

**Пикалова М. В., Желтобрюхова О. Е., Онопченко В. Н.*

Донбасский государственный технический университет

**E-mail: pikalovamarina@yandex.ru*

НАЧАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ КОРРЕКТИРОВКИ РЕЖИМОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПЛОСКОСТЕЙ С УЧЕТОМ СИЛОВОГО ЗАМЫКАНИЯ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

В статье приведены элементы методики по корректировке режимов фрезерования плоских поверхностей. Дана характеристика начальных условий для выполнения корректировки, основанная на закономерностях влияния силового замыкания станочного приспособления на погрешность профиля продольного сечения обработанной поверхности.

Ключевые слова: *фрезерование плоскостей, станочное приспособление, режимы фрезерования, корректировка режимов резания.*

Постановка цели исследования. Выбор рациональных режимов обработки является одной из ключевых технологических задач, решаемых в машиностроительном производстве. При изложении последовательности выбора режимов резания при фрезеровании в учебных и производственных методических разработках пользуются справочной и нормативной литературой [1–4]. Тем не менее задачи технологического проектирования с учетом постоянного совершенствования технологического оборудования и оснастки требуют корректировки выбора режимов резания на основе достигнутого прогрессивного научно-технического уровня.

Одним из основных назначений фрезерной обработки является получение плоских поверхностей при обеспечении точности и производительности обработки. При исследовании силового замыкания фрезерных приспособлений было установлено, что некоторое сочетание параметров упругой системы позволяет добиваться уменьшения погрешности профиля продольного сечения обработанных плоских поверхностей до 60% [5]. Для дальнейшего расширения практического применения этого результата в рамках научно-исследовательской работы «Разработка системы опорных и зажимных элементов фрезерных приспособлений на основе моделирования силового замыкания» разрабатываются рекомендации по корректировке режимов фрезерования.

Целью данной работы является изложение методических подходов по корректировке режимов резания при фрезеровании плоских поверхностей, полученных с учетом эффекта уменьшения погрешности профиля продольного сечения, достигнутого при рациональном подборе параметров силового замыкания фрезерного станочного приспособления.

Теоретические основания исследований. Условие минимизации погрешности профиля продольного сечения выбором параметров силового замыкания фрезерного приспособления имеет вид [5]

$$\Delta_{\phi} = f(\Pi_{REZ}, \Pi_q, \Pi_p) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где Δ_{ϕ} — погрешность профиля продольного сечения, определяемая вдоль линии перемещения режущего инструмента относительно обрабатываемой заготовки на рабочей подаче (при фрезеровании — минутной подаче);

Π_q — безразмерный коэффициент, определяемый как отношение коэффициента жесткости системы K_q со стороны элемента «зажим» к коэффициенту жесткости системы K_{op} со стороны элемента «опора» по формуле

$$\Pi_q = \frac{K_q}{K_{op}}; \quad (2)$$

Π_p — безразмерный коэффициент, определяемый как отношение коэффициента

МАШИНОСТРОЕНИЕ

жесткости системы со стороны элемента «режущий инструмент» K_p к коэффициенту жесткости системы K_{op} со стороны элемента «опора» по формуле

$$\Pi_p = \frac{K_p}{K_{op}}; \quad (3)$$

Π_{REZ} — безразмерный коэффициент, определяемый по формуле

$$\Pi_{REZ} = \frac{Q}{P_{Pn}}, \quad (4)$$

где P_{Pn} — величина составляющей силы резания, направленная перпендикулярно плоскости опор (по схеме лезвийной обработки плоскостей — в направлении выдерживаемого размера);

Q — величина зажимной силы, которая в начальном вычислительном эксперименте считалась заданной.

Из всех составляющих формулы (1) режимы резания оказывают влияние на составляющую Π_{REZ} через величину силы резания, которая учитывается составляющей P_{Pn} . Следует отметить, что определение составляющей P_{Pn} принципиально отличается от принятого разделения силы резания при лезвийной обработке на составляющие P_z, P_y, P_x, P_h, P_v (рис. 1) [1, 2], которые задаются относительно главного и вспомогательного движений резания. Направление составляющей P_{Pn} определяется по нормали к опорным элементам станочного приспособления и зависит от того, в каком месте будет находиться установочная база (обозначена на рис. 1 как U_i). Установочная база может находиться:

- на нижней горизонтальной плоскости (U_1 на рис. 1);
- на передней по отношению к направлению подачи D_s вертикальной плоскости (U_2 на рис. 1, а, б);
- на задней по отношению к направлению подачи D_s вертикальной плоскости (U_2 на рис. 1, б);
- на продольной по отношению к направлению подачи D_s вертикальной плоскости (U_3 на рис. 1, в).

