери будував в основному на індуктивному методі і аналогії. Технічна творчість, винахідництво Архімеда займали настільки велике

місце в житті і діяльності, що аналогії з техніки та механіки проникли в його математичні методи.

Істотний крок в створенні метода творчого мислення зробив Сократ, який спробував роздобути закриті (латентні) творчі здібності людей в процесі діалогу. Основні ознаки останнього - вільний обмін думками, гумор та іронія, доведення понять до абсурду, використання аналогій, виявлення протиріч та інше.

Думки про універсальний метод пізнання і творчості проявились в середні віки у Р.Бекона та Р.Лулія, а в період переходу від феодалізму до капіталізму у Ф.Бекона та Р.Декарта. Пізніше Г.В.Лейбніц запропонував ідею універсальної програми алгоритмічного рішення творчих задач. Значний внесок в розвиток ідеї евристики зробив Х.Вольф, який дав їй визначення, запропонував ряд правил та методів мистецтва винахідництва. Фундаментальними для евристики стали праці Б.Больцано та багатьох інших дослідників [7].

Сучасна НТР, характерною рисою якої є бурхливий розвиток науки, техніки та виробництва, ввійшла в протиріччя зі старим ненадійним, малопродуктивним способом мислення та пошуку нових рішень. Людське суспільство намагається здолати ці протиріччя створенням спеціальних наукових методів активізації і раціональної організації творчості [1, 2, 3, 6, 8, 32, 35, 40, 41, 43, 45, 49, 56].

Масова високоефективна творча діяльність неможлива без наукової організації розумової праці. Тому на сучасному етапі закономірно виникає великий інтерес спеціалістів самого широкого профілю до технічної творчості. Вона становиться темою глибоких наукових досліджень. Намагання підвищити ефективність творчої праці породила ряд прийомів, методів і методик, які дозволяють

раціонально організувати пошук нових технічних рішень, активізувати мислення, розвивати і реалізувати творчі здібності людини.

В таблиці 6 приведено деякі відомі сучасні методи (і методики) пошуку нових технічних рішень. Її аналіз дозволяє помітити зростання темпів розвитку методології технічної творчості по збільшенню кількості методів: до 1940 року було розроблено всього 1 метод; в період з 1940 до 1950 рр. - 4; з 1950 до 1960 рр. - 10; з 1960 до 1970 рр. – 11; з 1970 до 1980 рр. - 18 методів.

Істотно змінився і їх науковий рівень. Він піднявся від метода каталогу (1926 р.), який базується на пошуковій ідеї рішення за допомогою випадкових асоціацій, до сучасних глибоко науково-обґрунтованих методів пошуку, які дозволяють за короткий час знаходити нові технічні рішення високого рівня і узагальненого евристичного алгоритму (1976 р.), який дає нові раціональні рішення за допомогою ІПК.

Практично всі досягнення евристики, методології технічної творчості з'явилися за останні шість десятиріччя.

В даний час сформувалась така система знань про технічну творчість і її методи, яку вже можливо вважати фундаментом науки. Визначилась термінологія, деякі основні поняття методології творчості.

Основні визначення методологічних засобів і понять технічної творчості:

Ціль - бажаний результат діяльності людини або колективу в межах деякого призначеного інтервалу часу.

Евристичне (методологічне) правило - це елементарна одиниця методологічних засобів, яка містить наказ дії, вирішення його або заборони. Декілька елементарних правил, які об'єднані для

Таблиця 6. Методи пошуку нових технічних рішень

| № | Країна, назва метода | Автор | Рік появи |
|---|----------------------|-------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |

СРСР

| | | | |
|-----|--|----------------------|------|
| 1. | Метод економічного аналізу і поелементного відпрацювання конструкторських рішень | Ю.Соболев | 1950 |
| 2. | Алгоритм рішення винахідницьких задач (АРВЗ) | Г.Альштулер | 1956 |
| 3. | Метод направленої мислення | Н.Середа | 1961 |
| 4. | Метод семикратного пошуку | Г.Буш | 1964 |
| 5. | Метод психоевристичного програмування (ПЕП) | В.Чавчанідзе та інші | 1968 |
| 6. | Метод використання бібліотеки евристичних прийомів | А.Половінкін | 1969 |
| 7. | Метод системно-логічного підходу до рішення винахідницьких задач | В.Шубін | 1972 |
| 8. | Метод гірлянд випадковостей і асоціацій | Г.Буш | 1972 |
| 9. | Узагальнений евристичний алгоритм | А.Половінкін та інші | 1976 |
| 10. | Метод десятичних матриць пошуку | Р.Повілейко | 1976 |

Продовження таблиці 6.

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------|---|--------------------|------|
| 11. | Метод виявлення узагальнених прийомів на основі аналізу опису винаходів | М.Заріпов та інші | 1978 |
| 12. | Вепольний аналіз | Г.Альтшулер | 1978 |
| 13. | Методика аналізу властивостей і синтезу технічних рішень (АВСТР) | А.Чус | 1979 |
| 14. | Аксіоматичний метод понять | В.Скоромохов | 1980 |
| Німеччина | | | |
| 1. | Метод каталогу | Ф.Кунце | 1926 |
| 2. | Метод організуючих понять | Ф.Ханзен | 1953 |
| 3. | Метод конференції ідей | В.Гільде та інші | 1970 |
| 4. | Систематична евристика | І.Мюлер та інші | 1970 |
| 5. | Аналіз витрат на основі потрібної вартості | Х.Еберт К.Томас | 1971 |
| Чехія | | | |
| 1. | Метод комплексного рішення проблем | С.Віт | 1967 |

Продовження таблиці 6.

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------|-------------------------------------|--------------------|------|
| Англія | | | |
| 1. | Метод фундаментально проектування | Е.Матчет | 1966 |
| 2. | Метод контрольних питань | Т.Ейлоарт | 1969 |
| 3. | Метод функціонального винахідництва | К.Джонс | 1970 |
| 4. | Метод розрізненого проектування | - " - | 1972 |
| 5. | Метод ліквідації тупикових ситуацій | - " - | 1972 |
| 6. | Метод трансформації системи | - " - | 1972 |
| США | | | |
| 1. | Морфологічний аналіз | Ф.Цвіккі | 1942 |
| 2. | Синектика | В.Гордон | 1944 |
| 3. | Метод контрольних питань | Д.Пойа | 1945 |
| 4. | Інженерно-вартостний метод | Л.Майлз та інші | 1947 |
| 5. | Метод контрольних питань | Р.Кроуфорд | 1954 |
| 6. | Метод відомостей характерних ознак | - " - | 1954 |
| 7. | Метод мозкового штурму | А.Осборн | 1957 |
| 8. | Метод контрольних питань | С.Пірсон | 1957 |
| 9. | Метод фокальних об'єктів | Ч.Вайтінг | 1958 |

Продовження таблиці 6.

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------|--|------------------|------|
| 10. | Метод аналізу втрат і результатів | Ю.Фанге | 1959 |
| 11. | Метод творчого інженерного конструювання | Г.Буль | 1960 |
| 12. | Метод контрольних питань | А.Осборн | 1964 |
| 13. | Метод раціонального конструювання | Р.Мак-Крорі | 1966 |
| 14. | Метод ступеневого підходу до рішення задач | А.Фрейзер | 1966 |
| 15. | Метод музейного експерименту | Колектив авторів | 1970 |
| Франція | | | |
| 1. | Метод “матриць відкриття” | А.Моль | 1955 |
| 2. | Метод “Креатікс” | Колектив авторів | 1963 |
| 3. | Інтегральний метод | І.Бувен та інші | 1972 |

досягнення визначеної мети, представляють собою евристичний прийом - наступний ступінь методологічних засобів.

Коротка вказівка (передпис) того, які перетворення в даній технічній системі можливо провести для одержання нового рішення, досягнення поставленої мети, називається **евристичним прийомом**.

Прийом, який далі розвивається, перетворюється в **метод**, тобто спосіб досягнення заданої мети, рішення конкретної задачі.

Операцією називається дія, яка направлена на досягнення визначеної цілі. Вона може бути *простою*, не розділеною на дії, а також і *складною*, яка розокремлена на ряд більш простих дій. Існує також поняття **процедура**. Це сукупність вказівок про порядок виконання всіх операцій, які приведуть до досягнення визначеної цілі.

Подальшим ступенем розвитку методологічних засобів є **методика**. Це метод, який збагачено ціле направленими керівними принципами. Структура методики включає декілька принципів та упорядковані методологічні правила.

Методологія – наука (вчення) про методичні засоби.

Сучасна евристика — синтетична наука. Вона базується на досягненнях багатьох наук та наукових напрямлень, але фундаментом її є матеріалістична діалектика та системний підхід.

В практичній діяльності конструктора, винахідника, які мають тверде світобачення, впевнено володіють діалектичним методом і системним підходом, ефективну допомогу надають інструменти творчості: прийоми, методи та методики пошуку нових технічних рішень і активізації творчого мислення.

4.1. Психологічні особливості науково-технічного пошуку

Творчість представляє собою явище, яке в першу чергу відноситься до конкретних особливостей. Тому в даній галузі великий інтерес представляють роботи психологів.

Історія науки знає багато спроб створення філософських і психологічних теорій творчості, але не одну з них, неможливо розглянути як загальну.

Вважають, що мислення починається там, де створена проблемна ситуація, в якій є вибір з двох або більше можливостей [41].

Для процесу науково-технічної творчості характерний пошук рішень в умовах невизначеності, дефіциту інформації, вихід з яких заключається в прийнятті рішення. При цьому невизначеність — невідповідність між змістом плинного сприйняття і змістом пам'яті, в тому числі між плинним досвідом і сформульованими моделями майбутнього — складають суть проблемної ситуації, яка включає емоції і служить побудним товчком до початку мислення.

Багато дослідників минулого та й сучасності вважали, що визначеним механізмом творчого процесу являлась не логіка, а інтуїція. Так, відомі зарубіжні математики В.Освальд, Г.Гельмгольц, Ж.Адамар підкреслювали, що творчий процес не являється безрозривним ланцюгом чисто логічних операцій, він має відхилення, зигзаги, звертання назад, повтори, і тільки після багатьох зусиль можливо раптовий успіх. Завдяки логіки доказують, завдяки інтуїції роблять винаходи, вважав А.Пуанкаре.

