

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ОБЛАДНАННЯ ГАЛУЗІ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять для студентів напрямку підготовки
6.051801 — «Деревооброблювальні технології»

Обговорено і рекомендовано на засіданні
кафедри технологій машинобудування та
деревообробки

Протокол № 9 від 14.06.2016 р.

Обладнання галузі. Методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів напряму підготовки 6.051801 — «Деревооброблювальні технології». – Чернігів: ЧНТУ, 2016. – 80 с.

Укладачі: ФЕДОРИНЕНКО ДМИТРО ЮРІЙОВИЧ, доктор технічних наук, професор кафедри технологій машинобудування та деревообробки Чернігівського національного технологічного університету

ЦЕКОВ БОГДАН ВОЛОДИМИРОВИЧ, студент-магістрант кафедри технологій машинобудування та деревообробки гр. МТМ-111

КАПУСТА АНДРІЙ ІВАНОВИЧ, студент кафедри технологій машинобудування та деревообробки гр. ТД-121

Відповідальний за випуск: СТУПА ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ, завідувач кафедри технологій машинобудування та деревообробки, доктор технічних наук, професор

Рецензент: САПОН СЕРГІЙ ПЕТРОВИЧ, кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій машинобудування та деревообробки Чернігівського національного технологічного університету

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Практичне заняття 1. Розрахунок опору подачі й тягових зусиль верстатів прохідного типу	5
2 Практичне заняття 2. Кінематичні, силові розрахунки корувальних верстатів ...	31
3 Практичне заняття 3. Кінематичні та силові розрахунки луцильних верстатів...	37
4 Практичне заняття 4. Кінематичні, силові та налагоджувальні розрахунки шпоностругальних верстатів.....	45
5 Практичне заняття 5. Розрахунок силових параметрів шліфувальних і полірувальних верстатів.....	57
6 Оформлення звіту з практичних занять	72
7 Критерії оцінки знань під час виконання практичних занять та індивідуальних практичних завдань	73
Рекомендована література	74
Додатки.....	75

ВСТУП

При створенні нових конструкцій деревообробного обладнання необхідно забезпечити характеристики їх якості, відповідність їх експлуатаційних та технічних характеристик сучасним вимогам з врахуванням особливостей технологічних методів обробки, за умови найбільшої економічної ефективності. Для цього інженер повинен володіти глибокими знаннями у галузі проектування обладнання для обробки деревини та вміло застосовувати їх при виконанні конкретних виробничих завдань. При цьому повинні враховуватися останні досягнення вітчизняної та закордонної науки і техніки.

Дані методичні вказівки призначені для студентів напряму підготовки 6.051801 – “Деревооброблювальні технології” для виконання практичних занять з дисципліни „Обладнання галузі”.

Метою проведення практичних занять є закріплення знань про основні засади проектування деревообробних машин, особливості силових, кінематичних розрахунків верстатів загальнопризначення та верстатів спеціалізованих виробництв.

Практикум виконується у обсязі, передбаченому навчальним планом підготовки бакалаврів за напрямом 051801 – “Деревооброблювальні технології”, у відповідності з робочою програмою дисципліни “Обладнання галузі”. Графік виконання практичних робіт доводиться до відома студентів на першому занятті.

До виконання практичних робіт допускаються студенти, які засвоїли теоретичний матеріал і оформили частину звіту, що стосується теоретичних відомостей.

Підготовка до практичного заняття передбачає уважне опрацювання стислих теоретичних відомостей до виконання практичної роботи та рекомендованих літературних джерел. Незрозумілі питання, що виникають при підготовці до виконання практичної роботи потрібно з’ясувати під час консультацій.

У запропонованих методичних вказівках використані методики типових розрахунків верстатів загальнопризначення та верстатів спеціалізованих виробництв, розроблені фахівцями Національного лісотехнічного університету України, які докладно висвітлені у підручниках [1, 2].

1 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1.

РОЗРАХУНОК ОПОРУ ПОДАЧІ Й ТЯГОВИХ ЗУСИЛЬ ВЕРСТАТІВ ПРОХІДНОГО ТИПУ

1.1 Мета роботи: отримання навичок розрахунку значень опору подачі заготовки, можливих тягових зусиль, що їх можуть створити органи подачі та зусиль, з якими треба притиснути заготовку.

1.2 Теоретичні відомості

Величини опору подачі заготовки, тягових зусиль та зусиль притискання заготовки необхідні для вибирання електродвигунів, гідроциліндрів, пневмомеханізмів та інших приводів. Без цих сил не можна виконати модернізацію верстата, перевірити його можливості, правильно вибрати режими роботи. Розрахунок виконують у такій послідовності:

1. Складають розрахункову схему верстата.
2. Визначають сили різання, щовиникають у верстаті.
3. Визначають опір подачі та тягові зусилля.
4. Визначають сили притискання заготовок.

На більшості верстатів подача заготовок здійснюється з постійною швидкістю, тому приймають, що силами інерції можна знехтувати. Це дозволяє розглядати верстат як зрівноважену систему та розв'язувати задачу методами статички. Виняток становлять тільки пилюрами з поштовховою подачею, де швидкість подачі змінна й сили інерції під час руху колоди треба враховувати.

Для розрахунку вводять систему координат так, щоб вісь x було на правлена за напрямком швидкості подачі v_s , вісь y — перпендикулярно до неї (рис. 1.1). Сума проєкцій усіх сил, що діють у верстаті на вісь x для зустрічного різання запишеться:

$$\sum_1^i T_i - \sum_1^j P_{zj(x)} - \sum_1^j P_{yj(x)} + \sum_1^k F'_{mk} - \sum_1^q F''_{mq} = 0, \quad (1.1)$$

де T_i — тягове зусилля i -го органу подачі; $P_{zj(x)}$ — проєкція на вісь x дотичної сили різання j -го робочого органу механізму різання; $P_{yj(x)}$ — проєкція на вісь x нормальної складової сили різання j -го робочого органу механізму різання; F'_{mk} — сила тертя ковзання k -то контакту; F''_{mq} — сила тертя кочення q -го контакту.

Суму проєкцій усіх сил, що направлені проти подачі заготовки, називають опором подачі:

$$S = \sum_1^j P_{zj(x)} + \sum_1^j P_{yj(x)} + \sum_1^k F'_{mk} + \sum_1^q F''_{mq}. \quad (1.2)$$

Суму проєкцій усіх сил, що сприяють подачі заготовки, називають тяговим зусиллям:

$$T = \sum_1^i T_i. \quad (1.3)$$

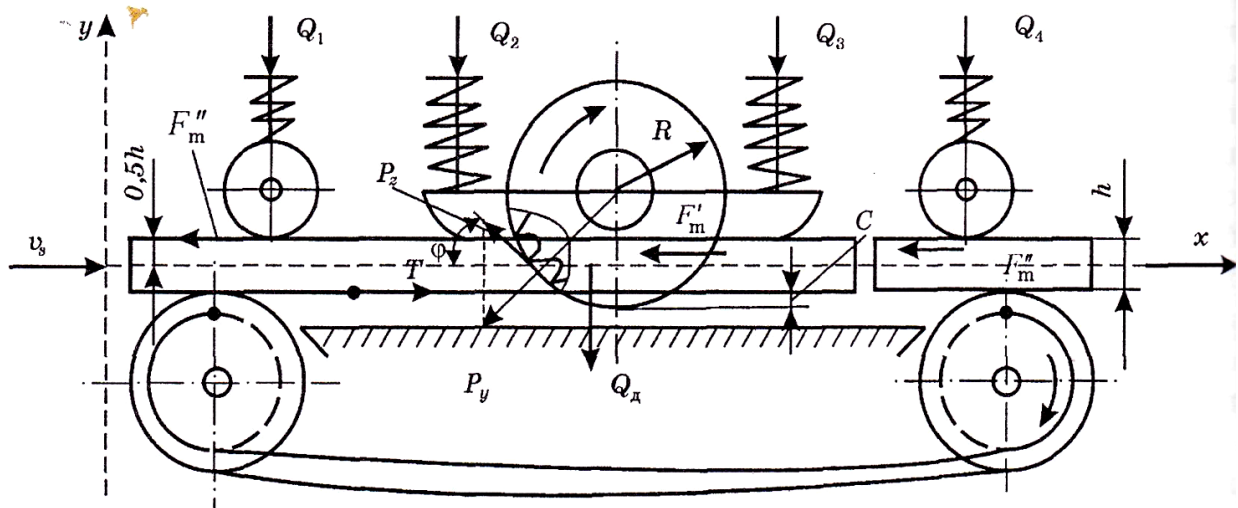


Рисунок 1.1 – Схема круглопилкового верстата з гусеничною подачею для розрахунку опору подачі та тягового зусилля гусениці

На верстатах із попутним різанням дотична сила різання P_z направлена в бік подачі та входить у суму тягових зусиль.

Для надійної подачі заготовок необхідно, щоб тягове зусилля, яке можуть створити органи подачі, було більшим від опору подачі:

$$T = \alpha \cdot S, \quad (1.4)$$

де α – коефіцієнт запасу, що враховує неточності в розрахунках, приймають $\alpha = 1,3 - 1,5$.

Тягове зусилля фрикційних органів подачі визначається за формулою:

$$T_i = Q_i \cdot \varphi_i, \quad (1.5)$$

де Q_i – сила притискання i -го органу подачі; φ_i – коефіцієнт зчеплення між органом подачі і заготовкою (табл. 1.1 - 1.3).

Силу притискання органів подачі визначають з умови надійної подачі заготовок:

$$\sum Q_i = \frac{\alpha \cdot S}{\varphi_i}. \quad (1.6)$$

Сили притискання заготовок елементами, що входять у систему базування, визначають з умов щільного прилягання до установочних поверхонь верстата, відсутності вібрації заготовок, входження заготовок під органи подачі тощо.

Проводячи розрахунки, зважаючи на те, що період проходження заготовки через верстат має три характерні стадії:

- 1) заготовка входить у верстат і подача здійснюється тільки передніми органами подачі;
- 2) заготовка проходить через верстат і подача здійснюється всіма органами подачі;

3) заготівка виходить з верстата і подача здійснюється тільки задніми органами подачі.

Таблиця 1.1 – Коефіцієнт зчеплення рифлених подавальних вальців з деревиною φ_1 [4]

Порода	Вологість, %	Коефіцієнт зчеплення залежно від діаметра вальців, мм							
		60	80	100	120	140	160	180	200
Сосна	12	0,48	0,46	0,44	0,42	0,40	0,38	0,36	0,34
	65	0,55	0,52	0,50	0,48	0,46	0,44	0,41	0,35
Береза	12	0,49	0,47	0,45	0,43	0,41	0,39	0,37	0,35
	65	0,56	0,54	0,52	0,49	0,47	0,45	0,42	0,40
Дуб	12	0,43	0,41	0,39	0,37	0,36	0,34	0,32	0,31
	65	0,49	0,47	0,45	0,43	0,41	0,39	0,37	0,35

Таблиця 1.2 – Коефіцієнт зчеплення гладких подавальних вальців з деревиною φ_2 [4]

Порода	Вологість, %	Коефіцієнт зчеплення залежно від діаметра вальців, мм							
		60	80	100	120	140	160	180	200
Сосна	12	0,20	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,29	0,29
	65	0,26	0,27	0,29	0,30	0,32	0,34	0,35	0,35
Береза	12	0,23	0,24	0,25	0,27	0,29	0,30	0,30	0,27
	65	0,27	0,31	0,34	0,36	0,37	0,37	0,35	0,33
Дуб	12	0,25	0,28	0,32	0,35	0,35	0,34	0,31	0,27
	65	0,29	0,35	0,39	0,41	0,41	0,40	0,37	0,33

Таблиця 1.3 – Коефіцієнт зчеплення гусеничних конвеєрів з деревиною сосни вологістю 60 %, φ_3 [4]

Геометрична форма виступів на гусениці	Кут нахилу бокових граней рифлів, град.									
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	200
У клітку	0,46	0,43	0,41	0,39	0,37	0,34	0,32	0,30	0,27	0,25
Поздовжні	0,35	0,34	0,33	0,32	0,31	0,30	0,28	0,27	0,26	0,25

Сили притискання органів подачі мають забезпечити умову надійної подачі на всіх стадіях проходження заготівки. Тому необхідно розрахувати сили на всіх стадіях і виявити найважчі умови, які приймають за робочі.

Сили різання визначають з умови максимального використання потужності двигуна механізму різання.

Середня дотична сила різання:

$$P_z = \frac{1000 \cdot N_{d.p.} \cdot \eta_{m.p.}}{v}, \quad (1.7)$$

де $N_{d.p.}$ – потужність двигуна механізму різання, кВт; v – швидкість різання, м/с; $\eta_{m.p.}$ – ККД механізму різання.

Середня нормальна сила різання (сила відтиску):

$$P_y = m \cdot P_z, \quad (1.8)$$

де m – перехідний множник від дотичної до нормальної сили різання, який залежить від гостроти інструменту (табл. 1.4).

У табл. 1.4 прийнято позначення: S_z – подача на один різець; $h_{сер.т}$ – середня товщина стружки, що визначається за формулою:

$$h_{сер.т} = S_z \cdot \sin \frac{\varphi_{вих}}{2}, \quad (1.9)$$

$$\varphi_{вих} = \arccos \frac{R - H}{R}, \quad (1.10)$$

де R – радіус кола обертання різальної крайки; H – товщина шару, що знімається.

Таблиця 1.4 – Перехідний множник m від дотичної до нормальної сили різання [3; 6]

Різці	Множник m								
	Поздовжнє пиляння рамними і круглими пилками для S_z , мм			Пиляння стрічковим ипилками для S_z , мм	Пиляння круглими пилками поперечне для S_z , мм	Фрезкування циліндричне поздовжнє для $h_{сер.т}$, мм			
	0,20	0,60	1,00	0,04 - 0,33	0,05 - 0,2	0,1	0,3	0,5	0,7
Гострі	0,25	-0,11	-0,16	0,25 - 0,3	0,4	-0,13	-0,22	-0,25	-0,27
Середньої гостроти	0,50	0,00	-0,06	—	0,6	0,35	0,09	0,01	0,00
Тупі	0,74	0,19	0,07	0,6 - 0,7	1,0	0,77	0,34	0,24	0,20

Для розрахунків зручно користуватись значенням горизонтальної P_z та вертикальної P_y проєкцій від сил різання:

$$P_z = P_{z(x)} + P_{y(x)} = P_z \cdot \cos \varphi + P_y \cdot \sin \varphi, \quad (1.11)$$

$$P_y = P_{z(y)} - P_{y(y)} = P_z \cdot \sin \varphi - P_y \cdot \cos \varphi, \quad (1.12)$$

де φ – кут, який показує положення головної різальної крайки в матеріалі (кінематичний кут зустрічі між швидкістю різання і швидкістю подачі). Його визначають для точки, що лежить на середній висоті пропилу.

Силу тертя ковзання визначають:

$$F'_m = Q \cdot f, \quad (1.13)$$

де Q – сила притискання заготовки до поверхні ковзання; f – коефіцієнт тертя ковзання в парі тертя (табл. 1.5, табл. 1.6).

Сила тертя кочення роликів або вальців:

$$F''_m = Q \cdot \frac{\mu}{R_p}, \quad (1.14)$$

де Q – сила притискання ролика (вальця) до заготовки; μ – коефіцієнт тертя

кочення (табл. 1.7); R_p – радіус роликів (вальців).

Сили тертя кочення котків на підшипниках по металевих напрямних (візки, супорти, каретки) визначають за формулою:

$$F_m'' = Q \cdot K_p \frac{f_o d_n + 2\mu_k}{D_k}, \quad (1.15)$$

де K_p – коефіцієнт, що враховує тертя реборд до металевих напрямних; f_o – зведений коефіцієнт тертя в підшипниках кочення (табл. 1.8); d_n – зовнішній діаметр підшипника, см; μ_k – коефіцієнт тертя кочення котків по металевих напрямних, $\mu_k = 0,045 - 0,055$ см; D_k – діаметр котків.

Свою особливість має силовий розрахунок пилорами з безперервною подачею (рис. 1.2), який полягає у врахуванні сили скобління зубів пилки під час холостого ходу пилкової рамки.

За дослідними даними [4], на пилорамах середнє значення дотичної сили скобління за холостий хід $P_{z(x.x)}$ визначиться:

$$P_{z(x.x)} = (0,4 - 0,7) \cdot P_z. \quad (1.16)$$

Таблиця 1.5 – Коефіцієнт тертя ковзання між матеріалами (за І. В. Крагельським та І. Е. Виноградовою) [5]

№	Матеріали та умови тертя	Коефіцієнт тертя, f
1.	Сталь по сталі в оливній ванні	0,04
2.	Сталь по чавуну або сталі для незначного мащення	0,1
3.	Сталь по чавуну на сухо	0,15 - 0,18
4.	Сталь по сталі на сухо	0,18
5.	Бронза по чавуну під час поганого мащення	0,15
6.	Бронза по сталі на сухо	0,18

Таблиця 1.6 – Коефіцієнти тертя ковзання деревини по деяких матеріалах (за даними Джабуа) [5]

№	Поверхні, що труться	Коефіцієнт тертя, f	
		На початку руху	Під час руху
1.	Чавун по дубу паралельно до волокон:		
	для сухих поверхонь	0,65	0,49
	для мокрих поверхонь	0,35	0,25
2.	Залізо по дубу паралельно до волокон:		
	для сухих поверхонь	0,65	0,26
	змащених салом	0,11	0,08
3.	Дуб по дубу паралельно до волокон, поверхні сухі	0,48 - 0,62	0,48
4.	Дуб по дубу поперек волокон, поверхні сухі	0,34 - 0,54	0,34
5.	Сосна по сталі паралельно до волокон, поверхні сухі	0,36 - 0,6	0,32
6.	Дуб по дубу перпендикулярно волокнам, поверхні сухі	0,19 - 0,43	0,19
7.	Дерево по металу, поверхні сухі	0,6	0,4

Примітка: якщо породи деревини не вказано, брати коефіцієнт ковзання дерева по металу.

Таблиця 1.7 – Коефіцієнт тертя кочення гладких вальців по деревині μ , см [4]

Порода деревини	Вологість, %	Коефіцієнт тертя кочення μ , см для діаметрів вальців, мм						
		60	80	100	120	140	160	180
Сосна	12	0,45	0,50	0,55	0,58	0,600,76	0,630,80	0,65
	65	0,58	0,63	0,67	0,71			0,84
Береза	12	0,520,60	0,56	0,64	0,68	0,70	0,73	0,75
	65		0,67	0,73	0,78	0,81	0,84	0,87
Дуб	12	0,23	0,25	0,26	0,27	0,29	0,31	0,34
	65	0,35	0,37	0,39	0,41	0,44	0,47	0,50

Примітка: для рифлених подавальних вальців коефіцієнт тертя кочення необхідно збільшити множителем $K = 1,15$.

Сила притискання верхнього переднього вальця визначається з умови рівноваги колоди під час холостого ходу пилювальної рамки вверх. Для цього візьмемо суму моментів сил відносно точки А на візку (рис. 1.2):

$$Q_{1(x.x)} = \frac{\beta_1 [P_{z(x.x)} \cdot (l - b) - 0,5 \cdot l \cdot G_k]}{l - a - b}, \quad (1.17)$$

де β_1 – коефіцієнт запасу; l – довжина колоди; a – віддаль від зубів пилюки до осі передніх вальців; b – віддаль від зубів пилюки до осі задніх вальців; G_k – сила тяжіння колоди.

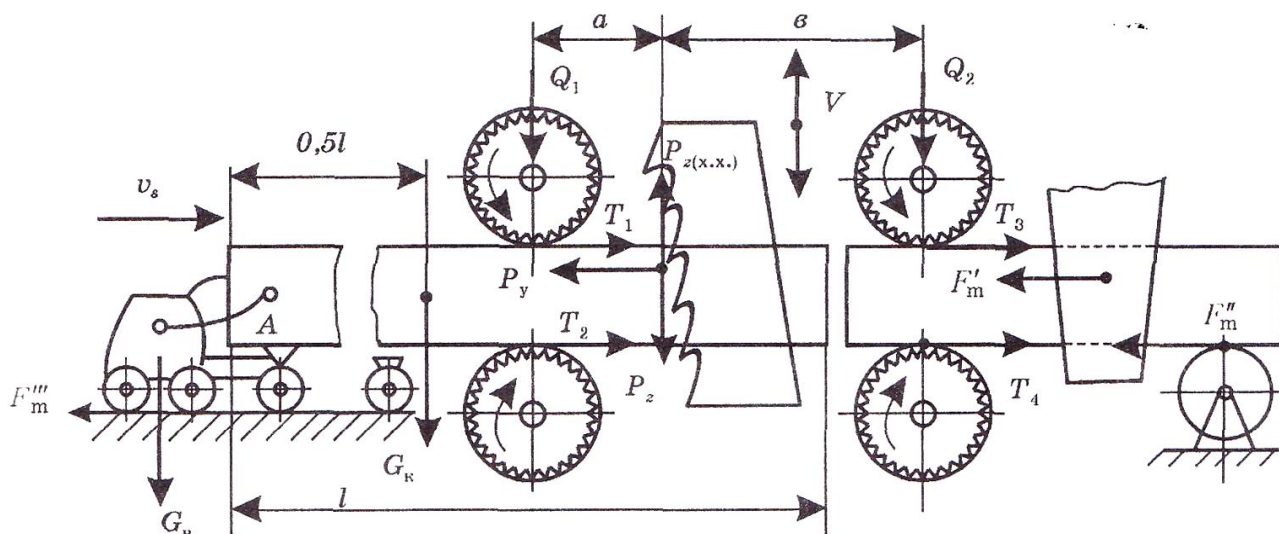


Рисунок 1.2 – Схема пилювальної машини для розрахунку опору подачі та тягових зусиль

Опір подачі на першій стадії під час робочого ходу пилюк:

$$S_I = P_y + F_m'' = mP_z + (G_b + 0,5G_k) \cdot \frac{f_o d_k + 2\mu_k}{D_k} \cdot K_p, \quad (1.18)$$

де G_b – сила тяжіння передрамного візка.

Тягове зусилля, що його можуть створити передні вальці під час робочого ходу на першій стадії:

$$T_I = T_1 + T_2 = Q_{1(x.x)} \varphi_1 + (Q_{1(x.x)} + P_z + 0,5G_k) \cdot \varphi_1', \quad (1.19)$$

де φ_1 і φ_1' – коефіцієнти тертя зчеплення верхнього та нижнього подавальних вальців (див. табл. 1.1).

Таблиця 1.8 – Зведений коефіцієнт тертя в підшипниках кочення f_o

Навантаження, Н	Значення f_o для зовнішнього діаметра підшипника, мм						
	20	40	60	80	100	150	200
200	0,018	0,012	0,009	0,007	0,005	0,004	0,003
400	0,023	0,015	0,011	0,009	0,007	0,006	0,005
600	0,027	0,017	0,013	0,011	0,009	0,008	0,007
800	0,029	0,019	0,014	0,012	0,010	0,009	0,008
1000	0,032	0,021	0,015	0,013	0,012	0,010	0,009
2000	0,040	0,025	0,020	0,016	0,013	0,013	0,012
3000	0,046	0,029	0,022	0,018	0,015	0,014	0,013
4000	0,050	0,032	0,024	0,020	0,017	0,016	0,015
5000	0,054	0,034	0,026	0,021	0,019	0,018	0,016

Потім перевіряють величину коефіцієнта запасу:

$$\frac{T}{S} \geq \alpha_1 = (1,3 - 1,5). \quad (1.20)$$

Якщо коефіцієнт запасу малий, то визначають силу притискання верхнього вальця з умови надійної подачі під час робочого ходу пилки:

$$Q_{1(p.x)} = \frac{\alpha_1 [mP_{zcc}]}{\varphi_1 + \varphi_1'} + \frac{\alpha_1 [(G_g + 0,5G_k) \cdot (f_o \cdot d_n + 2\mu_k) K_p]}{(\varphi_1 + \varphi_1') \cdot D_k} - \frac{(P_{zcc} + 0,5G_k) \cdot \varphi_1'}{\varphi_1 + \varphi_1'}. \quad (1.21)$$

Потім знову визначають S_I , T_I , α_I .

Силу притискання заднього вальця визначають аналогічно, але на стадії виходу колоди з передніх вальців:

$$Q_{2(x.x)} = \frac{\beta_1 [P_{z(x.x)} \cdot (l - a) - 0,5 \cdot l \cdot G_k]}{l - a - b}, \quad (1.22)$$

Опір подачі на третій стадії виходу колоди з пилорами, коли ще пилки ріжуть, а передні вальці вже не подають:

$$S_{III} = P_y + F'_m + F''_m, \quad (1.23)$$

де F'_m – сила тертя ковзання по напрямних ножах; F''_m – сила тертя кочення колоди по підтримуючих роликах зарамного конвеєра.

