

Зміст часткової модернізації верстатів (діючого обладнання)

Модернізація з метою збільшення продуктивності за рахунок скорочення основного часу обробки.

1. За рахунок підвищення потужності приводу (основного електродвигуна). Виконується заміна електродвигуна і додатково прораховується міцність кинематичних ланцюгів, запобіжних муфт і пасових передач. При необхідності виконується заміна або удосконалення найслабших ланок.

Використовуючи формули, що пов'язують крутний момент з силою та потужністю, можна отримати таку залежність:

$$N = M \cdot n / 9550 \text{ (кВт)}, \quad (5.1)$$

де n – частота обертання вала, M – момент на валу.

$$M = DF/2 = RF \quad (5.2)$$

Тоді:

$$N = R \cdot F \cdot n / 9550, \text{ якщо } n_{max} = const,$$

тоді $F = 9550 \cdot N / (R \cdot n)$, тобто при зафіксованих складниках формули сила різання, яку створює привод прямо пропорційна потужності його двигуна

З формули сили різання $F_z = C \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^z$ впливає можливе максимальне збільшення продуктивності при чорновій обробці за рахунок збільшення глибини різання

$N \sim F_z \sim t^x$, а показник степеню x залежить від оброблюваного матеріалу і виду обробки та становить для точіння від 0,72 (відрізання та прорізання) до 1,0 (зовнішнє точіння).

$$N \sim t \sim P_{max}.$$

Збільшення продуктивності для чистової обробки відсутнє, тому що немає зростання швидкості.

2. За рахунок збільшення швидкохідності (мах. частоти обертання шпинделя) і при необхідності, потужності.

До неї особливо часто вдаються у випадках, коли ставиться завдання збільшити швидкість різання. Одночасно з цим підвищують жорсткість і вібростійкість верстатів.

2.1. Шляхом підвищення частоти обертання валу основного двигуна

Додатково перевіряються можливості опор проміжних валів і особливо шпindelного вузла. При необхідності виконується їх удосконалення та оптимізація потужності:

$$N = M \cdot n / 9550 \text{ кВт,}$$

де n – частота обертання вала, M – момент на валу.

Ця формула показує, що для забезпечення заданого крутного моменту, потужність прямо пропорційна частоті обертання, тобто, якщо потрібно подвоїти швидкість (продуктивність) машини, то необхідно подвоїти потужність для забезпечення незмінного моменту на валу.

Згідно формул (3.1) та (3.2):

$$N = R \cdot F \cdot n / 9550, \text{ якщо } n_{\max} \text{ збільшується}$$

тоді $F = 9550 \cdot N / (R \cdot n)$, тобто при зафіксованих складниках формули сила різання, яку створює привод прямо пропорційна потужності його двигуна і обернено пропорційна його частоті: $F \sim N/n$.

Тобто, для досягнення збільшення продуктивності за рахунок зростання частоти (чорнова і чистова обробка), потужність двигуна повинна зростати пропорційно їй (сила різання залишиться незмінною).

$$\text{Тоді } P_{\max} \sim n_{\max}.$$

Для забезпечення підвищення продуктивності чистової обробки (уся потужність приводу не використовується) потужність двигуна можна не підвищувати, а співвідношення $P_{\max} \sim n_{\max}$ буде зберігатися.

Табл. 5.1

Мета модернізації: підвищення продуктивності	Досягається за рахунок	Результати модернізації	Обмеження (умови) модернізації
Чистої обробки	Тільки підвищення швидкості	$P_{max} \sim n_{max}$	Зниження F , $F \sim 1/n_{max}$
	підвищення швидкості і потужності двигуна	$P_{max} \sim n_{max}$	Зростання $N \sim n$ ($F = const$)
Чорної обробки	підвищення потужності двигуна	$P_{max} \sim N_{max} \sim t_{max}$	$(V, n = const)$
Чистої і чорної обробки	підвищення швидкості і потужності двигуна		

2.2. Шляхом мінімальної зміни кінематики приводу:

- заміною плоскопасової передачі клинопасовою, для чого виготовляють нові шківни або зміною передатного відношення існуючої передачі (зі збереженням умови $i \leq 1$);

Передавальне відношення шківів при цьому змінюється - збільшується в 1,3-1,5 рази число оборотів привідного вала коробки швидкостей.