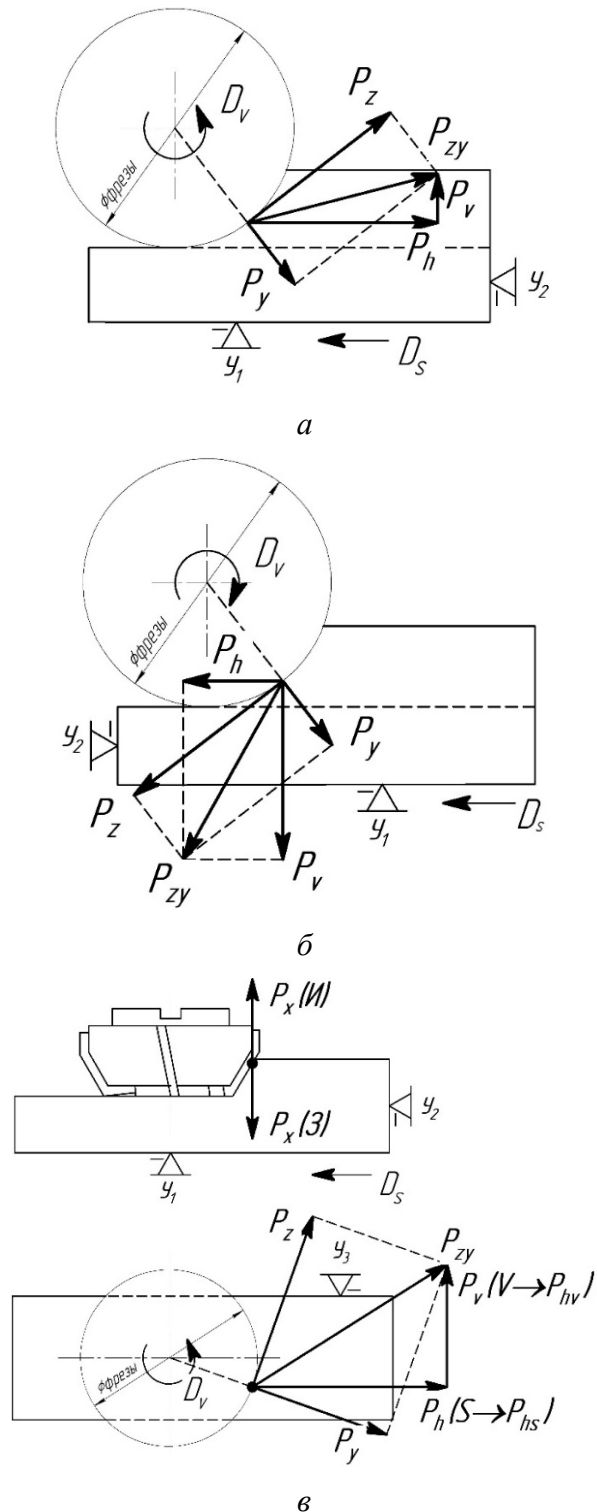


Рисунок 1 — Разложение силы резания на составляющие:
 а — встречное цилиндрическое фрезерование;
 б — попутное цилиндрическое фрезерование;
 в — симметричное торцевое фрезерование

МАШИНОСТРОЕНИЕ

При этом по нормали к опорам могут быть направлены разные составляющие, отмеченные знаком «+» в таблице 1.

Следует отметить, что составляющие P_h , и P_v , на примере фрезерования цилиндрической фрезой (рис. 1, а, б) имеют очевидную логику обозначения как горизонтальной (h) и вертикальной (v), однако для случая фрезерования торцевой фрезой обе составляющие являются горизонтальными (вертикально располагается только составляющая P_x). Поэтому в работе введены уточнения для этих составляющих на горизонтальную по подаче P_{hs} и горизонтальную по скорости P_{hv} .