Силу тертя ковзання деревини на напрямних ножах наближено одержують з таких міркувань і припущень. Приймаємо: середній діаметр колоди $-d_{сер}$; відстань між ножами $-l_n = 0,7 \cdot d_{сер}$; зміщення точок контакту колоди

з подаючими вальцями від центра $-l_k=0,2 \cdot d_{сер}$; зміщення поставу пилок у бік, протилежний до точки контакту на нижньому вальці, $l_n=0,2 \cdot d_{сер}$. Приймаємо: відстань між точками контакту ножів по висоті пропилу $h_n=0,7 \cdot d_{сер}$, тоді, користуючись рівністю моментів усіх сил відносної точки А (рис. 1.3), одержимо:

$$P_n \cdot h_n = P_z(l_n - l_k) + Q_2 \cdot 2l_k. \quad (1.24)$$

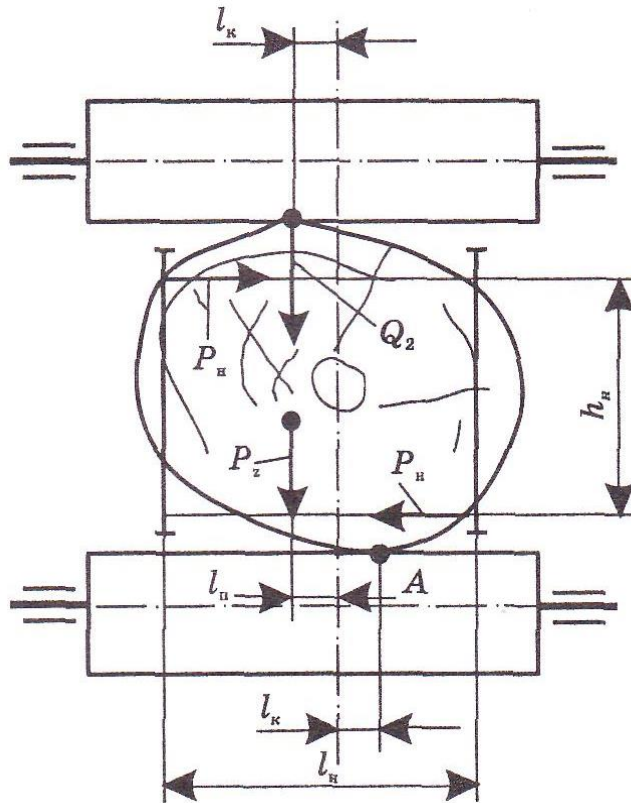


Рисунок 1.3 – Схема для визначення сили тертя по напрямних ножах пилорами

Після підстановки прийнятих значень, одержуємо залежність для визначення сили тертя F'_m :

$$F'_m = P_n \cdot f_n \approx 0,57(P_z + Q_2) \cdot f_n, \quad (1.25)$$

де P_n – нормальна реакція, що виникає на ножах під час проходження деревини; f_n – коефіцієнт тертя ковзання деревини по ножах (див. табл. 1.6).

Опір подачі на третій стадії:

$$S_{III} = mP_z + 0,57(P_z + Q_2) \cdot f_n + 0,5G_k \cdot \frac{\mu}{R_p}. \quad (1.26)$$

Тягове зусилля на третій стадії:

$$T_{III} = Q_2 \varphi_1 + (Q_2 + 0,5G_k + P_z) \cdot \varphi_1', \quad (1.27)$$

Для визначення потужності на подачу використовують залежність:

$$N_n = \frac{1,3 \cdot S_{max} \cdot v_s}{60 \cdot 1000}, \quad (1.28)$$

де 1,3 – коефіцієнт запасу; S_{max} – максимальний сумарний опір подачі, Н; v_s – швидкість подачі, м/хв.

Швидкість подачі v_s визначають як оптимальну з можливих швидкостей подачі за потужністю двигуна механізму різання, якістю обробленої поверхні, об'єму западин зубів тощо. Максимальний опір подачі S_{max} визначають з урахуванням усіх чинників, тобто коли заготовки подаються всіма органами подачі. Це, як правило, проявляється на другій стадії руху через верстат.

Таблиця 1.9 – Коефіцієнт корисної дії кінематичних передач

Назва передачі	Позначення	Числові значення ККД
Пасова передача:		
плоскопасова	$\eta_{п.п.}$	0,97
клинопасова	$\eta_{п.к.}$	0,96
Зубчаста передача:		
циліндрична	$\eta_{з.ц.}$	0,98
конічна	$\eta_{з.к.}$	0,97
Ланцюгова з роликівим ланцюгом		
черв'ячна передача:	$\eta_{л.}$	0,96
самогальмуюча	$\eta_{ч.с.}$	0,3 - 0,5
несамогальмуюча	$\eta_{ч.н.}$	0,6 - 0,85
Фрикційна передача	$\eta_{ф.}$	0,7 - 0,85
Куліса з повзуном	$\eta_{к.п.}$	0,9
Підшипники:		
кочення	$\eta_{коч.}$	0,99
ковзання	$\eta_{ков.}$	0,98

Коефіцієнт корисної дії механізму подачі для послідовного з'єднання передач визначається за формулою:

$$\eta'_n = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_i. \quad (1.29)$$

Для паралельного з'єднання передач ККД визначають:

$$\eta'_n = \frac{N_{к1} + N_{к2} + N_{к3} + \dots + N_{ки}}{\frac{N_{к1}}{\eta_1} + \frac{N_{к2}}{\eta_2} + \frac{N_{к3}}{\eta_3} + \dots + \frac{N_{ки}}{\eta_i}}, \quad (1.30)$$

де η_i – коефіцієнт корисної дії i -ї передачі (табл. 1.9); $N_{ки}$ – корисна потужність на i -му робочому органі.

1.3 Індивідуальні завдання

Виконати розрахунок опору подачі, тягового зусилля, сили притискання та потужності подачі для заданого викладачем верстата та номера варіанта вхідних даних (табл. 1.10).

Таблиця 1.10–Варіанти завдання

Вар.	Операція	Модель верстата	Розмір заготовки, мм	Матеріал заготовки	Стан різального інструмента	Примітка
1	Повздожний розпил	ЦДК4-3	40×300×2500	береза	затуплений	—
2	Стругання	СР6-9	50×70×2200 (3 шт. в закл.)	сосна	середньої гостроти	знімаючий шар до 5 мм.
3	Повздожний розпил	2Р80-1	400×5500	береза	гострий	кількість різальних пилок – 8
4	Повздожний розпил	ЦДК4-3	50×315×2000	дуб	гострий	—
5	Стругання	СР6-9	100×100×2500 (3 шт. в закл.)	береза	затуплений	знімаючий шар до 3 мм.
6	Повздожний розпил	2Р80-1	360×5000	сосна	затуплений	кількість різальних пилок – 6
7	Повздожний розпил	ЦДК4-3	45×315×2500	сосна	середньої гостроти	—
8	Стругання	СР6-9	100×150×2500 (2 шт. в закл.)	дуб	гострий	знімаючий шар до 3 мм.
9	Повздожний розпил	2Р80-1	400×6000	дуб	затуплений	кількість різальних пилок – 8
10	Повздожний розпил	ЦДК4-3	32×250×3000	береза	гострий	—
11	Стругання	СР6-9	150×150×300 (3 шт. в закл.)	сосна	гострий	знімаючий шар до 1 мм.
12	Повздожний розпил	2Р80-1	300×4500	береза	середньої гостроти	кількість різальних пилок – 5
13	Повздожний розпил	ЦДК4-3	25×250×2200	дуб	середньої гостроти	—
14	Стругання	СР6-9	45×350×2500	береза	затуплені	знімаючий шар до 3 мм.
15	Повздожний розпил	2Р80-1	360×5500	сосна	гострий	кількість різальних пилок – 6
16	Повздожний розпил	ЦДК4-3	32×300×2500	сосна	затуплений	—
17	Стругання	СР6-9	55×100×2200 (2 шт. в закл.)	дуб	затуплені	знімаючий шар до 5 мм.
18	Повздожний розпил	2Р80-1	400×6500	дуб	гострий	кількість різальних пилок – 8
19	Повздожний розпил	ЦДК4-3	45×315×2200	береза	середньої гостроти	—
20	Стругання	СР6-9	50×50×3000 (3 шт. в закл.)	сосна	середньої гостроти	знімаючий шар до 3 мм.

1.4 Приклади розрахунків деревообробних верстатів

1.4.1. Приклад розрахунку круглопилкового верстата

Завдання. Розрахувати опір подачі, тягове зусилля, сили притискування заготовок і потужність на подачу для круглопилкового верстата моделі ЦДК4-3. На верстаті розпилюють березові дошки розміром $40 \times 300 \times 2000$ мм.

Розв'язання.

1. Викреслюють розрахункову схему (див. рис. 1.1).
2. З технічної характеристики верстата ЦДК4-3 відомо, що потужність двигуна механізму різання $N_{д,р} = 13$ кВт. Частота обертання пилкового вала $n = 2910$ хв⁻¹. Діаметр пилки $D = 400$ мм.
3. Дотичну силу різання визначають з умови максимального завантаження двигуна механізму різання за формулою (1.7).

ККД механізму різання для даного верстату:

$$\eta_{м.р.} = \eta_m \cdot \eta_{коч.} \cdot \eta_в,$$

де η_m – ККД муфти, $\eta_m = 0,995$; $\eta_{коч.}$ – ККД підшипників кочення, $\eta_{коч.} = 0,99$; $\eta_в$ – ККД, що враховує вентиляційні втрати потужності під час обертання пилки, $\eta_в = 0,97$:

$$\eta_{м.р.} = 0,995 \cdot 0,99 \cdot 0,97 = 0,955.$$

Швидкість різання:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000}, v = \frac{3,1416 \cdot 400 \cdot 2910}{60 \cdot 1000} = 60,9 \text{ (м/с)}$$

$$P_z = \frac{1000 \cdot 13 \cdot 0,955}{60,9} = 204 \text{ Н}$$

4. Визначається сила відтиску матеріалу (нормальна сила різання) згідно (1.8).

Перехідний множник m визначають з табл. 1.4, $m = 0,5$ для зубів середньої гостроти:

$$P_y = 0,5 \cdot 204 = 102 \text{ Н}$$

5. Розраховується горизонтальна проекція від сил різання згідно (1.11):

Для круглопилкових верстатів із верхнім розміщенням пилки:

$$\cos \varphi = \frac{R - 0,5h - c}{R},$$

де R – радіус пилки, $R = 200$ мм; h – висота пропилу, $h = 40$ мм; c – вихід пилки за матеріал, $c = 2$ мм:

$$\cos \varphi = \frac{200 - 0,5 \cdot 40 - 2}{200} = 0,89; \sin \varphi = \sqrt{1 - 0,89^2} = 0,456,$$

$$P_z = 204 \cdot 0,89 + 102 \cdot 0,456 = 228 \text{ Н.}$$

6. Вертикальна проекція від сил різання (1.12):

$$P_6 = 204 \cdot 0,456 - 102 \cdot 0,89 = 2,25 \text{ Н.}$$

7. Розраховується опір подачі на першій стадії коли заготівка входить у верстат:

$$S_I = P_2 + (Q_2 + Q_3) \cdot f + Q_1 \frac{\mu}{R_p}, \quad (1.31)$$

де Q_2, Q_3 — сили притискання колодок; f — коефіцієнт тертя ковзання колодок по заготівці, $f = 0,25$, з табл. 1.6; μ — коефіцієнт тертя кочення, $\mu = 0,6$ см, з табл. 1.7; R_p — радіус притискного ролика, $R_p = 3$ см; Q_1 — сила притискання ролика.

Силу притискання колодок визначають з умови, що вертикальна складова від сили різання за умови гострого інструменту не повинна відривати заготівку вгору від гусениці:

$$Q_2 = \beta \cdot (P_z \cdot \sin \varphi - m_z \cdot P_z \cdot \cos \varphi),$$

де β — коефіцієнт запасу, $\beta = 1,3$; $m_z = 0,25$ — перехідний множник для гострого інструменту (з табл. 1.4):

$$Q_2 = 1,3 \cdot (204 \cdot 0,456 - 0,25 \cdot 204 \cdot 0,89) = 62 \text{ Н, } Q_3 = Q_2 = 62 \text{ Н.}$$

8. Тягове зусилля гусениці на першій стадії подавання заготівки:

$$T_1 = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + G_3 + P_6) \cdot \varphi_3, \quad (1.32)$$

де G_3 — сила ваги заготівки; P_6 — коефіцієнт зчеплення гусениці з поверхнею заготівки, $\varphi_3 = 0,46$ (з табл. 1.3).

Сила ваги заготівки, Н:

$$G_3 = V \cdot \rho \cdot g,$$

де V — об'єм заготівки, м^3 ; ρ — густина берези (додаток, табл. 14), $\rho = 650$ $\text{кг}/\text{м}^3$; g — прискорення земного тяжіння, $g = 9,81$ $\text{м}/\text{с}^2$;

$$G_3 = 2 \cdot 0,3 \cdot 0,04 \cdot 650 \cdot 9,81 = 153 \text{ Н.}$$

9. Силу притискання заготівки переднім роликом визначають, виходячи з умови надійного подавання заготівки на першій стадії:

$$T_I = \alpha_1 \cdot S_I.$$

Величина сили притискання ролика:

$$Q_1 = \frac{\alpha_1 (P_2 + 2 \cdot Q_2 \cdot f) - \varphi_3 (G_3 + 2 \cdot Q_2 + P_6)}{\varphi_3 - \frac{\mu}{R_p} \cdot \alpha_1},$$

Виконаємо підстановку значень:

$$Q_1 = \frac{1,3(228 + 2 \cdot 62 \cdot 0,25) - 0,46(153 + 2 \cdot 62 + 2,25)}{0,46 - \frac{0,6}{3} \cdot 1,3} = 208 \text{ Н.}$$

10. Силу притискання заготовки заднім роликком визначають з умови надійного подавання заготовки на третій стадії, коли вона виходить з верстата й уже не притискається переднім роликком:

$$T_{III} = \alpha_3 \cdot S_{III}.$$

Формули для визначення T_{III} і S_{III} аналогічні $T_{II} = T_I$, $S_{III} = S_I$, звідки $Q_4 = Q_1$.

11. Опір подачі на першій і третій стадіях визначимо за формулою (1.31):

$$S_I = S_{III} = 228 + (62 + 62) \cdot 0,25 + 208 \cdot \frac{0,6}{3} = 300,6 \text{ Н.}$$

12. Тягове зусилля на першій і третій стадіях за формулою (1.32):

$$T_I = T_{III} = (208 + 62 + 62 + 153 + 2,25) \cdot 0,46 = 224,1 \text{ Н.}$$

13. Коефіцієнт запасу на першій і третій стадіях:

$$\alpha_1 = \alpha_3 = \frac{T_I}{S_I} = \frac{224,1}{300,6} = 0,75.$$

14. Опір подачі на другій стадії, коли заготовка проходить через верстат і притиснута всіма роликками та колодкою:

$$S_{II} = P_2 + (Q_2 + Q_3) \cdot f + Q_1 \cdot \frac{\mu}{R_p} + Q_4 \cdot \frac{\mu}{R_p};$$

$$S_{II} = 228 + (62 + 62) \cdot 0,25 + 208 \cdot \frac{0,6}{3} + 208 \cdot \frac{0,6}{3} = 343,2 \text{ Н.}$$

15. Тягове зусилля на другій стадії:

$$T_{II} = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + G_3 + P_6 + Q_4) \cdot \varphi_3;$$

$$T_{II} = (208 + 62 + 62 + 153 + 2,25 + 208) \cdot 0,46 = 320 \text{ Н.}$$

16. Коефіцієнт запасу тягового зусилля на другій стадії:

$$\alpha_2 = \frac{T_{II}}{S_{II}} = \frac{320}{343,2} = 0,93.$$

Розрахунки показують, що на всіх стадіях проходження заготовок через верстат запас тягового зусилля недостатній для надійного подавання їх без зупинок.

17. Потужність на подачу заготовок визначають за формулою:

$$N_n = \frac{1,3 \cdot S_{II} \cdot v_{s(N_{\partial.p.})}}{60},$$

де $v_{s(N_{д.р.})}$ – можлива швидкість подачі за потужністю двигуна механізму різання.

Можливу швидкість подачі $v_{s(N_{д.р.})}$ визначають за відомою з теорії різання методикою розв'язування оберненої задачі. Спочатку визначають добуток $K_m \cdot S_z$:

$$K_m \cdot S_z = \frac{60 \cdot 1000 \cdot N_{д.р.} \cdot \eta_{м.р.}}{a_{нонр} \cdot b \cdot h \cdot z \cdot n},$$

де K_m – питома робота різання, Дж/см²; S_z – подача на зуб пилки, мм; $N_{д.р.}$ – потужність двигуна механізму різання, Вт; $a_{нонр}$ – поправковий коефіцієнт; b – ширина пропилу, мм; h – висота пропилу мм; z – кількість зубів пилки; n – частота обертання пилки.

Нехай на верстаті установлені стругальну пилку за ГОСТ 18479-83, тип 1 – пилка одноконусна для поздовжнього розпилювання. Діаметр пилки $D = 400$ мм, товщина $b = 3,6$ мм, кількість зубів $z = 60$ з кутом різання $\delta = 70^\circ$.

Поправковий коефіцієнт для розпилювання круглою пилкою можна визначити:

$$a_{нонр} = \alpha_n \cdot \alpha_\omega \cdot \alpha_\rho \cdot \alpha_\delta \cdot \alpha_v \cdot \alpha_h,$$

де a_n – множник, що враховує породу, для берези $a_n = 1,25$ (додаток, табл. 4...10); a_ω – множник, що враховує вологість, для напівсухої деревини ($W = 25-30\%$), $a_\omega = 1,05$; a_ρ – множник, що враховує гостроту інструменту, для часу роботи пилки 120 хв., $a_\rho = 1,5$; a_v – множник, що враховує швидкість різання, для $v = 60,9$ м/с; $a_v = 1,02$; a_δ – множник, що враховує кут різання, для $\delta = 70^\circ$, $a_\delta = 1,34$; a_h – множник, що враховує висоту пропилу, для $h = 40$ мм, $a_h = 0,95$.

$$a_{нонр} = 1,25 \cdot 1,05 \cdot 1,5 \cdot 1,02 \cdot 1,34 \cdot 0,95 = 2,56.$$

$$K_m \cdot S_z = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 13000 \cdot 0,955}{2,56 \cdot 3,6 \cdot 40 \cdot 60 \cdot 2910} = 11,62 \text{ Н/мм.}$$

За величиною $K_m \cdot S_z$ (додаток, табл. 1) шляхом інтерполяції визначають $S_z = 0,19$ мм:

$$v_{s(N_{д.р.})} = \frac{S_z \cdot n \cdot z}{1000}, \quad v_{s(N_{д.р.})} = \frac{0,19 \cdot 2910 \cdot 60}{1000} = 33,17 \text{ м/хв.}$$

Потужність на подачу:

$$N_n = \frac{1,3 \cdot 343,2 \cdot 33,17}{60} = 246,7 \text{ Вт.},$$

Результати розрахунків зведені в табл. 1.10.

Таблиця 1.10. Результати силового розрахунку круглопилкового верстата моделі ЦДК4-3

з/п	Назва показників	Одиниця вимірювання	Величина показника
1.	Дотична сила різання P_z	Н	204,0
2.	Нормальна сила відтиску P_y	Н	102,0
3.	Горизонтальна проекція від сил різання P_2	Н	228,0
4.	Вертикальна проекція від сил різання P_6	Н	2,25
5.	Опір подачі на першій стадії S_I	Н	300,6
6.	Опір подачі на другій стадії S_{II}	Н	343,2
7.	Опір подачі на третій стадії S_{III}	Н	300,6
8.	Тягове зусилля на першій стадії T_I	Н	224,1
9.	Тягове зусилля на другій стадії T_{II}	Н	320
10.	Тягове зусилля на третій стадії T_{III}	Н	224,1
11.	Сила притискання колодок Q_2 і Q_3	Н	62,0
12.	Сила притискання роликів Q_1 і Q_4	Н	208
13.	Швидкість подачі $v_{s(n.a.d.)}$	м/с	33,17
14.	Потужність на подачу N_n	Вт	246,7

1.4.2. Приклад розрахунку рейсмусового верстата

Завдання. Розрахувати опір подачі, тягове зусилля, сили притискання заготовок і потужність на подачу для рейсмусового верстата СР6-9. На верстаті обробляють дубові заготівки розміром $50 \times 70 \times 2200$ мм по три в закладці. Товщина шару деревини, що знімається, до 5 мм.

Розв'язання.

1. Викреслюють розрахункову схему (рис. 1.4).

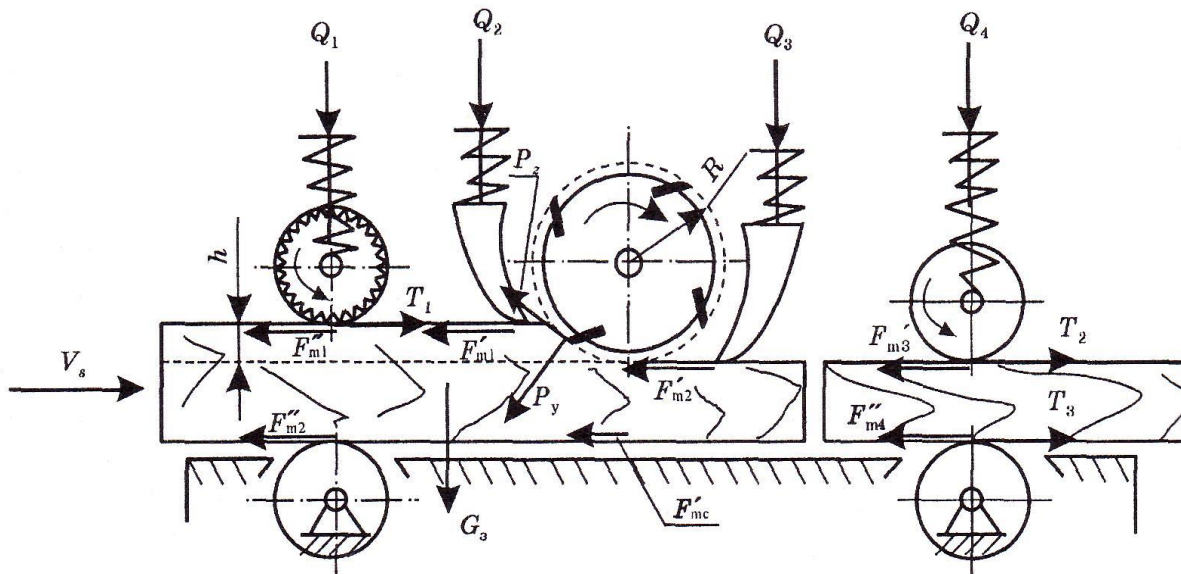


Рисунок 1.4– Схема рейсмусового верстата для розрахунку опору подачі та тягового зусилля

2. З технічної характеристики верстата СР6-9 знаходимо, що потужність двигуна механізму різання $N_{д.р.} = 7,5$ кВт, частота обертання ножового вала $n = 4570$ хв⁻¹. Діаметр корпусу ножового вала $D = 125$ мм. Діаметр подавальних вальців $D_e = 120$ мм. З кінематичної схеми верстата видно, що подача заготовок здійснюється одним переднім і двома задніми вальцями.

3. Середню колову силу різання визначають з умови максимального навантаження двигуна механізму різання за формулою (1.7):

ККД механізму різання для даного верстату:

$$\eta_{м.р.} = \eta_{п.к.} \cdot \eta_{коч.} \cdot \eta_e,$$

де $\eta_{п.к.}$ – для клинопасової передачі, $\eta_{п.к.} = 0,96$; $\eta_{коч.}$ – ККД підшипників кочення, $\eta_{коч.} = 0,99$; η_e – ККД, що враховує вентиляційні втрати потужності, $\eta_e = 0,98$.

$$\eta_{м.р.} = 0,96 \cdot 0,99 \cdot 0,98 = 0,93.$$

Швидкість різання визначають:

$$v = \frac{\pi \cdot D_p \cdot n}{60 \cdot 1000}, \quad D_p = D + 2\tau,$$

де D_p – діаметр кола різання, мм.

де τ – виступ ножів за корпус ножового вала, $\tau = 1,5$ мм:

$$D_p = 125 + 2 \cdot 1,5 = 128 \text{ мм},$$

$$v = \frac{3,1416 \cdot 128 \cdot 4570}{60 \cdot 1000} = 30,63 \text{ м/с}.$$

Середня колова сила різання:

$$P_{z_{\text{кол}}} = \frac{1000 \cdot 7,5 \cdot 0,93}{30,63} = 227,72 \approx 228 \text{ Н.}$$

4. Середня сила відтиску заготовки для тупих ножівзгідно(1.8).