Поняття інтуїції тривалий час розумілось як щось містичне, надприродне. Її природа не досить вивчена. Роботи радянських вчених Б.М.Кедрова, В.Ф.Асмуса, Я.А.Пономарьова та ін. дають основу для матеріалістичного розуміння цього явища. **Інтуїцією** називають швидке рішення, яке потребує тривалої підготовки [52]. Це скоріше результат, ніж початок, відмічає французький психолог А.Спайер.

Справедливо і те, що без попередньої, іноді досить тривалої роботи вченого або винахідника, ніяка інтуїція не змогла б дати вагомого результату [38]. Таким чином, інтуїція винахідника приходить в якості винагороди за працю, пошук, а тому, складному механізму творчого процесу наявні і логіка і інтуїція. Це підтверджує і вислів відомого винахідника Б.Блінова про те, що інтуїція досвідченого конструктора, інженера або кваліфікованого робітника — не чудо, а результат накопиченого досвіду, різносторонньої і багатой практики, а рішення, що виникають, на перший погляд несподівані, по суті справи, є плід і складний наслідок багаторічної розумової праці, глибоких роздумів, які ніколи не проходять безслідно. Специфічний акт творчості (просвітління) заключається в освідомленні деякого продукту, який впливає з глибин підсвідомості. **Інсайт** — раптове освітлення, пробудження — розуміння елементів ситуації з тими зв'язками і відношеннями, які гарантують вирішення задачі.

Практичний інтерес має виділення етапів в творчому процесі винахідника. Психологи нараховують їх від двох до семи [1, 6]. Можливо назвати найбільш загальні: *непокій і розуміння поставленої задачі, підготовка, виношування ідеї, просвітлення, перевірка і підтвердження ідеї.*

В проблемі творчості виділяють окрім самого процесу ще декілька граней: *творчу особистість, творчі здібності, творчий клімат.*

Задатки творчих здібностей наявні в будь-якої людини, потрібно лиш розкрити та розвинути їх. Суть творчого процесу взагалі однакова для всіх. Різниця лиш в конкретному матеріалі досліджень, масштабах досягнень і їх суспільної значимості. Для вивчення процесу зовсім не

обов'язково опиратись на діяльність геніальних людей. Елементи творчості проявляються і в рішенні повсякденних життєвих задач.

Творчі здібності розділяють на *три групи*. Перша пов'язана з *мотивацією (інтереси та схильності)*, друга — з *темпераментом (емоційність)*, третя — з *розумовими здібностями*. Розглянемо деякі з них [41].

Зіркість в пошуках проблем

Спроможність побачити те, що не вкладається в рамки раніше засвоєного, - це дещо більше, чим просте спостереження. Дивитись і бачити — не одне й теж. Така свіжість погляду, зіркість пов'язані не з гостротою зору, а з якістю мислення.

Спосіб кодування інформації нервовою системою

Мозок різних людей має неоднакову спроможність засвоювати і використовувати різні типи кодів: зорово-просторові, словесні, акустично-образні, буквенні, цифрові і т.д. Уроджені особливості мозку і умови розвитку в перші роки життя визначають переважну схильність використання тих чи інших кодів інформації. Задача розвитку творчих здібностей полягає в тому, щоб допомогти людині “знайти себе”, тобто зрозуміти, які символи, який код інформації для неї доступні і найбільш бажані. Тоді мислення її буде максимально продуктивним і надасть найбільше задоволення.

Спроможність до звертання операцій мислення

Людина має можливість до звертання довгого ланцюга ресурсів і заміні їх одною узагальненою операцією. Процес звертання операцій мислення — це лиш окремий випадок проявлення можливості до заміни декількох понять одним, до використання більш містких в інформаційному відношенні символів.

Спроможність до переносу досвіду

Вміння застосування навичок, отриманих при вирішенні, однієї задачі, до рішення другої, а також спроможність до пропрацювання узагальнюючих операцій і вміння бачення аналогій. *Польський вчений С.Банах вважає, що математик — це той, хто вміє знаходити аналогії між твердженнями: кращий математик - той, хто встановлює аналогії доказів: більш сильний математик - той хто бачить аналогії теорій: але можливо уявити собі й такого, хто між аналогіями бачить аналогії.*

“Бокове мислення”

Широке розподілення уваги підтверджує шанси на рішення проблеми. Щоб творити -- потрібно думати навколо, писав французський психолог Сур`є. “Бокове мислення” буде дійсним і допоможе знайти рішення проблеми за однієї умови: вона повинна стати метою діяльності, домінантною. Властивість мозку формувати і тривало утримувати в стані збудження нейронну модель мети, яка направляє рух думок, є однією з складових частин таланту.

Цільність сприйняття

Це спроможність сприймати дійсність в цілому, не роздрібнюючи її (на відміну від сприйняття дрібними незалежними порціями). Фізіологічною основою образу служить нейронна модель або сукупність нервових клітинок і їх зв`язків, що утворюють порівняно стійку в часі групу. Нейронна модель — кодове позначення об`єкта або події. Структура моделі має схожість з структурою об`єкта відображення.

Зближення понять

Легкість асоціації понять і їх віддаленість, “смилова відстань” між ними. Ця спроможність ярко проявляється, наприклад, в синтезі дотепів. Процес мислення відрізняється від вільного асоціювання. Фактором, який направляє його і перетворює в мислення, є ціль.

Готовність пам`яті

Коли людина вирішує задачу, проблему, вона може розраховувати тільки на ту інформацію, яку в даний момент сприймає або яку зуміє використати з своєї пам`яті. Остання включає в себе можливість запам`ятати, розпізнати, відтворити деякі відомості миттєво або з відстрочкою. Готовність пам`яті “видати” необхідну інформацію в потрібний момент — один з компонентів кмітливості.

Гнучкість мислення

Це спроможність швидко та легко переходити від класу явищ до другого далекого за змістом. Відсутність її називають інертністю, ригідністю і навіть застоєм мислення. Одним з проявів гнучкості мислення - спроможність до подолання функціональної фіксованості.

Спроможність оцінки

Вміння вибирати одну з багатьох альтернатив до її перевірки. Оціночні дії виконуються не тільки по завершенні роботи, але і багатократно по ходу її і служать віхами на шляху творчості.

Спроможність до “щеплення”

Властивість поєднувати подражнювачі, що сприймаються, а також швидко ув`язувати нові відомості з попереднім багажем, без чого сприйнята інформація не перетворюється в значення, не становиться частиною інтелекту. Люди в різній ступені мають можливість звільнитись від тиску “попереднього знання”, “упередженості” і

виділяти необхідне з того, що пропонується інтерпритацією. Таку якість називають спроможністю до "антищеплення".

Легкість генерування ідей

Чим більше ідей висуває людина, тим більше вірогідність, що серед них будуть цінні. Думка, або ідея - це не просто асоціативна сполука двох або декількох понять. Вона повинна бути змістовно оправданою і відображати об'єктивні відношення явищ, які стоять за цими поняттями. Для того щоб виникла думка, потрібно подразнення, як мінімум двох моделей, що зберігаються в голові людини. Думка, ідея - це не нейронна модель, а рух, послідовна активізація і співставлення моделей.

Спроможність передбачення

Генерування ідей нероздільне від фантазії або уяви людини. Прийнято розрізняти три типи уяви.

Логічна - виводить майбутнє з дійсного шляхом логічних перетворень.

Критична - шукає, що іменно в сучасній техніці, суспільному житті і т.д. невдосконалено і потребує змін.

Творча - народжує принципово нові ідеї, а шляхом представлення, які не мають прототипів в реальному світі, не дивлячись на те, що вони опираються на елементи дійсності. Остання має принципове значення в розвитку суспільства.

Майстерність мови (формулювання)

Ця спроможність необхідна, щоб перетворити міркування в слова або виразити їх за допомогою іншого коду, формул, графіки і т.д.

Спроможність до доопрацювання

Це не просто стійкість, зібраність та волевий настрій на завершення початого, а іменно спроможність до доопрацювання деталей першопочаткового задуму. "Дрібниці створюють удосконаленість, а удосконаленість - не дрібниця", - вважав Мікеланджело.

Зіркість в пошуках проблеми, майстерність генерування ідей, гнучкість, віддаленість і оригінальність асоціацій дають дивігентне мислення, яке відрізняється від звичайного. Воно пов'язане з генеруванням великої кількості раптових альтернатив.

Негативну роль в творчості відіграє психологічна інерція мислення, настроїв дій у відповідності з минулим досвідом і знаннями, рухатись традиційними шляхами. Психологічна інерція пов'язана зачасти з просторово-часовим представленням об'єкта і вузькоспеціальною термінологією.

Протилежністю інерції мислення є творча уява, фантазія. Це породжує постійне протиріччя між ними. Уява в творчості має особливо важливе значення, і як показує практика, її можливо і потрібно розвивати. Для цього існує ряд прийомів і методів, які складають самостійний курс розвитку творчої уяви [49]. Розроблені способи тренування уяви являються одночасно і способами подолання психологічної інерції.

Творча особистість має ряд особливостей. Обдаровані люди звичайно відрізняються високим інтелектом (але прямої залежності між інтелектом та талантом немає). Існує "творчий рівень інтелекту" при коефіцієнті інтелектуальності, що дорівнює 120 (коефіцієнт інтелектуальності - показник розумового розвитку, рівня знань і

освіченості - отримують на основі різних тестів. Прийнято, що середній КІ для загальної маси населення дорівнює 100. Нижче цього порога творчі здібності не можуть бути реалізовані, а при більш високому коефіцієнті, інтелектуальність нічого не добавляє до творчих можливостей [41].

Готовність до ризику — це ще одна особливість: людина, що має багато ідей, повинна сміливо виказувати і вдосконалювати їх. Імпульсивність, поривистість, незалежність думок і оцінок також вважаються ознаками творчої особистості.

Обдарована людина цінує гумор і сприятлива до смішного, має нахил до “гри”, почуття гумору узгоджується в ній з мисленням, легкістю асоціювання, безбоязністю “гри ідей”. Такі люди добре почуваються в складних, невизначених ситуаціях, не поспішають виносити останнє рішення. Вони відрізняються широтою інтересів, життєлюбством, працездатністю.

