

функціональному відношення райони.

Висновки. Результати досліджень можуть бути складовою частиною комплексних досліджень закономірностей визначення щільності транспортних зв'язків, вузлів зародження та погашення пасажиропотоків для побудови найбільш математичних моделей ефективного функціонування транспортних систем пасажирського сполучення

Список літератури

1. Ефремов И.С., Кобозев В.М., Юдин В.А. Теория городских пассажирских перевозок / И.С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.А. Юдин. - М: Высшая школа, 1980. - 534 с.
2. Михайлов А.С. Управление рынком перемещений городского населения – Алматы: НИЦ Гылым, 2003. – 237 с.
3. Организация городских автобусных перевозок / М.Е. Антошвили, С.Ю. Либерман, И.В. Спириин. – М.: Транспорт, 1985. – 102 с.
4. Пассажирыские автомобильные перевозки : В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин. М.: Горячая линия – телеком, 2006. - 448 с.
5. Доля В.К., Грицюк П.М., Кристопчук М.С. Дослідження транспортної мережі регіону методом побудови функції щільності населення / В.К. Доля, П.М. Грицюк, М.С. Кристопчук// Коммунальное хозяйство городов. Научно-техн. сб. – Вып. 69 Серия „Технические науки и архитектура” Киев: „Техніка”, 2006. – С. 205-211.
6. Кристопчук, М.С. Ефективність пасажирської транспортної системи приміського сполучення [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / М.С. Кристопчук. – Харків: ХНАМГ, 2009. – 214 с.
Рукопис подано до редакції 22.02.12

УДК 621.9.06-585

А.С. АРАЛКІН, канд. техн. наук, доц., І.О. ДЕХТЯРЕНКО інженер
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ ВЕРСТАТА МОД. 675П

Виконано 3D - моделювання фрезерної операції технологічного процесу виготовлення деталі «Палець», отримано математичну модель об'єму стружкоутворення, визначено закон зміни швидкості різання та модернізовану конструкцію приводу головного руху універсального фрезерного верстата, що дозволить реалізувати цей закон.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами. Автоматизація виробничих процесів на сучасних підприємствах вимагає більш широкого впровадження автоматизованого технологічного обладнання. Одночасно, економічне становище на багатьох заводах не дає можливості оснащення виробництва новими сучасними верстатами. Актуальним питанням в таких умовах стає оновлення, ремонт та модернізація існуючих верстатів з урахуванням особливостей конструкції оброблюваної деталі та нових вимог стратегії технологічного процесу їх обробки. В основу такої стратегії покладено принцип постійності продуктивності обсягу стружкоутворення під час механічної обробки заготовки деталі.

Аналіз досліджень та публікацій. У загальноприйнятому аспекті під модернізацією (оновленням) металообробних верстатів, які знаходяться в експлуатації тривалий час, розуміють підвищення ефективності їх використання. Її проводять за напрямками: поліпшення технічних характеристик верстата, розширення або зміна його технологічних можливостей, автоматизацію обладнання та скорочення холостих рухів, підвищення довговічності та надійності верстата, підвищення його точності, спеціалізація тощо [1]. Модернізацію верстата доцільно проводити одночасно за кількома напрямками за умови, що витрати окупляться протягом 2-3 років, а продуктивність верстата підвищиться на 20-30 % і від буде використовуватися не менше п'яти років [2].

Відомі напрямки модернізації верстатів не враховують конструктивні особливості оброблюваної деталі, технологічні вимоги до її оброблених поверхонь. Існує досвід ВАТ КрТЗ «Констар» розробки та впровадження у виробництво п'яти координатних верстатів нової конструкції ф. «COVOSVIT» (Чехія), які спеціально розроблені для виготовлення турбінних моноколів. Але економічне становище багатьох машинобудівних виробництв не дозволяє їм поширювати парк своїх верстатів за рахунок придбання нового сучасного обладнання. Реально доступним шляхом інтенсифікації машинобудівного виробництва є модернізація існуючого верстатного парку.

Мета роботи - на основі аналізу особливостей технологічного процесу виготовлення конкретної деталі визначити закон зміни режимів різання та виконати відповідну модернізацію приводу головного руху верстата, що буде його забезпечувати під час виконання відповідної операції.

Задачі роботи - розробити та проаналізувати послідовність технологічних переходів під час обробки деталі; для відповідної окремо взятої операції технологічного процесу її виготовлення розрахувати режими різання; визначити закон зміни об'єму стружкоутворення за проходами; розробити співвідношення для визначення раціональної щосекундної швидкості різання, що забезпечить постійний об'єм стружкоутворення; визначити закон зміни швидкості різання; виконати модернізацію приводу головного руху, що дозволить реалізувати цей закон.