Перехідний множник m визначають з табл. 1.4, $m=0,77$ для тупих ножів і товщини стружки до 0,1 мм:

$$P_y = 0,77 \cdot 228 = 176 \text{ Н.}$$

5. Розраховується горизонтальна проекція від сил різаннязгідно (1.11):

За відомими формулами визначаємо:

$$\cos \varphi = \frac{R - 0,5 \cdot h}{R},$$

де R – радіус діаметра кола різання, $R= 64$ мм; h – висота пропилу, $h= 5$ мм;

$$\cos \varphi = \frac{64 - 0,5 \cdot 5}{64} = 0,961; \sin \varphi = \sqrt{1 - 0,961^2} = 0,277;$$

$$P_z = 228 \cdot 0,961 + 176 \cdot 0,277 = 268 \text{ Н.}$$

6. Вертикальна проекція від сил різання (1.12):

$$P_g = 228 \cdot 0,277 - 176 \cdot 0,961 = -106 \text{ Н.}$$

Знак "мінус" показує, що сила P_g для тупих ножів направлена вниз.

7. Опір подачі на першій стадії – заготовка входить у верстат. Подавання здійснюється одним переднім рифленим вальцем (див. рис. 1.4).

$$S_I = P_z \cdot \cos \varphi + P_y \cdot \sin \varphi + F'_{m1} + F'_{m2} + F'_{mc} + F''_{m1} + F''_{m2},$$

або

$$S_I = P_z + (Q_2 + Q_3) \cdot f + (Q_2 + Q_3 + 0,5 \cdot G_3 + P_g) \cdot f + Q_1 \frac{\mu_1}{R_6} + \\ + (Q_1 + 0,5 \cdot G_3) \cdot \frac{\mu_2}{R_6},$$

де f – коефіцієнт тертя ковзання дуба по сталі, $f = 0,26$ (див. табл. 1.6); μ_1, μ_2 – коефіцієнти тертя кочення, $\mu_1 = 0,31$ см, $\mu_2 = 0,27$ см (див. табл. 1.7).

8. Силу притискання верхнього підпора Q_2 визначають з умови надійного притискання заготовок до стола хід дією максимальної фактичної гили різання $P_{z_{\text{max}}}$ для гострих різців:

$$Q_2 = \beta_1 \cdot (P_{z_{\text{max}}} \cdot \sin \varphi - P_{z_{\text{max}}} \cdot \cos \varphi),$$

де β_1 – коефіцієнт запасу, $\beta_1 = 1,25$.

9. Максимальну фактичну силу різання для фрезування визначають:

$$P_{z_{\max}} = P_{z_{\text{нв}}} \cdot \frac{4\pi \cdot R}{z \cdot l},$$

де z – кількість ножів, $z = 4$; R – радіус кола різання; l – довжина дуги різання.

$$l = R \cdot \arccos \frac{R \cdot h}{R}; l = 64 \cdot \arccos \frac{64 \cdot 5}{64} = 25,47 \text{ мм};$$

$$P_{z_{\max}} = 228 \cdot \frac{4 \cdot 3,1416 \cdot 64}{4 \cdot 25,47} = 1793 \text{ Н.}$$

10. Максимальна фактична сила відтиску для гострого ножа згідно (1.8):

Перехідний множник m визначають з табл. 1.4, $m = -0,25$ для гострих ножів:

$$P_{y_{\max}} = -0,25 \cdot 1793 = -448,25 \text{ Н.}$$

Знак "мінус" показує, що максимальна фактична сила відтиску для гострих ножів направлена вгору:

$$Q_2 = 1,25 \cdot (1793 \cdot 0,277 + 448,25 \cdot 0,961) = 1159 \text{ Н.}$$

11. Силу притискання заднього антивібратора приймають за рекомендаціями О. Е. Грубе, В. І. Саньова [5]:

$$Q_3 = 0,25 \cdot Q_2 = 0,25 \cdot 1159 = 290 \text{ Н.}$$

12. Тягове зусилля верхнього подавального вальця:

$$T_l = T_1 = Q_1 \cdot \varphi_1,$$

де φ_l – коефіцієнти зчеплення рифленого подавального вальця з заготовкою, $\varphi_l = 0,37$ (див. табл. 1.1); Q_l – сила притискання верхнього подавального вальця.

13. Для надійної подачі заготовок на першій стадії необхідно забезпечити умову:

$$T_l = T_1 = Q_1 \cdot \varphi_1,$$

Після підстановок значень T і S отримаємо:

$$Q_1 \cdot \varphi_1 = \alpha_1 [P_2 + (Q_2 + Q_3) \cdot f + (Q_2 + Q_3 + 0,5 \cdot G_3 + P_6) \cdot f + \\ + Q_1 \cdot \frac{\mu_1}{R_6} + (Q_1 + 0,5 \cdot G_3) \cdot \frac{\mu_2}{R_6}].$$

Розв'язавши рівняння відносно Q_l , одержимо:

$$Q_1 = \frac{\alpha_1 [P_2 + (Q_2 + Q_3) \cdot f] + \alpha_1 [(Q_2 + Q_3 + 0,5 \cdot G_3 + P_6) \cdot f]}{\varphi_1 - \alpha_1 \cdot \frac{\mu_1}{R_6} - \alpha_1 \cdot \frac{\mu_2}{R_6}} + \frac{\alpha_1 \left[0,5 \cdot G_3 \cdot \frac{\mu_2}{R_6} \right]}{\varphi_1 - \alpha_1 \cdot \frac{\mu_1}{R_6} - \alpha_1 \cdot \frac{\mu_2}{R_6}}.$$

14. Силу ваги заготівок визначають:

$$G_3 = V \cdot g \cdot \rho = i \cdot L \cdot B \cdot H \cdot g \cdot \rho,$$

де i – кількість заготівок в закладці, $i = 3$; L – довжина заготівок, $L = 2,2$ м; B – ширина заготівок, $B = 0,07$ м; H – товщина заготівок, $H = 0,05$ м; g – прискорення земного тяжіння, $g = 9,81$ м/с²; ρ – густина дуба (додаток, табл. 15), $\rho = 810$ кг/м³.

$$G_3 = 3 \cdot 2,2 \cdot 0,07 \cdot 0,05 \cdot 9,81 \cdot 810 = 184 \text{ Н.}$$

15. Після підстановок визначають силу притискання верхнього переднього подавального вальця:

$$Q_1 = \frac{1,3 [268 + (1159 + 290) \cdot 0,26] + 1,3 [(1159 + 290 + 0,5 \cdot 184 + 106) \cdot 0,26]}{0,37 - 1,3 \cdot \frac{0,31}{12} - 1,3 \cdot \frac{0,27}{12}} + \frac{1,3 \left[0,5 \cdot 184 \cdot \frac{0,27}{12} \right]}{0,37 - 1,3 \cdot \frac{0,31}{12} - 1,3 \cdot \frac{0,27}{12}} = 4550 \text{ Н.}$$

16. Опір подачі на першій стадії:

$$S_1 = 268 + (1159 + 290) \cdot 0,26 + (1159 + 290 + 0,5 \cdot 184 + 106) \cdot 0,26 + 4550 \cdot \frac{0,31}{12} + (4550 + 0,5 \cdot 184) \cdot \frac{0,27}{12} = 1295 \text{ Н.}$$

17. Тягове зусилля на першій I стадії:

$$T_I = 4550 \cdot 0,37 = 1683,5 \text{ Н.}$$

Коефіцієнт запасу тягового зусилля:

$$\alpha_1 = \frac{T_I}{S_I} = \frac{1683,5}{1295} = 1,3.$$

Це означає, що на першій стадії заготівка буде надійно подаватися органами подавання.

18. Для визначення сили притискання заднього вальця розглядають роботу верстата на третій стадії – вихід заготівки з верстата, коли передній валець уже

не подає, а всю подачу беруть на себе два задні гладкі вальці.

19. Опір подачі на третій стадії:

$$S_{III} = P_2 + (Q_2 + Q_3) \cdot f + (Q_2 + Q_3 + 0,5 \cdot G_3 + P_6) \cdot f + Q_4 \cdot \frac{\mu_1}{R_6} + \\ + (Q_4 \cdot 0,5 \cdot G_3) \cdot \frac{\mu_1}{R_6}.$$

20. Тягове зусилля на третій стадії:

$$T_{III} = T_3 + T_4 = Q_4 \cdot \varphi_2 + (Q_4 \cdot 0,5 \cdot G_3) \cdot \varphi_2.$$

Силу притискання заднього вальця визначають з рівняння надійної подачі:

$$Q_4 \cdot \varphi_2 + (Q_4 \cdot 0,5 \cdot G_3) \cdot \varphi_2 = \alpha_3 [P_2 + (Q_2 + Q_3) \cdot f + \\ + (Q_2 + Q_3 + 0,5 \cdot G_3 + P_6) \cdot f + Q_4 \cdot \frac{\mu_1}{R_6} + (Q_4 \cdot 0,5 \cdot G_3) \cdot \frac{\mu_1}{R_6}];$$

Розв'язавши рівняння відносно Q_4 , одержимо:

$$Q_4 = \frac{\alpha_3 [P_2 + (Q_2 + Q_3) \cdot f] + \alpha_3 [(Q_2 + Q_3 + 0,5 \cdot G_3 + P_6) \cdot f] + \alpha_3 \left[0,5 \cdot G_3 \cdot \frac{\mu_2}{R_6} \right]}{2 \cdot \varphi_2 - \alpha_3 \frac{\mu_1}{R_6} - \alpha_3 \frac{\mu_2}{R_6}};$$

$$Q_4 = \frac{1,3 [268 + (1159 + 290) \cdot 0,26] + 1,3 [(1159 + 290 + 0,5 \cdot 184 + 106) \cdot 0,26]}{2 \cdot 0,35 - 1,3 \frac{0,31}{12} - 1,3 \frac{0,27}{12}} + \\ + \frac{1,3 \left[0,5 \cdot 184 \cdot \frac{0,27}{12} \right]}{2 \cdot 0,35 - 1,3 \frac{0,31}{12} - 1,3 \frac{0,27}{12}} = 2193,4 \text{ Н.}$$

21. Опір подачі на третій стадії:

$$S_{III} = 268 + (1159 + 290) \cdot 0,26 + (1159 + 290 + 0,5 \cdot 184 + 106) \cdot 0,26 + \\ + 2193,4 \cdot \frac{0,27}{12} + (2193,4 + 0,5 \cdot 184) \cdot \frac{0,27}{12} = 1173,7 \text{ Н.}$$

22. Тягове зусилля на третій стадії:

$$T_{III} = 2193,4 \cdot 0,35 + (2193,4 + 0,5 \cdot 184) \cdot 0,35 = 1567,6 \text{ Н.}$$

23. Коефіцієнт запасу тягового зусилля:

$$\alpha_3 = \frac{T_{III}}{S_{III}} = \frac{1567,6}{1173,7} = 1,34.$$

24. Опір подачі на другій стадії:

$$S_{II} = P_c + (Q_2 + Q_3)f + (Q_2 + Q_3 + G_3 + P_6)f + Q_1 \cdot \frac{\mu_1}{R_6} + Q_1 \cdot \frac{\mu_2}{R_6} + 2 \cdot Q_4 \cdot \frac{\mu_2}{R_6};$$

$$S_{II} = 268 + (1159 + 290) \cdot 0,26 + (1159 + 290 + 184 + 90,6) \cdot 0,26 + 4550 \cdot \frac{0,31}{12} + 4550 \cdot \frac{0,27}{12} + 2 \cdot 2193,4 \cdot \frac{0,27}{12} = 1411,5 \text{ Н.}$$

25. Тягове зусилля на другій стадії:

$$T_{II} = T_1 + T_2 + T_3 = Q_1 \cdot \varphi_1 + Q_4 \cdot \varphi_2 + Q_4 \cdot \varphi_2,$$

$$T_{II} = 4550 \cdot 0,37 + 2193,4 \cdot 0,35 + 2193,4 \cdot 0,35 = 3218,9 \text{ Н.}$$

26. Коефіцієнт запасу тягового зусилля на другій стадії:

$$\alpha_2 = \frac{T_{II}}{S_{II}} = \frac{3218,9}{1411,5} = 2,28.$$

27. Потужність на подачу:

$$N_n = \frac{1,3 \cdot S_{II} \cdot v_s}{60},$$

де v_s – оптимальна швидкість подачі, яка визначена за умовою повного використання потужності двигуна механізму різання.

Для визначення v_s за потужністю двигуна механізму різання визначимо добуток $K_m \cdot S_z$:

$$K_m \cdot S_z = \frac{60 \cdot 1000 \cdot N_{д.р.} \cdot \eta_{м.р.}}{a_{нопр} \cdot b \cdot h \cdot z \cdot n},$$

де $a_{нопр}$ – поправковий коефіцієнт; b – ширина фрезерування, $b = i \cdot B$; h – товщина шару, що знімається, $h = 5$ мм; z – кількість ножів, $z = 4$; n – частота обертання ножового вала, $n = 4570$ хв⁻¹.

Поправковий коефіцієнт:

$$a_{нопр} = \alpha_n \cdot \alpha_\omega \cdot \alpha_\rho \cdot \alpha_\delta \cdot \alpha_v,$$

де a_n – множник, що враховує породу, для дуба $a_n = 1,55$ (додаток, табл. 4...10); a_ω – множник, що враховує вологість, для напівсухої деревини ($W = 8-12$ %), $a_\omega = 1,0$; a_ρ – множник, що враховує гостроту інструменту, для часу роботи пилки 180 хв., $a_\rho = 1,42$; a_v – множник, що враховує швидкість різання, для $v = 30$ м/с; $a_v = 1,04$; a_δ – множник, що враховує кут різання, для $\delta = 60^\circ$, $a_\delta = 1,0$.

$$a_{нопр} = 1,55 \cdot 1,0 \cdot 1,42 \cdot 1,0 \cdot 1,04 = 2,289.$$

$$K_m \cdot S_z = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 7500 \cdot 0,93}{2,89 \cdot 3 \cdot 70 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4570} = 11,91 \text{ Н/мм.}$$

За величиною $K_m \cdot S_z$ (з додатку табл.2) шляхом інтерполяції визначають подачу на лезо $S_z = 0,576$ мм.

Можлива швидкість подачі за потужністю двигуна механізму різання:

$$v_{s(N_{d.p.})} = \frac{S_z \cdot n \cdot z}{1000}, \quad v_{s(N_{d.p.})} = \frac{0,576 \cdot 4 \cdot 4570}{1000} = 10,53 \text{ м/хв.}$$

Потужність на подачу:

$$N_n = \frac{1,3 \cdot 1411,5 \cdot 10,53}{60 \cdot 1000} = 0,32 \text{ кВт.},$$

Результати розрахунків звести до таблиці (див. п.п 1.4.1)

1.4.3. Приклад розрахунку пилорами

Завдання. Розрахувати опір подачі, тягове зусилля, сили притискання колод і потужність подачі для пилорами моделі 2Р80-1, на якій розпилюють соснові колоди розміром 400×6000 мм поставом з 8-ми пилок.

Розв'язання.

1. Викреслюють розрахункову схему (див. рис. 1.2).

2. З технічної характеристики пилорами 2Р80-1 знаходимо, що потужність двигуна механізму різання $N_{д.р.} = 125$ кВт, частота обертання колінчастого вала $= 320$ хв⁻¹, хід пилкової рамки $H = 700$ мм.

3. Силу різання визначають з умови максимального завантаження двигуна механізму різання за формулою (1.7):

ККД механізму різання для даного верстату:

$$\eta_{м.р.} = \eta_{п.к.} \cdot \eta_{коч}^2 \cdot \eta_{п.з.}^4 \cdot \eta_{в.},$$

де $\eta_{п.к.}$ – для клинопасової передачі, $\eta_{п.к.} = 0,96$; $\eta_{коч}$ – ККД підшипників кочення, $\eta_{коч} = 0,99$; $\eta_{п.з.}$ – ККД повзунів пилкової рами, $\eta_{п.з.} = 0,95$; $\eta_{в.}$ – ККД, що враховує вентиляційні втрати потужності, $\eta_{в.} = 0,97$:

$$\eta_{м.р.} = 0,96 \cdot 0,99^2 \cdot 0,95^4 \cdot 0,97 = 0,743.$$

Середню швидкість різання визначають:

$$v_{сер} = \frac{H \cdot n}{30 \cdot 1000}, \quad v_{сер} = \frac{700 \cdot 320}{30 \cdot 1000} = 7,47 \text{ м/с.}$$

$$P_{z_{сер}} = \frac{1000 \cdot 125 \cdot 0,743}{7,47} = 12433 \text{ Н.}$$

4. Фактична сила різання під час робочого ходу:

$$P_{\phi} = 2 \cdot P_{z_{сер}} = 2 \cdot 12433 = 24866 \text{ Н.}$$

5. Сила відтиску колоди для тупих пилок:

$$P_n = 2 \cdot P_{z_{cep}} = 0,3 \cdot 12433 = 3730 \text{ Н}$$

6. Сила скобління зубів пилок за дно пропилу для пилорами визначається за (1.16).

Приймають:

$$P_{z(x.x)} = 0,5 \cdot P_{z_{cep}} = 0,5 \cdot 12433 = 6217 \text{ Н}$$

7. Силу притискання верхнього вальця визначають за (1.17):

Приймають:

$$\beta_l = 1,3; l = 6 \text{ м}; a = b = 0,2 \text{ м};$$

$$G_k = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l \cdot \rho \cdot g = \frac{3,14 \cdot 0,40^2}{4} \cdot 6 \cdot 520 \cdot 9,81 = 3844 \text{ Н}$$

$$Q_{1(x.x)} = \frac{1,3[6217 \cdot (6 - 0,2) - 0,5 \cdot 6 \cdot 3844]}{6 - 0,2 - 0,2} = 5693,7 \text{ Н}$$

Визначають силу притискання колоди верхнім вальцем за умови надійної подачі під час робочого ходу пилок за формулою (1.21):

В якому величина $G_6 = 24\,500 \text{ Н}$ – сила тяжіння передрамного візка.

$$Q_{1(p.x)} = \frac{1,3 \cdot 3730}{0,35 + 0,4} + \frac{1,3[(24500 + 0,5 \cdot 5693,7) \cdot (0,15 \cdot 4 + 2 \cdot 0,055) \cdot 1,25]}{(0,35 + 0,4) \cdot 30} - \frac{(12433 + 0,5 \cdot 5693,7) \cdot 0,40}{0,35 + 0,4} = -279,7 \text{ Н}$$

Це показує, що під час робочого ходу колоду притискати не потрібно, тому приймають:

$$Q_1 = Q_{1(x.x)} = 5693,7 \text{ Н}$$

8. Опір подачі на першій стадії – колода входить у пилораму, визначаємо за (1.18):

$$S_l = 3730 + (24500 + 0,5 \cdot 3844) \cdot \frac{0,15 \cdot 4 + 2 \cdot 0,055}{30} \cdot 1,25 = 4016 \text{ Н}$$

9. Тягове зусилля, що його створюють передні подавальні вальці на першій стадії визначають за формулою (1.19):

$$T_l = 5693,7 \cdot 0,35 + (5693,7 + 12433 + 0,5 \cdot 3844) \cdot 0,4 = 10012 \text{ Н}$$

10. Коефіцієнт запасу на першій стадії:

$$\alpha_l = \frac{T_l}{S_l}; \alpha_l = \frac{10012}{4016} = 2,49.$$

11. Силу притискання заднього вальця визначають за формулою (1.22):

$$Q_{2(x.x)} = \frac{\beta_1 [P_{z(x.x)} \cdot (l-a) - 0,5 \cdot l \cdot G_k]}{l-a-b}, Q_{2(x.x)} = 5693,7 \text{ Н}$$

12. Опір подачі на третій стадії – вихід колоди з пилорами:

$$S_{III} = P_y + F'_m + F''_m.$$

13. Силу тертя колоди по напрямних ножах пилорами визначають за формулою (1.25):

$$F'_m \approx 0,57(12433 + 5693,7) \cdot 0,4 = 4132,9 \text{ Н}$$

14. Сила тертя кочення колоди по підтримуючих роликах зарамного конвеєра:

$$F''_m \approx 0,5 \cdot G_k \cdot \frac{\mu}{R_p},$$

де $R_p = 80$ мм – радіус роликів конвеєра; $\mu = 0,8$ см (табл. 1.7);

$$F''_m \approx 0,5 \cdot 3844 \cdot \frac{0,8}{8,0} = 192,2 \text{ Н};$$

$$S_{III} = 3730 + 4132,9 + 192,2 = 8055,1 \text{ Н}.$$

15. Тягове зусилля, що його створюють задні подавальні вальці на третій стадії (1.27):

$$T_{III} = 5693,7 \cdot 0,35 + (5693,7 + 0,5 \cdot 3844 + 12433) \cdot 0,4 = 10012 \text{ Н}.$$

16. Коефіцієнт запасу на третій стадії:

$$\alpha_{III} = \frac{10012}{8055,1} = 1,24.$$

17. Опір подачі на другій стадії руху колоди через пилораму:

$$S_{II} = S_I + F'_m + F''_m, S_{II} = 4016 + 4132,9 + 192,2 = 8341,1 \text{ Н}.$$

18. Тягове зусилля на другій стадії створюється передніми та задніми подавальними вальцями:

$$T_{II} = 5693,7 \cdot 0,35 + (5693,7 + 5693,7 + 12433 + 3844) \cdot 0,4 + 5693,7 \cdot 0,35 = \\ = 15051,4 \text{ Н}.$$

19. Коефіцієнт запасу на другій стадії:

$$\alpha_{II} = \frac{15051,4}{8341,1} = 1,8.$$

20. Для визначення потужності на подачу за формулою (1.28) необхідно знати можливу швидкість подачі за потужністю механізму різання. Для цього використовують відому з теорії різання методику.

Добуток $K_m \cdot S_z$ для пилорами:

$$K_m \cdot S_z = \frac{60 \cdot 1000 \cdot N_{д.р.} \cdot \eta_{м.р.}}{a_{нонр} \cdot b_{нр} \cdot h_{сер} \cdot z_p \cdot n \cdot i},$$

де $a_{нонр}$ – поправковий коефіцієнт; $b_{нр}$ – ширина пропилу; $h_{сер}$ – середня висота пропилу; z_p – кількість зубів пилки, які беруть участь у різанні; n – частота обертання колінчастого вала пилорами; i – кількість пилок у поставі.

$$a_{нонр} = \alpha_n \cdot \alpha_p, a_{нонр} = 1 \cdot 1,42 = 1,42.$$

де $a_n = 1$ – для сосни (додаток, табл. 4...10); $a_p = 1,42$ – для часу роботи 180 хв.:

Приймають, що колоди розпилюються рамними пилками за ГОСТ 5524-75 товщиною $S = 2,5$ мм з кроком зубів $t_3 = 32$ мм типу 1, розширення зубів $S_p = 0,7$ мм. Ширина пропилу $b_{нр} = S + 2 \cdot S_p = 2,5 + 2 \cdot 0,7 = 3,9$ мм.

Середня висота пропилу:

$$h_{сер} = 0,75 \cdot \left(d + \frac{c \cdot l}{2} \right),$$

де l – довжина колоди, $l = 6$ м; c – збіг колоди, $c = 10$ мм/м:

$$h_{сер} = 0,75 \cdot \left(400 + \frac{10 \cdot 6}{2} \right) = 322,5 \text{ мм.}$$

Кількість зубів, які беруть участь у різанні за подвійний хід пилкової рамки:

$$z_p = H / t_3, z_p = 700 / 32 = 21875,$$

$$K_m \cdot S_z = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 125000 \cdot 0,743}{1,42 \cdot 3,9 \cdot 322,5 \cdot 21875 \cdot 320 \cdot 8} = 55,72 \text{ Н.}$$

За добутком $K_m \cdot S_z$ знаходимо $S_z = 0,8$ мм (додаток табл. 3).

Можлива швидкість подачі:

$$v_{s(N_{д.р.})} = \frac{S_z \cdot n \cdot z_p}{1000}, v_{s(N_{д.р.})} = \frac{0,8 \cdot 21875 \cdot 320}{1000} = 5,6 \text{ м/хв.}$$

Потужність на подачу:

$$N_n = \frac{1,3 \cdot S_{II} \cdot v_s}{60 \cdot 1000}, N_n = \frac{1,3 \cdot 8341,1 \cdot 5,6}{60 \cdot 1000} = 1,01 \text{ кВт.}$$

Результати розрахунків звести до таблиці (див. п.п 1.4.1)

1.5 Контрольні питання до самостійної підготовки

- 1. Які сили називають “тяговим зусиллям”?*
- 2. Перерахуйте всі складові сили “опору подачі”?*
- 3. Які стадії проходження заготовки через верстат розглядають під час силового розрахунку?*
- 4. Як провести силовий розрахунок верстата з ручною подачею заготовок?*
- 5. З якої умови визначають сили різання під час силового розрахунку верстата?*
- 6. Запишіть і поясніть рівняння надійної подачі заготовок у деревообробному верстаті?*
- 7. За яких умов визначають сили притискання заготовок на рейсмусовому верстаті?*
- 8. За якими формулами визначають фактичні сили різання для фрезерування деревини і розпилювання на пилорамі?*

2 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2. КІНЕМАТИЧНІ, СИЛОВІ РОЗРАХУНКИ КОРУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

2.1 Мета роботи: отримати навички розрахунку кінематичних та силових параметрів корувальних верстатів.