Перелік творчих якостей особистості включає деякі риси, які створюють незручності в спілкуванні, викликають незадоволення оточуючих. До них необхідно віднести сумніви в загальноприйнятих істинах, бунтарство, несприйняття традицій. Захоплення роботою і відокремленість, призводить до того, що взаємовідношення між людьми стають другорядними. Властиве творчій особистості намагання до само затвердження іноді приймає неправильні форми. Але все ж головною рисою творчої особистості є сміливість розуму і сила волі. Сміливість потрібна для сумнівів в загально прийнятому, щоб зруйнувати його для створення кращого, думати так як не думав ніхто, довіряти своїй інтуїції, коли немає ще точних логічних доказів. Потрібна сміливість уяви, щоб передбачити недосяжне, а потім

спробувати досягнути його, протиставити свою ідею твердженням більшості і, якщо потрібно, вступити в конфлікт з ними.

5. АСОЦІАТИВНІ МЕТОДИ АКТИВІЗАЦІЇ ТВОРЧОГО МИСЛЕННЯ

5.1. Асоціативні методи пошуку технічних рішень

Асоціативні методи активізації творчого мислення основані на застосуванні в творчому процесі семантичних (семантика - значення одиниць мови, слів) властивостей понять шляхом використання аналогії її вторинних змістових відтінків. Основними джерелами для генерування нових ідей служать асоціації, метафори та випадково вибрані поняття.

До асоціативних методів відносяться: *метод фокальних об'єктів, метод гірлянд випадковостей і метод каталога асоціацій* [1, 3, 6, 8, 32, 35, 38, 41, 43, 45, 49].

Поміж двох досить різних, не зв'язаних понять можливо здійснити логічний зв'язок, встановити асоціативний перехід за чотири – п'ять етапів [41]. Візьмемо два різних поняття - "деревина" і "м'яч". Здійснимо асоціативний перехід: "деревина - ліс", "ліс -- поле", "поле - футбольне", "футбольний – м'яч".

Встановлено, що число прямих асоціативних зв'язків любого поняття (слова) в середньому близько десяти. Один асоціативний крок дає можливість вибирати 10 слів, другий - 10^2 , третій - 10^3 , четвертий - 10^5 . Таким чином, кожний крок на порядок збільшує число зв'язків

даного поняття з другими поняттями за тими, чи іншими ознаками, що істотно розширює можливості вибору ідей рішення.

Винахідництво пов'язане з пошуком віддалених аналогів, переносом знань з однієї галузі в іншу, інтерпритацією нового шляхом відомих понять, тому в ньому важко обійтись без обхідних слів, переносного змісту, метафоричних виразів, які визивають нові асоціації. Останні розділяються за схожістю, контрастом, суміжністю та змістом. Асоціації за схожістю - це матеріал для евристичної аналогії; за контрастом - для евристичної інверсії; за суміжністю - для перетворень в просторі і часі; за змістом - для семантичної інтерпритації проблемної ситуації, встановлення причино-наслідкових зв'язків між технічним об'єктом, його елементами і т.д.

Метафори можуть бути підказкою для знаходження винахідницької ідеї. Але їх безпосереднє використання потребує ярко виражених здібностей до нешаблонного мислення. Для полегшення цього процесу беруть на озброєння прийом інтерпритації значення метафор в технічних термінах. Одночасно з метою розширення простору пошуку ідей і підвищення ступеню їх оригінальності використовують гірлянди метафор (асоціацій), тобто семантично взаємопов'язаним ланцюгом. Частіше всього застосовують два їх різновиди:

а) *концентровані гірлянди (китиці)*, які різним чином виражають одне й те ж ключове поняття;

б) *гірлянди послідовних метафор (асоціацій)*, при генеруванні яких, попередня метафора являється ключовим поняттям для утворення наступної.

Якщо на об'єкт, що удосконалюється, перенести ознаки других, випадково вибраних об'єктів, кількість неочікуваних варіантів рішення різко зростає. Ця ідея стала основою метода активізації творчості, який запропоновано в 1926 р. професором Берлінського університету Ф.Кунце (метод каталогу) і удосконаленого в 50-х роках американським винахідником Ч.Вайтінгом (метод фокальних об'єктів).

Метод фокальних об'єктів дає добрі результати при пошукові нових модифікацій відомих способів та пристроїв. Крім цього, його можливо використовувати для тренування уяви (вправ типу придумати фантастичну машину, рослину, корабель і т.д.).

Суть метода заключається в перенесенні ознак випадково вибраних об'єктів на предмет удосконалення, який лежить в фокусі переносу.

Застосовують метод фокальних об'єктів в наступній послідовності:

1. *Вибір фокального об'єкту* (наприклад, годинник).
2. *Вибір трьох - чотирьох випадкових об'єктів* (їх беруть навмання з словника, каталога, технічного журналу і т.д., наприклад: кіно, змія, каса, полюс).
3. *Співставлення списків ознак випадкових об'єктів* (наприклад, кіно: широкоекранне, звукове, кольорове, об'ємне і т.д.)
4. *Генерування ідей шляхом приєднання до фокального об'єкту ознак випадкових об'єктів* (наприклад: широкоекранний годинник, звуковий годинник, об'ємний годинник і т.д.)
5. *Розвиток одержаних словосполук шляхом вільних асоціацій* (наприклад, широкоекранний годинник: замість вузького циферблата

взято широкий; можливо й вузький циферблат, який іноді розтягується в широкий, проектується кудись... і т.д).

6. *Оцінка одержаних ідей і відбір корисних рішень* (доцільно доручити оцінку експерту або групі експертів, а потім разом відібрати потрібні рішення).

Подальшим розвитком метода фокальних об'єктів є метод гірлянд випадковостей та асоціацій, розроблений радянським винахідником Г.Я.Бушем [9]. Цей метод допомагає знайти велику кількість підказок для нових ідей шляхом утворення асоціацій.

5.2 Метод контрольних питань

Метод контрольних питань застосовується для психологічної активізації творчого процесу. Мета його - за допомогою навідних питань підвести до рішення задачі. Списки таких питань пропонувались різними авторами з 20-х років минулого століття.

Метод можливо застосовувати або в формі монологу винахідника, який звертається сам до себе, або діалога, наприклад, в вигляді питань, які задає керівник мозкового штурму членам групи генераторів ідей. Суть метода заключається в тому, що винахідник відповідає на запитання, які вміщує список, і в зв'язку з ними, розглядає свою задачу. Широко розповсюджені універсальні питання (комплекти), складені А.Осборном, Є.Раудзенпом, Т.Ейлоартом, Д.Пірсоном та іншими. Вони складаються з різної кількості питань. Зарубіжні вчені частіше всього використовують питання розроблені А.Осборном, які розбиті на 9 груп питань.

Перелік контрольних питань за А.Осборном:

1. Яке нове застосування технічному об'єкту Ви можете запропонувати? Чи можливі нові способи застосування? Як модифікувати відомі способи застосування?

2. Чи можливе рішення винахідницької задачі шляхом пристосування, спрощення, скорочення? Що нагадує Вам даний технічний об'єкт? Чи визиває аналогія нову ідею? Чи були в минулому аналогічні проблемні ситуації, які можливо використати? Що можливо скопіювати? Який технічний об'єкт можливо упередити?

3. Які модифікації технічного об'єкта можливі? Чи можлива модифікація шляхом обертання, згину, кручення, повороту? Чи можливі зміни призначення (функціювання) кольору, руху, форми? Інші можливі зміни?

4. Що можливо збільшити в технічному об'єкті? Що можливо приєднати? Чи можливо збільшення терміну служіння? Збільшення частоти, розмірів, міцності? Покращити якість? Приєднати новий агрегат? Дублювання? Чи можлива мультиплікація робочих елементів або всього об'єкта? Чи можливо перебільшення, гіперболізація елементів або всього об'єкту?

5. Що можливо в технічному об'єкті зменшити? Що можливо замінити? Чи можливо що небудь ущільнити, стиснути, сгустити, конденсувати, застосувати спосіб мініатюризації, скоротити, звузити, відділити, роздробити?

6. Що можливо в технічному об'єкті замінити? Другий інградієнт? Другий матеріал? Другий процес? Друге джерело енергії? Друге розміщення? Другий колір, звук, освітлення?

7. Що можливо спростити в технічному об'єкті? Які компоненти можливо взаємно замінити? Змінити модель? Змінити розбивку,

розмітку, планування? Змінити послідовність операцій?

Транспортувати причину і ефект? Змінити швидкість або темп?

Змінити режим?

8. Що можливо в технічному об'єкті перевернути навпаки?

Транспортувати позитивне і негативне? Чи можливо замінити місцями

протилежно розміщені елементи? Повернути їх задом наперед?

Перевернути низом вверх? Замінити місцями?

9. Які нові комбінації елементів технічного об'єкта можливі? Чи

можливо створити суміш, сплав, новий асортимент, гарнітур?

Комбінувати секції, вузли, блоки, агрегати? Комбінувати ланцюги?

Комбінувати ідеї?

Одним з кращих можливо вважати список питань, складених англійським винахідником Т.Ейлоартом. Посуті, він дав програму роботи талановитого винахідника, який з фантастичною наполегливістю пробує вирішити задачу методом проб і помилок. Деякі питання потребують розвинутої уяви, інші - глибоких та різносторонніх знань.

Існує також список питань Д.Пойа, який відрізняється тим, що питання тут складають визначену систему (в других списках їх можливо замінити місцями). Список Д.Пойа створювався переважно для вирішення навчальних математичних задач, але його можливо використовувати і при рішенні технічних.

Найбільш широкий і універсальний список питань радянського винахідника і дослідника в галузі технічної творчості Г.Я. Буша [7], який ще називається списком експериментального мислення винахідника.

5.3 Метод мозкового штурма

“Мозковий штурм” (“брейнстормінг”, “мозкова атака”, “осада мозку”) — один з найбільш популярних методів психологічної активізації колективної творчої діяльності, розроблений американським підприємцем і винахідником А.Осборном в 1953 році. Він застосовувався для одержання нових ідей в науці, техніці, адміністративній і торговій діяльності.

Для звільнення від психологічних перепон, які визиває критика, А.Осборн запропонував розділити за часом процеси генерування ідей і їх критичної оцінки. В процесі приймають участь різні люди. Ці думки явились основою його метода, який пізніше отримав назву “мозковий штурм” [7].

Основні правила метода мозкового штурма:

1. *Задачу послідовно вирішують 2 групи людей по 4 -15 чоловік в кожній* (оптимальний склад 6 -12 чоловік).