Викладення матеріалу і результати. У роботі розглянуто питання модернізації універсального фрезерного верстата мод. 675П в для оптимізації технологічного процесу обробки деталі «Палець» (рис. 1)

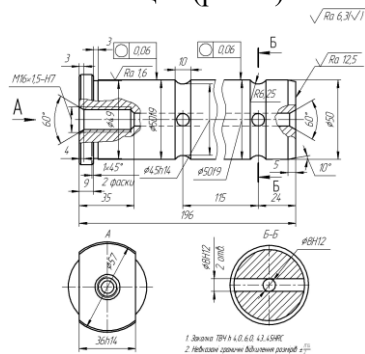


Рис. 1. Деталь «Палець»

Цю деталь виготовляють зі Сталі 45Х ГОСТ 4543-71. Вона входить у склад силового вузла, який працює на згин та зрізання. Маршрут її обробки: фрезерно-центрувальна операція; токарна (чорнова); токарна (півчистова, чистова); фрезерна (лиски); свердлильна; гартування ТВЧ; круглошліфувальна.

Фрезерну операцію виконують на широко-універсальному фрезерному верстаті мод. 675П трьохсторонньою дисковою фрезою зі швидкоріжучої сталі за три проходи в два установи.

Таблиця 1

Послідовність переходів при обробці поверхнь

Номер поверхні, розмір	Найменування переходу	Шорсткість, Ra	Точність IT	Допуск, мкм	Припуск, мм	Міжопераційний розмір
4, Ø50 ^f 9мм Ra1,6	Заготовка	50	17	1,2	4	Ø55 ^{-1,2}
	Точіння чорнове	12,5	15	0,74	2	Ø52 ^{-0,74}
	-«- півчистове	6,3	12	0,3	1	Ø51 ^{-0,2}
	-«- чистове	3,2	10	0,3	0,65	Ø50,65 ^{0,2-}
	шліфування	1,6	9	0,02	0,35	Ø50 ^{-0,025}
3, Ø50 ^f 9мм Ra6,3	Заготовка	25	17	1,2	4	Ø55 ^{-1,2}
	Точіння чорнове	12,5	15	0,74	2	Ø52 ^{-0,74}
	-«- півчистове	6,3	14	0,25	2	Ø50 ^{-0,025}
2, Ø50h14, Ra6,3	Заготовка	25	17	1,2	4	Ø55 ^{-1,2}
	Точіння чорнове	12,5	15	0,74	2	Ø52 ^{-0,74}
	-«- півчистове	6,3	14	0,25	2	Ø50 ^{-0,025}
7,8 Ø45h14, Ra6,3	Заготовка	25	17	1,0	5	Ø50 ^{-1,0}
	Точіння чорнове	12,5	15	0,62	2	Ø48 ^{-0,62}
	-«- півчистове	6,3	14	0,25	3	Ø45 ^{-0,25}
5, Ø57h14, Ra 6,3	Заготовка	25	17	1,2	5	Ø62 ^{-1,2}
	Точіння чорнове	12,5	15	0,74	3	Ø59 ^{-0,74}
	-«- півчистове	6,3	14	0,46	2	Ø57 ^{-0,46}
17,18, 36h14, Ra 6,3	Фрезерування лиски	6,3	14	0,62	10,5×2	36 ^{-0,62}
13, 14, Ø8H12, Ra6,3	Свердління отвору	12,5	14	0,15	1,2	Ø7,8 ^{+0,15}
	Зенкерування отвору	6,3	12	0,02	1,2	Ø8,0 ^{+0,022}
19, M16×1,5 H7	Розсвердлювання отвору	6,3	12	0,02	1,02	Ø14,98 ^{+0,027}
	Нарізання різьби	3,2	7	0,02	1,02	M16 ^{+0,027}
1,196, Ra12,5	Заготовка	50	17	1,85	10	203 ^{-1,85}
	Підрізка торця	12,5	14	1,15	5×2	196 ^{-1,15}
6,196, Ra6,3	Заготовка	50	17	1,85		203 ^{-1,85}
	Підрізка торця	12,5	14	1,15		196 ^{-1,15}

Швидкість різання розраховували за формулою [3]

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} K_v, \quad (1)$$

де D - діаметр фрези, мм; T - період стійкості, год; t - глибина фрезерування, мм; S_z - подача на зуб фрези, мм/зуб; B - ширина фрезерування, мм; z - число зубів фрези; $K_v = K_{mv} K_{nv} K_{lv}$ - загальний поправочний коефіцієнт, який враховує фактичні умови різання, $K_{mv} K_{nv} K_{lv}$ - коефіцієнти, які враховують якість оброблюваного матеріалу, стан поверхні заготовки та матеріал інструмента.

Частоту обертання фрези визначали за формулою

$$n = 1000 v / \pi D. \quad (2)$$

Данні розрахунків наведено у табл. 2

Таблиця 2

Режими різання та розміри за установами на фрезерній операції

Установ	Номер проходу	t , мм	n , об/хв	S_z , мм/зуб	S_c , мм/с	V , мм ³	v , мм/с	Міжопераційний розмір	Шорсткість, Ra
А	1	5	315	0,1	4,2	967,1	62,31	52h14	12,5
	2	4				1327,8		48h14	
	3	1,5	400	0,2	10,6	574,9	79,12	46,5h14	6,3
Б	1	5	315	0,1	4,2	967,1	62,31	41,5h14	12,5
	2	4				1327,8		37,5h14	
	3	1,5	400	0,2	10,6	574,9	79,12	36h14	6,3

Моделювання процесу фрезерування за переходами виконували за допомогою програмного забезпечення КОМПАС 3D (рис. 2)

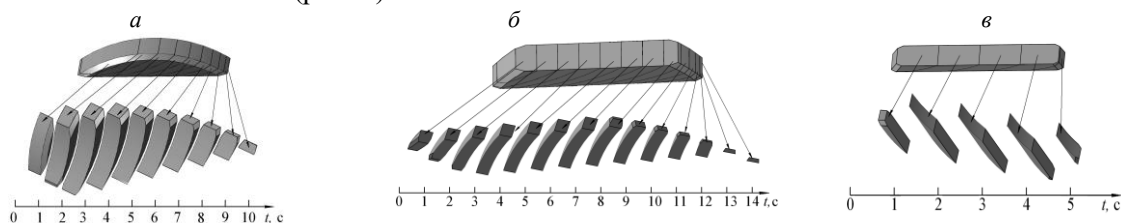


Рис. 2. 3D - моделювання процесу фрезерування лисок деталі «Палець»:

a - I-й прохід фрези, $t=5$ мм, $S=4,2$ мм/с; b - II-й прохід, $t=4$ мм, $S=4,2$ мм/с; c - III-й прохід, $t=1,5$ мм, $S=10,6$ мм/с

За результатами аналізу технологічного процесу фрезерної операції побудовано графічні залежності продуктивності стружкоутворення і швидкості різання, як функції часу обробки (рис. 3)

Отримано математичну модель обсягу стружкоутворення V (мм³/с) (рис. 3а):

при I-ому проході фрези (3)

$$V = -0,007t^6 + 0,277t^5 - 4,338t^4 + 34,83t^3 - 155,4t^2 + 343,5t - 104,4; R^2 = 0,999, \quad (3)$$

при II-ому проході фрези (4)

$$V = 0,004t^6 - 0,103t^5 + 0,543t^4 + 4,167t^3 - 52,59t^2 + 184,7t - 63,87; R^2 = 0,998, \quad (4)$$

при III-ому проході фрези (5)

$$V = -4,733t^4 + 50,50t^3 - 197,3t^2 + 340,1t - 81,18; R^2 = 1. \quad (5)$$

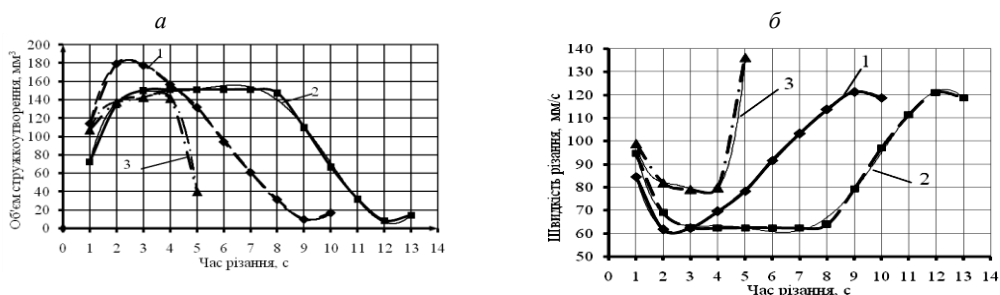


Рис. 3. Оптимізація фрезерної операції тех. процесу обробки деталі «Палець»: a - обсяг стружкоутворення;

b - швидкість різання: 1 - I прохід фрези, $t=5$ мм, $S=4,2$ мм/с; 2 - II прохід фрези, $t=4$ мм, $S=4,2$ мм/с;

3 - III прохід фрези, $t=1,5$ мм, $S=10,6$ мм/с

Для отримання значення оптимальної швидкості різання під час фрезерування на i -тій секунді обробки використовували залежність

$$v_i = 2v_{розр} - \frac{V_{розр}}{V_{max}} V_i, \quad (6)$$

де v_i - оптимальна швидкість різання на i -й секунді обробки, мм/с; V_i - обсяг стружкоутворення на i -й секунді обробки, мм³; V_{max} - найбільший обсяг стружкоутворення під час виконання заданої операції, мм³; $v_{розр}$ - розрахункове раціональне значення швидкості різання для заданого матеріалу.

За результатами математичного аналізу залежностей (3)-(5) отримано математичні моделі оптимальної швидкості фрезерування, що забезпечує постійну продуктивність стружкоутворення v , мм/с, рис. 3б), що описуються залежностями (7)-(9)

при I-му проході фрези (7)

$$v = 0,002t^6 - 0,097t^5 + 1,520t^4 - 12,21t^3 + 54,48t^2 - 120,4t + 161,2; R^2 = 0,999 \quad (7)$$

при II-му проході фрези (8)

$$v = 0,001t^6 - 0,063t^5 + 1,231t^4 - 11,41t^3 + 54,00t^2 - 125,4t + 176,6; R^2 = 0,997 \quad (8)$$

при III-му проході фрези (9)

$$v = 2,617t^4 - 27,92t^3 + 109,1t^2 - 188,0t + 203,1; R^2 = 1 \quad (9)$$

Співвідношення (7)...(9) є законом регулювання, що має забезпечити привід верстата.

Аналіз цих математичних моделей показує, що існуюча конструкція приводу головного руху верстата мод. 675П зі ступінчастим регулюванням, не може забезпечити необхідні режими різання, які, відповідно з новою стратегією механічної обробки мають постійно змінюватися. Ця проблема ускладнюється необхідністю плавного змінення швидкості різання.

Для рішення цієї проблеми розроблено нову конструкцію приводу головного руху названого верстата з плавним електромеханічним регулюванням (рис. 4)

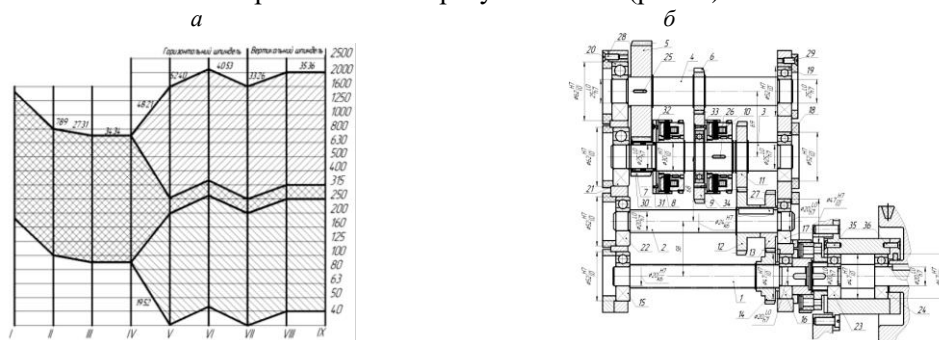


Рис. 4. Модернізація конструкції верстата мод. 675П: а - графік швидкостей верстата; б - модернізована коробка швидкостей

Плавне регулювання швидкості двигуна (1,5 кВт) верстата нової конструкції забезпечує пристрій РЕН2-3,5: Номінальна потужність (з урахуванням живлення приводу подачі) 3,5 кВт, номінальний струм на вході 6,3 А, повна потужність 6 кВА, номінальний струм на виході 7 А, струм навантаження на виході, що допускається 7,7 А, маса (не більше) 8 кг. Пристрій має автоматичне векторне управління з датчиком частоти обертання і автоматичною підтримкою швидкості обертання, оснащений цифровим ПІ-регулятором. Управління здійснюється від АСУТП у промисловому стандарті RS485 за протоколом MODBUS. Включення (відключення) - місцеве від шафи або дистанційне.

Графік швидкостей приводу головного руху (див. рис.4а) передбачає два діапазони регулювання: $R_I = 8$ (250...2000 об/хв), $R_{II} = 8$ (40...315 об/хв). Загальний діапазон $R = 50$ (40...2000 об/хв) передбачає діапазон резервування частот 250...315 об/хв. У кожному із вказаних діапазонів, частота обертання може змінюватися плавно, що відповідає поставленим задачам. Перемикання діапазонів у приводі головного руху забезпечено фрикційними електромуфтами (див. рис. 4б).

Висновки та напрямок подальших досліджень. Розроблена методика визначення раціональних режимів різання і практичний приклад перебудови універсального верстата для роботи від системи з ЧПК дозволять в умовах малих та великих підприємств впровадити у виробництво нову стратегію механічної обробки і підвищити якість продукції.

Подальші дослідження будуть направлені на практичну перевірку результатів роботи в лабораторних умовах

Список літератури

1. **Проников А.С.** Расчет и конструирование металлорежущих станков. Изд. 2-е.-М.: Высшая шк. 1968. – 431 с.
2. **Гельберг Б.Т., Пекелис Г.Д.** Ремонт промышленного оборудования. Изд. 3-е.-М.: Высшая шк. 1965. – 384 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя /Под ред. **Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К.** – М.: Машиностроение, 1985. - Т.2. - 496с.

Рукопис подано до редакції 06.04.12

УДК 622.232

Е.Ю. СТЕПАНЕНКО, аспірант, А.К. СЕМЕНЧЕНКО, д-р техн. наук,
О.Е. ШАБАЕВ, д-р техн. наук, проф.
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАТРАТ ВРЕМЕНИ НА ОБРАБОТКУ ЗАБОЯ СТРЕЛОВИДНЫМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА

Экспериментально получены данные о фактических операциях и затратах времени на их выполнение при реализации технологического цикла обработки забоя стреловидным исполнительным органом проходческого комбайна КПД. Установлены закономерности формирования затрат времени на обработку забоя в реальных условиях эксплуатации комбайна и выполнена оценка их влияния на энергетическую эффективность процесса обработки забоя.

Проблема и ее связь с практическими задачами. Угольная промышленность является основной сырьевой и энергетической базой для всех отраслей народного хозяйства Украины, а каменный уголь - единственным стратегическим энергоносителем, имеющим большие запасы и ресурсы в недрах нашей страны [1]. Обеспечение энергобезопасности Украины и конкурентоспособности ее угольных шахт может быть достигнуто путем роста нагрузок на очистные забои до пяти тысяч и более тонн в сутки. Основным фактором, сдерживающим рост нагрузки на современные добычные комплексы, является отставание в подготовке нового фронта очистных работ, т.е. недостаточно высокие темпы проходки при проведении подготовительных выработок [2]. Поэтому получение экспериментальных данных о фактических операциях и затратах времени на их выполнение при реализации технологического цикла обработки забоя стреловидным исполнительным органом проходческого комбайна (ПК) является актуальной научной задачей.

Анализ исследований и публикаций. Процесс обработки забоя проходческим комбайном сопровождается высокими динамическими нагрузками в элементах его конструкции. Для получения сведений об особенностях рабочего процесса проходческих комбайнов в настоящее время разработаны и внедряются устройства для непрерывной регистрации его характеристик, например, блок регистрации произошедших событий на комбайне [3]. Такая реализация натурального эксперимента, в отличие от известных методик лабораторного эксперимента [4] и натурального эксперимента с применением специальной измерительной аппаратуры [5], установка которой требует корректировки конструкции машины, позволяет провести эксперимент в реальных условиях эксплуатации в течение достаточно длительного времени, а следовательно получить статистически достоверные данные о фактических операциях и затратах времени на их выполнение при реализации технологического цикла обработки забоя стреловидным исполнительным органом проходческого комбайна без ущерба для нормальной работы участка шахты. В настоящее время такие данные не приведены в публикациях.

Постановка задачи. Получить данные о фактических операциях и затратах времени на их выполнение при реализации технологического цикла обработки забоя стреловидным исполнительным органом проходческого комбайна.

Установить закономерности формирования и влияние на эффективность работы проходческого комбайна затрат времени на обработку забоя в реальных условиях эксплуатации комбайна.

Изложение материала и результаты. Для получения данных о формировании затрат времени на обработку забоя стреловидным исполнительным органом проходческого комбайна были проведены экспериментальные исследования работы комбайна КПД (рис.1) в реальных условиях его использования при прохождении вентиляционного штрека северной коренной