2.2 Теоретичні відомості

Технологія лісопиляльного та інших виробництв передбачає першу технологічну операцію корування колод, тому що наявність кори погіршує якість технологічної тріски, веде до швидкого затуплення пилок, зменшується продуктивність основного технологічного обладнання. Крім цього, сама кора є цінною сировиною для лісохімічної промисловості.

Відомо декілька способів знімання кори з колод.

Фрикційний спосіб полягає у зніманні кори за рахунок тертя інструмента по поверхні колоди або тертя колод між собою. Цей спосіб малопродуктивний і його практично не використовують.

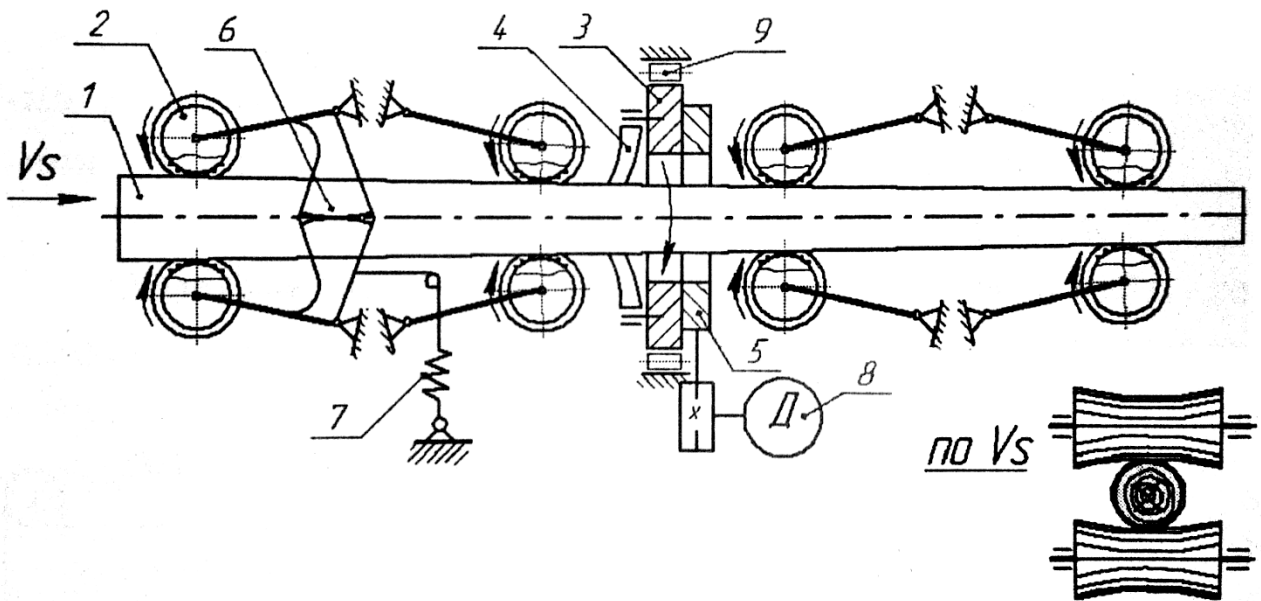
Струменеві установки ґрунтуються на застосуванні струменя води під великим тиском (4,5 МПа). Кора відбивається від колоди і подається разом з водою на фільтрувальну сітку, де кора відокремлюється. Цей спосіб дуже енергомісткий, сопла швидко зношуються, з великими витратами води.

Корування струмами високої частоти ґрунтується на тому, що камбій має вологість до 70% і під час проходження через нього електромагнітних хвиль частотою до 5,8 ГГц волога нагрівається, створюється тиск пари і кора відривається. Цей спосіб поки що експериментальний і його практично не використовують.

Зрізування кори за допомогою спеціального інструмента – корознімачів або фрез. Цей спосіб широко використовують на практиці а також корувальні верстати працюють на основі цього способу.

Корувальні верстати прохідного типу, що передбачають різання, класифікуються за різними ознаками, проте вони мають подібні принципові схеми різання (рис. 2.1).

Принцип роботи корувального верстата прохідного типу (рис 2.1) полягає в тому, що колода 1 центрується по осі подавання і подається вздовж цієї осі за допомогою органів подавання 2, а роторна головка 3 разом з корознімачами 4 обертається навколо цієї осі. Корознімачі притискаються до поверхні колоди, копіюючи її поверхню, знімають кору за гвинтовою лінією. Центрування колоди забезпечується тим, що на важелях подавальних вальців встановлено зубчасті сектори 6, які за допомогою пружини 7 симетрично притискаються до колоди. Привід ротора здійснюється від окремого електродвигуна 8 за допомогою клинопасової передачі. Ротор встановлений на роликівих підшипниках 9, розміщених в обоймі, закріпленій нерухомо.



1 – колода; 2 – подавальні вальці; 3 – ротор; 4 – корознімачі; 5 – шків клинопасової передачі; 6 – зубчасті сектори центрального механізму; 7 – пружина; 8 – електродвигун механізму різання; 9 – роликовий підшипник.

Рисунок 2.1 –Принципова схемакорувального верстата з одним ротором і сідлоподібними подавальними вальцями

Корувальні верстати порівнюють за технічними показниками на базі технічних характеристик (таб. 2.1) по таким критеріями як питома металомісткість, питома матеріальмісткість, питома енергомісткість.

Металомісткість:

$$m_N = \frac{M}{N}, \quad (2.1)$$

де M – маса верстата, кг; N – загальна потужність, кВт.

Питома металомісткість:

$$m_D = \frac{M}{D}, \quad (2.2)$$

де D –діаметр просвіту ротора, мм.

Питома енергомісткість:

$$e_d = \frac{N}{d}, \quad (2.3)$$

де d – найбільший діаметр колоди, яку можна обкорувати на верстаті, см.

Розрахунок корувального верстата полягає у визначенні кінематичних та силових параметрів, а саме: швидкості корування, швидкості подавання, колової сили корування, потужності на корування, опору подавання під час корування, потужності на подавання і продуктивності верстата за зміну.

Розрахунок проводиться за наступними формулами (2.4–2.10):

Швидкість корування у м/с.

$$v_k = \frac{\pi \cdot d_k \cdot n}{60 \cdot 100}, \quad (2.4)$$

де d_k – діаметр колоди, см; n – частота обертання ротора, об/хв.
Швидкість подавання колоди у м/хв.

$$v_s = b_1 \cdot n \cdot z, \quad (2.5)$$

де b_1 – ширина смуги кори у м, така ж або менша за довжину леза корознімача; z – кількість корознімачів.

Колова сила корування згідно [7].

$$P_{кор} = (K_{кор} \cdot b_1 + P_{пр} \cdot f) \cdot z, \quad (2.6)$$

де $K_{кор}$ – питомий опір коруванню, Н/см, питомий опір коруванню визначається з урахуванням ширини смуги корування b_1 ; $P_{пр}$ – сила притискання корознімача до деревини, Н; f – коефіцієнт тертя корознімача по деревині ($f = 0,2 \dots 0,25$)

Необхідна потужність на корування

$$N_{кор} = \frac{P_{кор} \cdot v_k}{1000 \cdot \eta_{мп}}, \quad (2.7)$$

де $\eta_{мп}$ – коефіцієнт корисної дії механізму різання ($\eta_{мп} = 0,9 \dots 0,95$).

Опір подаванню під час корування

$$S = P_{пр} \cdot f \cdot z \cdot \sin \left(\arctg \frac{v_s}{v_k} \right), \quad (2.8)$$

Потужність на подавання колоди

$$N_n = \frac{1,3 \cdot S \cdot v_s}{60 \cdot 1000 \cdot \eta_{mn}}, \quad (2.9)$$

де η_{mn} – коефіцієнт корисної дії механізму подавання.

Продуктивність корувального верстата, м³/зміну.

$$Q = T_{зм} \cdot v_s \cdot K_m \cdot K_d \cdot K_{nn} \cdot \frac{\pi \cdot d_k^2}{4}, \quad (2.10)$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни, хв; K_m – коефіцієнт машинного часу, $K_m = 0,65 \dots 0,8$; K_d – коефіцієнт використання робочого дня, $K_d = 0,75 \dots 0,85$; K_{nn} – коефіцієнт повторного пропуску, $K_{nn} = 0,5 \dots 1$ (0,5 – якщо передбачено пропускати по два рази).

Корувальні верстати мають дуже високу продуктивність, тому в лісопиляльних цехах достатньо одного-двох корувальних верстатів, щоб забезпечити роботу чотирирамного лісопиляльного цеху.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика основних типів корувальних верстатів

Назва показника	Моделі верстатів, фірми і країни-виготівники												
	Петрозаводський завод, Росія					Валон Конне, Фінляндія						Японія	
	ОК-35М	ОК-66М	ОК-40-1	ОК-63-1	ОК-80-1	ВК-16	ВК-26М	ВК-32С	ВК-47	ВК-450	ВК-800	СДБ-1200	СДБ-900
1. Діаметр просвіту ротора, мм	360	680	400	630	800	380	650	810	1200	520	840	1200	900
2. Найбільший діаметр колоди, см	35	66	35	53	70	36	61	76	115	47	80	110	85
3. Частота обертання ротора, об/хв	350	180	240	200	200	500	235	137	54	287	172	76	96
4. Швидкості подавання, м/хв	24;36	60	66	60	60	60	30	40	24	54	60	30	42
5. Кількість корознімачів, шт.	5	5	10	5	6	8	8	8	6	6	6	5	4
6. Загальна потужність, кВт	22,7	41,5	37,1	37,1	76,12	29,5	40	62,5	127	78	125,6	88,6	119
7. Загальна маса, кг	2600	8300	10200	14100	20700	2400	4400	9000	32000	8060	22740	20000	18000
8. Металомісткість, кг/Вт	114	200	275	380	272	81,4	110	144	252	103,3	181	225	151,3
9. Питома матеріаломісткість, кг/мм	7,7	12,2	25,5	22,4	25,9	6,3	6,8	11,1	26,7	15,5	27	16,7	20
10. Питома енергомісткість, кВт/см	0,64	0,63	1,06	0,7	1,09	0,82	0,65	0,82	1,1	1,66	1,57	0,81	1,4

2.3 Індивідуальні завдання

Провести розрахунок корувального верстата згідно вказаним викладачем номера варіанта.

Таблиця 2.2–Варіанти завдання

Вар.	Модель верстата	Діаметр колоди, см	Матеріал заготовки	Тривалість зміни, год	Ширина корознімача, мм
1	ОК-35М	30	сосна свіжозрубана	6	40
2	ОК-66М	50	сосна підсушена	8	35
3	ОК40-1	20	сосна мерзла	4	40
4	ОК63-1	50	ялина свіжозрубана	6	30
5	ОК80-1	65	ялина підсушена	6	50
6	ВК-16	30	ялина мерзла	8	40
7	ВК-26М	40	сосна свіжозрубана	8	40
8	ВК-32С	55	сосна підсушена	4	35
9	ОК63-1	45	сосна мерзла	4	40
10	ВК-450	38	ялина свіжозрубана	8	30
11	ВК-800	48	ялина підсушена	4	50
12	ВК-47	60	ялина мерзла	6	40
13	СДБ-1200	60	сосна свіжозрубана	8	40
14	СДБ-900	55	сосна підсушена	4	35
15	ОК-35М	30	сосна мерзла	6	40
16	ОК-66М	20	ялина свіжозрубана	8	30
17	ОК40-1	30	ялина підсушена	8	50
18	ВК-800	40	ялина мерзла	4	40
19	ВК-47	45	сосна свіжозрубана	6	40
20	СДБ-1200	45	сосна підсушена	6	35

2.4 Приклад розрахунку деревообробних верстатів

Завдання. Виконати кінематичний та силовий розрахунок корувального верстата ОК-66М, на якому окорюють соснові мерзлі колоди діаметром 20 см.

Розв'язання.

1. Визначимо швидкість корування:

З технічної характеристики верстата $n = 180$ об/хв. (див. таб. 2.1).

$$v_k = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 180}{60 \cdot 100} = 1,884 \text{ м/с.}$$

2. Швидкість подавання колоди:

Приймаємо коефіцієнт перекриття для замерзлої сосни $K = 1,5$ (для свіжозрубанної та підсушеної $K = 1,3$ та $1,4$ відповідно).

Для корознімача шириною $B = 50$ мм величина $b_1 = B/K$,

$$b_1 = \frac{50}{1,5} = 33,3 \text{ мм}$$

Кількість корознімачів z вибираємо згідно технічної характеристики верстата (див. таб. 2.1).

$$v_s = 0,0333 \cdot 180 \cdot 5 = 30 \text{ м/хв.}$$

3. Колова сила корування:

$K_{кор} = 145 \text{ Н/см}$ для замерзлої сосни (додаток, табл. 11); $P_{пр} = 1200 \text{ Н}$ для замерзлої сосни;

$$P_{кор} = (145 \cdot 3,33 + 1200 \cdot 0,25) \cdot 5 = 3915 \text{ Н.}$$

4. Необхідна потужність на корування:

$$N_{кор} = \frac{3915 \cdot 1,884}{1000 \cdot 0,9} = 8,2 \text{ кВт.}$$

5. Опір подаванню під час корування:

$$S = 1200 \cdot 0,25 \cdot 5 \cdot \sin\left(\arctg \frac{30}{60 \cdot 1,844}\right) = 1500 \cdot \sin 15^\circ = 388 \text{ Н.}$$

6. Необхідна потужність на подавання колоди:

$$N_n = \frac{1,3 \cdot 388 \cdot 30}{60 \cdot 1000 \cdot 0,9} = 0,42 \text{ кВт.}$$

7. Продуктивність корувального верстата:

Тривалість зміни $T_{зм}$ складає 8 год.

$$Q = 480 \cdot 30 \cdot 0,65 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} = 220 \text{ м}^3/\text{змін}$$

Результати розрахунку звести до таблиці.

2.5 Контрольні питання до самостійної підготовки

1. Для чого призначені корувальні верстати?
2. Поясніть принцип роботи корувального верстата прохідного типу.
3. За якими критеріями порівнюють корувальні верстати?
4. За якою формулою визначають швидкість корування? Поясніть, які величини входять в цю формулу.
5. За якою формулою визначають швидкість подавання корувального верстата? Дайте пояснення.
6. Поясніть за якою формулою визначають колову силу корування
7. Поясніть за якою формулою визначають опір подавання під час корування?
8. За якою формулою визначають продуктивність корувального верстата? Поясніть суть коефіцієнта повторного пропускання.

3 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3.

КІНЕМАТИЧНІ ТА СИЛОВІ РОЗРАХУНКИ ЛУЩИЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

3.1 Мета роботи: отримати навички розрахунку кінематичних та силових параметрів лущильних верстатів.

3.2 Теоретичні відомості

Лущільні верстати – це головне обладнання фанерних цехів. Вони призначені для виготовлення тонкої поперечної стружки – продукту методом лущення. Їх також використовують на сірникових фабриках для виготовлення шпону для сірникової соломки і коробочок, на підприємствах з виготовлення гнуклеєних виробів тощо.

Абсолютною траєкторією різання під час лущення є спіраль Архімеда, яка становить шлях, описаний точкою, що рухається з постійною швидкістю v_s по променю, який обертається навколо полюса O з постійною кутовою швидкістю ω .

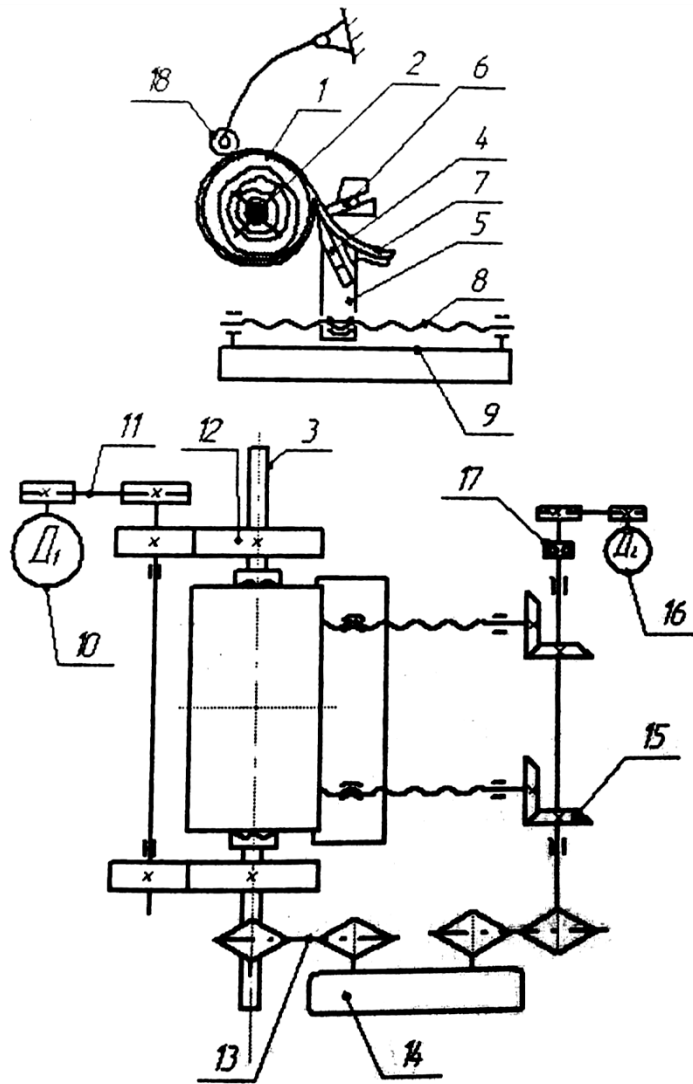
Рівняння Архімедової спіралі в полярних координатах має вигляд:

$$\rho = a \cdot \varphi, \quad (3.1)$$

де ρ – довжина радіуса поворотного променя; $a = v_s / \omega > 0$ – відношення швидкості подавання до кутової швидкості заготівки; φ – кут повороту заготівки у радіанах.

Принцип роботи лущильного верстата полягає в тому, що заготівка циліндричної форми (чурбак) 1 (рис. 3.1) затиснута з торців кулачками 2, обертається шпинделями 3 із заданою кутовою швидкістю, а лущильний ніж 4, що закріплений на супорті 5, рівномірно переміщається разом із супортом до осі обертання чурбака зі швидкістю подавання v_s , яка узгоджена з кутовою швидкістю обертання чурбака. Для збільшення пластичності деревини під час лущення чурбак перед лущенням піддають гідротермічному обробленню – проварюванням у спеціальних басейнах. Внаслідок того, що заготівка в центрі затиснена кулачками процес лущення припиняється під час підходу ножа до кулачків. Частина заготівки залишається як відхід, його називають олівцем.

Для покращення якості лущильного шпону над лущильним ножем встановлюють обтискну лінійку 6, так щоб щілина між ножем і лінійкою була на 10...20% меншою від подавання на лезо. Переміщення ножового супорта здійснюється за допомогою ходових гвинтів 8 по напрямних 9. Привод шпинделів здійснюється від електродвигуна головного руху 10 за допомогою клинопасової передачі 11 і зубчастих передач 12. Швидкість подавання ножового супорта узгоджується з кутовою швидкістю шпинделів за рахунок кінематичного зв'язку ланцюговою передачею 13, коробкою змінних зубчастих коліс (гітарою) 14 і конічною передачею 15. Для швидкого відведення ножового супорта після закінчення оброблення чурбака слугує окремий електродвигун 16, що з'єднаний з валом за допомогою обгінної муфти 17.



1 – чурбак; 2 – кулачки; 3 – шпинделі; 4 – ніж; 5 – супорт; 6 – обтискна лінійка; 7 – шпон; 8 – ходові гвинти; 9 – напрямними; 10 – електродвигун механізму головного руху, 11 – клинопасова передача; 12 – зубчаста передача; 13 – ланцюгова передача; 14 – коробка подач (гітара); 15 – конічна передача; 16 – електродвигун відводу супорта; 17 – обгінна муфта; 18 – люнет.

Рисунок 3.1 –Принципова схема луцильного верстата

Довгі чурбаки малого діаметру під дією сил різання прогинаються і це може призвести до зменшення товщини шпону в середній частині чурбака. Для усунення прогинання чурбака слугує відкидний люнет 18, встановлений на середині його довжини. Люнет постійно притискається до чурбака за допомогою пневмоциліндра.

Частота обертання шпинделів $n_{ш}$ залежить від кінематичної схеми привода верстата і приймається з умови забезпечення оптимального режиму лущення. Вона може бути постійною або змінною. Якщо частота обертання шпинделя постійна, то, внаслідок зменшення діаметра чурбака в процесі лущення зменшується і швидкість різання.

$$v = \frac{\pi \cdot d_r \cdot n_{ш}}{60 \cdot 1000}, \quad (3.2)$$

де d_r – діаметр чурбака на початку (d_{max} , діаметр колоди), посередині ($d_{cp} = d_{max} - \frac{(d_{max} - d_{min})}{2}$) та в кінці (d_{min} , діаметр олівця) луцення, мм; $n_{ш}$ – відносна частота обертання шпинделя, $хв^{-1}$.

Якщо частота обертання шпинделя змінна, то вона збільшується відповідно до зменшення діаметра чурбака автоматично за рахунок програмного керування. Сучасні луцильні верстати мають плавно регульовану частоту обертання шпинделя.

Швидкість робочого подавання супорта v_s у м/хв. Визначається через товщину шпону:

$$v_s = \frac{h_{ш} \cdot n_{ш}}{1000}, \quad (3.3)$$

де $h_{ш}$ – товщина шпону, мм; $n_{ш}$ – частота обертання шпинделя, $хв^{-1}$.

Для отримання шпону різної товщини верстати мають коробки подач або набір змінних шестерень.

Дотична сила різання розраховується з урахуванням температури деревини під час луцення:

$$P_{Zob} = P_{num\Delta табл} \cdot h_{ш} \cdot B \cdot a_t \cdot a_n, \quad (3.4)$$

де $P_{num\Delta табл}$ – табличне значення питомої сили різання, $Н/мм^2$; B – частота ширина шпону, дорівнює довжині чурбака в мм; a_t – поправковий множник на температуру; a_n – поправковий множник на породу деревини.

Необхідна потужність для луцення (кВт) розраховується за наступною формулою:

$$N_p = \frac{P_{Zob} \cdot v}{1000}. \quad (3.5)$$

Продуктивність луцильного верстата за зміну визначається з урахуванням об'єму виходу сирого шпону з одного чурбака:

$$Q = \frac{T_{зм} \cdot K_{\epsilon} \cdot V_{ш}}{t_{ц}}, \quad (3.6)$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни, 480 хв; K_{ϵ} – коефіцієнт використання верстата за зміну; $V_{ш}$ – об'єм сирого шпону з одного чурбака, $м^3$; $t_{ц}$ – тривалість циклу луцення одного чурбака, хв.

$$V_{ш} = \frac{\pi \cdot (K_{ou}^2 \cdot d_c^2 - d_o^2)}{4} \cdot l_c, \quad (3.7)$$

де d_c – діаметр чурбака, м; d_o – діаметр олівця, м; K_{ou} – коефіцієнт, що враховує вихід шпону за рахунок оциліндрування, $K_{ou} = 0,85 \dots 0,9$; l_c – довжина чурбака, м.

Тривалість циклу лущення складається з прямих витрат робочого часу на виконання таких переходів: встановлення чурбака на верстат – t_6 ; затискання чурбака шпинделями – t_{3m} ; підведення супорта до чурбака – t_{nid} ; оциліндування і лущення чурбака – t_{ol} ; відведення супорта у вихідне положення – t_{vid} ; відведення шпинделів у вихідне положення – t_{6ui} ; знімання олівця – t_{3o} ; прочищення зазору між ножем і притискною лінійкою – t_{nz} ; вмикання і вимикання механізмів верстата – t_{66} ; Для прийнятих позначень тривалість циклу дорівнює:

$$t_{\text{ц}} = t_6 + t_{3m} + t_{nid} + t_{ol} + t_{vid} + t_{nz} + t_{nz} + t_{66}. \quad (3.8)$$

Переходи відведення шпинделя і знімання олівця суміщаються з відведенням супорта і тому не враховуються.

Час на оциліндування і лущення (у секундах) визначають за формулою:

$$t_{ol} = \frac{30 \cdot (b \cdot d_{\text{ч}} - d_o)}{h_{\text{ш}} \cdot n_{\text{ш}}} + 0.5, \quad (3.9)$$

де b – коефіцієнт форми чурбака(для березових чурбаків $b= 0,66$; для соснових чурбаків – $b= 0,65$; для дуба – $b= 0,69$; для бука – $b=0,66$).