Перша група тільки подає різні ідеї - це група “генераторів ідей”. В ній бажано мати людей, які схильні до айсбергування, з бурхливою фантазією. Задача “штурмується” напротязі 20-30 хвилин. Друга група - ”експерти” - по закінченню штурма виносить судження про цінність ідей. В її складі краще працюють люди з аналітичним, критичним складом розуму.

Умови задачі перед її штурмом формулюються тільки в загальних поняттях.

2. *Основна задача групи “генераторів” — видати за відведений час найбільше ідей* (в тому числі фантастичних, явно помилкових, сміхотворних). Чим нереальніше ідеї, тим сильніша їх дія

на наступні процеси їх генерації. Погані ідеї — це каталізатори, без них не буває хороших. При кінцевому розгляді, який відбувається пізніше, багато пропозицій стануть недоцільними. Але сам процес повинен визвати бурхливий потік ідей, які повинні безперестанно доповнювати і збагачувати одна одну. Колективний розум допомагає генерувати послідовність пропонувальних. Регламент на кожну ідею — не більше двох хвилин. Всі вони виказуються без обґрунтування і записуються в протокол або фіксуються на магнітній стрічці.

3. *Підчас генерації ідей заборонена всяка критика*, не тільки словесна, але і закрита — у вигляді скептичних посмішок, міміки, жестів і т.д. В ході штурма між учасниками повинні встановлюватися вільні та добрі відношення. Потрібно, щоб ідея, яка висувається одним учасником штурма, підхвачувалась і розвивалась іншим. Рекомендовано запрошувати на штурм людей різних спеціальностей і різного рівня освіти.

Небажано включати в одну групу людей, наявність яких в якійсь мірі обмежить інших, наприклад: керівників і підлеглих.

4. *Експертизу і відбір ідей після закінчення процесу генерування потрібно проводити дуже уважно*. При їх оціненні потрібно продумувати всі ідеї, і ті, які вважаються нереальними або абсурдними.

5. *Процесом рішення задачі керує керівник “штурма”*, який забезпечує дотримання всіх умов та правил. Керівник повинен виконувати свої обов'язки без наказів та критики, направляти роботу в потрібне русло. Він задає різні питання, іноді щось підказує або уточнює, не допускаючи при цьому перерв в бесідах. Крім цього, йому потрібно слідкувати за тим, щоб висказані ідеї не проходили тільки в

раціональному напрямку. В протилежному випадку керівник повинен сам видавати завідомо фантастичну ідею або об`явити “п`ять хвилин” для виказування тільки непрактичних ідей.

6. Якщо задача не вирішена в ході штурма, можливо повторити процес рішення (але краще це зробити з іншим колективом). Коли ж повторна сесія проводиться з тим же колективом, проблему потрібно обговорити в іншому аспекті або більш широкому формулюванні, щоб зробити стару задачу новою. Учасники штурма сприймають її як зовсім нову і це сприяє руху думок в іншому руслі.

В 50-роках минулого століття метод мозкового штурма швидко розповсюдився, став майже головним прийомом творчого мислення в різних галузях науки та техніки. Доцільність застосування метода підтверджувалась результатами його практичного втілення.

Віце-президент однієї американської фірми Р.Андерсон виступив з доповіддю, в якій відмітив, що в результаті застосування методу можливо отримати 50 ідей за 15 хвилин. Фірма вислала своїм підрозділам телеграми з умовами задачі і через три дні отримала 831 ідею, 177 з яких практично використані.

Фірма “Дженерал Електрик” на сесії мозкової атаки, організованої для вирішення задачі оптимального сполучення двох електроприводів, на протязі 30 хвилин отримала 175 ідей.

З`явився ряд різновидностей метода мозкового штурма: індивідуальний і зворотній, парний і масовий, двохступеневий, з оцінкою ідей, “конференція ідей”, з допоміжним збором пропонувальних і т.д.

Індивідуальний мозковий штурм проводить одна людина, послідовно генеруючи ідеї, а потім оцінюючи їх.

В зворотньому мозковому штурмі основне значення надають критиці. Задачу підбирають не загального характера, а більш конкретну. Особливість метода і його ефективність заключається в розкритті протиріч, дефектів, недоліків і обмежень технічного об'єкту або виказаної ідеї, які потрібно вдосконалювати. Зворотній мозковий штурм доцільно застосовувати для виявлення і постановки нових винахідницьких задач, формулювання мети винаходів.

Масова мозкова атака (запропонована Дж.Філіпсом) призначена для збільшення ефективності генерування ідей в великій аудиторії. Всіх учасників ділять на оперативні групи по 5-7 чоловік. Керівника груп за 2-3 дня попереджають про майбутню сесію, ознайомлюють з порядком її проведення та метою, яку потрібно вирішити. Сесія розпочинається з прямих колективних мозкових атак в оперативних групах. Задача формується як особиста. Оптимальний час роботи оперативних груп 15 хвилин. Після цього керівники груп на протязі 5-7 хвилин оцінюють отримані ідеї і вибирають з них по 3-4 для оповіщення масової аудиторії.

Мозковий штурм з оцінкою ідей, розроблений в підрозділах фірми "Дженерал Електрик", призначений для рішення складних конструкторських задач, коли бажано використати знання та досвід творчого колектива. Рішення здійснюється шляхом послідовного виконання основних кроків: постановкою задачі, прямого "мозкового штурма", кінцевої оцінки ідей, узагальненої доповіді, збору і узагальнення коментарів по доповіді.

Питання про авторство і пріоритет рішень, які знайдено в результаті мозкового штурму, досить складне тому, що на сесії присутні іноді 40, 100 і навіть 200 чоловік. Одні ідеї розвивають інші і

являються їх основою. Крім цього, кожна ідея, виказана в даний момент одним з учасників сесії, може подумки належати його колезі, який жде слова.

В зв'язку з цим рекомендується проводити мозковий штурм малими колективами по 5-6 чоловік, а питання авторства вирішувати двома шляхами: признавати всіх учасників авторами на однакових правах, або встановлювати авторство за особами, що зробили заключний крок в формуванні нової ідеї і рішення [43].

Синектика — найбільш сильна з створених закордоном методик психологічної активізації творчості. Являється подальшим розвитком і удосконаленням мозкового штурма. Вона запропонована американським винахідником і дослідником методології творчості Дж.Гордоном. Роботи в цьому напрямку він розпочав у 1944 р, аналізуючи діяльність однієї винахідницької групи, яка відрізнялась високою продуктивністю, а потім (в 1952-1959 рр.) запропонував свою методику [3, 8, 9].

В 1960 р. Дж.Гордон організував фірму “Синектикс інкорпорейтед”, яка брала на навчання групи спеціалістів з різних фірм і посилала до них своїх співробітників для участі в рішенні технічних, організаційних та інших проблем. З 1965 року президентом фірми став М.Пріне, який вніс значні удосконалення в методику.

Слово “синектика” в перекладі з грецького означає “сумістництво різnorodних елементів”. В повному словнику англійської мови надається таке визначення: “Синектичні групи - групи людей різних спеціальностей, які зустрічаються з метою спроби творчого вирішення проблем шляхом необмежених тренувань уяви і об'єднання несумісних елементів”.

При використанні синектики формують постійні групи (оптимальний склад 5 -7 чоловік) людей різних спеціальностей, яких навчають винахідницьким прийомам. Бажано, щоб кожний з них мав декілька різних професій.

Теоретичною основою синектики стали твердження, що творчий процес пізнається і можливо його раціоналізувати. Творчі процеси окремої особистості і колектива аналогічні і раціональний момент в творчості важливіший іраціонального; в латентному (закритому) стані знаходиться дуже багато творчих здібностей, які можливо виявити та стимулювати.

Організація проведення сесії синекторів (синектичного засідання) взаємствує з мозкового штурму, але відрізняється від нього використанням деяких прийомів психологічної настройки, в тому числі дуже активним застосуванням аналогій [8, 9].

Структура сучасного синектичного процесу:

- 1. Формулюють проблему в загальному виді.*
- 2. Починають аналіз проблеми.*
- 3. Проводять генерування ідей рішення проблеми в тому формулюванні, на якому зупинили вибір.*
- 4. Проводять перенос (або переміщення) виявлених в процесі генерації нових ідей і виявляють їх можливості.*
- 5. Заключна частина синектичного засідання — розвиток і максимальна конкретизація ідеї, яка признана найбільш вдалою, -- ведеться на спеціальній технічній мові.*

Синектичні засідання, які продовжуються звичайно декілька годин, займають лиш незначну частину загального часу вирішення поставленої задачі. Інший час синектори присв`ячують інженерному

аналізу, вивчають і обговорюють отримані результати, консультуються з спеціалістами, експериментують, а коли рішення визріло, займаються пошуками найкращих способів його реалізації. Велика увага надається обов'язковому відео-магнітофонному запису засідань.

Вивчення їх являється потужним знаряддям тренування, а також допомагає встановленню пріоритету і не дає можливості пропустити яку-небудь цінну ідею в обстановці загального збудження.

5.4 Морфологічний аналіз

Морфологічний аналіз розроблено в 1942 р. швейцарським астрономом Ф.Цвіккі, який в цей період приймав участь в ранніх стадіях ракетних досліджень та розробок в американській фірмі "Аероджет інжинірінг корпорейшн". За допомогою метода морфологічного ящика [43, 45], який найбільше розроблений з усіх методів морфологічного аналізу, створених Ф.Цвіккі, вченому вдалось за короткий час отримати значну кількість оригінальних технічних рішень в ракетобудуванні. Багато запропонованих рішень в наступному були реалізовані.

В подальшому Ф.Цвіккі створив ще декілька методів: систематичного покриття поля пошуку; заперечень і конструювання експериментальних ситуацій; співставлення з дефектним і метод узагальнення.

Але всі ці методи можливо розглядати як доповнення до морфологічного ящика, найбільш універсального і перспективного метода, який базується на морфологічному підході [45].

Сам морфологічний аналіз визначив еру системних досліджень і став першим яскравим прикладом системного підходу в галузі винахідництва. На думку Ф.Цвіккі, предметом методу морфологічного ящика являється проблема взагалі (технічна, наукова, соціальна і т.д.). Він допускає, що точне формулювання проблеми автоматично розкриває найбільш важливі параметри, від яких залежить її рішення, і кожний такий параметр можливо розбити на ряд значень [8, 32]. Причому, люба сполука значень параметра вважається принципово можливою. Основний принцип такого аналізу, зокрема метода морфологічного ящика, складається в систематичному дослідженні всіх допустимих варіантів, які витікають з закономірностей побудови системи вдосконалення.