Данные таблицы 1 показывают, что в каждом конкретном случае расположения установочной базы заготовки, контактирующей с опорными элементами фрезерного станочного приспособления, необходимо уточнять, какая из составляющих силы резания направлена на опоры. Таким образом, следует отметить, что справочные расчетные схемы в [1, 2] позволяют получить обобщенное понимание о направлении силы резания, которое при подборе параметров силового замыкания станочного приспособления недостаточно и требует дополнительного анализа. Например, направление составляющей P_x для торцевого фрезерования возможно как вверх на инструмент ($P_x(I)$), так и вниз на заготовку ($P_x(3)$), в зависимости от наклона зубьев фрезы и расположения режущих кромок. Дальнейшее изложение будет относиться к случаям, когда составляющая силы резания направлена перпендикулярно базовой плоскости с наибольшей возможной площадью контакта заготовки с опорными элементами приспособления, — цилиндрическому попутному (рис. 1, б) и торцевому (рис. 1, в) фрезерованию.

Особенности определения начальных условий. Корректировка режимов резания выполняется после того, как на основе подбора параметров силового замыкания при начальных значениях режимов резания достигнуто повышение точности обработки. В процессе математического моделирования

силового замыкания фрезерного приспособления были получены теоретические сочетания значений коэффициентов формулы (1) (табл. 2), при которых расчет дает минимизацию погрешности профиля продольного сечения, а для набора № 2 было достигнуто экспериментально повышение точности обработки до 60 процентов.

Таблица 1

Определение направления составляющей P_{Pn} силы резания

Схема на рис. 1	Составляющая силы резания по рис. 1	Положение установочной базы по рис. 1		
		Y_1	Y_2	Y_3
а	P_z			
	P_y			
	P_{zy}			
	P_h		+	
	P_v	+		
б	P_z			
	P_y			
	P_{zy}			
	P_h		+	
	P_v	+		
в	P_z			
	P_y			
	$P_x(3)$	+		
	P_{zy}			
	$P_h \rightarrow P_{hs}$		+	
	$P_v \rightarrow P_{hv}$			+

Таблица 2

Данные по коэффициентам силового замыкания

Коэффициент формулы (1)	Теоретические пределы изменения		Расчитанные наборы значений с минимальным отклонением профиля, № (по вертикали)		
	от	до	1	2	3
Π_q	0,4	0,7	0,5	0,6	0,7
Π_p	0,1	1	0,7	0,7	0,3
Π_{REZ}	2,5	25	4	10	25

При корректировке режимов резания учитываем, что значения коэффициентов Π_q и Π_p не зависят от режимов резания.

Для коэффициента Π_{REZ} зажимная удерживающая сила Q в первом приближении также не должна меняться, так как она не зависит от режимов резания. Это означает, что при изменении режимов резания для сохранения высокой точности обработки при заданных параметрах силового замыкания фрезерного приспособления и принятых условиях обработки требуется решение задачи сохранения величины составляющей силы резания P_{Pn} на постоянном уровне.

Основным фактором, влияющим на силу резания, является глубина резания. Аналитическое определение глубины резания выполняется путем рассмотрения ряда составляющих, связанных с улучшением погрешностей поверхности исходной заготовки, таких как шероховатость, дефектный слой, погрешность формы. Для учета величины технологического допуска при назначении глубины резания авторами в [6] предложена формула (5):

$$[t] = \left(\frac{(J_{м.о.} \cdot \delta)}{1020 \cdot 60 \cdot N_{см}} \times \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^{m_v} \cdot s_z^{y_v} \cdot B^{u_v} \cdot z^{p_v}} \cdot K_v \right)^{x_v^{-1}}, \quad (5)$$

где $[t]$ — глубина резания, мм, максимально допустимая по условию точности обработки d (мм), при имеющейся жесткости технологической системы $J_{м.о.}$ (Н/мм), мощности станка $N_{см}$ (Вт) при заданном диаметре фрезы D (мм), стойкости инструмента T (мин), подаче на зуб фрезы s_z (мм/зуб), ширине фрезерования B (мм), числе зубьев фрезы z (шт), обрабатываемого и инструментального материала, состояния обрабатываемой поверхности заготовки, учитываемых коэффициентами (табл. 3).