Частоту обертання шпинделя приймається на середньому ступені. Тривалість інших переходів підбирається згідно експериментальних даних.

Лущильні верстати, що експлуатуються в Україні, завозять з Росії, Фінляндії, Німеччини, Італії, Японії. Порівняльний аналіз за технічними характеристиками цих верстатів (таб. 3.1) показує, що фірми далекого зарубіжжя випускають верстати для значних довжин і діаметрів чурбака. Питома енергомідкість цих верстатів менша ніж російських, питома металомідкість важких верстатів у два рази перевищує питому металомідкість легких і середніх верстатів.

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика луцильних верстатів

Назва показника	Моделі верстатів, фірма, країна							
	Росія				Фінляндія	Німеччина	Італія	Японія
	Лу17-4	Лу17-10	Лу9	Лу9-10	2HV-108 Рейте	15P-33 RFR	ICDф. Кремона	R011ф. Уроко
1. Найбільший діаметр чурбака, мм	700	1200	700	700	750	1500	1900	1800
2. Довжина ножа, мм	1750	1700	900	900	2750	3400	3130	3350
3. Діаметр олівця, мм	70	70	60	60	85	90	85	90
4. Товщина шпону, мм	0,2...3,2	0,3...4,0	0,2...3,2	0,3...4,0	0,5...3,8	до 10	0,3...4,0	0,05...6,0
5. Частота обертання шпинделя, об/хв	109, 147, 220	113, 151, 236	103, 140, 208	150, 200, 300	110...160	до 150	До 70	До 120
6. Загальна потужність, кВт	35,2	46,4	23,4	35,2	—	75	44	65
7. Загальна маса, кг	11160	12150	7600	8100	14800	24500	32500	37000
8. Металомісткість, кг/Вт	317	261,9	324,8	230,1	—	326,7	738,6	569,2
9. Питома матеріаломісткість, кг/мм	6,38	7,15	8,44	9,00	5,38	7,21	10,38	11,04
10. Питома енергомісткість, кВт/см	0,0201	0,0273	0,026	0,0391	—	0,0221	0,01406	0,0194

3.3 Індивідуальне завдання

Визначити максимальну і мінімальну швидкість різання, швидкість подавання для всіх трьох етапів луцення, а також визначити дотичну силу різання, потужність різання та змінну продуктивність луцильного верстата луцильного верстата згідно вказаним викладачем номера варіанта.

Таблиця 3.2 –Варіанти завдання

Вар.	Модель верстата	Розміри чурбака, мм	Матеріал чурбака	Тривалість зміни, год	$t_{\text{деревини, під час луцення}}, \text{C}^\circ$	Товщина шпону, мм	$\Delta, \%$
1	Лу17-4	300×1600	береза	4	10	0,6	5
2	Лу17-10	500×1300	сосна	6	20	0,8	10
3	Лу9	200×900	береза	8	40	1,0	20
4	Лу9-10	600×900	дуб	4	60	1,15	15
5	Лу17-4	650×1400	береза	6	30	1,5	30
6	Лу17-10	300×1700	бук	8	50	0,6	25
7	Лу9	400×900	сосна	8	10	0,8	5
8	Лу9-10	550×800	дуб	8	20	1,0	10
9	Лу17-4	450×1150	дуб	4	40	1,15	20
10	Лу17-10	380×1600	бук	6	60	1,5	15
11	Лу9	480×850	сосна	8	30	0,6	30
12	Лу9-10	600×900	береза	6	50	0,8	25
13	Лу17-4	600×1150	дуб	8	10	1,0	5
14	Лу17-10	550×1200	береза	4	20	1,15	10
15	Лу9	300×850	сосна	6	40	1,5	20
16	Лу9-10	200×700	сосна	8	60	0,6	15
17	Лу17-4	300×1600	бук	8	30	0,8	30
18	Лу17-10	400×1500	дуб	4	50	1,0	25
19	Лу9	450×750	береза	6	10	1,15	5
20	Лу9-10	550×900	сосна	4	20	1,5	10

3.4 Приклад розрахунку деревообробних верстатів

Завдання. *Визначити максимальну і мінімальну швидкість різання, швидкість подавання для всіх трьох етапів луцення, а також визначити дотичну силу різання, потужність різання та змінну продуктивність луцильного верстата Лу17-4 під час луцення березових чурбаків розміром 300×1700 мм. Температура деревини під час луцення $t=35^\circ\text{C}$. Товщина шпону 1,5 мм. Ступінь обтискання $\Delta = 20\%$.*

Розв'язання.

1. Швидкість різання визначаємо для всіх трьох етапів луцення згідно (3.2). На першому етапі луцення ведуть на мінімальній частоті обертання шпинделя, на другому етапі – на середній частоті обертання шпинделя і на третьому етапі – на найвищій частоті обертання шпинделя. З технічної

характеристики верстата Лу17-4 частоти обертання шпинделя 109, 147, 220 хв⁻¹.

$$v_{\max} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 109}{60 \cdot 1000} = 1,7113 \text{ м/с};$$

$$v_{cp} = \frac{3,14 \cdot 185 \cdot 147}{60 \cdot 1000} = 1,423 \text{ м/с};$$

$$v_{\min} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 220}{60 \cdot 1000} = 0,806 \text{ м/с}.$$

2. Швидкість подавання розраховується за (3.3) аналогічно для всіх трьох етапів лушення:

$$v_{S\max} = \frac{1,5 \cdot 220}{1000} = 0,33 \text{ м/хв};$$

$$v_{Scc} = \frac{1,5 \cdot 147}{1000} = 0,2205 \text{ м/хв};$$

$$v_{S\min} = \frac{1,5 \cdot 109}{1000} = 0,1635 \text{ м/хв}.$$

3. Розраховуємо дотичну силу різання під час лушення за (3.4).

Табличне значення питомої сили різання для $\Delta = 20\%$ $P_{\text{нум\Delta табл}} = 7,47 \text{ Н/мм}^2$ (додаток табл. 12). Ширина шпону B дорівнює довжині чурбака 1700 мм; Поправкавий множник на температуру $a_t = 0,85$ при $t = 35^\circ\text{C}$ (додаток табл. 9). Поправкавий множник на породу деревини, для берези $a_n = 1$. (додаток табл. 14).

$$P_{Z\text{об}} = 7,47 \cdot 1,5 \cdot 1700 \cdot 0,85 \cdot 1 = 16191,225 \text{ Н}.$$

4. Визначимо потужність лушення з обтисканням шпону згідно (3,5).

$$N_{p\max} = \frac{16191,225 \cdot 1,7113}{1000} = 27,71 \text{ кВт};$$

$$N_{p\min} = \frac{16191,225 \cdot 0,806}{1000} = 13,05 \text{ кВт}.$$

5. Розрахуємо продуктивність лущильного верстата за зміну за (3.6-3.9).

Для цього необхідно визначити тривалість циклу лушення та об'єм сирого шпону з одного чурбака:

$$V_{ш} = \frac{3,14 \cdot (0,85^2 \cdot 0,3^2 - 0,07^2)}{4} \cdot 1,7 = 0,08024 \text{ м}^3$$

Час на оциліндування та лушення чурбака розраховуємо за (3.9), частоту обертання шпинделя приймаємо на середньому ступені:

$$t_{ол} = \frac{30 \cdot (0,66 \cdot 300 - 70)}{1,5 \cdot 147} + 0,5 = 17,9 \text{ с.}$$

Тривалість інших переходів приймаємо за середніми показниками часу на виконання циклу операції луцення [9]с. 112.

$$t_{в} = 4,2 \text{ с}; t_{зм} = 1,7 \text{ с}; t_{нід} = 0,6 \text{ с}; t_{від} = 2 \text{ с}; t_{нз} = 0,7 \text{ с}; t_{вв} = 2 \text{ с.}$$

$$t_{ц} = 4,2 + 1,7 + 0,6 + 17,9 + 2 + 0,7 + 2 = 29,1 \text{ с.}$$

Продуктивність луцильного верстата за зміну:

$$Q = \frac{480 \cdot 0,9 \cdot 0,08024}{29,1} \cdot 60 = 71,47 \text{ м}^3 / \text{зм.}$$

Результати розрахунку звести до таблиці.

3.5 Контрольні питання до самостійної підготовки

1. Для чого призначені луцильні верстати, в яких типах виробництва їх використовують?
2. Якою математичною кривою описують траєкторію різання під час луцення? Поясніть, як отримують цю траєкторію. Запишіть рівняння цієї кривої.
3. Поясніть принцип роботи луцильного верстата.
4. За якою формулою визначають швидкість різання на луцильному верстаті? Поясніть символи, що входять у цю формулу.
5. За якою формулою визначають швидкість подавання на луцильному верстаті? Поясніть, які величини входять в цю формулу.
6. За якою формулою визначають товщину шпону на луцильному верстаті? Дайте пояснення.
7. Які переходи під час операції луцення суміщаються і не враховуються під час визначення тривалості циклу луцення?
8. Напишіть формулу продуктивності луцильного верстата за зміну та запропонуйте заходи для збільшення продуктивності.

4 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4.

КІНЕМАТИЧНІ, СИЛОВІ ТА НАЛАГОДЖУВАЛЬНІ РОЗРАХУНКИ ШПОНОСТРУГАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

4.1 Мета роботи: отримати навички кінематичних силових та налагоджувальних розрахунків шпоностругальних верстатів.

4.2 Теоретичні відомості

Стругальні верстати призначені для отримання стружки-продукту прямокутного перерізу постійної товщини під час прямолінійного руху ножа відносно нерухомої заготівки або заготівки відносно ножа.

Залежно від напрямку різання відносно волокон деревини розрізняють стругання поперечне і повздовжнє.

Під час поперечного стругання можна отримувати стружку різної товщини. Тонку стружку (0,4...1,8 мм) у вигляді листів с красивою текстурою деревини, називають струганим шпоном (від німецького *span* – стружка), який використовують для личкування деталей меблів та інших виробів з деревини. Стружку у вигляді дощок товщиною 5...15 мм, використовують як тарну дощечку, а вузьку довгу смужку товщиною 3...5 мм – як штукатурну планку. Для надання стружці високої міцності і гладкості поверхні деревини заготівок попередньо пропарюють в автоклавах за температури 80...100°C протягом 10...24 годин залежно від породи деревини.

Стругання вздовж волокон характеризується зніманням тонкої стружки з сухої деревини на циклювальних верстатах і з сирової деревини на деревостружкових верстатах. Циклювальні верстати слугують для знімання стружки товщиною 0,1...0,05 мм після оброблення на повздовжньо-фрезерувальних верстатах. Стружка товщиною 0,1...0,25 мм на спеціальних дерево шерстних верстатах слугує як пакувальна сировина і називається деревною шестю. За останні роки проводили низку досліджень щодо використання стругання вздовж волокон для одержання струганого шпону. Але практичного застосування цей спосіб наразі не знайшов.

Існує дві основні принципові схеми шпоно стругальних верстатів: горизонтальна і вертикальна (рис. 4.1). У першій схемі (рис. 4.1, а) заготівки (ванчеси) 1 нерухомо нерухомо кріплять на столі 2 і під час стругання вони залишаються нерухомими. Після завершення робочого і холостого ходу ножовим супортом 3 стіл автоматично піднімається догори на товщину шпона. Процес повторюється доти, доки не залишиться недоструг товщиною 60..70 мм, який визначається висотою затискачів 4, що утримують ванчеси.

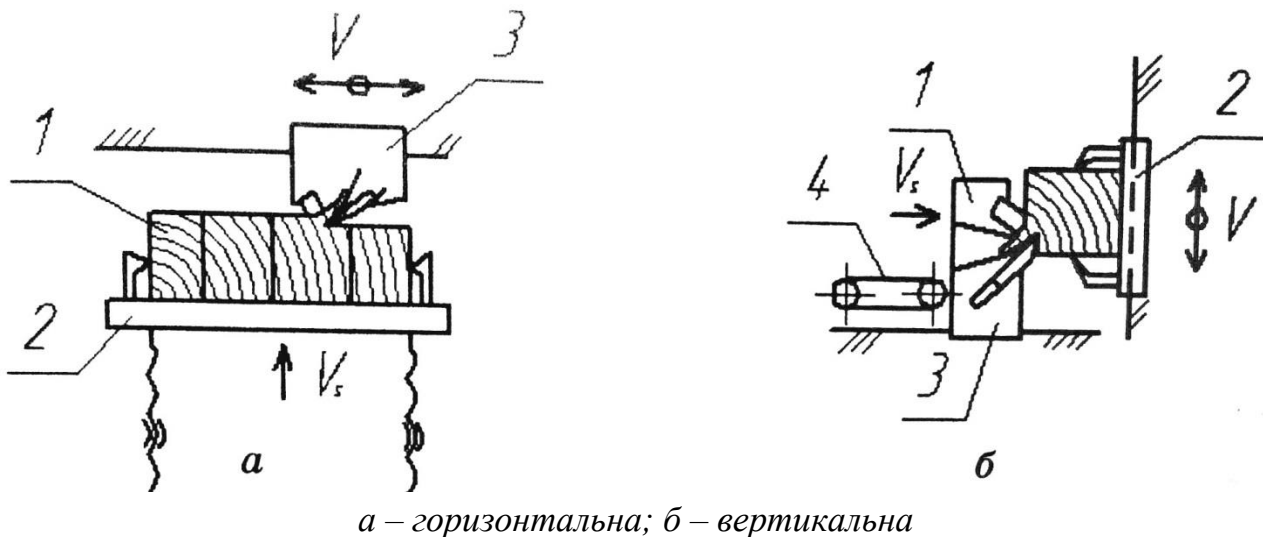
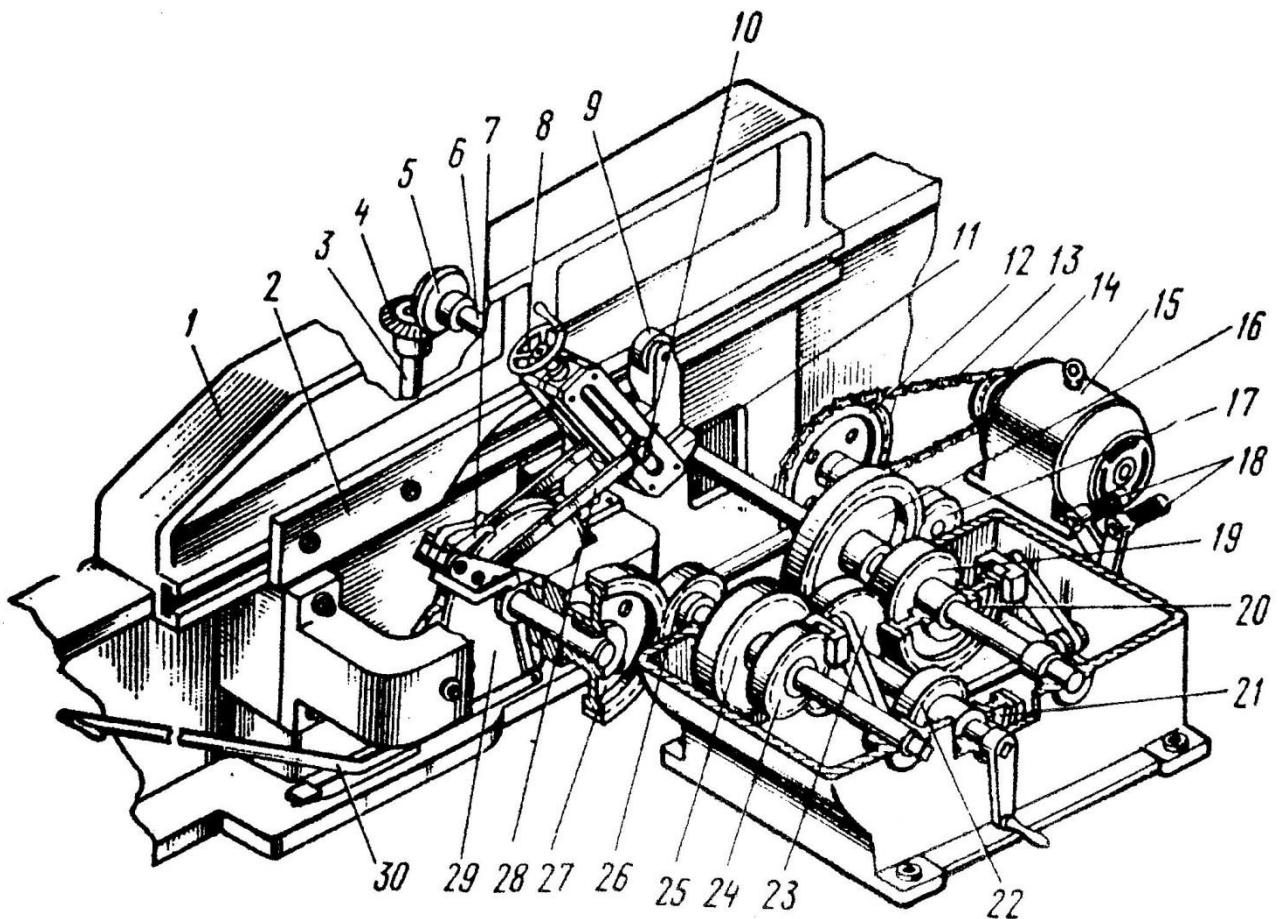


Рисунок 4.1 – Принципові схеми шпоностругальних верстатів

У другій схемі (рис. 4.1, б) ванчес кріплять на рухомому столі, який здійснює зворотньо-поступальний рух догори-донизу під кутом до горизонталі. Ножовий супорт під час стругання залишається нерухомим. Після завершення робочого і холостого ходу ножовий супорт переміщується вперед на товщину шпону і зупиняється. Рух стола і ножового супорта взаємовідповідальні за рахунок кінематичного зв'язку і спільного привода від одного електродвигуна.

Механізм піднімання і опускання стола шпонко стругального верстата складається з храпового механізму, зубчастої передачі, коробки подач, електродвигуна і ланцюгової передачі прискореного переміщення стола.

Підіймання стола здійснюється чотирма гвинтами від конічних передач (рис. 4.2). Храповий механізм і коробка подач дають змогу періодично подавати стіл догори на величину, що дорівнює товщині шпону. Цей рух називається робочим подаванням стола. Величина робочого подавання залежить від кута повороту храпового колеса 29 і від передавального відношення механізмів (зубчастих передач) від храпового колеса до підйомних гвинтів 3. Робочу подавання здійснюється так. Під час руху супорта верстата і повзуна 1 кулачок 2 натискає на ролик 9 поворотного важеля 11, який через тягу 28 діє на важіль собачки 7 і повертає його праворуч. У цей час храпове колесо 29, вал і зубчасте колесо 27 повернуться на певний кут, величина якого залежить від положення повзуна 10, механізму регулювання величини робочого подавання. Обертання від колеса 27 передається колесу 26, а далі через систему зубчастих коліс коробки подач – на вал 6. Далі через конічні зубчасті колеса 5, 4 – підйомним гвинтам 3.



1 – повзун супорта; 2 – кулачок; 3 – підйомний гвинт; 4, 5 – конічні зубчасті колеса; 6 – вал; 7 – собачка; 8 – маховик з ручкою; 9 – ролик; 10 – повзун, 11, 30 – важелі; 12, 14 – зірочка; 13 – ланцюг; 15 – електродвигун; 16, 17, 19...27 – циліндричні зубчасті колеса; 18 – ручки; 28 – тяга; 29 – храпове колесо.

Рисунок 4.2–Схема механізму подавання стола шпоно стругального верстата

Положення повзуна 10 змінюють, повертаючи маховичок 8, забезпечуючи точне регулювання величини подавання і товщини струганого шпону. Ступеневе регулювання швидкості подавання здійснюється переміщенням ручками 18 зубчастих коліс 20 і 24 коробки подач. Робоче подавання вимикають важелем 30.

Налаштовують стіл (прискорений рух із зупиненим ножовим супортом) за допомогою електродвигуна 15 ланцюгом 13 через зірочки 14 і 12 та зубчасті колеса 17, 16, 5 і 4 та вимкненої собачці 7. У разі безперервного обертання гвинтів 3 стіл також безперервно підіймається догори або до низу.

Кут повороту храпового колеса визначається за формулою:

$$\alpha_{xp} = \alpha_{\Gamma} \cdot U_{\psi} \cdot U_{\kappa}, \quad (4.1)$$

де U_{ψ} – передавальне відношення циліндричних зубчастих коліс від вала храпового колеса до підйомальних гвинтів; U_{κ} – передавальне відношення

конічних зубчастих коліс від вала храпового колеса до підіймального гвинта; α_{Γ} – кут повороту підіймальних гвинтів:

$$\alpha_{\Gamma} = \frac{360 \cdot h}{t_2}, \quad (4.2)$$

де h – товщина шпона, мм; t_2 – крок різьби піднімальних гвинтів, мм.

Величини U_{ψ} може бути різною залежно від послідовності зчеплення зубчастих циліндричних передач (див. рис. 4.2) коробки подач. Може бути три варіанти положення налагоджувальних ручок [9, таб. 46].

Налагоджувальна кількість зубців храпового колеса:

$$Z_n = \frac{Z_{xp} \cdot \alpha_{xp}}{360}, \quad (4.3)$$

де Z_{xp} – кількість зубців храпового колеса.

Застосування кривошипно-шатунного механізму в приводі супорта призводить до нерівномірності швидкості різання. Максимальна швидкість різання на шпоностругальному верстаті (м/с) розраховується за:

$$v_{\max} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot n}{60 \cdot 1000}, \quad (4.4)$$

Середня швидкість різання:

$$v_{cp} = \frac{2 \cdot R \cdot n}{30 \cdot 1000}, \quad (4.5)$$

де R – радіус кривошипа верстата, мм (для верстатів ДКВ-3000 та ДКВ-3000М $R = 1000$ мм, для всіх інших моделей радіус приймати як половину максимальної ширини блока); n – частота обертання кривошипа, хв^{-1} .

Дотична сила різання розраховується з урахуванням ряду поправкових коефіцієнтів [10]:

$$P_{Z\delta\delta} = P_{1\Delta\text{табл}} \cdot B \cdot a_n \cdot a_t \cdot a_{\rho} \cdot a_{\lambda}, \quad (4.6)$$

де $P_{1\Delta\text{табл}}$ – одинична дотична сила різання, Н/мм^2 ; B – довжина ванчеса, мм; a_n – поправковий множник на породу деревини; a_t – поправковий множник на температуру; a_{ρ} – поправковий множник на затуплення; a_{λ} – поправковий множник на кут нахилу ванчесів.

Необхідна потужність для різання (кВт) розраховується за середньою швидкістю різання:

$$N_p = \frac{P_{Z\delta\delta} \cdot v_{cp}}{1000}. \quad (4.7)$$

Тривалість основного часу на стругання ванчесів однієї закладки:

$$t_p = \frac{H - H_1}{h \cdot n}, \quad (4.8)$$

де H – висота ванчеса, мм; H_1 – товщина недоструга, мм; h – товщина шпону; n – частота обертання кривошипа, хв^{-1} .

Тривалість допоміжного часу на одну закладку:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{зк}} + t_{\text{nc}} + t_{\text{вв}} + t_{\text{зуп}} + t_{\text{внв}} + t_{\text{прб}} + t_{\text{он}}, \quad (4.9)$$

де $t_{\text{зк}}$ – тривалість завантаження і кріплення ванчесів; t_{nc} – тривалість прискореного піднімання стола; $t_{\text{вв}}$ – тривалість вирівнювання ванчесів; $t_{\text{зуп}}$ – тривалість зупинки верстата для пере кантування ванчесів; $t_{\text{внв}}$ – тривалість вирівнювання напівванчесів; $t_{\text{прб}}$ – тривалість зупинки для прибирання недостругів; $t_{\text{он}}$ – тривалість опускання стола для наступного завантаження.

Продуктивність шпонко стругального верстата в закладках за зміну визначають за формулою:

$$Q_{\text{закл}} = \frac{T_{\text{зм}} \cdot K_m \cdot K_d}{t_p + t_{\text{доп}}}, \quad (4.10)$$

де $T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, хв ; K_m – коефіцієнт використання машинного часу; K_d – коефіцієнт використання робочого дня.

Слід зазначити, що $Q_{\text{закл}}$ має бути цілим часлом, тому що закінчивши зміну, робітники не можуть залишити недоструганими ванчеси, що встановленні на столі верстата.

Продуктивність верстата за зміну у ванчесах:

$$Q_{\text{ванч}} = Q_{\text{закл}} \cdot Z, \quad (4.11)$$

де Z – кількість ванчесів у закладці, що визначають за розмірами ванчесів і стола верстата.

Продуктивність за зміну у квадратних метрах сирого шпону:

$$Q_{\text{кв.м}} = \frac{Q_{\text{ванч}} \cdot (H - H_1 - H_2) \cdot L \cdot b}{h}, \quad (4.12)$$

де H_2 – товщина зрізаного шару деревини до вирівнювання ванчесів під площину (в середньому 6 мм); L – довжина ванчесів, мм; b – ширина ванчесів.

Змінна продуктивність у квадратних метрах сухого шпону:

$$Q_{\text{сух}} = Q_{\text{кв.м}} \cdot (1 - K_{\text{відх}}), \quad (4.13)$$

де $K_{\text{відх}}$ – сумарна відносна страта сирого шпону на стадіях оброблення після стругання (транспортування, сушіння, обрізування тощо), $K_{\text{відх}} = 0,3 \dots 0,5$.

Коефіцієнт механізації шпоно стругального верстата визначають:

$$K_{\text{сyx}} = \frac{t_p + t_{\text{д.м.}}}{t_{\text{ц}}}, \quad (4.14)$$

де t_p —тривалість основного часу на стругання ванчесів; $t_{\text{д.м.}}$ — допоміжний механізований час (завантаження, перекантування, вирівнювання); $t_{\text{ц}}$ — тривалість циклу, $t_{\text{ц}} = t_p + t_{\text{дон}}$.

Сьогодні на підприємствах України найпоширенішими є горизонтальні та похилі шпоностругальні верстати. Обмежено кількісно експлуатують вертикальні верстати. Показники роботи шпоностругального верстата прямо пов'язані з його технічними характеристиками (таб. 4.1).

Таблиця 4.1 – Порівняльна характеристика шпоностругальних верстатів

Назва параметра	Моделі верстатів, фірма, країна							
	ФММ-3100 Чехія	ФММ-3100М Чехія	ДВК-3000 Чехія	ДВК-3000М Чехія	ДВК-4000 Чехія	TN-35 Італія	SM/36 Німеччина	SM/40 Німеччина
1. Максимальна довжина блока, мм	3100	3100	3000	3000	4000	3500	3950	4000
2. Максимальна ширина блока, мм	1200	1200	1200	1200	1200	1150	800	800
3. Максимальна висота блока, мм	1200	1200	1200	1200	1200	1200	800	800
4. Привод супорта, мм	зубчасто-рейковий	кривошип - повзун	кривошип - повзун	кривошип - повзун	кривошип - повзун	кривошип - повзун	кривошип - повзун	кривошип - повзун
5. Подавання на подв. Хід супорта (товщина шпону), мм	0,1...6	0,1...6	0,1...6	0,1...6	0,1...6	0,1...3	0,5...5	0,025...3
6. Кількість подв. ходів супорта, подв. хід/хв	9...14	18	12...35	12...35	12...35	До 56	14...80	14...80
7.Потужність головного привода, кВт	20	30	54	54	71	43	45	45
8. Маса, кг	17650	21000	26400	27860	29950	22500	3670	35000
9. Габаритні розміри	6450, 4750, 1390	6450, 4750, 1390	6240, 4430, 1965	6240, 4430, 1965	6240, 5330, 1965	—	6600, 6800, 3000	6600, 6800, 3000
10. Металомісткість, кг/кВт	882,5	700	489	516	422	523,3	—	777,8
11. Питома матеріаломісткість, кг/мм	5,69	6,77	8,8	9,29	7,49	6,32	—	8,75
12. Питома енергомісткість, кВт/см	0,00645	0,00968	0,018	0,018	0,018	0,012	—	0,01125

Примітка: частота обертання (n, [об/хв]) відповідає кількості подвійних ходів супорта. При розрахунку брати максимальне значення

4.3 Індивідуальне завдання

4.3.1. Індивідуальне завдання для налагоджувальних розрахунків шпоностругального верстата

Визначити кут повороту піднімальних гвинтів стола і налагоджувальну кількість зубців храпового колеса верстата ФММ-3100 під час стругання шпону якщо крок різьби піднімальних гвинтів $t_z = 24$ мм, а кількість зубців храпового колеса $Z_{xp} = 120$.

Таблиця 4.2 – Варіанти завдання

Вар.	Товщина шпону h, мм	Вар.	Товщина шпону h, мм	Вар.	Товщина шпону h, мм	Вар.	Товщина шпону h, мм
1	0,10	6	0,80	11	1,9	16	2,50
2	0,30	7	1,00	12	2,0	17	3,00
3	0,45	8	1,10	13	2,2	18	3,25
4	0,50	9	1,3	14	2,4	19	4,25
5	0,70	10	1,6	15	2,22	20	5,25

4.3.2. Індивідуальне завдання для розрахунку кінематичних та силових розрахунків шпоностругального верстата

Визначити: максимальну і середню швидкість різання, дотичну силу блоку різання, потужність різання, продуктивність і коефіцієнт механізації шпоностругального верстата згідно вказаним викладачем номера варіанта.

Таблиця 4.3– Варіанти завдання

Вар.	Модель верстата	Розміри заготовок, мм	Матеріал заготовки	Тривалість зміни, год	$T_{\text{ванчесів, під час стругання, С}^\circ}$	Товщина шпону, мм	$\Delta, \%$	$\lambda, ^\circ$
1	ФММ-3100	300×150×3000	береза	4	20	0,6	20	6
2	ФММ-3100М	250×200×2500	сосна	6	10	1,0	5	8
3	ДВК-3000	300×200×3000	береза	8	40	0,8	30	4
4	ДВК-3000М	400×220×3000	дуб	4	50	0,8	25	5
5	ДВК-4000	500×150×1500	береза	6	30	0,6	10	6
6	TN-35	600×180×2600	бук	8	20	0,6	15	8
7	SM/36	650×300×1200	сосна	8	10	1,0	20	5
8	SM/40	580×80×2500	дуб	8	40	0,6	5	6
9	ФММ-3100	350×150×1200	дуб	4	50	0,8	30	8
10	ФММ-3100М	1000×60×1200	бук	6	30	1,0	25	4
11	ДВК-3000	300×150×3000	сосна	8	20	0,6	10	5
12	ДВК-3000М	300×150×3000	береза	6	10	1,0	15	6
13	ДВК-4000	250×200×2500	дуб	8	40	0,8	20	8
14	TN-35	300×200×3000	береза	4	50	0,8	5	5
15	SM/36	400×220×3100	сосна	6	30	0,6	30	6
16	SM/40	500×150×1500	сосна	8	20	0,6	25	8
17	ФММ-3100	600×180×2600	бук	8	10	1,0	10	4
18	ФММ-3100М	650×300×1200	дуб	4	40	0,6	15	5
19	ДВК-3000	580×80×2500	береза	6	50	0,8	20	6
20	ДВК-3000М	350×150×1200	сосна	4	30	1,0	5	8

Примітка: для парного номеру варіанта стан різального інструменту гострий, для не парного – затуплений.

4.4 Приклад розрахунку деревообробних верстатів

4.4.1. Приклад розрахунку налагоджувальних розрахунків шпоно-стругального верстата

Завдання. Визначити кут повороту піднімальних гвинтів стола і налагоджувальну кількість зубців храпового колеса верстата ФММ-3100 під час стругання шпону товщиною $h = 0,8$ мм. Крок різьби піднімальних гвинтів $t_z = 24$ мм. Кількість зубців храпового колеса $Z_{xp} = 120$.

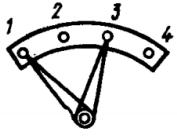
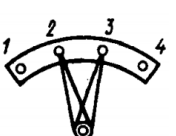
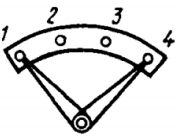
Розв'язання.

1. Кут повороту піднімальних гвинтів (4.2)

$$\alpha_T = \frac{360 \cdot 0,8}{24} = 12^\circ.$$

2. Передавальне відношення циліндричних зубчастих коліс U_u від вала храпового колеса до піднімальних гвинтів визначаємо згідно положень налагоджувальних ручок (таб. 4.4) [10].

Таблиця 4.4 – Налаштовуювальні дані механізму подачі верстата ФММ-3100

Налаштувальна кількість зубців храпового колеса Z_n	Варіанти налаштування		
	1-й	2-й	3-й
			
Товщина шпону h , мм			
1	0,05	—	—
2	0,10	—	—
3	0,15	—	—
4	0,20	—	—
5	0,25	—	—
6	0,30	—	—
7	0,35	—	—
8	0,40	—	2,0
9	0,45	—	2,25
10	0,50	—	2,50
11	0,55	—	2,75
12	0,60	—	3,00
13	0,65	1,3	3,25
14	0,70	1,4	3,50
15	0,75	1,5	3,75
16	0,80	1,6	4,00
17	0,85	1,7	4,25
18	0,90	1,8	4,50
19	0,95	1,9	4,75
20	1,00	2,0	5,00
21	1,05	2,1	5,25
22	1,10	2,2	5,50
23	1,15	2,3	5,75
24	1,20	2,4	6,0

У відповідності до товщини шпону, з табл. 4.4 обираємо варіант налаштування. Варіантам відповідають наступні передаточні числа коробки подач:

$$U_{u1-3} = \frac{80}{20} \cdot \frac{60}{30} \cdot \frac{24}{48} = 4; U_{u1-4} = \frac{80}{20} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{24}{48} = 2;$$

$$U_{u2-3} = \frac{36}{45} \cdot \frac{60}{30} \cdot \frac{24}{48} = 0.8;$$

Для товщини шпону до 1 мм використовується перший варіант положення ручок, якому відповідає така кількість зубчастих коліс:

$$U_u = \frac{80}{20} \cdot \frac{60}{30} \cdot \frac{24}{48} = 4.$$

Передавальне відношення конічних зубчастих коліс від вала храпового колеса до підймального гвинта $U_k=1$.

3. Кут повороту храпового колеса визначаємо за формулою (4.1)

$$\alpha_{xp} = 12 \cdot 4 \cdot 1 = 48^\circ.$$

4. Налагоджувальна кількість зубців храпового колеса (4.3)

$$Z_n = \frac{120 \cdot 48}{360} = 16.$$

4.4.2. Приклад розрахунку кінематичних та силових розрахунків шпоностругального верстата

Завдання На верстаті ДКВ-3000 стругають шпон товщиною $h=0,8$ мм з дубових заготовок розміром $300 \times 150 \times 3000$ м. Температура ванчесів $t=52^\circ\text{C}$, ступінь обтискання $\Delta=10\%$. Кут нахилу ванчесів до напрямку руху ножа $\lambda=6^\circ$. Частота обертання кривошипа $n=20$ об/хв, а радіус кривошипа $R=1000$ мм. Ножі затуплені. Визначити:

- максимальну і середню швидкість різання;
- дотичну силу блоку різання;
- потужність різання;
- продуктивність і коефіцієнт механізації шпоностругального верстата

Розв'язання.

1. Максимальну швидкість різання визначають за (4.4)

$$v_{\max} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 1000 \cdot 20}{60 \cdot 1000} = 2.093 \text{ м/с.}$$

Середня швидкість різання (4.5)

$$v_{cp} = \frac{2 \cdot 1000 \cdot 20}{30 \cdot 1000} = 1.333 \text{ м/с.}$$

2. Дотична сила різання (4.6)

$P_{1\Delta\text{табл}} = 5,4 \text{ Н/мм}^2 a_n = 1,25; a_t = 0,78; a_\lambda = 1,08$. (див. додаток табл. 13-15); $a_p = 1,2$ — для затупленого інструмента (для гострого $a_p = 1,0$);

$$P_{Z66} = 5,4 \cdot 3000 \cdot 1,25 \cdot 0,78 \cdot 1,2 \cdot 1,08 = 20470,3 \text{ Н.}$$

3. Потужність різання (4.7):

$$N_p = \frac{20470,3 \cdot 1,333}{1000} = 27,29 \text{ кВт.}$$

Потужність двигуна механізму різання верстата ДКВ-3000 дорівнює 54 кВт. Робота верстата можлива до затуплення ножів.

4. Тривалість основного часу на стругання ванчесів однієї закладки (4.8)

Товщина недоструга всередньому складає 40 мм:

$$t_p = \frac{300 - 40}{0,8 \cdot 20} = 16,25 \text{ хв.}$$

5. Тривалість допоміжного часу на одну закладку визначаємо за середніми показниками для шпоно стругальних верстатів всіх моделей з середнім рівнем автоматизації[9, табл. 41]:

$t_{зк} = 5,3$ хв; $t_{nc} = 0,53$ хв; $t_{вв} = 1,1$ хв; $t_{зун} = 2,5$ хв; $t_{зун} = 1,9$ хв; $t_{нрб} = 8,1$ хв; $t_{он} = 0,6$ хв.

$$t_{дон} = 5,3 + 0,53 + 1,1 + 2,5 + 1,9 + 8,1 + 0,6 = 20,03 \text{ хв.}$$

6. Продуктивність шпоностругального верстата в закладках за зміну (4.10)

Коефіцієнт використання машинного часу $K_m = 0,9$; коефіцієнт використання робочого дня $K_d = 0,95$; тривалість зміни 8 год.

$$Q_{закл} = \frac{480 \cdot 0,9 \cdot 0,95}{16,25 + 20,03} = 11,312.$$

Оскільки $Q_{закл}$ має бути цілим часлом, то продуктивність шпонко-стругального верстата в закладках за зміну $Q_{закл} = 11$.

7. Продуктивність верстата за зміну у ванчесах:

Для даного верстата ДКВ-3000 максимальна ширина блока заготівок 1200 мм. Якщо ширина ванчеса 150 мм, то приймаємо $Z = 8$.

$$Q_{ванч} = 11 \cdot 8 = 88 \text{ шт.}$$

8. Продуктивність за зміну у квадратних метрах сирого шпону:

$$Q_{кв.м} = \frac{88 \cdot (300 - 40 - 6) \cdot 3 \cdot 0,15}{0,8} = 12573 \text{ м}^2.$$

9. Змінна продуктивність у квадратних метрах сухого шпону:

$$Q_{сух} = 12573 \cdot (1 - 0,5) = 6287 \text{ м}^2.$$

10. Коефіцієнт механізації шпонко стругального верстата (4.14)

$$K_{сух} = \frac{16,25 + 5,3 + 0,53 + 1,1 + 2,5 + 0,6}{36,28} = \frac{26,28}{36,28} = 0,72.$$

Результати розрахунку звести до таблиці.

4.5 Контрольні питання до самостійної підготовки

1. *Які продукти отримують на стругальних верстатах? Вкажіть сфери їх застосування.*
2. *З якою метою заготівки для стругальних верстатів пропарюють?*
3. *Поясніть класифікацію стругальних верстатів за напрямком різання відносно волокон деревини.*
4. *Назвіть принципові схеми шпоно стругальних верстатів та поясніть їх відмінність.*
5. *За якими формулами визначають максимальну і середню швидкість різання на шпоно стругальному верстаті з кривошипно-повзунним механізмом різання?*
6. *За якими формулами визначають дотичну силу різання і потужність різання на шпоностругальному верстаті?.*
7. *За якими формулами визначають продуктивність шпоно стругального верстата у квадратних метрах сирого і сухого шпону?*

5 ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5. РОЗРАХУНОК СИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ ШЛІФУВАЛЬНИХ І ПОЛІРУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

5.1 Мета роботи: отримати навички розрахунку силових параметрів шліфувальних та полірувальних верстатів.

5.2 Теоретичні відомості

Проміжне (міжшарове) шліфування – важлива технологічна операція в багаторазовому нанесенні лаків, емалей, ґрунтівок та інших матеріалів. Необхідність виконання проміжного шліфування пояснюють тим, що після першого нанесення опоряджувального покриття на його поверхні з'являються різноманітні дефекти – бульбашки, шагрень, ворс тощо. Якщо на таку поверхню нанести другий шар опоряджувального покриття, дефекти, що залишилися просвічуються і псують зовнішній вигляд покриття. Усунення цих дефектів перед нанесенням другого покриття досягається шляхом витонченого шліфування дрібнозернистою шліфувальною шкуркою (№ 4) за ГОСТ 3647-80, або іншим абразивним інструментом. Треба проміжне шліфування після нанесення кожного покриття. Якість опорядження у цьому разі значно покращується. Для проміжного шліфування добре себе зарекомендували віброшліфувальні верстати. Для остаточного вирівнювання перед поліруванням використовують стрічкові шліфувальні верстати.

Принципова схема віброшліфувального верстата

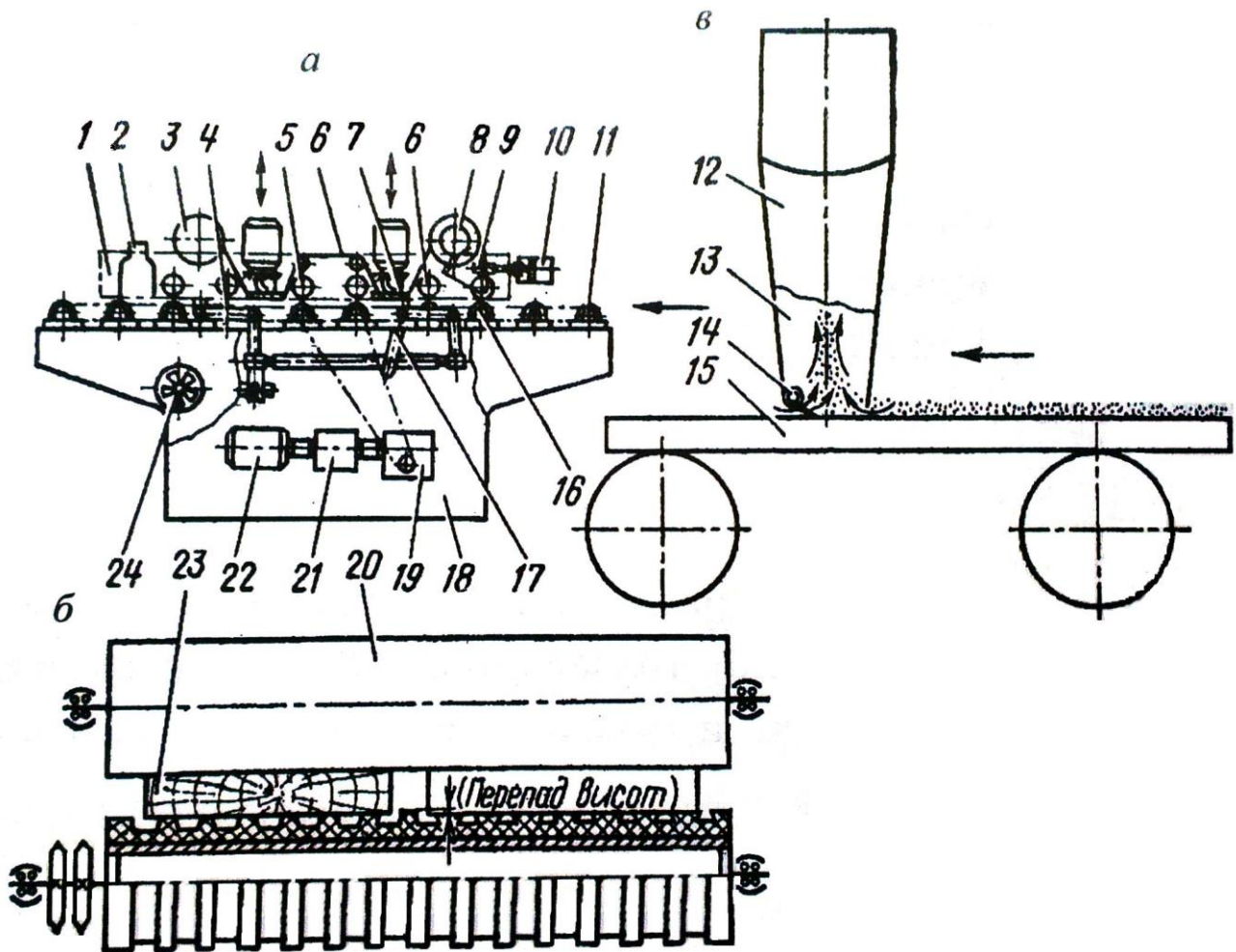
Вивчення характеру поверхні лакофарбового покриття, а також процесу його шліфування вказує на необхідність використання двох механізмів шліфування, кожен з яких виконує свою функцію. Перший – усуває дефекти на поверхні (бульбашки шагрень тощо), другий – усуває ворс і тонко шліфує плівки.

Перший механізм шліфування має виконувати грубе шліфування. Його основу, що передає тиск на поверхню, яка шліфується, виготовляють з жорсткого матеріалу (жорсткість $C = 600 \text{ Н/см}$). Другий механізм треба виготовляти з еластичного матеріалу ($C = 200 \text{ Н/см}$), надзвичайно чутливого під час шліфування щитів з жолобленням і допускаючи перешліфовувань і недошліфовувань окремих місць.

Оснащення верстата двома механізмами шліфування зменшує ширину контакту кожної праски (утюжка), а відповідно, і шліфувальної стрічки, що покращує процес шліфування (краще видаляється пил, менше нагрівається лакова плівка і заяложується шліфувальна шкурка). Ці вимоги враховано в конструкції віброшліфувального верстата моделі Шл2В (рис. 5.1). На станині 18 верстата розміщений роликотранспортер 16 з приводними роликами 11,

покритими гумою, в якій нарізано кільцеві канавки.

На підйомній рамі 1 змонтована вібропраска 7, базові ролики 20, змотувальну котушку 3 з запасом шліфувальної стрічки 6 привода котушку 8, на яку намотується шліфувальна шкурка, з пневмоприводом 10 і відсмоктувальний пристрій 2. Цей пристрій виконано у вигляді кожуха 13, всередині якого розміщено колектор 14 і пилоприймач 12. Вібропраска 7 – це жорстка плита з робочою поверхнею, покритою повстю на першій прасці (за рухом деталі) і латексом на другій. Вібропраски насаджено на вал привода з ексцентриситетом 2 мм, що забезпечує їх коливання в горизонтальній площині паралельно до самих себе.



а – схема верстата; б – схема подавання деталі; в – схема відсмоктування пилу;
 1 – рама; 2 – відсмоктувальний пристрій; 3 – змотувальна котушка; 4 – механізм налаштування на товщину деталі; 5 – базові неприводні ролики; 6 – шліфувальна шкурка; 7 – вібропраски; 8 – привідна котушка; 9 – пасова передача; 10 – пневмоциліндр; 11 – ролик; 12 – пилоприймач; 13 – кожух; 14 – колектор; 15 – деталь; 16 – транспортер; 17 – важіль натяжної зірочки; 18 – станина; 19 – редуктор; 20 – базові ролики; 21 – варіатор; 22 – електродвигун; 23 – заготівка; 24 – маховичок

Рисунок 5.1–Принципова схема віброшліфувального верстата ШЛ2В з двома прасками

Рухаючись по транспортеру 16, деталь притискається до базових неприводних роликів 5, поверхня яких покрита шаром жорсткої гуми. Різниця за товщиною заготовок 23 більшим компенсується більшим стисканням гумових виступів приводних роликів. Отже, базою є верхня поверхня деталі, що обробляється.

Лакову плівку шліфують шліфувальною шкуркою, притисненою до вібропрасок. Під час проходження заготовки під першою праскою, з жорсткою основою, шліфувальна шкурка, яка коливається разом з праскою, знімає виступи на лакофарбовому покритті. Друга праска, з м'якою основою, знімає ворс і зішліфовує окислений шар плівки. У кінці деталь 15 потрапляє в зону відсмоктувального пристрою 2. У колектор 14 подають стиснене повітря, яке, виходячи з отворів колектора, з силою ударяє по частинках пилу на вишліфуваній поверхні, піднімаючи їх у завислий стан. Далі пил відсмоктується потоком повітря в пилоприймач 12.

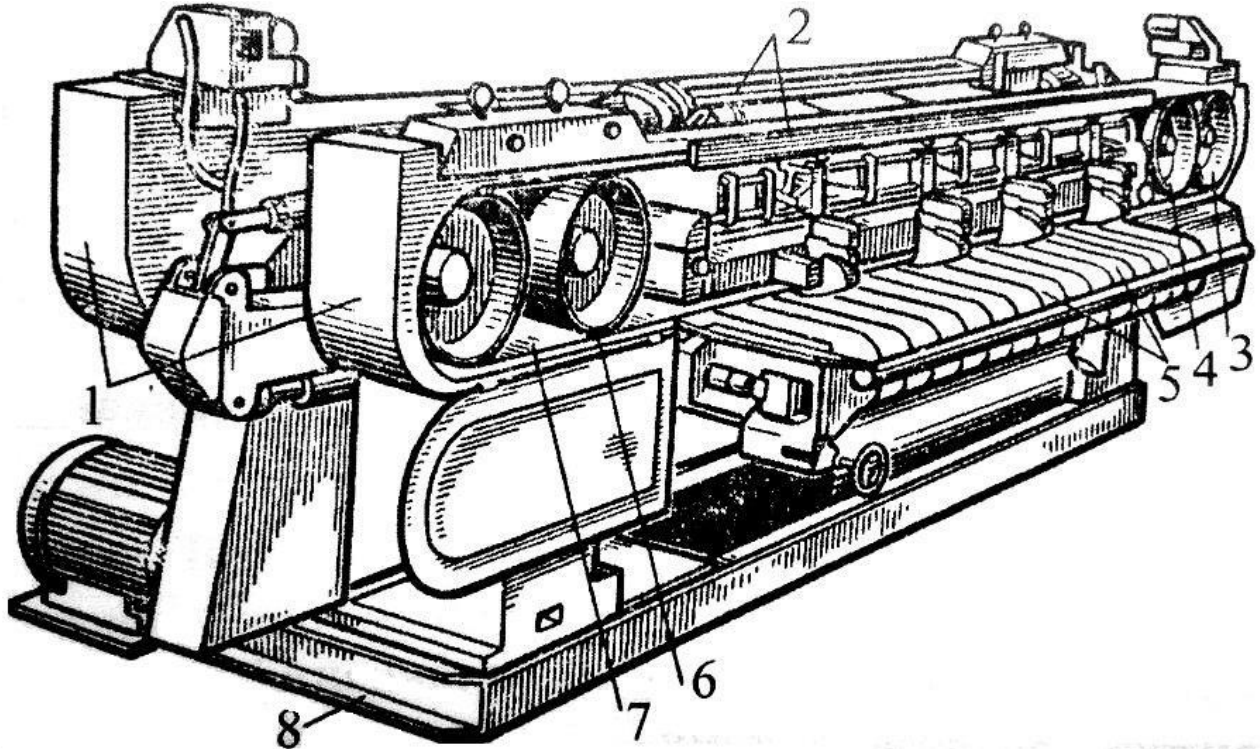
Базування по верхній стороні, що обробляється, дає змогу одночасно шліфувати кілька деталей за шириною з перепадом їхньої товщини 2...3 мм. На товщину деталі, що обробляється, верстат налаштовують підніманням рами 1 (до одержання необхідного зазору між верхньою твірною роликів транспортера і нижньою твірною базових роликів) за допомогою важільного механізму 4, який приводиться в рух вручну від маховичка 24. Контактна поверхня прасок разом зі шліфшкуркою переміщається по вертикалі відносно опорної поверхні базових роликів, чим забезпечується регулювання зусилля притискання до поверхні деталей, які шліфують. Відпрацьована шліфшкурка автоматично перемотується котушкою 8, яка обертається від пневмоциліндра 10 через рейкову і пасову передачу. Привод 10 включається за допомогою давача, який отримує імпульси від ролика 11. Частота перемотування відпрацьованої шкурки залежить від метражу деталей, що пройшли під вібропрасками. Основні технічні дані верстата наведено у табл. 5.1

Таблиця 5.1 – Технічна характеристика віброшліфувального верстата ШЛ2В

Назва параметра	Величина
1. Розміри деталі, яку можливо обробити, мм: довжина ширина товщина	500...1800 200...800 6...50
2. Кількість вібропрасок, шт	2
3. Ширина вібропраски, мм	120
4. Амплітуда коливань вібропраски, мм	4
5. Кількість коливань вібропраски за хвилину	1440
6. Швидкість подачі (безступеневе регулювання), м/хв	6...20
7. Встановлена потужність електродвигунів, кВт	1,9
8. Габарити (довжина×ширина×висота), мм	2150×1245×1500
9. Маса, кг	1600

Принципова схема стрічкошліфувального верстата

Для остаточного шліфування лакофарбових покриттів перед поліруванням використовують стрічкошліфувальні верстати прохідного типу (рис. 5.2), які можна вбудовувати в автоматичну лінію опорядження. Верстат має один або кілька конвеєрів подавання 5, дві шліфувальні стрічки 7, які рухаються впоперек деталі у протилежних напрямках. На виході з верстата встановлено щіткову стрічку для знімання пилу. Шліфувальну шкурку одягають на шків 3, а протекторні стрічки на шків 4. Для відсмоктування пилу є кожух 1 і огороження 2 шліфувальних стрічок.



1 – кожух для відсмоктування пилу; 2 – огороження; 3 – шків для шліфувальних стрічок; 4 – шків для протекторної стрічки; 5 – конвеєр подавання; 6 – протекторна стрічка; 7 – шліфувальна стрічка; 8 – станина

Рисунок 5.2– Шліфувальний верстат з двома шліфувальними стрічками ШлПС-9

Деталі подають під шліфувальні стрічки 7, які притискаються до деталі за допомогою прасок, які виготовлено у вигляді секційних пневмобалок. Пневмобалка складається з корпусу, пневматичної камери пружної металевої стрічки і подушки, виготовленої з повсті. Робоча поверхня пневмобалки обтягнута антифрикційною стрічкою. Вертикальне переміщення здійснюється через важільну систему від пневмоциліндра. Для запобігання зшліфування ребер деталей на початку і в кінці оброблення праска має піднімальний пристрій, що керується автоматично. До початку шліфування праска перебуває в піднятому положенні. Деталь підходить до шліфувальної стрічки, натискає на контактний ролик, який подає сигнал на

електронне реле часу, за його командою через певний проміжок часу праска опускається в робоче положення. Після проходження щита контактний ролик опускається, подається сигнал на друге реле часу, яке дає команду на піднімання праски до повного виходу щита з-під шліфувальної стрічки.

Таблиця 5.2 – Технічна характеристика стрічкошліфувального верстата ШЛПС-9

Назва параметра	Величина
1. Розміри деталі, яку можливо обробити, мм: ширина товщина	360...2000 10...75
2. Розміри шліфувальної стрічки, мм довжина ширина	7100 160
3. Число шліфувальних стрічок, шт	2
4. Швидкість шліфувальної стрічки, м/с	25
5. Швидкість подавання, м/хв	4...16
6. Загальна встановлена потужність, кВт	22,25
7. Габарити (довжина×ширина×висота), мм	3435×1700×1700
8. Маса, кг	3060

Полірувальні верстати

Полірування політурами по шелакових і нітролакових покриттях полягає в тому, що на товстий і повністю просушений шар лаку наносять тонкий шар політури, який надає поверхні рівномірний дзеркальний блиск і вигладжує нерівності лакової плівки. Політура – це розчин шелакової смоли в етиловому спирті з вмістом смоли 5...6 %. Вона прозора, або має колір від світло-коричневого до темно-коричневого. Полірування політурами полягає у здатності лакових плівок розчинятися в спирті. Під час полірування відбувається тільки часткове поверхневе розчинення плівки і додаткове нарощування плівки за рахунок смоли, що є в політурі. Отже, під час полірування лаковий шар вирівнюється і одночасно наноситься новий шар. Полірують тампоном, змоченим політурою. Для кращого ковзання тампона його поверхню трошки змазують олією, яку потім обов'язково треба зняти, тому що вона робить поверхню матовою. Полірування виконується вручну. Спроби створити полірувальні верстати, які б копіювали рухи робітника і наносили політуру тампоном, не дали бажаних результатів і ці верстати на виробництві не прижилися.

Після впровадження у виробництво поліефірних лаків, для полірування їхніх покриттів були запропоновані принципово нові полірувальні верстати, які полірують поверхню лакового покриття після їх шліфування за допомогою полірувальної пасти. Полірувальні пасти – це суміш абразива (оксид алюмінію, хрому тощо) спеціального помелу (розмір зерна 10...12 мкм) із в'язивником і

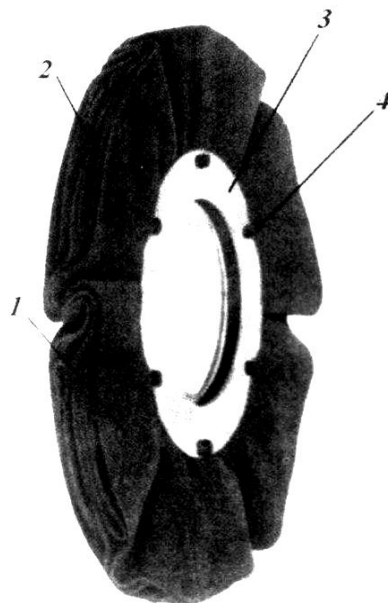
добавками олив. Полірування пастами дещо подібне до шліфування. Але під час полірування одночасно з механічним стиранням нерівностей зернами абразиву поверхня вигладжується полірувальним інструментом(пастами). Вигладжування сприяє розм'ягченню плівки під дією тепла, що виникає під час тертя інструмента по поверхні, а також під дією значного питомого тиску. Полірувальні пасти бувають рідкими і твердими. Щоправда, тверді брикетні пасти мають низку переваг: витрата пасти менша; дозування і процес піддається механізації.

Полірувати лакові покриття після їх шліфування можна фетровими стрічками, барабанами, набраними з тканинних дисків, і ротаційними дисками. Барабанні верстати, порівняно з іншими, мають низьку переваг:

- компактність конструкції, завдяки підвищеній концентрації полірувальних інструментів;
- підвищену стійкість полірувальних інструментів (середню тривалість роботи полірувальних барабанів 250 годин, а фетрових стрічок 180...200 год);
- можливість використання для виготовлення дисків порівняльно дешевих бавовняно-паперових тканин (тік, бязь, двониткова тощо);
- можливість надати барабанам, крім обертання, ще осцилювального руху, що помітно покращує якість полірування.

Ці переваги зумовили те, що в кінці ХХ ст. барабанні полірувальні верстати широко полірувального використовувалися.

Головний елемент полірувального барабана – полірувальний диск(рис. 5.3), він складається з декількох суцільних тканинних кілець, які утворюють складки, в яких розміщені сектори з цієї ж тканини. Кільця з секторами закріплені двома фланцями.



1 – центральне кільце з відходів шинельного сукна; 2 – сектор з тканини; 3 – дюралюмінієвий фланець; 4 – болт з гайкою;

Рисунок 5.3–Полірувальний круг

Для полірувальних верстатів виготовляють пустотілу вентиляційну насадку(рис. 5.4) з труби, яка разом з кругами встановленими під кутом 8° до осі, надягається на вал верстата.

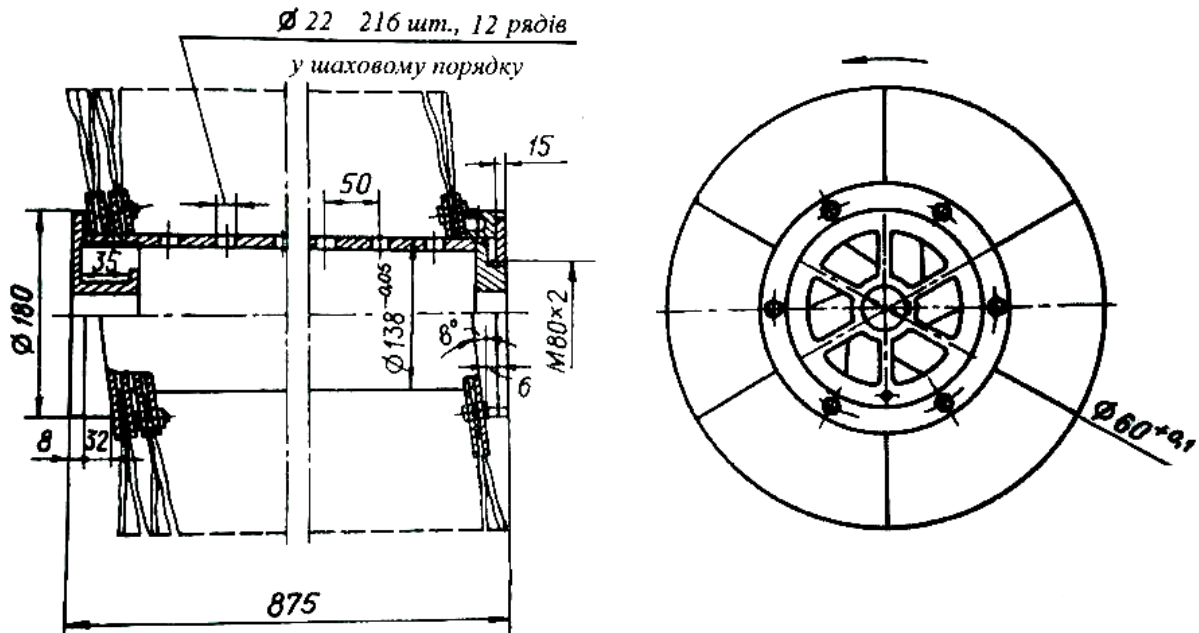
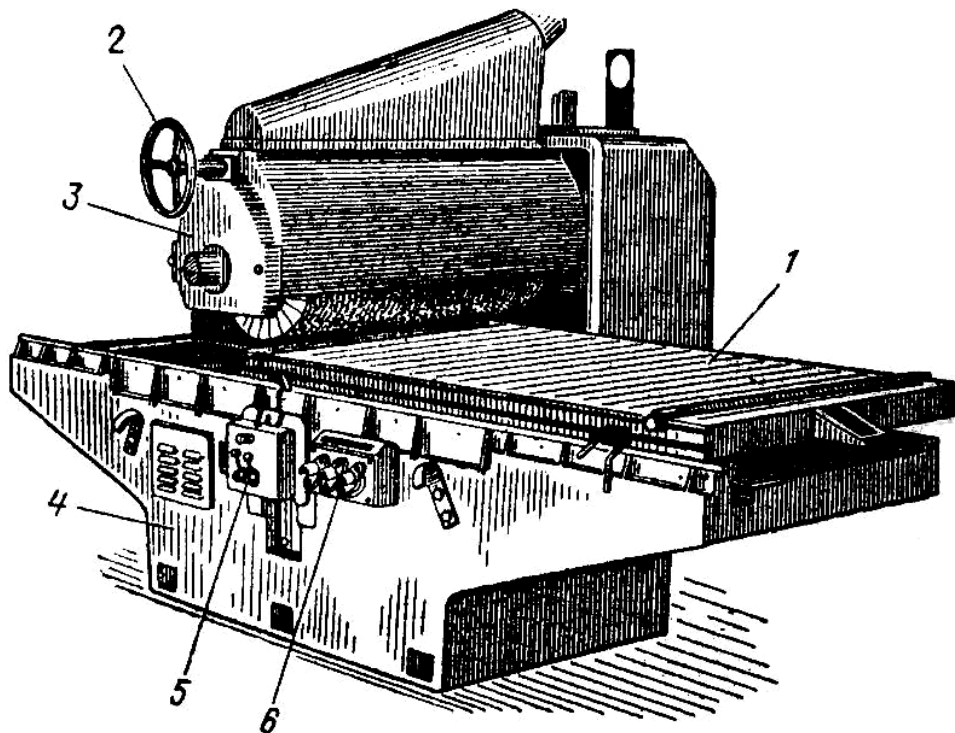


Рисунок 5.4—Пустотіла вентиляційна насадка (конструкції УкрНДІМОД)

Однobarанний полірувальний верстат ПІБ (рис. 5.5) призначений для полірування рідкими полірувальними пастами лакових покриттів, що нанесені на плоскі поверхні щитів і попередньо прошліфовані.



1 – каретка; 2 – механізм підймання супорта; 3 –супорт; 4 – станина; 5 – гідро панель; 6 – пульт керування

Рисунок 5.5 –Полірувальний однobarанний верстат ПІБ

Верстат складається зі станини 4, каретки 1, супорта 3, механізму його піднімання 2, гідропанелі 5, пульта керування 6, привода полірувального барабана, механізму осциляції і каретки. Станина складається з трьох чавунних виливок, які становлять єдиний блок, з'єднаний болтами. До основної частини прикріплені права і ліва частини, виготовлені у вигляді кронштейнів. На станині зверху закріплені сталеві напрямники: лівий трикутний; правий плоский прямокутний. По цих напрямниках ходить каретка у вигляді великого стола, зверху якого змонтовані спеціальні пересувні затискні лінійки для кріплення деталей різної довжини. На нижній стороні каретки закріплена зубчаста рейка, яка входить у зачеплення з зубчастим колесом механізму гідравлічного привода каретки.

Працює верстат так. Деталі, що поліруються, вкладають на каретку і кріплять боковими гвинтовими затискачами. Вмикають привод подавання каретки і вона здійснює зворотно-поступальний рух. Полірувальну пасту вручну, за допомогою пензля, наносять на поверхню деталі. Ступінь притискання полірувального барабана до деталі встановлюють за показниками амперметра, встановленого на верстат.

Крім полірувальних верстатів позиційного типу, використовують верстати прохідного типу з конвеєрним подаванням і більшою кількістю полірувальних (від 4 до 8). У таких верстатах використовують брикетну пасту та спеціальні пристрої для їх закріплення над барабанами. Пристрій – це коробка, в яку закладають брикет полірувальної пасти. Коробка пересувається вздовж осі барабана за допомогою пневмоциліндра. Кількість проходів полірувального барабана залежить від якості попереднього шліфування і пасти, яку використовують на верстаті. Практика показує, що для одержання хорошої якості полірування необхідно від 18 до 24 ходів барабана. Полірувальні барабани зношуються нерівномірно, тому мають великий дисбаланс. Вібрація полірувальних верстатів не дає змоги експлуатувати їх на верхніх поверхах будівель. Технічні характеристики полірувальних верстатів наведено в табл. 5.3.

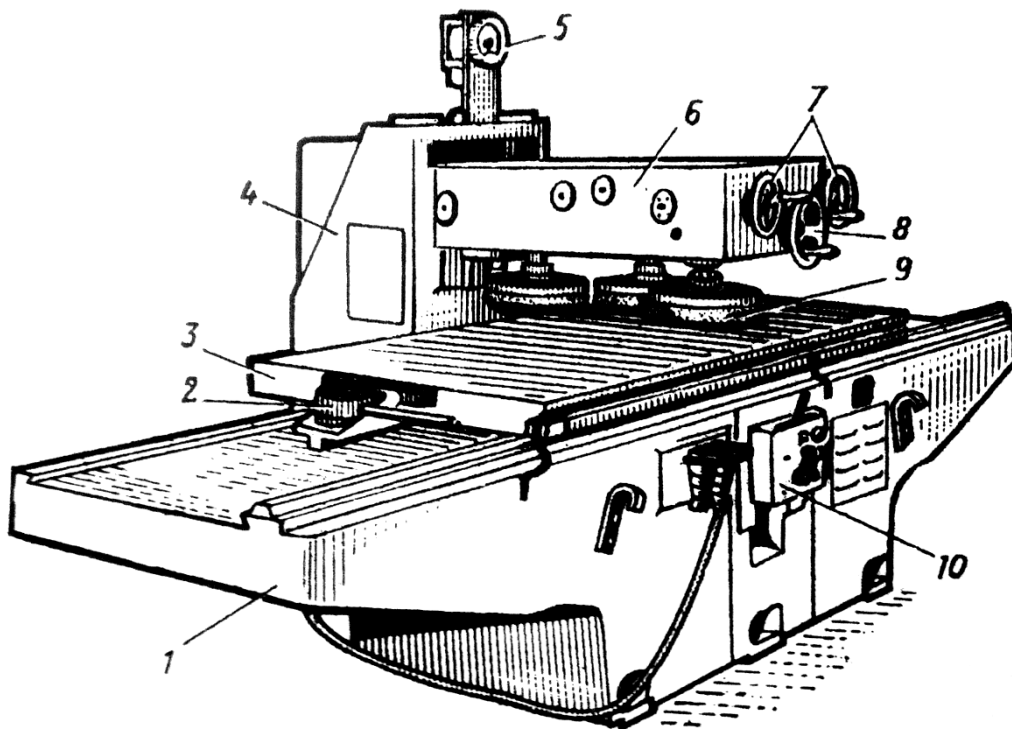
Таблиця 5.3 – Технічні характеристики полірувальних верстатів

Назва параметра	Величина	
	ПІБ	ПББ
1. Розміри деталі, яку можливо обробити, мм:		
довжина	400...1800	400...2000
ширина	200...800	220...800
товщина	10...50	10...50
2. Кількість барабанів, шт	1	6
3. Діаметр барабанів, мм	300..400	300..400
4. Частота обертання барабана, хв ⁻¹	1250	1250
5. Осциляція барабана:		
кількість коливань за хвилину	100	125
амплітуда коливань, мм	25	25

Назва параметра	Величина	
	П1Б	П6Б
6. Швидкість подавання, м/хв	1,6...8	2...9
7. Потужність привода барабанів, кВт	5,5	33
8. Частота обертання електродвигунів, хв ⁻¹	1450	1450
9. Електродвигун привода каретки, кВт	1	—
10. Загальна встановлена потужність, кВт	6,5	46,5
11. Габаритні розміри, мм		
довжина	3900	5010
ширина	1900	1970
висота	1450	1765
12. Маса, кг	2000	6600

Глянсувальні верстати

Полірування проводять полірувальними пастами, до складу яких входять оливи і жири, які необхідні для полегшення ковзання по поверхні полірувального органа. Після закінчення полірування значна кількість оливи залишається на покритті. Оливна плівка надає поверхні масляного відблиску і зумовлює швидке його забруднення внаслідок осідання пилу, окиснення і пожовтіння самої плівки. Щоб запобігти цьому після закінчення полірування поверхню треба очистити від жиру і оливи. Ця операція одержала назву – глянсування.



1 – станина; 2 – механізм кріплення деталей; 3 – каретка; 4 – тумба; 5 – амперметр; 6 – супорт; 8 – механізм піднімання супорта; 9 – ротаційні диски; 10 – панель керування гідروприводом

Рисунок 5.6 – Глянсувальний верстат ГЛП

Глянсування виконують на спеціальних верстатах, оснащених ротаційними дисками (рис. 5.6). Верстат для глянсування лакофарбових покриттів складається зі станини 1, каретки 3, що має зворотно-поступальний рух від гідропривода, панелі 10 для керування гідроприводом каретки, супорта 6, на якому змонтовані ротаційні диски 9. Для відносного переміщення дисків за висотою слугує механізм 7, для піднімання супорта – механізм 8. Фіксування тиску диска на поверхню деталі здійснюється за показами амперметра. Деталі кріпляться на каретці механізмом 2. Верстат ГЛП виготовлено на базі плоскополірувального барабанного верстата ПІБ. Відмінність полягає у конструкції супорта. Замість полірувального барабана на ньому змонтовано у шаховому порядку три ротаційних диски.

Роботу на верстаті виконують у такій послідовності. На поверхню стола встановлюють деталі і затискають їх гвинтами або ексцентрикними затискачами. На поверхню, що глянсується, вручну наносять спеціальну рідину полірувальну воду. Після цього вмикають приводи ротаційних дисків, а потім – переміщення каретки. Зусилля натискання дисків на поверхню деталі регулюють за рахунок індивідуального піднімання або опускання відносно третього, нерухомого. Після закінчення глянсування супорт з дисками піднімається за допомогою гідроциліндра. Деталі розтискаються і знімають вручну з верстата. Технічну характеристику глянсувального верстата ГЛП наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Технічна характеристика глянсувального верстата ГЛП

Назва параметра	Величина
1. Розміри деталі, яку можливо обробити, мм: довжина ширина товщина	500...1800 200...800 6...50
2. Кількість глянсувальних дисків, шт	3
3. Діаметр диска, мм	300
4. Частота обертання диска, хв ⁻¹	800
5. Швидкість подавання каретки, м/хв	2...8
6. Матеріал ротаційних дисків, мм	жорсткий тік
7. Загальна встановлена потужність, кВт	5
8. Габаритні розміри, мм довжина ширина висота	3700 1850 1800
9. Маса, кг	2000
10. Продуктивність, м ³ /год	30

Важливе значення під час розрахунку силових параметрів шліфувальних верстатів для проміжного шліфування має знання абсолютних значень питомої

потужності у Вт/см². Її можна з певними припущеннями визначити за формулою:

$$N_{num} = \frac{N_{\partial} + N_{x.x.}}{S}, \quad (5.1)$$

де N_{∂} – загальна потужність, що її споживає електродвигун верстата (за показами ватметра), Вт; $N_{x.x.}$ – потужність холостого ходу, Вт (за показами ватметра); S – площа контакту інструмента з деталлю, см².

Одержані дослідним способом дані щодо питомої потужності під час шліфування лакофарбових покриттів наведено у табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Питома потужність у Вт/см² під час проміжного шліфування лакових покриттів [11].

Швидкість подавання, м/хв	ЛакНЦ-218		Лак ПЭ-220
	v = 12 м/с	v = 24м/с	v=24м/с
3,0	1,150	3,25	3,85
5,0	0,964	2,75	3,28
6,0	0,960	2,50	3,27
7,5	0,770	2,10	3,25

За питомою потужністю для різних швидкостей подавання і швидкостей шліфування легко визначити потужність різання, Вт

$$N_p = N_{num} \cdot S. \quad (5.2)$$

Сила різання (шліфування) у Н, визначається за формулою:

$$P_z = \frac{N_p}{v}, \quad (5.3)$$

де v – швидкість різання, м/с.

$$v = \frac{\pi \cdot A \cdot n}{60 \cdot 1000}, \quad (5.4)$$

де A – амплітуда коливань вібропраски, мм; n – частота коливань вібропраски, кол./хв.