Морфологічний метод дослідження застосовувався до цілого ряду систем. За твердженням Ф.Цвіккі, більше 90 крупних промислових фірм використовують його при вирішенні різних науково-технічних задач. В результаті застосування свого методу Ф.Цвіккі створив серію оригінальних винаходів, в тому числі балістичні пристрої, оригінальні силові установки, вибухові речовини, спосіб комбінованої фотографії і т.д.

Суть аналізу заключається в наступному. В технічній системі, що удосконалюється, виділяють декілька характерних для неї структурних або функціональних морфологічних ознак. Кожна ознака характеризує, наприклад, якийсь конструктивний вузол системи, якусь функцію, якийсь режим роботи системи, тобто параметри або характеристики системи, від яких залежить рішення проблеми та досягнення основної мети.

По кожному виділеному морфологічному признаку складається список його різних конкретних варіантів, альтернатив, технічних виразів. Ознаки з їх альтернативами можливо розмістити в формі таблиці, яка називається морфологічним ящиком. Це дозволяє краще представити собі пошукове поле. Перебираючи можливі сполуки альтернативних варіантів виділених признаков, можливо виявити нові варіанти рішення задачі, які при простому переборі випадають.

Метод передбачає виконання робіт в п'ять етапів;

1. *Точне формулювання задачі (проблеми), яку потрібно вирішити.*

2. *Складання списку всіх морфологічних признаков, тобто всіх важливих характеристик об'єкта, його параметрів, від яких залежить вирішення проблеми і досягнення основної мети.*

3. *Розкриття можливих варіантів по кожному морфологічному признаку (характеристиці) шляхом складання матриці.*

4. *Визначення функціональної цінності всіх отриманих варіантів рішень.*

5. *Вибір найбільш раціональних конкретних рішень.*

5.5 Інші методи пошуку технічних рішень та активізації творчості.

Існують і інші методи, які мають ряд раціональних сторін. З них можливо виділити групу, яка базується на комбінованому підході і з цим признаком подібна до морфологічного аналізу. В неї входять

методи організуючих понять, “матриць відкриттів” та десятичних матриць пошуку [43].

Метод організуючих понять, розроблений Ф.Ханzenом (Німеччина) в 1953 р, найбільше близький за своєю суттю до морфологічного ящика і передбачає проведення роботи з вирішення конструкторської задачі в декілька етапів [43, 54].

1. Встановлення організуючих понять та визначення ознак, що відрізняються (під першим розуміють конструктивні морфологічні ознаки технічної системи).

2. Класифікація організуючих понять за ступенем їх важливості.

3. Проведення наглядних співставлень організуючих понять з ознаками, що відрізняються і розробка на цій основі керівного матеріалу для всіх можливих рішень, які відповідають вибраним обмеженням.

4. Оцінка ознак в відношенні їх відповідності спеціальним вимогам задачі.

5. Комбінація ознак різних організуючих понять в рішення.

Метод застосовується для розробки нових технічних рішення та модернізації старих. До особливостей і відзнак метода організуючих понять від морфологічного ящика відноситься складання за особливою формою керівних матеріалів для визначеного класу задач, графічне представлення організуючих понять та їх ознак, а також класифікація ознак за значенням, яка направлена на раціональне скорочення варіантів рішення.

Метод “матриць відкриттів”, запропонований А.Модем (Франція) в 1955 р, також схожий на морфологічний аналіз. Спроцено,

суть метода заключається в побудові таблиці, в якій пересікаються два ряди характеристик. Якщо в морфологічному аналізі всі вибрані характеристики відносяться до побудови технічного об'єкту, в цьому методі частина з них стосується лиш, наприклад, умов споживання, виробництва, експлуатації і т.д. Сам метод не дає закінчених рішень, але створює можливість для асоціацій, постановки нових проблем, які іншим методом не були помічені.

Існує багато варіантів матриць, в тому числі кількостні, які більше підходять до матричних методів математики, і якісні, які дають передумови для асоціацій. Прямокутні матриці передбачають пересічення двох різних рядів характеристик, а квадратні -- пересічення ряда самим з собою.

Частіше всього цей метод служить для систематизації матеріала і дає відправні пункти для подальших досліджень, виявляє резерви, "вузькі місця" і т.д.

Метод десятичних матриць пошуку, розроблений Р.П.Повілейко (м.Новосибірськ, СРСР) в 1972 р, включає пошук нових технічних рішень на основі аналізу результатів систематичного застосування десяти евристичних прийомів до кожного з десяти основних показників технічної системи.

В якості основних виділені наступні групи показників технічної системи.

1. *Геометричні (довжина, ширина, висота, площа і т.д.)*
2. *Фізико-механічні (вага, міцність, корозійна стійкість, еластичність і т.д.).*
3. *Енергетичні (вид енергії, к.к.д. та інш.).*

4. *Конструкційно-технологічні (технологічність, транспортельність, складність та інші).*

5. *Надійність та довговічність.*

6. *Експлуатаційні (продуктивність, точність, стабільність параметрів та інші).*

7. *Економічні (собівартість, виробничі витрати на виробництво та експлуатацію, втрати та інші).*

8. *Ступінь стандартизації та уніфікації.*

9. *Зручність обслуговування та безпека (вібрації, освітленість, температура та інші).*

10. *Художньо-конструкторські (гармонічність, масштабність та інші).*

Для перетворення основних показників використовують наступні групи евристичних прийомів:

Неологія — перенесення в дану галузь техніки нових для неї значень основних показників технічних об'єктів.

Адаптація — пристосування відомих процесів, конструкцій, форм, матеріалів та властивостей до даних конкретних умов.

Мультиплікація — примноження, збільшення основних показників (наприклад, мультиплікація конструкторсько-технологічних показників пов'язана з збільшенням числа робочих органів, робочих позицій, кількості деталей, що одночасно обробляються).

Диференціація — пов'язана з диференціацією показників (дроблення, розділення, очищення і т.д.).

Інтеграція — пов'язана з інтеграцією показників (складання, сполучення, з'єднання, змішування, зближення і т.д.).

Інверсія — зміна порядку на протилежний, обертання, вивертання і т.д.

Імпульсація — пов'язана з імпульсними змінами показників технічних пристроїв.

Динамізація — пов'язана з динамізацією, зміною в часі ваги, температури, розмірів, кольору та других показників технічних об'єктів.

Аналогія — пошук та використання подібності, схожість в яких небудь відношеннях показників даного технічного об'єкта та відомих об'єктів.

Ідеалізація — приближення показників технічного об'єкта до ідеалу.

Ця класифікація дозволяє побудувати десятичну матрицю пошуку. Кожна чарунка якої, відповідає визначеній зміні якогось з основних параметрів об'єкта і готових технічних рішень ще немає, але дає можливість виникнення асоціацій, активізує пошук ідеї рішення.

Функціонально-вартісний аналіз (ФВА) являється методикою раціоналізації, тобто удосконалення конструкцій та пристроїв з метою зниження їх вартості та затрат, переважно без зміни основних принципів, які лежать в їх основі. ФВА базується на тому, що деталь машини удосконалити легше, чим машину. Застосування його дозволяє знизити вартість виробу на 5-20%. ФВА передбачає переважно постійні (діючі тривалий час) дослідницькі групи чисельністю 3-6 чоловік. В їх число обов'язково входять конструктори, технологи та економісти. Роботи з використанням методики ведуться згідно робочого плану приблизно в такій послідовності:

1. Підготовчий етап:

— популяризація методу, навчання спеціалістів основам ФВА;

- вибір об'єкту досліджень та визначення мети аналізу;
- підготовка переліку інформаційних матеріалів про об'єкт, що аналізується та завдань з їх отримання;
- вибір і затвердження складу дослідницької групи;
- складання, обговорення та затвердження плану проведення аналізу конкретного об'єкту.

2. Інформаційний етап:

- збирання оптимальної кількості інформації для визначення суті та структури об'єкту досліджень та його аналогів;
- систематизація інформації і її вивчення для опису об'єкту, уявлення його фактичного стану;
- виявлення та формулювання функцій;
- побудова схеми взаємозв'язку складових частин об'єкту досліджень;
- визначення витрат на створення та функціонування об'єкту та його складових частин;
- виявлення зон найбільшого зосередження витрат у об'єкті дослідження.

3. Аналітичний етап:

- аналіз та уточнення функцій, визначення основних, допоміжних, виявлення непотрібних функцій в об'єкті дослідження і його складових частинах;
- розмежування і аналіз витрат, пов'язаних з здійсненням функцій;
- порівняння функцій складових частин і витрат на їх здійснення з аналогами;

— порівняння функцій і витрат аналогічних (подібних) систем та рішень, проведення при необхідності міжзаводських аналізів;

— уточнення пошуків резервів економії в об'єкті аналізу за функціональними зонами;

— формування задач для пошуку нових ідей та варіантів оптимальних рішень.

4. Творчий етап:

— уточнення напрямку та задач пошуку нових рішень і вибір методів колективної творчості для реалізації цих задач;

— визначення тематики, планування проведення творчих нарад;

— організація та проведення нарад з висунування ідей;

— обробка та систематизація результатів творчих нарад для їх наступної оцінки;

— підготовка матеріалів для оцінки отриманих результатів функціональними службами.

5. Дослідницький етап:

— систематизація запропонованих варіантів нових рішень;

— виключення явно неможливих до виконання пропонувальних та експертиза інших пропонувальних;

— дослідження та при необхідності експериментальна перевірка різних можливостей виконання функцій в запропонованих варіантах;

— оцінка здійснення інших пропонувальних з точки зору матеріально-технічного, фінансового, виробничого забезпечення;

— визначення витрат та економічності виконання функцій для різних варіантів рішень;

— ранжування варіантів та вибір оптимального.

6. Етап рекомендацій:

— оформлення рекомендацій з реалізації пропонувань остаточно вибраних варіатів рішень з уточненням розрахунків ефективності;

— узгодження рекомендацій з зацікавленими службами і представлення рекомендацій для обговорення керівництву (комітету ФВА);

— обговорення представлених рекомендацій і прийняття рішення;

— складання проекту та затвердження плану графіка впровадження рекомендацій.

7. Етап впровадження:

— узгодження плану графіка впровадження рекомендацій ФВА з іншими розділами плану підвищення ефективності виробництва;

— організація роботи з реалізації рекомендацій;

— контроль за виконанням плану графіка;

— впровадження отриманих результатів у виробництві;

— оформлення звіту про виконану роботу.