Переменные в формуле (5) составляют начальные условия для корректировки режимов резания. Начальные значения этих переменных для выбранных схем обработки представлены в таблице 4.

Таблица 3
Справочные коэффициенты при фрезеровании плоскостей

Переменные и коэффициенты в формуле (2)	Интервал значений коэффициентов для варианта обработки*	
	Торцевое фрезерование (рис. 1, а, б)	Цилиндрическое фрезерование (рис.1, в)
C_v	332	319÷700
D	q_v	0,2
T	m_v	0,2
s_z	y_v	0,4
B	u_v	0,2
z	p_v	0
	K_v	1,4
	x_v	0,1
		0,19÷0,38

*Обработка конструкционной и углеродистой стали, $\sigma_B = 750$ МПа, твердым сплавом.

Таблица 4
Начальные значения переменных

Переменные в формуле (2)	Интервал значений переменных для варианта обработки*	
	торц. фрез. (рис. 1, а, б)	цил. фрез. (рис.1, в)
	Станок**	
$J_{м.о.}$, Н/мм	20000 [7]	20000
$N_{см}$, кВт	4,5	4,5
	Инструмент	
ГОСТ		3752-71
D	50÷500 (100)***	50÷160 (100)***
z	5÷16 (10)***	6÷16 (12)***
T	180	180
	Заготовка	
B	$B = 0,9D$	$B = 1,6D$
	Режим резания	
s_z	табл. 5	табл. 5

*Обработка конструкционной и углеродистой стали, $\sigma_B = 750$ МПа режущим инструментом, оснащенным твердым сплавом.

**Станок нормальной точности и жесткости по ГОСТ.

***В скобках дан единый параметр для расчетов.

Параметры станка и детали удобно определять на основе стандартов в области определения норм точности и жесткости фрезерных металлорежущих станков: ГОСТ 17734-88 для фрезерных консольных

МАШИНОСТРОЕНИЕ

станков, ГОСТ 9726-89 для вертикально фрезерных станков с крестовым столом, ГОСТ 18101-85 для продольно-фрезерных станков, ГОСТ 26016-83 для широкоуниверсальных инструментальных станков, а также ГОСТ 8-82 по общим требованиям к испытаниям на точность. Общим для этих стандартов является применение для оценки точности станка образцов-изделий, среднюю ширину фрезеруемых поверхностей которых можно принять равной 400 мм. Рекомендуемые материалы образцов-изделий — чугун с временным сопротивлением 200÷250 МПа и сталь с временным сопротивлением 350÷450 МПа.

Диаметр фрезы для торцевого фрезерования на проход принимаем больше, чем ширина фрезерования, а диаметр цилиндрических фрез ограничен по ГОСТ 290092-91 размером 160 мм, при этом соотношение

диаметра и ширины фрезы составляет около 1,6. Стойкость режущей части удобно принимать кратной количеству часов работы — (60, 120, 180) минут, что соответствует рекомендациям справочника [1, 2].

Жесткость системы механической обработки оцениваем по нормативным значениям деформации системы под действием нагрузки, заданной стандартом (табл. 5) как отношение величины нагружающей систему силы к предельно допустимой упругой деформации.

Из данных таблицы 5 можно определить диапазон жесткостей. Среднее значение для станков нормальной точности около 46000 Н/мм (или 46 Н/мкм). Среднее значение для станков повышенной точности около 58000 Н/мм (или 58 Н/мкм), что на 26 % больше жесткости станков нормальной точности.

Таблица 5

Сводные данные для оценки жесткости фрезерных станков нормальной и повышенной точности