- збільшенням числа обертів шпинделя шляхом заміни кількох зубчастих коліс коробки;

Шпиндель замінюють новим, більш жорстким, розміри і конфігурацію якого змінюють відповідно до конструктивних змін, що вносяться в коробку.

Так як кінематичний ланцюг коробки швидкостей при заміні деяких зубчастих коліс змінюється, то для збереження існуючої характеристики коробки подач на гітарі верстата встановлюють інші змінні колеса, передатні числа яких підбирають так, щоб компенсувати зміни кінематичного ланцюга в коробці швидкостей. Крім того, в коробку швидкостей вносять і інші зміни, що поліпшують її експлуатаційні характеристики.

- скороченням кінематичних ланцюгів шляхом заміни одношвидкісного двигуна багатшвидкісним (з більшою мах. частотою).

Розгорнута формула кінематичного ланцюгу приводу головного руху токарного верстата 16K20 (рис. 5.1) має вигляд:

$$n_{\text{шп}} = 1460 \frac{140}{268} \left| \begin{array}{c|c|c|c|c} \frac{56}{34} & \frac{21}{55} & \frac{45}{45} & \frac{18}{72} & \frac{30}{60} \\ \hline \frac{51}{39} & \frac{29}{47} & \frac{15}{60} & \frac{60}{48} & \\ \hline \frac{38}{38} & & \frac{30}{60} & & \end{array} \right|$$

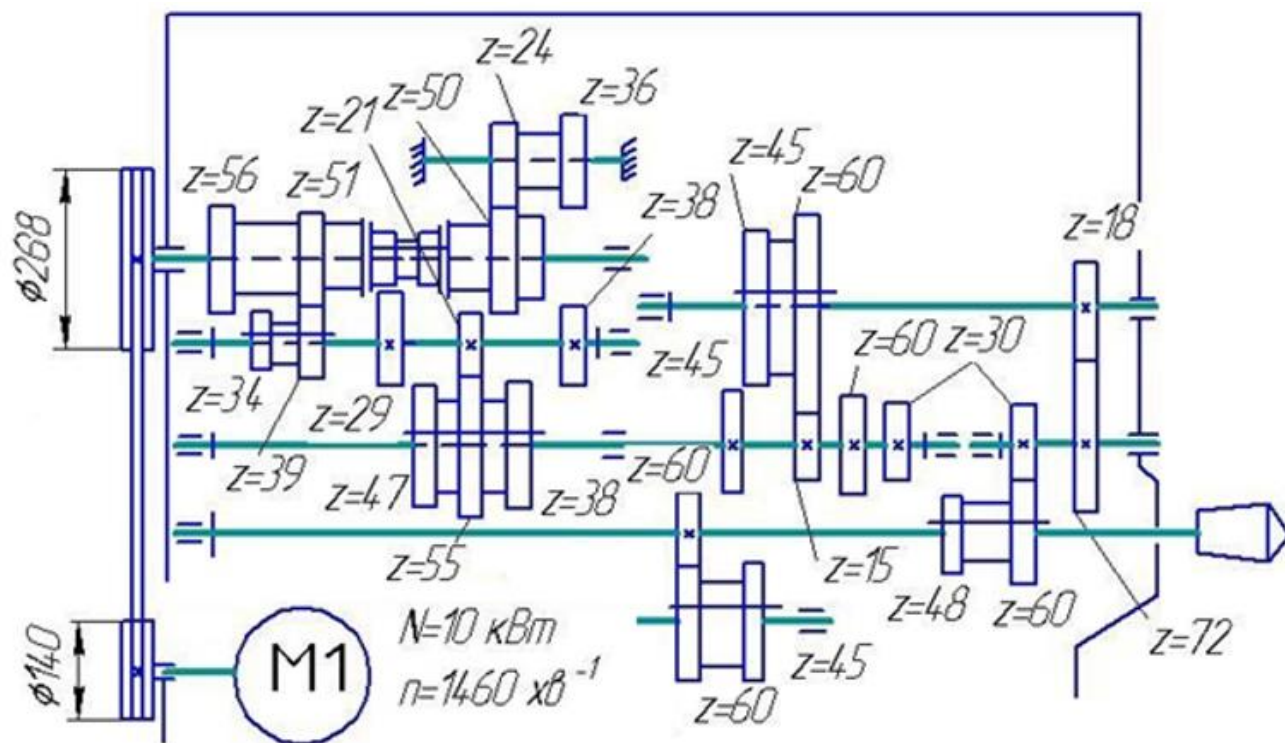


Рис. 5.1. Кінематика приводу головного руху токарного верстата 16K20

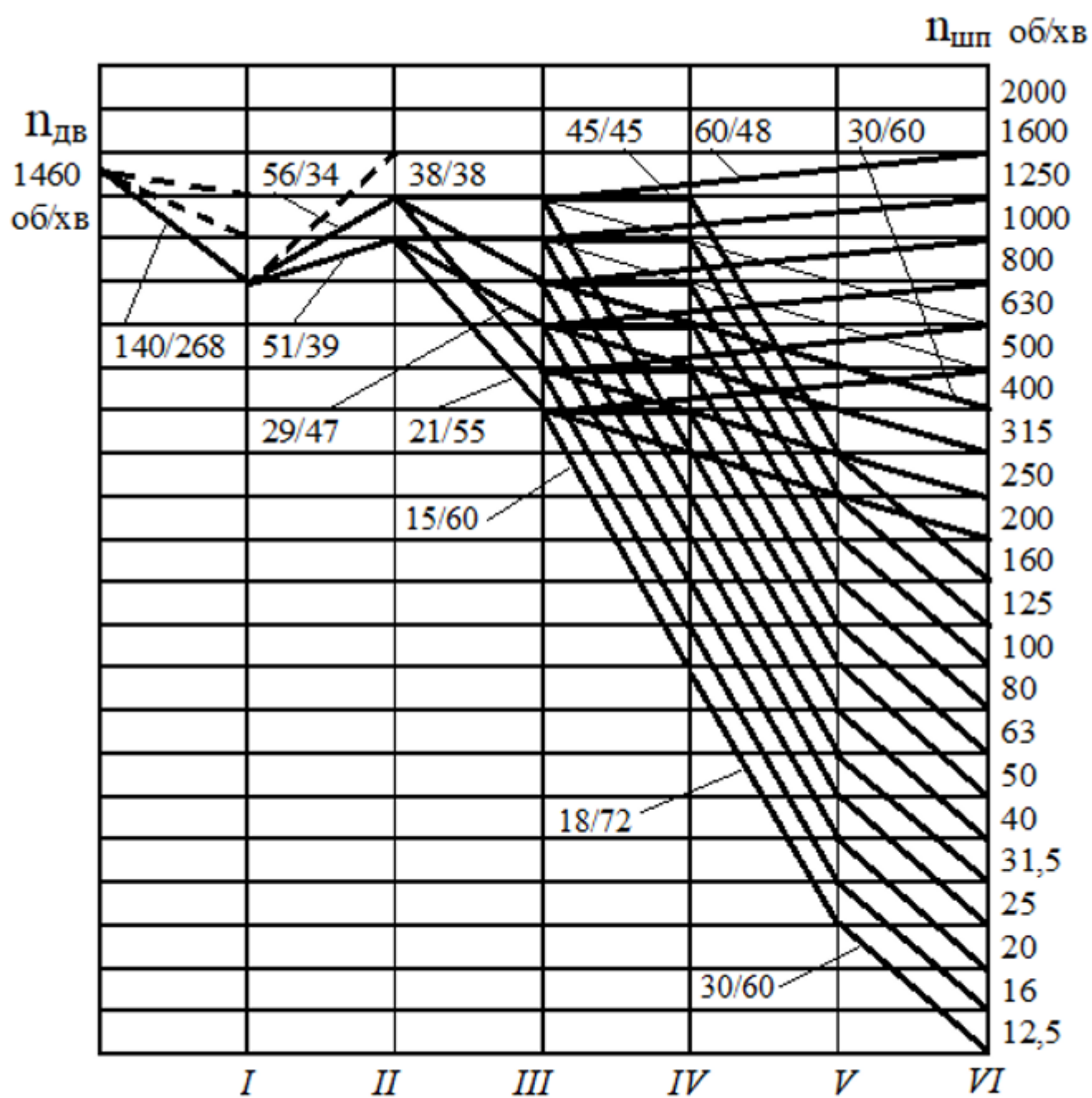


Рис. 5.2. Графік частот приводу головного руху токарного верстата 16K20

3. За рахунок автоматизації робочих процесів (підвищення продуктивності за рахунок скорочення основного часу обробки).

Вирішення технологічної задачі системи ПУ.

Технологічна задача системи ПУ полягає в досягненні необхідної результативності робочого процесу, (якості деталей, продукції) з найменшими витратами. Вона присутня тільки у випадках, коли основний робочий процес сам є об'єктом управління (з метою його підтримки або оптимізації). Приклад процесів, які оптимізуються:

- токарна або фрезерна обробка, коли цілеспрямовано змінюється швидкість або подача з метою забезпечення якості обробки або оптимальної стійкості інструменту – зменшення собівартості;
- електрохімічна обробка, де виконується управління джерелом струму, системою подачі та очищення електроліту, приводами подачі інструментів-електродів;
- автоматизована термообробка з метою економії енергоресурсів та підвищення якості процесу.

4. За рахунок концентрації операцій шляхом зміни конструкції машини (скороченням основного та або допоміжного часу обробки) зі зміною (або без) системи управління, спеціалізацією машини.

Приклад: багатоінструментальна обробка:

1. Встановлення на універсальний токарний верстат пристосування-наладки для перетворення його у багаторізцевий напівавтомат;
2. Багатошпindelна свердлувальна головка на свердлувальний верстат.

5. Збільшення продуктивності шляхом суттєвої зміни конструкції машини (скороченням основного часу обробки).

1. Зміни технології робочого процесу: введенням додаткових впливів для пришвидшення процесів різання, введення вібрації, суміщення різання та хіміко-термічної обробки

Модернізація з метою збільшення продуктивності за рахунок скорочення допоміжного часу обробки.

Допоміжний час витрачається на установку, вивірку, кріплення і зняття оброблюваної деталі, та на установку, вивірку, кріплення інструменту і на його зміну перед кожним новим переходом; на управління механізмами верстата (машини), його пуск і зупинку.

1. За рахунок автоматизації та механізації допоміжних процесів (завантаження і розвантаження).

Застосовують швидкодіючі механізовані затискні пристрої – пневматичні, гідравлічні, пневмогідравлічні, електромеханічні, магнітні, комбіновані та ін. Щоб уможливити їх застосування, в ряді випадків буває вигідно змінити навіть конструкцію окремих вузлів верстата.

Перехід на напівавтоматичний або автоматичний робочий процес шляхом зміни системи управління і забезпечення автоматизації допоміжних операцій (переходів), з метою оптимізації (мінімізації) часу на їх виконання.

Верстати токарної групи:

- при необхідності встановлюють механізми прискорених поздовжніх переміщень супорта при холостих ходах і застосовують пристрої для автоматичного вимкнення поздовжніх подач.

- при використанні верстата протягом тривалого часу для обробки конусів автоматизують подачу верхніх поворотних полозок (санчат) супорта шляхом зв'язку ходового вала з гвинтом подачі кінематичної ланцюгом, що складається з зубчастих коліс, проміжного кронштейна і телескопічного вала з шарнірами Гука по кінцях.

- для автоматизації подачі пінолі задньої бабки встановлюють гідропневматичні пристрої.

Фрезерні верстати:

- у поздовжньо-фрезерних верстатів з установкою фрезерних головок вручну механізуються переміщення, пов'язані з її установкою; вводять механізм прискореного переміщення столу;

- механізують і автоматизують подачу деталей до верстата, їх установку, закріплення і вимір в процесі обробки;

- застосовують багатопозиційні пристосування для безперервного фрезерування; механізується процес видалення стружки зі столу верстата тощо

- так само як і на токарних верстатах, застосовують гідравлічні копіювальні пристрої.

Свердлувальні верстати:

Ступеневошківний привід замінюють редуктором і вводять кнопкове управління електродвигуном («Вперед», «Стоп», «Назад»).

Шліфувальні верстати:

- створюють механізми прискореного підведення і відведення шліфувального круга або оброблюваної деталі;

- при патронній роботі на круглошліфувальних верстатах допоміжний час скорочують введенням пристроїв гальмування шпинделя передньої бабки (виробу).