6. ВИНАХІДНИЦТВО І РАЦІОНАЛІЗАЦІЯ

6.1 Загальні положення про винахідництво і раціоналізаторські пропозиції

Державою охороняються права авторів на відкриття, винаходи і раціоналізаторські пропозиції.

Відкриттям *признається встановлення невідомих раніше об'єктивно діючих закономірностей, властивостей і явищ матеріального світу, які вносять корінні зміни в рівень свідомості.* Однак не всі відкриття реєструються. На відкриття в області географії, археології, палеонтології, родовищ корисних копалин, суспільних наук відповідні дипломи не видаються. Авторів цих відкриттів держава заохочує іншими шляхами. Згідно визначення, виявлені нові закономірності, властивості, явища матеріального світу повинні об'єктивно існувати. Це значить, що вони завжди повинні бути підтвержені експериментально і відтворені. Більшість відкриттів зроблені в ході проведення експериментальних досліджень. Відкриття, які вносять корінні зміни в нашу уяву, мають визначний вплив на хід науково-технічного прогресу. Достатньо пригадати відкриття Архімедом, Галлілеєм, Ньютоном законів механіки, Герцом - електромагнітних хвиль, подружжям Кюрі - радіоактивного випромінювання, що явилися основою багатьох фундаментальних винаходів.

Винаходом *признається нове технічне рішення задачі влюбій галузі народного господарства, соціально-культурного будівництва або оборони країни, яке має істотні відмінності і дає позитивний ефект.* Об'єктами винаходу являються нові речовини, способи, пристрої, нові штамми мікроорганізмів, а також застосування відомих раніше пристроїв, методів, речовин за новим призначенням. Водночас не всі технічні рішення реєструються. Не признаються винаходами методи та системи організації і керування господарством (планування, фінансування та ін.) [1, 2, 6, 7, 9, 11, 28, 29, 37].

Рішення признається новим, якщо до дати пріоритету заявки сутність цього або тотожного рішення не була розкрита для визначеного кола осіб настільки, що стало можливим його здійснення. З погляду новизни розрізняють такі види винаходів. *Піонерськими* признаються винаходи, що не мають аналогу. До таких винаходів відносять, наприклад, винахід радіо Поповим, спосіб безперервного розливання сталі, електроіскровий спосіб обробки металів і інше. Використання таких винаходів дає найбільший ефект. Нажаль, у загальній масі винаходів їх мало (близько 1%). Основна маса винаходів - це технічні рішення з частковою новизною, тобто які мають аналог і удосконалюють його. Винаходом признається і застосування відомих технічних рішень з новою метою, з нетрадиційним для спеціалістів призначенням, наприклад, використання авіаційних реактивних двигунів для сушіння матеріалів або розчищення аеродромів і доріг від снігу і льоду.

До чинників, що мають можливість заперечувати новизну винаходу, відносять усі джерела інформації, які розкривають сутність винаходу необмеженому колу осіб. Такі джерела співставляються заявленому винаходові в наступному порядку:

- патенти співставляються заявленому винаходові з встановленою в них датою пріоритету;

- іноземні патенти і опубліковані заявки співставляються з дня опублікування про їхню видачу офіційним органом або з дати викладення чи публікації опису до заявки;

- вітчизняні й іноземні видання (монографії, підручники, брошури, періодичні видання, збірники, каталоги, проспекти і т.п.) незалежно від мови, тиражу і засобів видання співставляються з дня

підписання видання до преси. Якщо у виданні зазначені тільки місяць або рік видання, то датою випуску вважають останній день місяця або 31 грудня зазначеного року;

- дисертації і автореферати можуть бути співставлені заявці з дня надходження у бібліотеку або з дня видачі їх для ознайомлення;

- депоновані рукописи співставляються з дня реєстрації у відповідних центрах інформації;

- інформацію про відкрите застосування винаходів в нашій країні або за її межами співставляють з актом, звітом про впровадження або рівнозначним документом, що підтверджує використання винаходу в промислових цілях. Не вважається застосуванням перевірка або випробування зразків, дослідних партій, підготовка виробництва і т.д.;

- експонати, розміщені на виставках, виключають новизну винаходу з дня відкритого показу в павільйонах або відділах виставки;

- інші відомості про винаходи, тобто привселюдні повідомлення, неопубліковані звіти про науково-дослідні роботи, проектна документація, технологічні карти і схеми, передані з метою інформації або використання в загальнодоступну бібліотеку або в іншу організацію, прийняті на конкурс роботи, привселюдні усні доповіді, лекції, виступи, повідомлення по радіо, телебаченню, у кіно, якщо вони зафіксовані апаратом звукового запису, на фото-чи кіноплівку; інформаційні, візуального сприймання (плакати, креслення, моделі, макети і т.п.), демонстрації дослідних зразків у виробничих умовах, відкриті випробування дослідних зразків або нових способів. Ці джерела інформації співставляються з дня, коли вони стали доступні для ознайомлення широкому колу людей.

Винаходом признається технічне рішення, яке має істотні відмінності і якщо в порівнянні з рішеннями відомими в науці і техніці на дату пріоритету заявки, воно характеризується новою сукупністю ознак. Ознакою об'єкту винаходу називають усяку внесену в формулу винаходу вказівку на використання елемента, вузла, деталі, операції або прийому, інгредієнта або компонента речовини; на особливу форму, взаємне розташування зв'язків, співвідношення розмірів елементів, які-небудь вказівки на режими здійснення процесів. Критерій при визначенні істотності відмінностей, ознак - майбутній позитивний економічний ефект від використання винаходу. Позитивний ефект - це новий, більш високий результат, одержаний суспільством від використанні винаходу в порівнянні з тим, що воно одержує від застосування об'єкта-прототипу. Ефект можливо виражати в підвищенні продуктивності праці, зниженні витрат на одиницю продукції, економії матеріалів, підвищенні ККД, поліпшенні якості продукції, умов праці і підвищенні техніки безпеки, попередженні захворювань і боротьби з ними і т.п. Винаходами признаються і такі технічні рішення, реалізація яких у даний час неможлива, але доцільність і можливість їх використання в майбутньому сумнівів не викликає.

Найбільше масовий вид технічної творчості - раціоналізаторські пропозиції. **Раціоналізаторською пропозицією признається технічне рішення, що є новим і корисним для підприємства, організації або установи, яким воно подано, і передбачає зміну конструкції виробів, технології виробництва, техніки або зміну складу матеріалу.** Це положення не поширюється на пропозиції інженерно-технічних робітників науково-дослідних, проектних,

конструкторських, технологічних організацій і аналогічних підрозділів підприємств, що розробляють конкретні проекти, конструкції і технологічні процеси. Пропозиції, використання яких призводить до зниження надійності, довговічності та інших показників якості продукції, раціоналізаторськими не признаються. Не признаються раціоналізаторськими і пропозиції з поліпшення організації робіт, керування господарством.

На відміну від винаходу раціоналізаторська пропозиція повинна мати новизну за місцем її подачі. У даному випадку новизну пропозиції визначають такі чинники:

- аналогічна пропозиція в даній організації раніше не використовувалася і не надходила, за винятком використання пропозиції автором, але не більш трьох місяців до подачі заяви;
- пропозиція не була передбачена наказами, розпорядженнями адміністрації і не розроблялася технічними службами підприємства;
- не була рекомендована вищою організацією або опублікована в інформаційних виданнях у даній галузі, а також не була передбачена обов'язковими для даної організації нормативами, стандартами, нормами і технічними умовами.

Корисність пропозиції визначається можливістю одержання при її використанні економічного, технічного або іншого позитивного ефекту.

6.2 Особливості сучасної міжнародної патентної системи

Перші патентні закони з'явилися наприкінці ХУІІІ - початку ХІХ століття одночасно з появою високорозвинутих держав. У США перший патентний закон був прийнятий у 1789 р., у Франції - 1790 р.

Патент дає його власнику виключне право на виробництво і реалізацію товарів відповідно до патенту в межах держави, що його видала. Патентні закони прогресивні, оскільки закріплюють за винахідником право на продукт його творчості. Винахідницька система виникла в тих країнах, які раніше інших ввели патентні закони (США, Франція, Англія, Німеччина та інші), і передбачає видачу патенту дійсному автору винаходу. У США, наприклад, винахідник повинен підписати клятву, що саме він справжній автор винаходу. Система заявок виникла в країнах, що пізніше прийняли патентні закони (Бельгія, Греція, Люксембург та інші), і найбільш повно захищає інтереси особистого капіталу. Вона передбачає видачу патенту особі, яка подала заявку незалежно від участі в створенні винаходу. Зараз обидві системи трансформовані таким чином, що підписання авторами заявок зводиться до формального акту з передачею всіх прав власнику підприємства. Без цієї умови власники підприємств просто не приймають інженерно-технічних робітників на роботу. Характерною рисою патентного законодавства розвинених країн є розширення прав держави на обмеження патентів, а в ряді випадків і перехід виключних прав власника патенту на користь держави. Так, всі патентні закони, видані в цих країнах у повоєнний час, передбачають у різноманітних формах передачу державі патентних прав на винаходи в області військових озброєнь, досліджень космічного простору, атомної енергії.

Взагалі патенти видаються на винаходи, що використовуються в промисловості. В США, наприклад, патент можливо отримати кожному, хто винайде або відкриє новий і корисний спосіб виготовлення продукції, машин, виробів або комбінації речовин, чи поліпшить їх. Існують різні підходи до винаходів хімічних речовин,

лікувальних препаратів, харчових продуктів, засобів їх отримання. В деяких країнах хімічні речовини взагалі не патентуються (Німеччина, Японія, Швейцарія, Швеція), в інших країнах на них можливо отримати патент (Франція, США, Канада). Є країни, в яких не можливо взяти патент на хімічні речовини, але можливо одержати його на способи виробництва цих речовин (Австрія, Канада, Норвегія), тобто здійснити непрямий захист запропонованих речовин.

Однією з найбільш важливих вимог, що пред'являються до винахідника, є наявність новизни технічного вирішення задачі. В багатьох країнах вимагається світова новизна вирішення задачі (США, Франція, Італія, Японія, Німеччина та інші).