ГОСТ	Степень точности станка*	Значение нагрузки**, кН	Значение допускаемой деформации, мм	Значение жесткости, Н/мм
17734-88 / 9726-89 / 18101-85/	Н	5 / 5 / -	0,32 / 0,28 / -	15625 / 17857 / -
		8 / 8 / -	0,40 / 0,32 / -	20000 / 25000 / -
		12,5 / 12,5 / 120	0,50 / 0,36 / 0,24	25000 / 34722 / 500000
		20 / 20 / 160	0,63 / 0,40 / 0,24	31746 / 50000 / 666666
		- / 25 / 200	- / 0,45 / 0,24	- / 55555 / 833333
		- / 31,5 / 250	- / 0,50 / 0,26	- / 63000 / 961538
		- / 42,5 / 320	- / 0,56 / 0,33	- / 75892 / 969696
	П	4 / 4 / -	0,20 / 0,18 / -	20000 / 22222 / -
		6,3 / 6,3 / -	0,25 / 0,20 / -	25200 / 31500 / -
		10 / 10 / 100	0,32 / 0,22 / 0,15	31250 / 45454 / 666666
		16 / 16 / 130	0,40 / 0,25 / 0,15	40000 / 64000 / 866666
		- / 20 / 160	- / 0,28 / 0,15	- / 71428 / 1066666
		- / 25 / 200	- / 0,32 / 0,17	- / 78125 / 1176470
		- / 33,5 / 260	- / 0,36 / 0,19	- / 93055 / 1368421

*Использованы данные для модификаций станков с шириной стола 250 мм, 320 мм, 400 мм, 650 мм, 800 мм, 1000 мм.

**Значения через дробь «/» соответствуют выборке из стандарта в первой колонке.

При назначении подачи на зуб s_z учитываем справочные данные по учету жесткости технологической системы [1, 2], из которых следует, что при переходе от

системы с нормальной жесткостью (соответствующей нормальной точности станка) к системе с повышенной жесткостью (соответствующей повышенной точности

станка) подача на зуб увеличивается на 25÷50 %. В таблице 6 представлена выборка подач на зуб s_z для черного фрезерования торцевыми и цилиндрическими фрезами поверхности шириной около 500 мм (что соответствует образцам-изделиям) для станков мощностью 5÷10 кВт.

В соответствии с полученными выше данными по формуле (5) рассчитаем глубину резания по условию точности обработки, принимая допуск на обработку для размеров до 500 мм и 11–14 квалитетов точности в интервале от 0,32 мм до 0,4 мм. Результат расчета представим графиками (рис. 2).

Результаты расчета глубины резания показывают, что для области практических глубин резания до 10 мм ограничивающая точность не превышает величины 0,1 мм, что меньше, чем заявленная выше точность метода фрезерования.

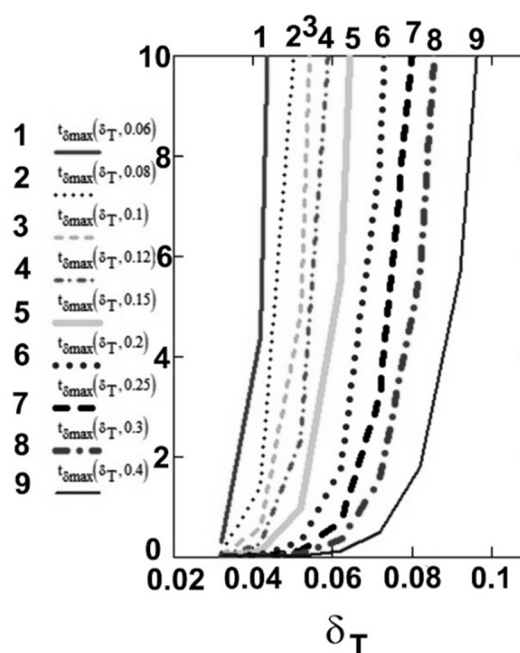
Это свидетельствует о значительном резерве в возможностях повышения точности обработки.

Таблица 6

Выборка значений подачи

Вид фрезы	Обрабатываемый материал	
	Конструкционные стали	Чугун и медные сплавы
	Подача на зуб, мм/зуб	
Торцевая с крупным и вставным зубом	0,15/0,20*	0,30/0,40
Торцевая с мелким зубом	0,06/0,08	0,15/0,20
Цилиндрическая с крупным зубом	0,12/0,25	0,2/0,3
Цилиндрическая с мелким зубом	0,06/0,10	0,10/0,12

*Значение в числителе для средней жесткости, в знаменателе — для повышенной.



- 1 — $s_z=0,06$ мм/зуб; 2 — $s_z=0,08$ мм/зуб;
- 3 — $s_z=0,1$ мм/зуб; 4 — $s_z=0,12$ мм/зуб;
- 5 — $s_z=0,15$ мм/зуб; 6 — $s_z=0,2$ мм/зуб;
- 7 — $s_z=0,25$ мм/зуб; 8 — $s_z=0,3$ мм/зуб;
- 9 — $s_z=0,4$ мм/зуб

Рисунок 2 — Расчет глубины резания по точности и подаче на зуб

Методические положения о коррекции режимов резания основываются на достигнутом в соответствии с формулой (1) повышении точности формы на примере обработанной плоской поверхности и заключаются в следующем.