Стругальні верстати:

- у поперечно-стругальних верстатів автоматизують подачу супорта.

- у великих поздовжньо-стругальних верстатів створюють прискорені переміщення супортів, іноді механізуються установчі переміщення траверси.

2. За рахунок концентрації операцій шляхом зміни конструкції машини або введенням додаткового оснащення (за рахунок скорочення допоміжного часу обробки)

Удосконаленням конструкції машини:

1. Заміна різцетримача на револьверну голівку.
2. Багатошпindelьна свердлувальна головка на свердлувальний верстат (скорочення допоміжного часу + основного часу + спеціалізація).
3. Два рівня дроблення у одній дробарці (скорочення часу завантаження за рахунок суміщення двох дробарок в одну + розширення технологічних можливостей).

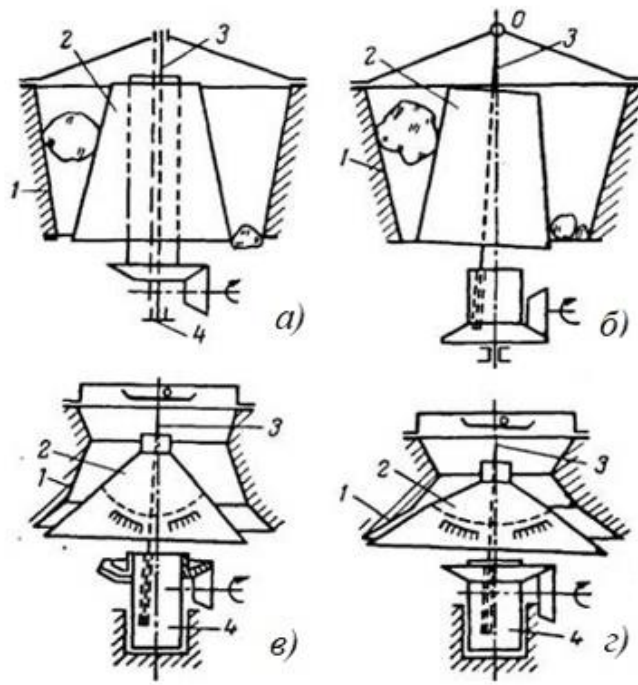


Рис. 5.3. Конусні дробарки крупного (а, б), середнього (в) та дрібного (г) дроблення



Рис. 5.4. Свердлувальні головки

Модернізація з метою підвищення точності, жорсткості та вібростійкості зі зниженням собівартості виготовлення (поточних або одноразових витрат) або збільшенням продуктивності.

1. Шляхом скорочення основного та допоміжного часу чистової обробки шляхом зменшення кількості робочих проходів (зменшення кількості холостих ходів).

- підбір і кваліфікований монтаж опор високої точності, підгін рухомих деталей;
- оснащення коригуючими пристроями, безлюфтовими передачами;
- заміна зубчастих і гвинтових механізмів подач гідравлічними.

2. Шляхом використання меншої кількості обладнання, пристосувань та інструментів завдяки підвищенню точності існуючого обладнання.

3. За рахунок можливості роботи на більш жорстких режимах шляхом суттєвої зміни конструкції машини:

3.1. Скороченням кінематичних ланцюгів (зменшення кількості стиків):

- заміна ступеневого приводу на безступеневий зі скороченням кінематичних ланцюгів (рис. 5.5).

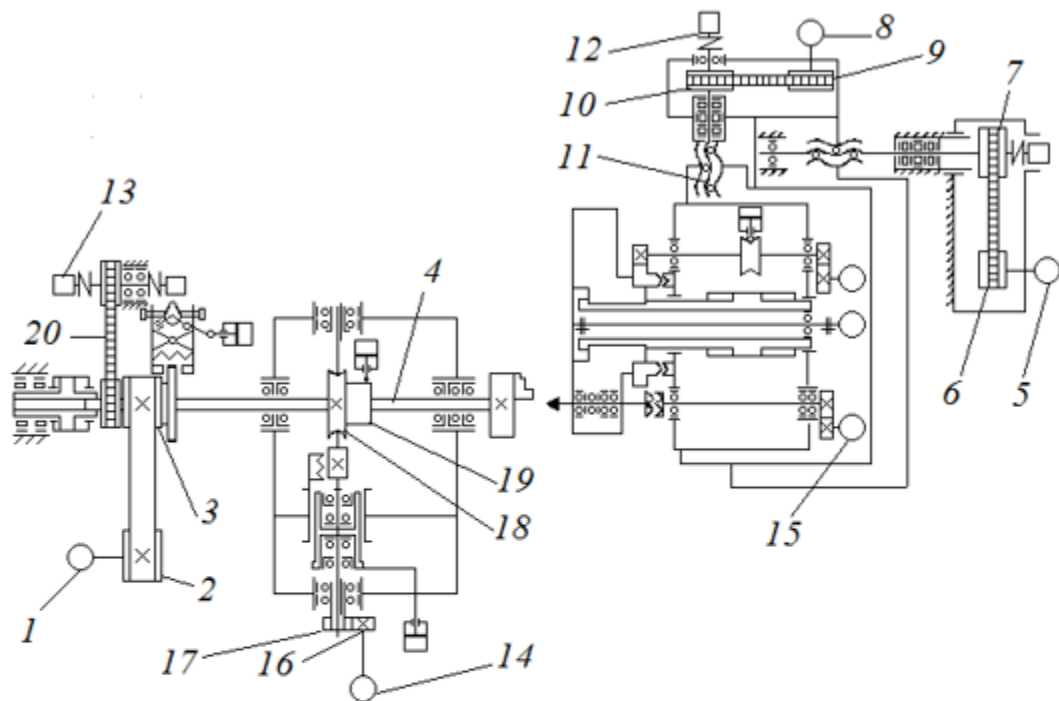


Рис. 5.5. Кінематика безступневих приводів верстата 1П420ПФ40

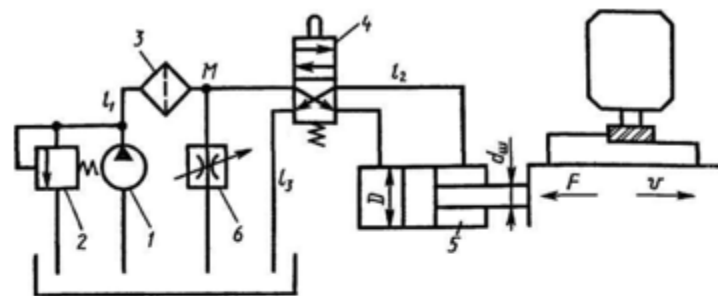
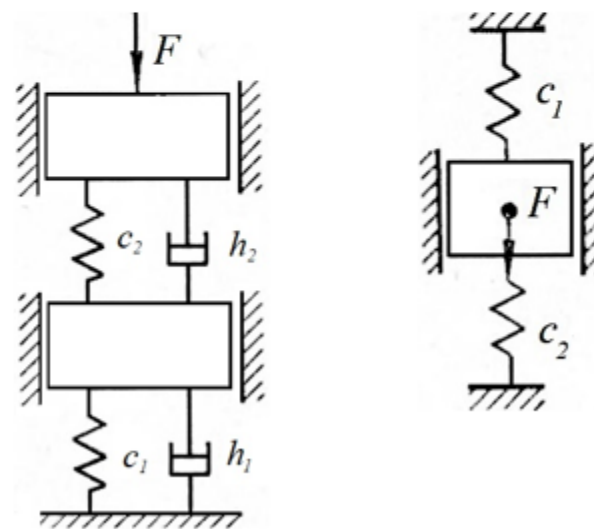


Рис. 5.6. Гідропривод стола фрезерного верстата



- заміною механічного приводу гідравлічним (Рис. 5.6).

3.2. Збільшенням жорсткості окремих деталей, підвищенням демпфування, зменшенням впливу збурень.

- **заміна матеріалу** (для підвищення жорсткості або вібростійкості):

при незмінності форми та розмірів деталі її жорсткість залежить від модулів пружності E (модуль пружності 1 роду, поздовжньої) та G (модуль пружності 2 роду, зсуву, на скручування). $E = \frac{FL}{(S\Delta L)}$ $G = \frac{FL_1}{(S\Delta L_1)}$

Сірий чавун: $E = 1,1 \cdot 10^5$ МПа, Сталь: $E = 1,9 \dots 2,2 \cdot 10^5$ МПа,

сплави алюмінію $E = 0,7 \dots 0,8 \cdot 10^5$ МПа

Сірий чавун: $G = 0,45 \cdot 10^5$ МПа, Сталь $G = 0,8 \cdot 10^5$ МПа.

Демпфуюча здатність матеріалів – здатність до поглинання енергії вібрації.

Демпфуюча здатність матеріалу грає величезну роль в динамічній поведінці конструкції. Вона призводить до сильного ослаблення власних коливань, істотного зниження амплітуд при вимушених коливаннях і згладжування напружень в зоні концентрації при коливаннях.

При незмінності форми та розмірів деталі її здатність до гасіння коливань залежить від вязкості матеріалу та від рівня напружень в них – демпфуюча здатність чавуна в 10 разів вища ніж у сталі (за однакових умов).

- **зміна форми та розмірів деталей з метою підвищення жорсткості** (заміна згинання розтягом-стисканням, оптимальні перерізи, оболонкові конструкції, додавання ребер жорсткості) та **вібростійкості** (збільшення кількості стиків у конструкції з прокладками з пружно-демпфуючих матеріалів і мастила).

- застосування демпфуючих пристроїв.

Модернізація з метою збільшення довговічності і надійності обладнання забезпечує зниження витрат (собівартості) на ремонт і заміну машини зміною конструкції машини (окремих вузлів):

- заміна підшипників кочення на ковзання гідростатичні,
- напрямних ковзання змішаного тертя на напрямні кочення.

Модернізація з метою підвищення безпеки праці та полегшення обслуговування забезпечує зниження витрат (собівартості) на обслуговування і компенсацію безпечності роботи:

1. Шляхом зміни конструкції машини:

- підвищення механізації процесу (застосування швидкодіючих затискних, завантажувальних пристроїв, гідро підсилювачів);
- автоматизації управління (зміни системи управління, заміна ступеневого приводу на безступеневий).

Співпадає з модернізацією з метою підвищення продуктивності.

2. Введенням додаткового оснащення:

- застосування глушників шуму, додаткових фільтрів;
- обмежувачів ходів, сигналізації, огороження, контрольно-вимірювальних пристроїв.

Модернізація з метою розширення технологічних можливостей (зниження собівартості за рахунок виключення витрат на нову машину):

1. Зміною конструкції машини:

- для збільшення складності оброблюваних деталей (створення хрестового супорта на основі поздовжнього, заміна різцетримача на револьверну голівку)
- для збільшення габаритів оброблюваних заготовок (збільшення висоти центрів токарних та круглошліфувальних центрових верстатів, довжини встановлюваної заготовки та довжин робочих ходів).

- для розширення діапазону швидкостей руху робочого органу.
- створення конструкції вузла кріплення ковша для можливості його швидкої зміни і виготовлення змінних ковшів – це **модернізація з метою розширення технологічних можливостей машини** (в залежності від форми ковша і його призначення).

2. **Введенням додаткового оснащення** (з метою, наприклад, збільшення складності оброблюваних деталей):

- накладні поворотні столи;

Модернізація з метою зміни технологічного призначення (зниження собівартості за рахунок виключення капітальних витрат на нову машину):

1. **Зміною конструкції машини:**

- з фрезерного створили шліфувальний верстат,
- з печі – сушарку для спеціальної сировини;

2. **Введенням додаткового оснащення:**

- на токарному або поздовжньо-фрезерному верстаті виконувати стругання, протягування;

- з фрезерного верстата - дорнувальний застосуванням спеціального оснащення.

Модернізація з метою спеціалізації (для збільшення продуктивності та (або) зниження собівартості, підвищення точності) за рахунок скорочення основного та (або) допоміжного часу обробки:

1. Зміною конструкції машини:

- вкорочення токарного верстата для обробки тільки коротких деталей
- напівавтоматичний, автоматичний робочий процес, зміна системи управління

застосування швидкодіючих затискних, завантажувальних пристроїв.

2. Введенням додаткового оснащення (з метою, наприклад, збільшення складності оброблюваних деталей):

- свердлувально-різьбонарізні головки до свердлувальних верстатів (скорочення допоміжного часу);
- використання оснащення для закріплення несиметричних деталей;
- оснащення токарного верстата для обробки планшайб.