Питання новизни винаходу нерозривно пов'язане з способом її перевірки. У цьому плані розрізняють країни з *явочною* і *перевірочною* системами. При явочній системі патентна служба (Франція, Бельгія, Греція, Туреччина) лише контролює формальну сторону оформлення заявок. Функції контролю новизни винаходу перекладаються на заявника, і в цьому відношенні патентна служба ніякої відповідальності не несе. При такій системі будь-якій зацікавленій особі можливо пред'явити позов про визнання винаходу недійсним внаслідок відсутності новизни. Природньо, що термін розгляду заявок в країнах з явочною системою порівняно невеликий (два-три місяці). При перевірочній системі (США, Англія, Німеччина, Данія та інші) патентна служба здійснює контроль ознак новизни винаходу. Термін розгляду заявок у таких країнах збільшується до двох років. У деяких країнах введена практика видачі попередніх патентів.

Іншою важливою ознакою винахідництва є його корисність. У розвинених країнах корисність винаходу розглядається головним

чином як джерело отримання прибутку. Патенти мають обмеження як за термінами, так і за територією використання. Термін дії патентів у більшості випадків становить 15-20 років: в Австрії - 15, Англії - 16, Індія - 16, США - 17, Фінляндія - 17, Німеччині - 18, Японія - 16, АРЕ -20 років.

В деяких країнах передбачається можливість продовження терміну дії на підставі недостатнього отримання економічної вигоди. Можливий термін дії патенту становить 5-10 років. До продовження терміну дії патенту особливо часто звертались після другої світової війни, оскільки були порушені економічні зв'язки і це не дозволило отримати від реалізації винаходу достатньої вигоди. Проте далеко не всі патенти знаходяться в силі до кінця терміна дії. Пояснюється це необхідністю сплати мита. Закони розвинених країн передбачають стягування зборів з поданих заявок і мита з виданих патентів. Подача заявок і видача патентів оподатковується гербовим або штемпельним збором (за подачу заявок, видання опису винаходу, подачу апеляції); необхідна також оплата послуг патентознавців. В США і країнах Латинської Америки за видані патенти інші податки не стягаються. В других країнах підтримка патенту в силі обумовлюється необхідністю сплати мита напротязі терміну дії патенту, частіше всього розмір мита безупинно збільшується. В Бельгії, наприклад, розмір мита на останньому році дії патенту в 16 разів більше, ніж на першому, в Німеччині - у 34, а в Японії - у 40 разів. Загальний розмір виплати досить високий і складає приблизно 1-3 тисячі доларів. Тому, як показує патентна статистика, в міру продовження терміну дії все менше патентів залишається в силі. Так, в Англії в перші 5 років через відсутність збору мита діють всі 100% патентів, з початком збирання

мита число діючих патентів знижується і на шостом році діє 98%, на 8 - 89%, на 10 - 65% патентів і т.д.

Практика показує, що до кінця терміну дії патенту залишається 1-2% патентів, які і забезпечують одержання дійсної вигоди. Законами передбачається відстрочка в сплаті мита з стягуванням додаткової пені. Час відстрочки обумовлюється законом і по його витіканні відновити патент уже не можливо.

Патентні закони передбачають вимоги про обов'язкове використання винаходу. Це означає налагодження промислового виробництва в країні, що видала патент, тому що мінімальне використання (охорона експорту) суперечить національним інтересам країни. Більшість законів передбачає, що у випадку не використання патенту у встановлені терміни (Франція, Іспанія, Бельгія - три роки) будь-якій зацікавленій особі можливо звернутися до компетентного або дарчого органу з вимогою про видачу примусової ліцензії. До цього прибігають, якщо власник патенту відмовляє у видачі ліцензії.

Видаючи патент, держава зобов'язується забезпечити патентовласнику виключне право в області промислового і торгового використання. Звичайно законами передбачається відшкодування збитків патентовласникам, пов'язаних з порушенням патенту. Такі позови розглядаються в судовому порядку. Якщо суд встановлює факт порушення патенту, з порушника стягується збиток або на нього накладається штраф. В деяких країнах законом передбачена можливість конфіскації майна (США, Іспанія). В інших - законами обговорена можливість тюремного ув'язнення осіб, які порушили патент (Франція, Німеччина, АРЕ, Туреччина та інші).

Територіальний характер дії патенту в межах країни, що його видала, обумовив прагнення спеціалістів переборювати ці обставини і ввозити патенти. Ввізні патенти можливо отримати (Франція, Бельгія, Іспанія, Турція, Аргентина, Болівія й інші) на тій підставі, що подається першопочатково виданий патент. Звичайно ввізні (імпортні) патенти видаються незалежно від того, в якій країні отримано початковий патент. Проте деякі країни віддають перевагу тільки патентам окремих країн. Так, Шрі-Ланка віддає перевагу патентам виданим в Англії, Гвінея-Бісау - в Франції, Бірма - в Індії.

Вперше питання про подолання територіального характеру дії патентів виник у 1873 році в зв'язку з організацією в Австрії всесвітньої промислової виставки. Тоді американські промисловці висловили побоювання, що їхні вироби безоплатно використають інші. Австрійський уряд прийняв закон про надання тимчасової охорони винаходам. У 1873 р. у Парижі відкрився перший конгрес з охорони промислової власності. Проте через істотні відмінності в патентних законодавствах держав він закінчився безрезультатно. У зв'язку з проведенням всесвітньої виставки в 1879 р. в Парижі знову відбувся конгрес, проте і цього разу він виявився безрезультатним, оскільки рішення проблеми бачилося в створенні єдиної патентної системи з видачею єдиного патенту для країн учасниць. В 1880 р. проведена Паризька конференція, на якій запропоновано інший шлях вирішення проблеми - компромісу між розбіжностями в патентних законах і бажанням забезпечити охорону винаходу в країнах-учасницях. Розробка цього напрямку тривала до підписання в 1883 р. Паризької конвенції. Конвенція передбачає конвенційний пріоритет для країн-учасниць угоди і не торкається їх внутрішнього патентного

законодавства. Конвенційний пріоритет забезпечує можливість одержання патенту в країнах-учасниках угоди на протязі року на основі правильно оформленої патентної заявки. Конвенційний пріоритет діє з дати надходження заявки в національну патентну службу і не залежить від подальшого порядку її розгляду. Тим самим заявники, маючи заявку у своїй країні, можуть одержати патенти у всіх країнах-учасниках угоди. Конвенцією забезпечується принцип незалежності дії патентів, тобто якщо в якійсь країні патент буде оскаржений, то це не поширюється на патенти, одержані в інших країнах. Всі країни учасниці конвенції надають іноземцям рівні права з своїми громадянами в оформленні патентів при дотриманні патентних законів, що діють у країні. Відповідно до національного законодавства конвенцією передбачається можливість надання охорони експонатів, виставок (три - шість місяців).

Конвенція захищає права на промислову власність: винаходи, промислові зразки і товарні знаки. Формою захисту служить видача патенту. Патент на промисловий зразок захищає лише зовнішню, оригінальну форму виробів, тобто забезпечує захист творчої праці дизайнерів. Патент на товарний знак захищає емблему (словосполучення, малюнок), установлену виробником на виробі. Товарний знак являється свого роду рекламою виробу, і захист його патентом захищає виробника виробів від використання його конкурентами. Країни-учасниці конвенції створили міжнародний союз з охорони промислової власності. Постійний орган цієї спілки знаходиться у Швейцарії. Країни, що бажають приєднатися до конвенції, спрямовують ноту уряду, куратору Швейцарії. Остання розсилає ноти всім країнам-учасникам з вказівкою дати приєднання до

конвенції країни, що вступає. Міжнародне бюро з охорони промислової власності діє на основі внесків країн-учасниць угоди. Бюро своєчасно інформує країни-учасниці про всі зміни національних патентних законів.

Права конвенції поширюються на осіб, що є громадянами країн-учасниць і мають у цих країнах серйозні і дійсні промислові і торгові інтереси.

Література

1. Антонов А.В. Психологія винахідницької творчості. Київ: Вища школа, 1998, 198 с.
2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановський Ю.В.. Планування експерименту при пошуку оптимальних умов. Київ: Наукова думка, 2016, 276 с.
3. Альтшуллер Г.С. Крила для Ікара. Київ: Либідь, 2013, 224 с.
4. Білик В.Г., Щербаков А.М., Романенко В.Л. Резерви зниження матеріалоємності машин. Київ: Техніка, 2015, 152 с.
5. Богданович Л.Б., Бур'ян В.А., Раутман Ф.І. Художнє конструювання в машинобудуванні. Київ: Техніка, 2016, 165 с.
6. Білозерцев В.І. Технічна творчість. Методологічні проблеми. Харків: Прапор, 2001, 248 с.
7. Буш Г.Я. Проблеми розвитку і підвищення ефективності наукової і технічної творчості працівників. Донецьк: Східний видавничий дім, 2013, 235 с.
8. Буш Г.Я. Аналогія и технічна творчість. Рига: Авотс. 2014. 139 с.
9. Буш Г.Я. Методологічні основи наукового керування винахідництвом. Рига: Лієсма, 2011, 168 с.
10. Гордеев О.Ф., Захаров П.О. Методики моделювання при дослідженні та проектуванні верстатів I технологічних систем: навч. посіб., Луцьк: ЛДТУ, 2013. 258 с.
11. Діксон Дж. Проектування систем: винахідництво, аналіз і прийняття рішень. Київ: Либідь, 2019. 440 с.
12. Дітрих Я. Проектування і конструювання (системний підхід) / пер. з польської. Київ: Техніка, 2011. 438 с.
13. Добрянський С.С., Ю.М. Малафеев Ю.М. Технологічні основи машинобудування: підручник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сік орського. 2020. 379 с.
14. ДСТУ 2861-94 Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення. Діючий від 01.01.1997. Київ: Держстандарт України, 1997. 32 с.
15. ДСТУ ISO 5455:2005 Кресленики технічні. Масштаби. Чинний від 01.07.2006. - Київ: Держстандарт України, 2006. 2 с.
16. ДСТУ ГОСТ 2.104: 2006 Єдина система конструкторської документації. Основні написи (ГОСТ 2.104-2006, IDT). Чинний від 01.07.2007. Київ. Держспоживстандарт. 2007. 4 с.

17. ДСТУ EN ISO 7200:2005 Розроблення технічної документації. Графи у штампах та основних написах (EN ISO 7200:2004, IDT). Київ. Держспоживстандарт. 2007. 9 с.
18. ДСТУ ГОСТ 3.1103:2014 Єдина система технологічної документації. Основні написи. Загальні положення (ГОСТ 3.1103-2011, IDT) Чинний від 01.11.2014. Київ. Держстандарт. 2015. 28 с.
19. ДСТУ ГОСТ 3.1105:2014 Єдина система технологічної документації. Форми та правила оформлення документів загального призначення (ГОСТ 3.1105-2011, IDT) Чинний від 01.11.2014. Київ. Держстандарт. 2015. 30 с.
20. ДСТУ ГОСТ 3.1127:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів (ГОСТ 3.1103-93, IDT) Чинний від 01.11.2014. Київ. Держстандарт. 2015. 20 с.
21. ДСТУ-Н 7916:2015 Система технологічної документації. Настанови щодо оформлення документів, застосовуваних для розроблення, упровадження та функціонування технологічних процесів. Чинний від 01.07.2016. Київ, Держстандарт, 2017. 23 с.
22. ДСТУ ISO 5127:2018 Інформація та документація. База та словник термінів (ISO 5127:2017, IDT). Чинний від 01.01.2019. Київ, Держстандарт URL.
23. ДСТУ EN ISO 11442:2018 Технічна документація на продукцію. Управління документацією (EN ISO 11442:2006, IDT, ISO 11442:2006, IDT). Чинний від 01.01.2020. Київ. ДП «УкрНДНЦ». 2019. 14 с.
24. ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. Чинний від 01.07.2017. Київ. ДП «УкрНДНЦ». 2016. 26 с.
25. ДСТУ 8647:2016 Надійність техніки. Оцінювання та прогнозування надійності за результатами випробувань /або експлуатації в умовах малої кількості відмов. Діючий від 01.07.2017. Київ: Держстандарт України, 2017. 21 с.
26. ДСТУ 2293:2014 Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Чинний від 01.05.2015. Київ: Держстандарт України, 2015. 13 с.
27. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки. Київ: Держспоживстандарт України, 2011. 8 с.
28. ДСТУ 3575-97 Патентні дослідження. Основні положення та порядок проведення. Київ: Держстандарт України. Чинний від 1998-01-01. 9 с.

29. ДСТУ 3574-97 Патентний формуляр. Основні положення. Порядок складання та оформлення. Київ: Держстандарт України. Чинний від 1998-01-01. 12 с.
30. Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали машинобудуванні: навч. посіб. / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залоги. Суми: Сумський державний університет, 2013. – 371 с.
31. Катренко А.В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації: навч. посіб.. Львів: Новий світ, 2000. 424 с.
32. Косіюк М.М., Черменський Г.П. Основи науково-технічної творчості: навч. посіб. Хмельницький: Поділля. 2018. 451 с.
33. Кузнецов Ю. М. Теорія технічних систем в аспектах досліджень та технічної творчості: підручник. Луцьк: Вежа-Друк, 2023. 284 с.
34. Кузнецов Ю.М., Скляр Р.А. Прогнозування розвитку технічних систем: навч. посіб.. Київ: ТОВ “ЗМОК” – ПП “Гнозіс”, 2014. 323 с.
35. Кузнецов Ю. М. Теорія розв'язання творчих задач. Київ :ТОВ«ЗМОК»– «ГНОЗІС», 2015. 294 с.
36. Кузнецов Ю. М., Новосьолов Ю.К., Луців І.В. Теорія технічних систем: підручник. Севастополь: СевНТУ, 2011. 246 с.
37. Кузнецов Ю.М. Патентознавство та авторське право: підручник. Київ: Кондор, 2019. 446 с.
38. Кєдров Б.Є., Мікулінський С.Р., Ярошевський М.Г. Наукова творчість. Київ: Наукова думка, 2009, с. 234.
39. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Кульпін Р.А. Динаміка й оптимізація машин: монографія. Київ: ЦП «Компринт», 2018. 310 с.
40. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О. Теорія технічних систем. Київ: ЦП „КОМПРИНТ”, 2017. 291 с.
41. Лук А.Н. Психологія творчості. Львів: Видавництво «Світ», 2008, 128 с.
42. Маршалік О. Естетична сутність художнього конструювання і його роль в формуванні людини. / пер. з польської. Львів: Світ. 2019. 298 с.
43. Методи пошуку нових технічних рішень / Під редакцією А.І. Половинкіна. Київ: Наукова думка. 2011, 192 с.
44. Методологія створення машин. Практичні роботи та завдання до курсової роботи: навч. посіб., /Гарнець В.М., Шаленко В.О., Михайлик В.В., Маслюк А.А. Київ: КНУБА, 2018. 100 с.
45. Одрін В.М., Картавов С.С. Морфологічний аналіз систем. Київ: Наукова думка. 2017, 148 с.
46. Основи творення машин / Бачинський М.Я., Горик О.В., Чернявський А.М., Яхін С.В. Харків: «НТМТ». 2017. 448 с.

47. Перегудов Ф.І., Тарасенко Ф.П. Введення в системний аналіз. Київ: Наукова думка. 2019, 367 с.
48. Рудь Ю.С. Р 83 Основи конструювання машин: Підручник. Вид. 2-ге переробл.і допов. Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О. 2015. 492 с.
49. Селюцький А.Б., Слугін Г.І. Натхнення за замовленням. Київ: Либідь. 2007. 190 с.
50. Серединська В.М., Загородна О.М., Федорович Р.В. Економічний аналіз: нав. посіб.. Тернопіль: Видавництво Астон, 2010. 624 с.
51. Сисолін П.В. Методи проектування сільськогосподарських машин для рільництва. / навч. посіб. Київ: УМК ВО. 1993, 152 с.
52. Теплов Б.М. Проблеми індивідуальних відмінностей. Київ: Наукова думка. 2018, 536 с.
53. Шпара П.Е. Технічна естетика і основи художнього конструювання. Київ: Вища школа. Головне видавництво, 2012, 200 с.
54. Ханзен Ф. Основи загальної методики конструювання. Київ: Знання-прес. 2013, 166 с.
55. Хубка В. Теорія технічних систем./ пер. з німецької. Львів: Видавництво «Світ». 2017, 208 с.
56. Хілл П. Наука і мистецтво проектування. (Методи проектування, наукове обґрунтування рішень) / пер. з англійської. Київ: Наукова думка. 2013. 259 с.
57. Холодов А.М., Руднев В.К., Гарнець В.М. Технічні основи створення машин. Київ: НМК ВО, 1991. 300 с.
58. Якимов О.В., Гусарев В.С., Якимов О.О., Линчевський П.А. Технологія автоматизованого машинобудування. Київ 2014. 400 с.
59. Яцун В.В. Технічні основи створення машин: навч. посіб. Кіровоград-Київ: КДТУ. 1999. 225 с.
60. Buck E.N. Problem of Product and Design and Development. London: Pergamon Press, 2023. 208 p.
61. Klir V., Cybernetic modelling, London: Jliffe. 2021. 361 p.
62. Roadsrum W., Excellence in Engineering, New York: John Wiley, 2020. 211 p.
63. Yoshikawa H., General Design Theory and CAO System, Tokyo: IFIP, 2019. 354 p.

Зміст

| | |
|---|-----|
| Передмова | 4 |
| 1. Основи проектування технічних пристроїв та машин | 7 |
| 1.1 Системний підхід при проектуванні технічних пристроїв | 7 |
| 1.2 Основні принципи конструювання | 23 |
| 1.2.1 Задачі конструювання | 23 |
| 1.2.2 Економічні основи конструювання | 24 |
| 1.2.3 Створення похідних машин на базі уніфікації | 51 |
| 1.2.4 Зменшення номенклатури об'єктів виробництва | 62 |
| 1.2.5 Ряди переважних чисел | 68 |
| 1.2.6 Загальні правила конструювання | 77 |
| 1.3 Методика конструювання | 85 |
| 1.3.1 Конструктивна приємственність | 86 |
| 1.3.2 Вивчення сфери застосування машин | 89 |
| 1.3.3 Вибір конструкції | 90 |
| 1.3.4 Метод інверсії | 91 |
| 1.3.5 Компонування | 92 |
| 1.4 Вибір конструктивних варіантів | 97 |
| 1.4.1 Пошук оптимальної області зміни параметрів машин | 98 |
| 1.5 Застосування при проектуванні прогресивних конструкторських рішень і типових прийомів | 102 |
| 1.6 Етапи проектування | 111 |
| 2. Основи художнього конструювання | 116 |
| 2.1 Промислове мистецтво, дизайн, технічна естетика та художнє конструювання | 116 |
| 2.2 Принципи художнього конструювання | 119 |
| 2.3 Методика художньо-конструкторського аналізу | 125 |
| 2.4 Стадії проектування | 142 |
| 2.5 Процес проектування | 146 |
| 3. Основи ергономіки та охорони праці при проектуванні технічних пристроїв | 155 |
| 3.1 Ергономіка, як етап процесу створення машин | 155 |
| 3.2 Ергономічний аналіз машин | 160 |
| 3.3 Питання охорони праці і навколишнього середовища при проектуванні машин | 174 |

| | |
|--|-----|
| 4. Евристика і методи технічної творчості | 187 |
| 4.1 Психологічні особливості науково-технічного пошуку | 187 |
| 5. Асоціативні методи активізації творчого мислення | 196 |
| 5.1 Асоціативні методи пошуку технічних рішень | 196 |
| 5.2 Метод контрольних питань | 199 |
| 5.3 Метод мозкового штурму | 202 |
| 5.4 Морфологічний аналіз | 208 |
| 5.5 Інші методи пошуку технічних рішень та активізації творчості | 210 |
| 6. Винахідництво і раціоналізація | 217 |
| 6.1 Загальні положення про винаходи і раціоналізаторські пропозиції | 217 |
| 6.2 Стан сучасної міжнародної патентної системи | 222 |
| 7. Література | 223 |

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

ЯЦУН Володимир Васильович

кандидат технічних наук, професор кафедри будівельних, дорожніх машин і будівництва

Центральноукраїнського національного технічного університету,
Заслужений працівник освіти України

ГОРПИНЧЕНКО Ольга Володимирівна

кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки, менеджменту та комерційної діяльності

Центральноукраїнського національного технічного університету

ЯЦУН Володимир Володимирович

кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних, дорожніх машин і будівництва

Центральноукраїнського національного технічного університету

ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ МАШИН

Технічний редактор Лисенко В.Ф.

Формат 60x84 1/16 Ум. друк. арк. 15