В условиях обработки заготовки в станочном приспособлении с параметрами, не соответствующими рациональным соотношениям формулы (1) (табл. 1), достигается некоторая точность обработки, которая соответствует нормальным условиям работы, в частности текущей жесткости станка и технологической системы. При этом режимы резания имеют первоначальное, выбранное на основе нормативных данных, значение. В доле достигаемой точности обработки до 60 % занимает погрешность формы поверхности.

При подборе рациональных параметров фрезерного приспособления в соответствии с формулой (1) обеспечивается минимизация

погрешности формы на величину до 60 %, что соответствует увеличению точности обработки на 1 квалитет. Работа при этом ведется на начальных режимах резания, величина силы резания является заданной.

При изменении режимов резания происходит нарушение рациональных соотношений формулы (1), и погрешность формы снова возрастает.

Целью изменения режимов резания является повышение эффективности обработки, которое обеспечивается, в частности, повышением производительности. Производительность фрезерной обработки прямо пропорциональна величине минутной подачи, что следует из формулы (6):

$$P \approx \frac{1}{T_{шт}} \approx \frac{1}{T_o} = \frac{s_{мин}}{L_{р.х}}, \quad (6)$$

где P — производительность, шт/мин;
 $T_{шт}$ — штучное время обработки одной заготовки;

T_o — основное время на обработку, мин;

$L_{р.х.}$ — длина рабочего хода, мм;

$s_{мин}$ — минутная подача, мм/мин.

Минутная подача связана с другими режимами резания по формуле (7):

$$s_{мин} = s_o \cdot n = (s_z \cdot z) \cdot \left(\frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \right), \quad (7)$$

где s_o — оборотная подача за один оборот фрезы, мм/об;

n — частота вращения фрезы, об/мин;

s_z — подача на зуб фрезы, мм/зуб;

z — число зубьев фрезы, шт;

v — скорость резания, м/мин;

D — диаметр фрезы, мм.

Из формулы (7) следует, что минутная подача, в свою очередь, прямо пропорциональна подаче на зуб s_z (второму после глубины резания параметру, определяющему сечение срезаемого слоя металла) и скорости резания v . Однако при определении скорости резания v по [1, 2] учитывают остальные составляющие формулы (7) (s_z, z, D). Таким образом, независимым параметром для корректировки является только подача на зуб s_z .

Для оценки увеличения производительности удобно ввести коэффициент подачи на зуб k_{sz} , который определяется по формуле

$$k_{sz} = \frac{s_{z1}}{s_{z0}}, \quad (8)$$

где s_{z0} — начальное значение подачи на зуб;

s_{z1} — скорректированное большее значение подачи на зуб.

Коэффициент подачи на зуб показывает, во сколько раз увеличилась подача от начальных значений; например, при увеличении подачи на 25 % он будет равен 1,25.

В свою очередь, новое значение минутной подачи определяется на основе (7) с учетом k_{sz} следующим образом:

$$s_{мин1} = (s_{z1} \cdot z) \cdot n = (k_{sz} \cdot s_{z0} \cdot z) \cdot n = k_{sz} \cdot s_{мин0}.$$

Аналогично, с учетом (6), произойдет и увеличение производительности:

$$P_1 \approx \frac{k_{sz} \cdot s_{мин0}}{L_{р.х.}}$$

На основе формулы для определения главной составляющей силы резания [1, 2] можно видеть, что увеличение подачи на зуб также ведет к увеличению силы резания:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^{x_p} \cdot s_z^{y_p} \cdot B^{n_p} \cdot z}{D^{q_p} \cdot n^{w_p}} \cdot K_{mp},$$

где C_p и K_{mp} — справочные коэффициенты, определяемые по [1, 2];

x_p, y_p, n_p, q_p, w_p — справочные степенные показатели, в частности показатель при подаче на зуб y_p имеет наибольшее значение 0,4 и наименьшее 0,1 для торцевого и цилиндрического фрезерования.