Корисна потужність привода механізму подавання N_n , кВт, дорівнює

$$N_n = \frac{1,3 \cdot S_n \cdot v_s}{60}, \quad (5.5)$$

де S_n – опір подавання, v_s – швидкість подавання.

Фактична потужність привода механізму різання і механізму подавання

$$N_n = N_p / \eta_{m.p.}, \quad (5.6)$$

де $\eta_{m.p.}$ – ККД механізму різання (подавання).

Дослідним способом встановлено, що питома сила полірування P_{num} (сила, що припадає на 1 м² поверхні контакту інструмента з деталлю) – величина постійна і не залежить від швидкості подавання і швидкості полірування, а також від виду лаку. Величина $P_{num} = 186...196$ Па. Коефіцієнт зчеплення K інструмента з полірованою поверхнею також постійний і дорівнює 0,2. Тоді зусилля полірування у Н дотичне до кола обертання барабана

$$P_z = K \cdot P_{num} \cdot F, \quad (5.7)$$

де F – площа контакту інструмента з деталлю, м².

Потужність полірування, Вт

$$N = P_z \cdot v. \quad (5.8)$$

Потужність подавання, Вт

$$N_n = \frac{P_z \cdot v}{60}. \quad (5.9)$$

Потужність на осциляцію інструмента, Вт

$$N_{oc} = \frac{2 \cdot P_z \cdot l \cdot n_{oc}}{60}, \quad (5.10)$$

де l – амплітуда коливань, м; n_{oc} – кількість коливань інструмента за хв.

5.3 Індивідуальне завдання

Виконати розрахунок силових параметрів шліфувального або полірувального верстата згідно вказаним викладачем номера варіанта.

Таблиця 5.6–Варіанти завдання

Вар.	Операція	Модель верстата	Розміри заготовки, мм	Швидкість подавання, м/хв.	Питомий тиск, Па	Розмір диску, мм	Деформ. (x), мм
1	Шліфування	Шл2В	650×1500	5	—	—	—
2	Полірування	П1Б	400×1100	6	150	360	4
3	Шліфування	Шл2В	250×600	2	—	—	—
4	Полірування	П6Б	450×1200	6	160	380	5
5	Шліфування	Шл2В	350×800	3	—	—	—
6	Полірування	П1Б	650×1700	7	200	400	6
7	Шліфування	Шл2В	650×1300	8	—	—	—
8	Полірування	П6Б	700×1700	7	120	320	3
9	Шліфування	Шл2В	600×1200	4	—	—	—
10	Полірування	П1Б	500×1400	8	140	300	2
11	Шліфування	Шл2В	550×1200	3	—	—	—
12	Полірування	П6Б	450×1600	6	140	360	3
13	Шліфування	Шл2В	300×800	4	—	—	—
14	Полірування	П1Б	700×1600	7	160	380	4
15	Шліфування	Шл2В	500×1000	4	—	—	—
16	Полірування	П1Б	680×1400	8	190	320	5

Продовження табл. 5.6

Вар.	Операція	Модель верстата	Розміри заготовки, мм	Швидкість подавання, м/хв.	Питомий тиск, Па	Розмір диску, мм	Деформ. (x), мм
17	Шліфування	Шл2В	200×500	2	—	—	—
18	Полірування	П6Б	520×1100	6	150	400	4
19	Шліфування	Шл2В	350×900	6	—	—	—
20	Полірування	П1Б	400×1100	5	160	380	4

5.4 Приклад розрахунку деревообробних верстатів

5.4.1. Приклад силового розрахунку віброшліфувального верстата

Завдання. Визначити силові параметри віброшліфувального верстата Шл2В під час шліфування поліефірного лакового покриття меблевих щитів шириною 600 мм. Швидкість подавання на верстаті 6 м/хв.

Розв'язання.

1. Визначаємо швидкість різання (шліфування) (5.4)

Амплітуда коливання $A = 4$ мм, кількість коливань вібропраски за хвилину $n = 1440$ (з технічної характеристики).

$$v = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 1440}{60 \cdot 1000} = 0,3 \text{ м/с.}$$

2. Площа контакту вібропраски

$$S = B \cdot b = 60 \cdot 12 = 720 \text{ см}^2,$$

де B – ширина деталі см, $B = 60$ см; b – ширина праски, $b = 12$ см (з технічної характеристики).

3. Потужність різання (шліфування):

Питому потужність визначаємо з табл. 5.5 методом лінійної інтерполяції, $N_{nut} = 0,041$ Вт/см².

$$N_p = 0,041 \cdot 720 = 29,52 \text{ Вт.}$$

Потужність двигуна вібропраски (за технічною характеристикою): $N_{dp} = 0,7$ кВт.

4. Сила різання під час шліфування

$$P_z = \frac{29,52}{0,3} = 98,4 \text{ Н.}$$

5. Опір подавання

$$S_n = 2 \cdot P_z + S_p \cdot z, \quad (5.10)$$

де z – кількість базових роликів; S_p – опір від базових роликів:

$$S_p = Q \cdot \frac{f \cdot d + 2 \cdot K}{D}, \quad (5.11)$$

де Q – сила притискання деталі до базового ролика; d – діаметр осі ролика; K – коефіцієнт тертя кочення ролика по поверхні щита; D – діаметр ролика.

Сила притискання деталі до базових роликів має бути такою, щоб сила тертя між роликом і деталлю утримувала деталь від зміщення під дією сили різання, яка спрямована перпендикулярно до подавання деталі. Виходячи з цього, запишемо

$$z_1 \cdot Q \cdot f = 1,3 \cdot P_z; Q = \frac{1,3 \cdot P_z}{f \cdot z_1},$$

де f – коефіцієнт тертя ковзання деталі по базовому ролику, $f = 0,2$; z_1 – кількість роликів на вході деталі перед першою вібропраскою.

$$Q = \frac{1,3 \cdot 98,4}{0,2 \cdot 2} = 319,8 \text{ Н}$$

$$S_p = 319,8 \cdot \frac{0,1 \cdot 20 + 2 \cdot 0,5}{60} = 319,8 \cdot 0,05 = 16 \text{ Н}$$

$$S_n = 2 \cdot 98,4 + 16 \cdot 6 = 196,8 + 96 = 292,8 \text{ Н}$$

6. Потужність на подавання

$$N_n = \frac{1,3 \cdot 292,8 \cdot 6}{60} = 38,06 \text{ Вт.}$$

5.4.2. Приклад силового розрахунку полірувального верстата

Завдання. На полірувальному верстаті ПІБ полірують меблеві щити довжиною 1600 мм і шириною 600 мм. Визначити силові параметри верстата. P_z , N_p , N_{oc} , якщо величину питомого тиску на деталь встановили 190 Па, до того ж диски полірувального барабана діаметром 360 мм zdeформувались у місці контакту з деталлю на 5 мм. Середня швидкість подавання дорівнює 5 м/хв.

Розв'язання.

1. Площу контакту барабана з деталлю визначимо за деформацією дисків $x = 5$ мм. Радіус барабана $R = 180$ мм.

ширина контакту:

$$a = 2 \cdot \sqrt{R^2 - (R - x)^2}, a = 2 \cdot \sqrt{180^2 - (180 - 5)^2} = 84,26 \text{ мм.}$$

$$F = B \cdot a = 0,6 \cdot 0,08426 = 0,05 \text{ м}^2.$$

2. Сила полірування розраховується за (5.7)

$K = 0,2$ – коефіцієнт зчеплення інструмента з полірувальною поверхнею

$$P_z = 0,2 \cdot 190 \cdot 0,05 = 1,9 \text{ Н}$$

3. Швидкість полірування

$$v = \frac{\pi \cdot d_\delta \cdot n_\delta}{60 \cdot 1000}, v = \frac{3,14 \cdot 360 \cdot 1250}{60 \cdot 1000} = 23,55 \text{ м/с.}$$

де d_δ – діаметр барабана, $d_\delta = 360$ мм; n_δ – частота обертання барабана, згідно характеристики верстата $n_\delta = 1250 \text{ хв}^{-1}$.

4. Потужність на осциляцію розраховується за (5.10)

$l = 25$ мм – амплітуда коливань полірувального барабана; $n_{oc} = 100$ кол/хв – частота коливань барабана.

$$N_{oc} = \frac{2 \cdot 1,9 \cdot 0,025 \cdot 100}{60} = 0,16 \text{ Вт.}$$

5. Потужність на полірування згідно (5.8)

$$N = 1,9 \cdot 23,55 = 44,75 \text{ Вт.}$$

6. Потужність на подавання розраховується за (5.9)

$$N_n = \frac{1,9 \cdot 5}{60} = 0,16 \text{ Вт.}$$

Результати розрахунку звести до таблиці.

5.5 Контрольні питання до самостійної підготовки

1. Якими чинниками пояснюють необхідність проміжного шліфування опоряджувального покриття? Обґрунтуйте необхідність дворазового шліфування опоряджувального покриття.
2. У чому полягає процес полірування лакофарбового покриття? Поясніть в чому принципова відмінність ручного процесу полірування від полірування на барабанних полірувальних верстатах.
3. Назвіть основні переваги барабанних полірувальних верстатів порівняно з іншими.
4. Для чого призначені глянсувальні верстати? Які матеріали використовують для глянсування?
5. Як визначити продуктивність полірувального верстата?
6. За якою формулою визначають питому потужність шліфування на верстатах для проміжного шліфування опоряджувальних поверхонь?
7. За якою формулою визначають силу різання (шліфування) під час шліфування опоряджувальних поверхонь?
8. За якою формулою визначають дотичне зусилля полірування

6 ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ З ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Звіт з практичних занять оформлюється відповідно до загальних вимог, що ставляться до текстових документів за ДСТУ 3008-95. Текст виконується від руки або друкується на принтері на одній стороні аркуша білого паперу формату А4 з обмежувальними рамками. Відстань від верхнього, нижнього та правого краю аркуша до обмежувальної рамки – 5мм, від лівого – 20мм.

Не допускається оформлення частини тексту звіту від руки, а частини – друкуванням на принтері (крім оформлення рисунків). Перенесення слів у заголовках, запис заголовку на одній сторінці, а початок тексту на іншій, скорочення слів, крім загальноприйнятих, не допускається, крапку у кінці заголовка не ставлять.

Звіт з кожної практичного заняття повинен мати наступну структуру:

1. Назва практичного заняття та його номер.
2. Мета роботи.
3. Короткі теоретичні відомості.
4. Індивідуальне завдання
5. Розрахунок завдання
6. Висновки.

У підрозділі „Короткі теоретичні відомості” необхідно **обов’язково** привести основні визначення та поняття.

У підрозділі „Висновки” чітко вказати результати виконаної роботи, нумеруючи їх.

Всі таблиці, формули і рисунки повинні мати номер. Нумерація здійснюється арабськими цифрами і включає номер практичної роботи і порядковий номер таблиці, формули чи рисунка у межах цієї практичної роботи.

Номер рисунка розміщують під зображенням, за ним через риску вказується назва рисунка. Наприклад: *Рисунок 4.1 – Схема обробки площини на фрезерному верстаті* (перший рисунок у звіті з практичної роботи 4). Якщо на рисунку вказані позиції елементів, то їх розшифровка наводиться під рисунком, над його назвою.

Номер формул вказують на правому боці аркуша у круглих дужках на рівні формул. Пояснення значень символів у формулах слід писати зразу під формулою у тій же послідовності, як вони подані у формулах. Кожне пояснення пишеться з нового рядка, перший рядок розпочинається словом “де” без двокрапки.

Номер таблиці вказується над таблицею зліва. Якщо таблиця переноситься на іншу сторінку її позначають так: “Продовження таблиці 2.1”. Кожна таблиця повинна мати заголовок. Таблицю розміщують після першого згадування про неї у такій формі, щоб її можна читати з повертанням або без повертання сторінки за годинниковою стрілкою. Без виконаних та своєчасно зданих всіх практичних робіт студент не допускається до складання іспиту з дисципліни “Обладнання галузі”.

7 КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЗНАНЬ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ ТА ІНДИВІДУАЛЬНИХ ПРАКТИЧНИХ ЗАВДАНЬ

Відповідно до робочої програми з дисципліни „Обладнання галузі” встановлені такі критерії оцінки знань студентів:

- правильні відповіді на запитання при перевірці ступеня підготовленості до виконання практичної роботи та вчасне її виконання і здача оцінюється **20 балами** з них:

- **5 балів** – за правильну відповідь на контрольне запитання під час перевірки готовності до виконання практичної роботи;

- **15 балів** – за своєчасну сдачу роботи.

- пропуск заняття без поважної причини або присутність на практичному занятті без звіту, при вчасному відпрацюванні і здачі роботи оцінюється максимум **10 балами**.

Невчасно, без поважної причини виконані і здані практичні роботи оцінюються у **0 балів**.

Увага! Вчасно виконаною і зданою вважається практична робота, здана у період між початком семестру та першим контрольним заходом, або між суміжними датами модульних контролів.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Деревообробні верстати загального призначення: Підручник / В. В. Шостак, Я. І. Савчук, А.С. Григор'єв та ін.; За ред. В. В. Шостака. — К.: Знання, 2007. — 279 с.
2. Основи розрахунку та конструкції деревообробного обладнання: Підручник / В.В. Шостак, Я.І. Савчук, Г.М. Ковальчук, Ю.І. Озимок, М.М. Савич; за ред. В.В. Шостака. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. — 392 с.
3. Кірик М.Д. Механічне оброблення деревини та деревних матеріалів. Підручник для вищих навчальних закладів. — Львів, КН, 2006. — 412 с.
4. Грубе А.С., Санев В.И. Основы теории и расчёта деревообрабатывающих станков, машин и автоматических линий: Учеб. для ВУЗ. — М.: Лесн. пром-сть, 1973. — 384 с.
5. Лаптев А.Т. Станки и инструменты по обработке древесины: Пособие к выполнению курсового проекта. — Л.: Лесотехническая академия, 1966. — 180 с.
6. Амалицкий В.В., Санев В.И. Оборудование и инструмент деревообрабатывающих предприятий: Учеб. для ВУЗ. — М.: Экология, 1992. — 480 с.
7. Справочник по лесопилению / Е.С. Богданов, А.М. Боровиков, А.Н. Голенищев и др.: под. ред. С.М. Хасдана. — М.: Лесн. пром-сть, 1980. — 424 с.
8. Фокин В.Ф. Лесопильные станки и линии / Вадим Федорович Фокин. — М.: Лесн. пром-сть, 1979 — 320 с.
9. Симов А.С. Производство и сортировка лущеного и струганного шпона: учеб. для ПТУ / А.С. Симонов, В.А. Воронов. — М.: Высш. шк., 1989. — 240 с.
10. Любченко В.И. Шпонострогольные станки и оборудование для обработки шпона: учеб. для ПТУ / В.И. Любченко. — М.: Высш. шк., 1982. — 184 с.
11. Бухтияров В.П. Оборудование для отделки изделий из древесины. — Изд. 2-е, перераб. /В.П. Бухтияров. — М.: Лесн. пром-сть, 1978. — 238 с.
12. Бехта П.А. Виробництво і обробка лущеного та струганного шпону: Навч. посібник / П.А. Бехта. — К.: — ІДСО, 1995. — 296 с.

Додаток

Таблиця 1 – Значення K_T і $K_T \cdot S_z$ для повздовжнього пиляння круглими пилками [3]

Подача на лезо зубця S_z , мм	K_T , Дж/см ³	$K_T \cdot S_z$, Н/мм	Подача на лезо зубця S_z , мм	K_T , Дж/см ³	$K_T \cdot S_z$, Н/мм
0,05	110	5,5	0,5	40,5	20,2
0,10	80	8,0	0,6	38,0	22,8
0,15	68	10,2	0,8	34,5	27,6
0,20	60	12,0	1,0	31,5	31,5
0,25	54	13,5	1,2	29,0	34,8
0,30	49	14,7	1,4	27,5	38,5
0,40	44	17,4	-	-	-

Таблиця 2 – Залежність K_T і $K_T \cdot S_z$ від подачі на лезо [3]

Подача на лезо S_z , мм	K_T , Дж/см ³			$K_T \cdot S_z$, Н/мм		
	для глибини фрезерування h , мм					
	1	3	5	1	3	5
0,1	37,5	31,5	28,5	3,7	3,1	2,9
0,2	34,0	29,0	26,5	6,8	5,8	5,3
0,3	31,0	27,0	24,5	9,4	8,1	7,3
0,4	29,0	25,5	23,0	11,6	10,2	9,2
0,5	27,5	24,0	21,5	13,7	12,0	10,7
0,6	26,0	22,5	20,5	16,6	13,5	12,3
0,7	24,5	21,5	19,5	17,2	15,1	13,6
0,8	23,5	20,0	18,5	18,8	16,0	14,8
0,9	22,0	19,0	17,5	19,8	17,1	15,7
1,0	21,0	18,0	17,0	21,0	18,0	17,0
1,2	19,5	17,0	16,0	23,4	20,4	19,2
1,4	18,0	16,0	15,0	25,3	22,4	21,0
1,6	17,0	15,0	14,0	27,2	24,0	22,4
1,8	16,0	14,0	13,0	28,8	25,2	23,4
2,0	15,0	13,0	12,0	30,0	26,0	24,0
2,5	13,5	11,0	10,0	33,8	27,6	26,0
3,0	12,0	10,0	9,0	36,0	30,0	27,0

Таблиця 3 – Значення $K_T \cdot S_z$ для розведених лез зубців [3]

Подача на одне лезо зубця S_z , мм	Значення $K_T \cdot S_z$, Н/мм, для середньої висоти пропилу h_{cp} , мм								
	120... 200	220... 300	320... 400	420... 500	520... 600	620... 700	720... 800	820... 900	920... 1000
0,2	21,4	22	23,6	25,6	27,6	29,6	31,6	33,6	35,6
0,3	24,9	27,6	29,4	31,8	34,2	37	39,3	41,7	44,1
0,4	30,4	34	36,4	39,2	42,4	45,2	49,2	51,6	54,4
0,6	42	46,8	50,4	54,6	57,6	65	67,2	71,4	75,6
0,8	50,4	56	60,8	65,6	71,2	76	80,8	86,4	91,2
1,0	58	65	70	76	82	87	93	100	106
1,2	67,2	74,4	80,4	86,4	93,6	99,6	106,8	114	121,2
1,4	75,6	82,6	89,6	96,6	105	112	120,4	127,4	135,8
1,6	83,2	91,2	99,2	107,2	116,8	124,8	132,8	140,8	150,4

Таблиця 4 – Поправковий множник a_n на породу деревини [3]

Порода деревини	a_n	Порода деревини	a_n
Липа	0,80	Модрина	1,10
Осіка	0,85	Береза	1,25
Сосна	1,00	Бук	1,40
Ялина	0,95	Дуб	1,55
Вільха	1,05	Ясен	1,75

Таблиця 5 – Поправковий множник a_w на вологість деревини [3]

Деревина	Вологість W , %	Множник a_w для процесів різання	
		відкритого (фрезерування, точіння, стругання, луцення)	закритого (пиляння)
Проварена	70	0,8	1,10
Сира	50..70	0,9	1,05
Напівсуха	25...30	0,95	1,00
Суша	10...15	1,00	0,95
Дуже суша	5...8	1,10	0,90

Таблиця 6 – Поправковий множник a_h на глибину оброблення для поздовжнього пиляння круглою пилкою [3]

h , мм	20	30	40	50	60	70	80
a_h	0,84	0,90	0,95	1,00	1,03	1,07	1,11

Таблиця 7 – Поправковий множник a_p назатуплення лез інструмента [3]

Тривалість роботи інструмента після загострення T, хв	Множник a_p для процесу							
	пиляння				фрезерування циліндричного (повздовжнього)	точіння поздовжнього та свердління	довбання фрезерним ланцюжком	
	рамною пилкою	стрічковою пилкою	круглою пилкою (повздовжнього)	круглою пилкою (поперечного)			з осьовою подачею	з боковою подачею
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
60	1,17	1,20	1,30	1,10	1,20	1,20	1,20	1,30
120	1,32	1,40	1,50	1,15	1,30	1,30	1,30	1,52
180	1,42	1,60	1,80	1,20	1,35	1,35	1,35	1,73
240	1,50	1,80	2,20	1,30	1,40	1,40	1,40	1,88
300	-	2,00	2,50	1,40	1,45	1,45	1,45	2,00
360	-	2,20	2,80	1,50	1,50	1,50	1,50	2,10

Таблиця 8 – Поправковий множник a_δ на кут різання [3]

Кут різання δ , град	Множник a_δ для процесів		
	пиляння стрічковою пилкою	повздовжнього фрезерування і пиляння круглою пилкою	повздовжнього точіння
35	-	-	0,93
45	-	-	1,00
50	-	0,78	-
55	-	0,86	1,22
60	0,72	1,00	-
65	0,85	1,16	2,00
70	1,00	1,34	-
75	1,20	1,55	-
80	1,42	1,80	-
85	1,65	2,10	-

Таблиця 9 – Поправковий множник a_t на температуру гідротермічного оброблення деревини [3]

Температура t, °C	10	20	30	40	50	60
a_t	1,1	1,0	0,95	0,87	0,80	0,70

Таблиця 10 – Поправковий множник a_v на швидкість різання [3]

Швидкість різання v , м/хв	a_v для процесів	
	пиляння круглою пилкою (поздовжнього)	фрезерування циліндричного (поздовжнього)
20	1,07	1,10
30	1,08	1,04
40	1,00	1,00
50	0,98	1,00
60	1,02	1,06
70	1,06	1,17
80	1,16	1,25
90	1,23	1,33
100	1,34	1,42

Таблиця 11 – Питомий опір коруванню $K_{кор}$, Н/см [8]

Деревина та її стан	Ширина смуги корування, зрізаємої кожним корознімачем, см					
	1	1,5	2	3	3,5	4
Ялина:						
свіжо зрублена	55	46	40	35	34	32
підсушена	90	72	63	56	55	51
мерзла	309	255	217	200	190	185
Сосна:						
свіжо зрублена	41	35	31	28	27	26
підсушена	88	60	45	34	32	31
мерзла	220	182	160	150	145	140

Примітка: $P_{пр}$ – сила притискування корознімача до деревини для свіжо зрубіної приймають рівною 750-1000 Н, а для мерзлої та підсушеної 1200 та 1750 Н відповідно.

Таблиця 12 – Значення питомої сили різання для умов луцення шпону [3]

Товщина шпону $h_{ш}$, мм	Значення $P_{пит\Delta табл}$, Н/мм ² , для ступеня обтискання Δ , %					
	5	10	15	20	25	30
0,6	5,00	7,00	8,00	9,00	10,65	12,00
0,8	4,75	6,75	7,75	8,37	9,63	10,88
1,0	4,60	6,50	7,30	8,00	9,00	10,20
1,15	4,52	6,34	7,13	7,83	8,88	9,91
1,5	4,20	6,00	6,81	7,47	8,40	9,40

Таблиця 13– Одинична дотична сила різання при струганні[10]

Товщина шпону, мм	Значення $P_{1Дтабл}$, Н/мм ² , при Δ , %					
	5	10	15	20	25	30
0,6	3,00	4,20	4,80	5,40	6,39	7,20
0,8	3,80	5,40	6,20	6,70	7,70	8,70
1,0	4,60	6,50	7,30	8,00	9,00	10,20

Таблиця 14 – Таблиця питомої маси деревини ρ , кг/м³

Порода дерева	Щільність деревини,	Межі щільності деревини,	Порода дерева	Щільність деревини,	Межі щільності деревини,
Ебенове (Чорне)	1260	1260	Каштан	650	600-720
Бакаутове (Залізне)	1250	1170-1390	Кедр	570	560-580
Дуб	810	690-1030	Сосна	520	310-760
Червоне дерево	800	560-1060	Липа	510	440-800
Ясень	750	520-950	Вільха	500	470-580
Горобина (дерево)	730	690-890	Осика	470	460-550
Яблуня	720	660-840	Іва	460	490-590
Бук	680	620-820	Ялина	450	370-750
Акація	670	580-850	Верба	450	420-500
В'яз	660	560-820	Горіх лісовий	430	420-450
Модрина	510	470-560	Ялиця	410	350-600
Клен	650	530-810	Бамбук	400	395-405
Береза	650	460-830	Тополя	400	390-590
Груша	650	610-730			

Примітка: У таблиці вказана середня щільність деревини при вологості 12%.

Таблиця 15 – Поправковий коефіцієнта_n на породу деревини [10]

Порода	a_n	Порода	a_n
Береза	1,00	Ольха	0,95
Бук	1,15	Сосна	0,75
Дуб	1,25	Модрина	0,70

Таблиця 16 – Поправковий коефіцієнт a_λ на кут нахилу леза відносно волокон деревини [10]

Кут нахилу леза до волокон λ , град	a_λ	Кут нахилу леза до волокон λ , град	a_λ
0	1,00	10	1,20
5	1,08	20	1,35