С учетом коэффициента подачи на зуб (8) можно определить степень увеличения силы резания:

$$P_{z1} = k_{sz}^{y_p} \cdot P_{z0}. \quad (9)$$

Таким образом, при увеличении подачи на зуб на 25 %, соответственно, коэффициенте

подачи на зуб $k_{sz}=1,25$, увеличение силы резания составит 9,3 % при показателе $y_p=0,4$ и 2,25 % при показателе $y_p=0,1$.

Также можно выполнить и укрупненную оценку увеличения погрешности обработки при увеличении силы резания по формуле для жесткости технологической системы механической обработки:

$$J_{тсмo} = \frac{P_{Pn}}{\Delta\phi},$$

откуда получаем

$$\Delta\phi = \frac{P_{Pn}}{J_{тсмo}}$$

и далее с учетом (9)

$$\Delta\phi_1 = \frac{k_{sz}^{y_p} \cdot P_{Pn0}}{J_{тсмo}^{max}} = k_{sz}^{y_p} \cdot \Delta\phi^{min}, \quad (10)$$

где $J_{тсмo}$ — жесткость системы, Н/мм;

$J_{тсмo}^{max}$ — жесткость системы, обеспечивающая минимальную погрешность обработки $\Delta\phi^{min}$;

P_{Pn0} — начальное значение силы резания, действующей в направлении выдерживаемого размера, т. е. на установочную базу (см. табл. 1);

$\Delta\phi_1$ — погрешность формы от увеличения силы резания при увеличении подачи на зуб в k_{sz} раз;

$\Delta\phi^{min}$ — минимальная погрешность формы, достигнутая при подборе рациональных параметров станочного приспособления.

Список источников

1. Справочник технолога-машиностроителя : в 2-х т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.]. 5-е изд., испр. М. : Машиностроение, 2003. 944 с. EDN QNAPBT
2. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. Т. 2 / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мащерякова. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1986. 496 с.
3. Общемашиностроительные нормативы режимов резания / А. Д. Локтев [и др.]. Т. 1. М. : Машиностроение, 1991. 640 с. EDN RPKPOB
4. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. М. : Машиностроение, 1967. 205 с.
5. Пупкин Ю. В. Обоснование параметров фрезерных приспособлений моделированием силового замыкания : автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2020. 21 с.

Из (10) следует, что при изменении подачи на зуб на 25 % увеличение погрешности формы возникнет на уровне до 10 %, что меньше достигаемого в соответствии с (1) (табл. 2) снижения на 60 %. Следовательно, скорректированная величина подачи на зуб может быть принята к применению.

Выводы. Представленные в работе элементы методики корректировки режимов фрезерования на основе применения рациональных параметров конструкции фрезерных станочных приспособлений содержат следующие основные результаты:

– расчет глубины резания по критерию точности обработки по формуле (5) показал, что рациональные значения глубины резания лежат в области допускаемой точности, значительно превышающей среднюю экономическую точность метода фрезерования;

– оценка взаимосвязей производительности обработки с режимами резания по формулам (6) и (7) показала приоритетность корректировки подачи на зуб для увеличения производительности;

– прогнозируемое повышение погрешности обработки на 10 %, возникающее из-за повышения силы резания при увеличении подачи на зуб на 25 %, меньше, чем полученное в соответствии с формулой (1) уменьшение погрешности.

Эти результаты подтверждают перспективность предлагаемого подхода к корректировке режимов фрезерования и указывают дальнейшие направления исследований.

6. Пипкин Ю. В., Лавренчук К. П. Определение глубины резания предельной по точности фрезерования // Пути совершенствования технологических процессов и оборудования промышленного производства : сборник тезисов докладов VI международной научно-технической конференции. Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2021. С. 84–87. EDN IQEWEX

7. Зелинский А. Н., Пипкин Ю. В. Экспериментальное определение коэффициентов контактной жесткости в зажимных устройствах станочных приспособлений // Сб. науч. тр. ДонГТУ. 2007. Вып. 24. С. 189–194. URL: <http://dspace.dstu.education:8080/jspui/handle/123456789/282>.

© Пикалова М. В., Желтобрюхова О. Е., Онопченко В. Н.

Рекомендована к печати к.э.н., доц., зав. каф. ТОМП ДонГТУ Зинченко А. М., д.т.н., проф. каф. ТМИК ЛГУ им. В. Даля Витренко В. А.

Статья поступила в редакцию 21.10.2024.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Пикалова Марина Васильевна, младший научный сотрудник управления перспективных научных исследований

Донбасский государственный технический университет,

г. Алчевск, Россия,

e-mail: pikalovamarina@yandex.ru

Желтобрюхова Ольга Евгеньевна, старший научный сотрудник управления перспективных научных исследований

Донбасский государственный технический университет,

г. Алчевск, Россия

Онопченко Виктория Николаевна, младший научный сотрудник управления перспективных научных исследований

Донбасский государственный технический университет,

г. Алчевск, Россия

*Pikalova M. V., Zheltobryuhova O. E., Onopchenko V. N. (Donbass State Technical University, Alchevsk, Russia, *e-mail: pikalovamarina@yandex.ru)

INITIAL CONDITIONS FOR ADJUSTING MODES OF PLANES MILLING CONSIDERING THE FORCE CLOSURE OF WORKHOLDING FIXTURE

The article presents the methodology elements for adjusting modes of milling flat surfaces. The characteristics of the initial conditions for performing the adjustment are given, based on influence dependences of the force closure of workholding fixture on the longitudinal profile error of the machined surface.

Key words: planes milling, workholding fixture, milling modes, cutting mode adjustment.

References

1. Dal'skij A. M., Suslov A. G., Kosilova A. G. [et al.] Handbook of a mechanical engineer : in 2 volumes. Vol. 2 [Spravochnik tekhnologa-mashinostroitel'ya : v 2-h tomah]. 5th edition, revised. M. : Mashinostroenie, 2003. 944 p. EDN QNAPBT (rus)

2. Handbook of a mechanical engineer: in 2 volumes. Vol. 2 [Spravochnik tekhnologa-mashinostroitel'ya : v 2-h tomah]. Eds. Kosilovoj A. G. i Mashcheryakova R. K. 4th ed. repr. and add. M. : Mashinostroenie, 1986. 496 p. (rus)

3. Loktev A. D., Gushchin I. F., Batuev V. A. [et al.] General machine-building standards of cutting modes [Obshchemashinostroitel'nye normativy rezhimov rezaniya]. Vol. 1. M. : Mashinostroenie, 1991. 640 p. EDN RRRPOB (rus)

4. General machine-building standards of cutting modes for technical standardization of works on metal-cutting machine tools [Obshchemashinostroitel'nye normativy rezhimov rezaniya dlya tekhnicheskogo normirovaniya rabot na metallorzhushchih stankah]. M. : Mashinostroenie, 1967. 205 p.

5. Pipkin Yu. V. Justification of parameters of milling fixtures by modeling of force closure : autoref. diss. ... cand. of techn. sciences. [Obosnovanie parametrov frezernyh prispoblenij modelirovaniem silovogo zamykaniya : avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk]. Alchevsk : DonSTU, 2020. 21 p.

6. Pipkin Yu. V., Lavrenchuk K. P. Determination of the cutting depth limit for milling accuracy [Opredelenie glubiny rezaniya predel'noj po tochnosti frezerovaniya]. Puti sovershenstvovaniya tehnologicheskikh processov i oborudovaniya promyshlennogo proizvodstva : sbornik tezisov dokladov VI mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Alchevsk : DonSTU, 2021. Pp. 84–87. EDN IQEWEX (rus)

7. Zelinskij A. N., Pipkin Yu. V. Experimental determination of contact stiffness coefficients in clamping devices of machine tool fixtures [Eksperimental'noe opredelenie koefficientov kontaktnoj zhestkosti v zazhimnyh ustrojstvah stanochnyh prispoblenij]. Scientific works collection of DonSTU. 2007. Iss. 24. Pp. 189–194. (rus) URL: <http://dspace.dstu.education:8080/jspui/handle/123456789/282>.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Pikalova Marina Vasilievna, Junior Researcher of the Advanced Research Department
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia,
e-mail: pikalovamarina@yandex.ru

Zheltobryuhova Olga Evgenievna, Senior Researcher of the Advanced Research Department
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia

Onopchenko Viktoria Nikolaevna, Junior Researcher of the Advanced Research Department
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia