

021.007
M54

УСТАНОВА



МАШИНО-МЕТОДИКА

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя

Кафедра інжинірингу
машинобудівних технологій

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для практичного заняття № 7

на тему:

**Обґрунтування ефективності
модернізації токарного верстату з
числовим програмним керуванням**

з дисципліни

Ефективність інженерних рішень

Тернопіль, 2023

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Кафедра інжинірингу
машинобудівних технологій

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для практичного заняття № 7

на тему:

Обґрунтування ефективності модернізації токарного верстату з числовим програмним керуванням

з дисципліни

Ефективність інженерних рішень

Для практичних занять і самостійної роботи студентів
всіх форм навчання та дистанційної освіти

Призначена для здобувачів вищої освіти
освітнього рівня – бакалавр
за спеціальністю 131 – “Прикладна механіка”

Тернопіль, 2023

Методичні вказівки розроблені відповідно до освітньої програми та навчального плану підготовки здобувачів вищої освіти, освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 131 – Прикладна механіка.

Укладачі: д.т.н., проф. Василь ВАСИЛЬКІВ
к.т.н., доц. Лариса ДАНИЛЬЧЕНКО
к.т.н., доц. Ігор ЯРЕМА
к.т.н., доц. Дмитро РАДИК

Рецензент: к.т.н., доц. Володимир КРУПА

Відповідальний за випуск к.т.н., доц. Дмитро РАДИК

Методичні вказівки розглянуті та схвалені на методичному семінарі кафедри інжинірингу машинобудівних технологій.

Протокол № 12 від 08.07.2023 р.

Методичні вказівки рекомендовано до друку науково-методичною комісією ФМТ.

Протокол № 1 від 31.08.2023 р.

Мета роботи: набуття навичок та вмінь щодо обґрунтування ефективності застосування регульованого електроприводу верстату з ЧПК.

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ.

Інвестиційна політика суб'єктів господарювання може передбачати підвищення їх ефективності не лише за рахунок впровадження принципово нових інженерних рішень, а й за рахунок модернізації існуючих об'єктів. Подібні проєкти передбачають заміну діючого обладнання (конструкцій, матеріалів) на нове, що має прогресивніші характеристики і завдяки цьому забезпечують додатковий прибуток.

Верстати на виробництві в минулому та теперішньому часі є основним засобом для виготовлення деталей різної форми, величини та складності. З часом різні вдосконалення в галузі автоматизації систем керування і виробництва привело до розширення функціональних можливостей верстатів, значного полегшення праці робітників, підвищення продуктивності та, відповідно, обсягів продукції, що випускається: людських, енергетичних, тимчасових тощо.

Великі підприємства у разі, якщо вони використовують технічно застаріле устаткування для виготовлення продукції масового виробництва за типовими технологіями, несуть незначні втрати. Компанії, які використовують технічно застаріле обладнання, значно програють за якістю тим, хто використовує нове обладнання. При цьому до найбільш значущих відносяться такі показники як точність, енергоспоживання, швидкість виходу кінцевої продукції, цикл зміни або розширення номенклатури виробів, що випускаються.

Може здатися, що проблема застарілого обладнання не така відчутна, адже воно все одно приносить дохід. Але усунення цієї проблеми у разі великих підприємств, при компетентному керуванні, принесе значну віддачу в прибутку, в обсягах виробництва та якості кінцевого продукту, при цьому, швидше за все, знизить верстатний парк і кількість обслуговуючого персоналу.

Таким чином, за сучасних умов гостро стоїть питання пошуку та знаходження вирішення проблеми на виробництві – із застарілим обладнанням. Основне протиріччя, яке лежить на шляху вирішення поставленої проблеми є значна дорожнеча нового обладнання і неактуальність наявного обладнання для продажу.

Заміна застарілого обладнання шляхом усунення старого обладнання та закупівлі нового є витратним. Витратним не лише завдяки його високій вартості, а й тим, як швидко розвиваються технології. Мало того, що ціна нових верстатів висока, тож сама актуальність нового обладнання дуже швидкоплинна, у зв'язку з постійним збільшенням різних показників ефективності, як виробничих, так і споживчих. Тим самим, у такому разі повна заміна працюючого, але застарілого обладнання не є раціональною, оскільки вкладені кошти не виправдовують швидкоплинну актуальність нового устаткування. Разом із цим, збільшуються проміжні витрати як довгострокових перспектив, так і разових. Наприклад, встановлення нового обладнання, необхідність залучення нового кваліфікованішого персоналу і, відповідно, вимогливіші нормативи щодо оплати праці; час, у якому старе обладнання усувається та закупається нове.

Складність заміни обладнання більш сучасним полягає не лише у дорожнечі закупаюваного устаткування, а й у складності продажу старого. Підприємствам краще купувати нове обладнання, вони знають, що до старих приладів складніше знайти комплектуючі, вони складніше в експлуатації, споживають більше енергетичних ресурсів, а також мають малу віддачу.

Але проблема застарілого обладнання вирішувана. Спосіб рішення криється не за повною заміною обладнання, а за тим, щоб модернізувати верстати, які вже є на виробництві.

Витрати на модернізацію наявних верстатів набагато менші за ті, що можна було витратити на заміну і ще ми маємо обладнання наближене до рівня сучасного. Так, можливо, не досягаючи його, але за політикою "ціна якість", цей спосіб є максимально ефективним для будь-якого типу виробництва.

Модернізація верстатів дозволяє ефективніше застосовувати обладнання, що знаходиться в експлуатації довгий час. За час експлуатації даного верстату з'являються нові технологічні процеси та нові інструменти, підвищується ступінь автоматизації даного виробництва, зростають показники продуктивності праці. Все це приводить до необхідності модернізувати обладнання, наближуючи його технічні показники до рівня нових машин.

Отже, ефективним і раціональним рішенням проблеми старіння обладнання є модернізація наявних верстатів, що дозволяє підвищити їх точність, продуктивність, безвідмовність, при цьому, зменшуючи їх час на простоювання, обслуговування і знижуючи їх енергоспоживання.

Модернізація верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК) – це економічна альтернатива придбання обладнання при впровадженні нових технологій. Модернізація означає продовження терміну експлуатації верстатів шляхом заміни найбільш відповідальних вузлів або модернізації устаткування, яка передбачає додавання нової технології або її властивостей до попередньої системи.

Перевагами модернізації є:

- економія на капітальних витратах при введенні нових технологій;
- оптимізація існуючих технологічних компонентів;
- адаптація технології під нову або модифіковану продукцію;
- покращення параметрів виробництва;
- висока ймовірність наявності виробничих запчастин.

Модернізація верстату надає йому друге життя й розширює період його використання. За час експлуатації верстату в десять і більше років технології керування та системи приводів зазнають фундаментальні зміни як з точки зору витрат на енергію, так і за рахунок появи нових функцій, які забезпечують ефективнішу роботу верстату. У нових компонентів доступніші запасні частини, і це може мати вирішальне значення для безпечної експлуатації верстату у багатьох випадках.

Слід зазначити, що механічний стан старих верстатів зазвичай є все ще задовільним, тому економічно вигідно провести модернізацію системи керування і приводів, ніж здійснювати покупку нових верстатів. Навіть при порушенні правил експлуатації та критичному зношенні направляючих, що впливають на точність, існують ефективні методи відновлення їх точності. При цьому в металообробному обладнанні з тривалим терміном експлуатації внаслідок природного старіння практично відсутні внутрішні напруження, що дозволяє на їх основі створювати устаткування зі стабільними геометричними параметрами, які забезпечують високу точність.

Нові технології та можливості сприяють створенню набагато гнучкішого виробництва. Повний механічний й електричний ремонт верстату створює інвестиції в перспективу. Навіть існуючі старі технологічні програми можуть бути використані після модернізації. Додатковою перевагою модернізації є можливість включення верстату в мережу існуючої ІТ інфраструктури з моніторингом стану.

Одним із рішень переозброєння верстатного парку з метою підвищення ефективності виробництва є утилізація старого обладнання і закупівля нового автоматизованого і прогресивного обладнання з ЧПК під конкретні деталі, а також зміна технологічних процесів оброблення деталей для випуску на нових верстатів. Це цілий комплекс заходів, пов'язаний з великим обсягом роботи.

При модернізації верстатів такий варіант не завжди прийнятний з огляду на наступні причини:

- старе обладнання є спеціальним, але вже застаріло і над його продуктивністю треба працювати;

- на базі старого обладнання впроваджені унікальні технології, які цілком економічні, але таке обладнання вже не випускається; при цьому аналогів нового обладнання немає або заміна не дасть економічної ефективності, а над продуктивністю, точністю і зниженням працездатності треба попрацювати;

- відсутність фінансових коштів на закупівлю нових верстатів з ЧПК;

– фінансове становище підприємства не є стійким для великих інвестицій в модернізацію виробництва.

У такому разі варіантом виходу з такої ситуації може служити саме модернізація верстатів. В силу різних вище наведених причин на сьогоднішній день модернізація верстатів є актуальною темою для багатьох підприємств. Буває недоцільно міняти старе обладнання на нове, не зовсім рівноцінне за характеристиками, тому модернізація верстату буде більш надійним і економічно вигідним рішенням.

Механічні дільниці з парком універсальних токарних верстатів застарілої конструкції, працездатних по своєму технічному складу, але конструктивно застарілих і частина ручної праці при роботі на таких верстатах особливо велика, що перешкоджає безпосередньому збільшенню продуктивності цих верстатів нарівні із загальними темпами росту продуктивності, оскільки при цьому зростає фізичне навантаження на верстатника. В процесі виготовлення деталей на токарних верстатах застарілої конструкції, складною задачею є автоматизація завантаження, затиску заготовки й зняття готових деталей. Розміщення деталі на верстаті та її закріплення повинно відповідати технологічним вимогам залежно від простоти конструкції деталі та зручності розміщення затискного улаштування і приводу до нього. Тому питанню щодо автоматизації процесів завантаження, установлення та закріплення заготовки на токарних верстатах старої конструкції надають велике значення.

Одним із найпоширеніших видів модернізації верстатів з ЧПК є заміна його застарілої електронної складової на сучасну. Це найбільш доступний і ефективний спосіб збереження ефективно працездатності обладнання. При модернізації електронної складової обладнання враховують навантаження устаткування, роботу та асортимент вироблених деталей, кваліфікацію працівників, специфіку виробництва.

Економічна ефективність модернізації верстатів дуже відчутна в плані економії споживання електроенергії. Наприклад, якщо порівнювати системи ЧПК 1-го і 4-го поколінь, то електроспоживання може відрізнятись в 20-40 разів, при цьому

капіталовкладення окупаються протягом приблизно двох років. Утилізація застарілого обладнання може частково відшкодувати витрати на модернізацію.

Основні напрямки модернізації обладнання.

Верстати колишніх випусків, що перебувають в хорошому технічному стані, модернізують, тобто вдосконалюють, наближаючи таким чином їх характеристики до рівня нових верстатів.

Основні напрямки модернізації: підвищення потужності, збільшення швидкості обертання шпинделя та верхньої межі частот обертання, підвищення жорсткості верстату.

При модернізації токарні верстати оснащують пристроями, механізованим закріпленням заготовки і зняття деталі, пристроями прискорення підведення і відведення супорта, що покращують умови безпечної роботи на верстаті. Модернізацію зазвичай здійснюють при капітальному ремонті верстату.

Для підвищення потужності на верстат встановлюють потужніший електродвигун. Під час модернізації верстату роблять перевірочний розрахунок механізмів верстату й на підставі цього розрахунку підсилюють слабкі ланки (замість плоскоремінної передачі встановлюють клиноремінну, замінюють матеріали або змінюють розміри деяких зубчастих коліс, збільшують число дисків фрикційної муфти тощо). Дані про проведену модернізації вносять в паспорт верстату.

Найпростішим способом підвищення швидкохідності верстату є збільшення діаметра ведучого шківів (на валу електродвигуна) і зменшення діаметра веденого шківів (на першому валу коробки швидкостей). Перед такою модернізацією роблять перевірочний розрахунок на проковзування ременів, на відповідність підшипників шпинделя підвищеній частоті обертання і при необхідності вносять у верстат необхідні конструктивні удосконалення.

Для підвищення жорсткості верстат встановлюють на масивніші тумби, в окремих випадках між напрямними вставляють додаткові ребра жорсткості.

Часто метою модернізації токарного верстату є розширення його технологічних можливостей. Наприклад, для оброблення особливо довгих валів подовжують станину верстату, для свердління глибоких отворів вводять спеціальний механізм обертання свердла, для нарізання різей – механізм прискореного відведення різця від заготовки в кінці кожного проходу тощо.

Можлива також модернізація верстату з метою вузької спеціалізації на оброблення заготовок певних деталей.

Для впровадження сучасних систем керування та інших елементів модернізації, змінам піддається механічна частина та кінематична схема обладнання, тому реконструкцію агрегату виконують під час капітального ремонту.

В ринкових умовах модернізація токарного верстату, як і будь-якої іншої одиниці виробничої техніки – це реальна можливість заощадити бюджет підприємства. Якщо мова йде про реновації верстату з ЧПК, замінюються застарілі системи керування, приводи подач і електродвигуни, електрообладнання, гідравліка, системи мастила, ремонтується механіка, системи охолодження, відновлюється геометрія робочих поверхонь.

Основні заходи з модернізації існуючих верстатів:

1. Заміна електродвигунів на сучасніші.
2. Встановлення сучасних перетворювачів.
3. Заміна електрообладнання.
4. Установлення ЧПК або заміна старої ЧПК на прогресивніше.
5. Установлення повноцінного монітора.
6. Установлення числової індикації на універсальні верстати.
7. Заміна ШВП, підшипників та інших відповідальних деталей і вузлів на точніші аналоги.
8. Виготовлення та встановлення нових вузлів для розширення функціональних можливостей верстату.

При заміні або установленні ЧПК на верстаті, з ним разом змінюють всю комплексну систему керування. У токарних верстатів з ЧПК є можливість отримання виду деталі з комп'ютера електронною поштою або іншими способами. Спеціальні програми здатні

повертати віртуальну деталь, зчитуючи її параметри, що значно спрощує перенесення креслення оператором з паперового носія в систему верстату.

Проведена модернізація може сприяти виходу з ладу інших вузлів. Наприклад, при встановленні потужнішого двигуна, можуть не витримати такого навантаження ремінна передача, фрикційна муфта, зубчасте колесо й інші вузли і механізми.

Встановлюючи нові потужні вузли, необхідно заздалегідь прорахувати, чи не призведе така модернізація до виходу з ладу інших. Щоб уникнути випадковостей, необхідно провести перевірочний розрахунок на міцність всього устаткування верстату, і посилити більш слабкі його вузли. Лише в цьому випадку удосконалення буде доцільним і принесе дохід, а не додаткові витрати на придбання та виготовлення запчастин.

Розглянемо модернізацію обладнання на прикладі токарного верстату.

Модернізація токарного верстату із ЧПК моделі 16A20 полягає в тому, що буде повністю замінений застарілий електропривід «Розмір 2М-5-21» на сучасні високопродуктивні частотно-регульовані приводи з векторним керуванням фірми Lenze. Заміна системи приводів верстату викликана необхідністю підвищення точності, продуктивності, забезпечення якіснішого оброблення деталі, надійності й ефективності.

При технологічній підготовці виробництва одним із важливих моментів, що забезпечують надійність роботи верстату у реальних виробничих умовах, є дослідження і випробування його в штучно створених умовах, близьких до умов експлуатації.

До числа важливих технічних характеристик електропривода відносяться: діапазон регулювання частоти обертання механізмів верстату; число ступенів обертання механізмів у даному діапазоні регулювання (плавність регулювання); сталість частоти обертання при зміні навантаження. Можливість керування частотою обертання короткозамкнених асинхронних електродвигунів була доведена одразу після їх винаходу. Реалізувати цю можливість вдалося лише з

появою силових напівпровідникових пристроїв – спочатку тиристорів, а пізніше транзисторів IGBT.

На теперішній час в усьому світі починає широко реалізовуватися частотний спосіб керування асинхронним двигуном, що сьогодні розглядається не лише з погляду економії спожитої енергії, але й з погляду вдосконалення керування технологічним процесом. У промислово розвинених країнах успішне використання частотно-регульованих приводів проводиться протягом останніх десяти років.

Регульований асинхронний електропривід або частотно-регульований привід складається з асинхронного електродвигуна та інвертора (перетворювача частоти), що виконує роль регулятора швидкості обертання асинхронного електродвигуна. Застосування частотно-регульованого електропривода забезпечує:

- зміну швидкості обертання в раніше нерегульованих технологічних процесах;
- синхронне керування декількома електродвигунами від одного перетворювача частоти;
- заміну приводів постійного струму, що дозволяє знизити витрати, пов'язані з експлуатацією;
- створення замкнених систем асинхронного електроприводу з можливістю точної підтримки заданих технологічних параметрів;
- можливість виключення механічних систем регулювання швидкості обертання (варіаторів, пасових передач);
- підвищення надійності й довговічності роботи устаткування;
- більшу точність регулювання швидкості руху, оптимальні параметри якості регулювання швидкості в складі механізмів, що працюють із постійним моментом навантаження (конвеєри, завантажувальні кулісні механізми).

Застосування нових приводів для керування двигунами токарного верстату моделі 16A20 має ряд переваг:

- верстат дозволяє оперативно переналагоджуватись на різні режими робіт;

- новий привід дозволить створити ряд програмних блокувань і захистів, а також стежити за параметрами датчиків і системою верстату в цілому, попереджаючи аварійні ситуації і блокуючи роботу приводів у випадку виникнення неполадок;

- продуктивність верстату 16A20 значно зростає, що пояснюється зняттям з людини функцій керування процесом;

- наслідком підвищення продуктивності є зниження собівартості одиниці виробу.

Проектований електропривід порівняно з базовим варіантом має наступні переваги:

- встановлений асинхронний комплектний електропривід «Розмір 2М-5-21» застарів і не задовольняє умовам точності й швидкодії, окрім того, давно знятий з виробництва;

- сучасні приводи з векторним керуванням фірми Lenze серії 8200 Vector і 8400 Vector оптимально підходять для керування й повністю задовольняють критеріям точності й швидкодії;

- можливе зменшення розряду виконуваних робіт;

- зменшення витрат часу на здійснення основної операції на 0,03 год.;

- зниження витрати на ремонт, експлуатацію й обслуговування устаткування, яке використовується, з 205 до 167 нормо-годин (на 29%);

- зменшення часу на здійснення операції дозволить робітникам одержувати преміальні надбавки (до 25%);

- вартість нового придбаного обладнання збільшиться, однак буде окуплена до встановленого нормативного терміну.

ЗАВДАННЯ НА ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

Розрахувати економію витрат від модернізації електроприводу верстату з числовим програмним керуванням.

Вихідні дані для техніко-економічних розрахунків, для 12-ти варіантів завдань, наведено в табл. 1, 2.

Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахунків.

№ з/п	Показник	Варіанти					
		1		2		3	
		баз.	нов.	баз.	нов.	баз.	нов.
1	Число оброблюваних на верстаті деталей, A_2 , шт.	3002	3002	3002	3002	3002	3002
2	Витрати часу на здійснення операцій, t , люд.-год.	2	1,97	1,8	1,7	2	1,98
3	Вартість устаткування електропривода, K , ум.од.	72302	70803	72300	70800	72300	70800
4	Витрати на площу, займану цим устаткуванням, S , ум.од.	2505	2250	2566	2350	2555	2100
5	Сумарна потужність електродвигунів, P , кВт	20	20	19	19	18	18
6	Кількість поточних ремонтів за рік	6	6	5	5	6	6
7	Ціна одиниці продукції, C_i , ум.од.	16000	17000	15000	16000	16200	17000

Продовження таблиці 1.

№ з/п	Показник	Варіанти					
		4		5		6	
		баз.	нов.	баз.	нов.	баз.	нов.
1	Число оброблюваних на верстаті деталей, A_2 , шт.	3002	3002	3002	3002	3001	3002
2	Витрати часу на здійснення операцій, t , люд.-год.	1,9	1,7	2	1,8	2	1,97
3	Вартість устаткування електропривода, K , ум.од.	73000	72800	72001	71008	71302	70803
4	Витрати на площу, займану цим устаткуванням, S , ум.од.	2605	2305	2100	2000	2500	2240
5	Сумарна потужність електродвигунів, P , кВт	20	20	19	19	19	19
6	Кількість поточних ремонтів за рік	5	5	6	6	6	6
7	Ціна одиниці продукції, C_i , ум.од.	16300	17000	16380	17000	16200	17200

Продовження таблиці 1.

№ з/п	Показник	Варіанти					
		7		8		9	
		баз.	нов.	баз.	нов.	баз.	нов.
1	Число оброблюваних на верстаті деталей, A_2 , шт.	3002	3003	3000	3002	2999	3002
2	Витрати часу на здійснення операцій, t , люд.-год.	1,8	1,7	2	1,98	1,9	1,7
3	Вартість устаткування електропривода, K , ум.од.	72400	70820	72320	70700	73200	72600
4	Витрати на площу, займану цим устаткуванням, S , ум.од.	2546	2360	2545	2110	2600	2300
5	Сумарна потужність електродвигунів, P , кВт	19	19	18	18	20	20
6	Кількість поточних ремонтів за рік	5	5	6	6	5	5
7	Ціна одиниці продукції, C_i , ум.од.	15500	16600	16300	17400	16400	17200

Продовження таблиці 1.

№ п/п	Показник	Варіанти					
		10		11		12	
		баз.	нов.	баз.	нов.	баз.	нов.
1	Число оброблюваних на верстаті деталей, A_2 , шт.	3000	3002	3001	3002	3001	3002
2	Витрати часу на здійснення операцій, t , люд.-год.	2	1,8	1,9	1,8	2	1,97
3	Вартість устаткування електропривода, K , ум.од.	72200	71066	72001	71008	71300	70810
4	Витрати на площу, займану цим устаткуванням, S , ум.од.	2102	1899	2100	2020	2500	2200
5	Сумарна потужність електродвигунів, P , кВт	19	19	18	19	20	19
6	Кількість поточних ремонтів за рік	6	6	5	6	5	6
7	Ціна одиниці продукції, C_b , ум.од.	16390	17200	16380	17000	16200	17200

Приклад виконання практичного завдання.

Розрахуємо зміну витрат від модернізації електроприводу верстату.

Модернізація електроприводу верстату дозволяє скоротити витрати часу на випуск річної програми деталей (валів). Для розрахунків використаємо дані табл. 2.

Таблиця 2 – Вихідні дані економічних розрахунків.

Найменування даних	Базовий варіант	Новий варіант
1	2	3
Годинна тарифна ставка верстатника, $C_{год}$, ум.од.	12	9,5
Годинна тарифна ставка ремонтника, $C_{год.рем}$ ум.од.	8	8
Коефіцієнт корисної дії, η , %	85	95
Коефіцієнт використання устаткування за часом, $K_{в.у.}$	0,8	0,8
Маса кожного типу устаткування: – електродвигунів, кг – перетворювача	155 370	140 270
Працемісткість ремонтних робіт кожного з видів устаткування, T_i , чол.-год.		
– перетворювач	20	15
– трансформатор	15	10
– кабельна мережа	10	7
– блок введення	6	5
– блок вентилятора	4	3
Кількість за рік середніх ремонтів	2	
Кількість за рік капітальних ремонтів	1	
Коефіцієнт, що враховує додаткову зарплату, K_∂	1,3	
Коефіцієнт, що враховує відрахування на соцстрах, $K_{страх}$.	1,375	
Коефіцієнт, що враховує преміальну доплату, $K_{прем}$	–	1,25
Коефіцієнт, що враховує амортизаційні відрахування, K_a	8,7	
Коефіцієнт, що враховує витрати на ремонт, $K_{рем}$	0,45	0,35
Вартість 1 кВт електроенергії, S_e , ум.од.	0,71	

Витрати часу на випуск річної програми по базовому варіанту:

$$T_{\text{баз}} = A_{z.\text{баз}} \cdot t_{\text{баз}}, \quad (1)$$

$$T_{\text{баз}} = 3000 \cdot 2 = 6000 \text{ люд.-год.}$$

За новим варіантом:

$$T_{\text{нов}} = A_{z.\text{нов}} \cdot t_{\text{нов}}, \quad (2)$$

$$T_{\text{нов}} = 3000 \cdot 1,97 = 5910 \text{ люд.-год.}$$

Унаслідок підвищення якості різання економія за часом складе:

$$E_{\text{ч}} = T_{\text{баз}} - T_{\text{нов}}, \quad (3)$$

$$E_{\text{ч}} = 6000 - 5910 = 90 \text{ люд.-год.}$$

Розрахуємо зміну витрат у вартісному вираженні. Має місце зміна витрат на зарплату.

У базовому варіанті витрати на зарплату верстатникам склали:

$$З_{\text{баз}} = T_{\text{баз}} \cdot C_{\text{час.баз}} \cdot K_{\text{д}} \cdot K_{\text{страх}}, \quad (4)$$

$$З_{\text{баз}} = 6000 \cdot 12 \cdot 1,3 \cdot 1,375 = 128700 \text{ ум.од.}$$

У новому варіанті

$$З_{\text{нов}} = T_{\text{нов}} \cdot C_{\text{час.нов}} \cdot K_{\text{д.нов}} \cdot K_{\text{страх.нов}} \cdot K_{\text{прем.нов}}, \quad (5)$$

$$З_{\text{нов}} = 5910 \cdot 9,5 \cdot 1,3 \cdot 1,375 \cdot 1,25 = 125400 \text{ ум.од.}$$

Економія по зарплаті верстатників буде дорівнювати:

$$E_{\text{зар}} = З_{\text{баз}} - З_{\text{нов}}, \quad (6)$$

$$E_{\text{зар}} = 128700 - 125400 = 3300 \text{ ум.од.}$$

У базовому варіанті витрати на зарплату ремонтників складають:

$$З_{\text{баз.рем}} = 205 \cdot 8 \cdot 1,3 \cdot 1,375 \cdot 1,55 = 4544 \text{ ум.од.}$$

У новому варіанті:

$$З_{нов.рем} = 167 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,375 \cdot 1,15 \cdot 1,25 = 3037 \text{ ум.од.}$$

Якщо врахувати, що у зв'язку з модернізацією кількість поточних ремонтів може бути зменшено, економія по зарплаті ремонтників складе:

$$E_{зар.рем} = З_{баз.рем} - З_{нов.рем} ,$$

$$E_{зар.рем} = 4544 - 3037 = 1507 \text{ ум.од.}$$

Витрати на установку, ремонт і обслуговування устаткування системи електроприводу в базовому варіанті:

$$P_{баз} = K_{о.баз} + K_{о.баз} \cdot K_{а.баз} + K_{о.баз} \cdot K_{б.рем} , \quad (7)$$

$$P_{баз} = 72300 + 72300 \cdot 0,087 + 72300 \cdot 0,45 = 111125 ,1 \text{ ум.од.}$$

У новому варіанті:

$$P_{нов} = K_{о.нов} + K_{о.нов} \cdot K_{а.нов} + K_{о.нов} \cdot K_{б.рем} , \quad (8)$$

$$P_{нов} = 70800 + 70800 \cdot 0,087 + 70800 \cdot 0,45 = 108819 ,6 \text{ ум.од.}$$

Економія по витратах на ремонт, установку й обслуговування устаткування:

$$E_{рем} = P_{баз} - P_{нов} , \quad (9)$$

$$E_{рем} = 111125 ,1 - 108819 ,6 = 2305 ,5 \text{ ум.од.}$$

Річна економія витрат у вартісному вираженні складе:

$$E_{річ} = 37800 \text{ ум.од.}$$

Розрахуємо часткові показники, що характеризують доцільність здійснення модернізації верстату.

У базовому варіанті визначено такі показники:

– фондвіддача

$$f_{о}^{баз} = A_{з}^{баз} / K_{о}^{баз} , \quad (10)$$

$$f_{о}^{баз} = 3000 / 72300 = 0,0415 \text{ шт./ум.од.}$$

– фондомісткість

$$f^{\text{баз}}_e = K^{\text{баз}}_o / A^{\text{баз}}_z, \quad (11)$$

$$f^{\text{баз}}_e = 72300 / 3000 = 24,1 \text{ ум.од./шт.}$$

– працевісткість

$$T^{\text{баз}}_{\text{чел.ч}} = T^{\text{баз}} / K_{\text{в.н}}, \quad (12)$$

$$T^{\text{баз}}_{\text{чел.ч}} = 6000 / 1 = 6000 \text{ люд.-год.}$$

У новому варіанті визначено аналогічні показники:

– фондвіддача

$$f^{\text{нов}}_o = A^{\text{нов}}_z / K^{\text{нов}}_o, \quad (13)$$

$$f^{\text{нов}}_o = 3000 / 70800 = 0,0423 \text{ шт./ум.од.}$$

– фондомісткість

$$f^{\text{нов}}_e = K^{\text{нов}}_o / A^{\text{нов}}_z, \quad (14)$$

$$f^{\text{нов}}_e = 70800 / 3000 = 23,6 \text{ ум.од./шт.}$$

– працевісткість

$$T^{\text{нов}}_{\text{чол.г}} = T^{\text{нов}} / K_{\text{в.н}}, \quad (15)$$

$$T^{\text{нов}}_{\text{чол.г}} = 5910 / 1,15 = 5139 \text{ люд.-год.}$$

Індекс фондвіддачі й фондоємності відповідно буде дорівнювати:

$$I_{\text{фо}} = f^{\text{нов}}_o / f^{\text{баз}}_o, \quad (16)$$

$$I_{\text{фо}} = 0,0423 / 0,0415 = 1,02, \text{ (збільшення на 2\%).}$$

$$I_{\text{фе}} = f^{\text{нов}}_e / f^{\text{баз}}_e, \quad (17)$$

$$I_{\text{фе}} = 23,6 / 24,1 = 0,97, \text{ (зниження на 3\%).}$$

Із проведених розрахунків варто зробити висновок, що показники доцільності здійснення модернізації мають тенденцію до поліпшення: збільшення фондвіддачі на 2 % і зниження

фондоємності на 3%. Це свідчить про те, що верстат буде функціонувати ефективніше.

Розрахуємо капітальні витрати на електроустаткування базового варіанту.

До основного устаткування відносять двигуни потужністю 11 кВт, і два по 4 кВт і електропривід асинхронний глибокорегульований комплектний «Розмір 2М-5-21». Загальна ціна електроустаткування – $C_{об} = 72300$ ум.од. Тоді витрати на будівельно-монтажні роботи електроустаткування складуть:

$$S_{смп} = C_{об} \cdot 0,1, \quad (18)$$

$$S_{смп} = 72300 \cdot 0,1 = 7230 \text{ ум.од.}$$

Заробітна платня будівельно-монтажних робітників дорівнює:

$$З_{смп} = 0,5 \cdot (0,1 C_{об}), \quad (19)$$

$$З_{смп} = 0,5 \cdot (0,1 \cdot 72300) = 3615 \text{ ум.од.}$$

Разом по устаткуванню маємо:

$$S_{об} = C_{об} + S_{смп}, \quad (20)$$

$$S_{об} = 72300 + 7230 = 79530 \text{ ум.од.}$$

Транспортні витрати по доставці устаткування складають:

$$S_{мп} = 0,04 C_{об}, \quad (21)$$

$$S_{мп} = 0,04 \cdot 72300 = 2892 \text{ ум.од.}$$

Заготівельно-складські витрати дорівнюють:

$$S_{зс} = C_{об} \cdot 0,012 = 72300 \cdot 0,012 = 867 \text{ ум.од.} \quad (22)$$

Разом загальна сума капітальних витрат по базовому варіанту складе:

$$K_{баз} = S_{об} + S_{мп} + S_{зс}, \quad (23)$$

$$K_{баз} = 79530 + 2892 + 867 = 83289 \text{ ум.од.}$$

Розрахуємо капітальні витрати на електроустаткування нового варіанту, до якого відносять двигун потужністю 11 кВт і два двигуна по 4 кВт, частотно-регульований привід 8200 Vector і 2 приводи подач 8400 Stateline, мережевий дросель ELN3-0055H055, магнітні пускачі, автоматичні вимикачі й енокодер Autonics E40S-6-300-3-5-2с.

Загальна сума електроустаткування $Ц_{об} = 70800$ ум.од.

Витрати на будівельно-монтажні роботи складуть 10 % від загальної суми:

$$S_{сmp} = 0,1 Ц_{об} , \quad (24)$$

$$S_{сmp} = 0,1 \cdot 70800 = 7080 \text{ ум.од.}$$

Зарплата будівельно-монтажних робітників дорівнює:

$$З_{сmp} = 0,5 \cdot S_{сmp} , \quad (25)$$

$$З_{сmp} = 0,5 \cdot 7080 = 3040 \text{ ум.од.}$$

Разом по устаткуванню маємо:

$$S_{об} = Ц_{об} + S_{сmp} , \quad (26)$$

$$S_{об} = 70800 + 7080 = 77880 \text{ ум.од.}$$

Транспортні витрати по доставці устаткування дорівнюють:

$$S_{mp} = 0,04 Ц_{об} , \quad (27)$$

$$S_{mp} = 0,04 \cdot 70800 = 2832 \text{ ум.од.}$$

Заготівельно-складські витрати:

$$S_{zc} = Ц_{об} \cdot 0,012 = 70800 \cdot 0,012 = 849 \text{ ум.од.}$$

Разом загальна сума капітальних витрат за новим варіантом:

$$K_{баз} = S_{об} + S_{mp} + S_{zc} , \quad (28)$$

$$K_{баз} = 77880 + 2832 + 849 = 81561 \text{ ум.од.}$$

Розходження в сумах капітальних вкладень пояснюється різницею у вартості устаткування. Щоб не ускладнювати розрахунки, продуктивність верстату для обох варіантів узята однаковою.

Експлуатаційні витрати при застосуванні тієї або іншої системи електроприводу визначаються технологічною собівартістю, що складається з наступних статей:

- амортизаційні відрахування C_a ;
- витрати на споживану електроенергію C_e ;
- витрати на ремонт електроустаткування C_p ;
- інші витрати.

Річні амортизаційні відрахування за кожним з варіантів визначаються за формулою:

$$C_a = (N_a \cdot Ц_{об}) / 100 , \quad (29)$$

де N_a – норма амортизаційних відрахувань (беремо 8%, якщо розглядається машинобудівний виробничий об'єкт);

$Ц_{об}$ – вартість основного обладнання.

Амортизаційні відрахування за базовим варіантом дорівнюють:

$$C_{a.баз} = 8 \cdot 72300 / 100 = 5784 \text{ ум.од.}$$

За новим варіантом:

$$C_{a.нов} = 8 \cdot 70800 / 100 = 5664 \text{ ум.од.}$$

До амортизаційних відрахувань на устаткування варто додати відрахування на площу, тоді одержимо повні амортизаційні відрахування за рік.

По базовому варіанті відрахування на площу складуть:

$$C_{a.пл}^{баз} = 8 \cdot 2500 / 100 = 200 \text{ ум.од.}$$

По новому варіанту:

$$C_{a.пл}^{нов} = 8 \cdot 2250 / 100 = 180 \text{ ум.од.}$$

Норма амортизації взята усереднена – 8 % для всіх об'єктів.

Повні амортизаційні відрахування по базовому варіанту складають:

$$C_a^{баз} = C_{a.баз} + C_{a.пл}^{баз}, \quad (30)$$

$$C_a^{баз} = 5784 + 200 = 5984 \text{ ум.од.}$$

По новому варіанту:

$$C_a^{нов} = C_{a.нов} + C_{a.пл}^{нов}, \quad (31)$$

$$C_a^{нов} = 5664 + 180 = 5844 \text{ ум.од.}$$

Розрахуємо витрати на споживану електроенергію:

$$C_e = (P / \eta) \cdot T_{ef} \cdot K_v \cdot K_m, \quad (32)$$

де P – номінальна потужність електродвигуна, що використовується у верстаті, кВт;

η – коефіцієнт корисної дії електроустаткування;

T_{ef} – ефективний фонд часу роботи, год;

K_v – коефіцієнт використання за часом;

K_m – коефіцієнт використання по потужності;

C_e – вартість 1 кВт год. електроенергії, ум.од./кВт год.

Коефіцієнт корисної дії електроустаткування обчислюємо як добуток коефіцієнтів корисної дії двигуна й перетворювача.

Для базового варіанту коефіцієнт корисної дії дорівнює 85%, для нового варіанту – 95%. Коефіцієнт використання за часом для обох варіантів прийmemo рівним 0,8. Коефіцієнт використання по потужності за базовим варіантом – 0,92, за новим – 0,62. Вартість електроенергії дорівнює 0,71 ум.од./кВт год.

Ефективний фонд часу за обома варіантами при роботі цеху в одну зміну за рік складе:

$$T_{ef} = 8 \cdot 22 \cdot 12 = 2112 \text{ ум.од.}$$

Підставимо вихідні дані у формулу, визначимо витрати на електроенергію за обома варіантами:

– за базовим варіантом:

$$C_e = (19 / 0,85) \cdot 2112 \cdot 0,8 \cdot 0,97 \cdot 0,45 = 16485 \text{ ум.од.}$$

– за новим варіантом:

$$C_e = (19 / 0,95) \cdot 2112 \cdot 0,8 \cdot 0,62 \cdot 0,45 = 9428 \text{ ум.од.}$$

Розрахуємо витрати на поточний ремонт.

Поточний ремонт електроустаткування виконується на місці його встановлення з відключенням від мережі, силами змінного ремонтного персоналу, що обслуговує даний агрегат (устаткування).

Витрати на поточний ремонт електроустаткування містять наступні статті:

– основна заробітна платня робітників з нарахуваннями, C_{zn} ;

– вартість використовуваних матеріалів, напівфабрикатів і комплектуючих виробів, C_m ;

– цехові й загальнозаводські витрати, C_{zag} .

Для визначення зарплати робітників-ремонтників необхідно знати працемісткість ремонтних робіт і ефективний фонд часу одного робітника.

Працемісткість ремонтних робіт визначають із графіків планово-попереджувальних ремонтів.

З табл. 1 маємо, що працемісткість ремонтних робіт за базовим варіантом становить 205 чол.-год., за новим – 167 чол.-год.

Ефективний фонд часу одного робітника складається із днів, що залишилися після вирахування з 365 календарних днів вихідних і святкових днів, а також днів, що стосуються інших невиходів на роботу. Зайнятість за часом – 0,96.

Ефективний фонд часу дорівнює:

$$T = 8 \cdot (365 - 104) \cdot 0,96 = 2004,5 \text{ год.}$$

Заробітна платня визначається через працемісткість ремонтів і тарифну годинну ставку електромонтера, що становить 10 ум.од./год.

По базовому варіанту тарифна зарплата складає:

$$C_{\text{зн.баз}}^m = 10 \cdot 205 = 2050 \text{ ум.од.}$$

По новому варіанту дорівнює:

$$C_{\text{зн.нов}}^m = 10 \cdot 167 = 1670 \text{ ум.од.}$$

До нарахувань зарплати відносять премії (20% від тарифної зарплати), додаткова зарплата (10% від тарифної зарплати), інші доплати (10% від тарифної зарплати). У підсумку нарахування досягають 40% від тарифної зарплати. Щоб визначити повну суму виплат по зарплаті робітником, необхідно тарифну зарплату помножити на коефіцієнт 1,4.

Таким чином, сума повних виплат по зарплаті в базовому варіанті складає:

$$C_{\text{зн.баз}} = C_{\text{зн.баз}}^m \cdot 1,4, \quad (33)$$

$$C_{\text{зн.баз}} = 2050 \cdot 1,4 = 2870 \text{ ум.од.}$$

По новому варіанту дорівнює:

$$C_{\text{зн.нов}} = C_{\text{зн.нов}}^m \cdot 1,4, \quad (34)$$

$$C_{\text{зн.нов}} = 1670 \cdot 1,4 = 2338 \text{ ум.од.}$$

Витрати на матеріал і комплектуючі вироби становлять:

– при капітальному ремонті – 50% від тарифної зарплати;

– при середньому ремонті – 35% від тарифної зарплати;

– при поточному ремонті – 15% від тарифної зарплати.

Для базового варіанту витрати на матеріали й комплектуючі будуть дорівнювати:

$$C_{\text{м.баз}} = 2050 \cdot (0,5 + 2 \cdot 0,35 + 5 \cdot 0,15) = 3998 \text{ ум.од.}$$

По новому варіанту:

$$C_{\text{м.нов}} = 1670 \cdot (0,5 + 2 \cdot 0,35 + 5 \cdot 0,15) = 3257 \text{ ум.од.}$$

Цехові й загальнозаводські витрати досягають 80% від тарифної зарплати.

Їх величина по базовому варіанту складе:

$$C_{заг.баз} = 2050 \cdot 0,8 = 1640 \text{ ум.од.}$$

По новому варіанту дорівнює:

$$C_{заг.баз} = 1670 \cdot 0,8 = 1336 \text{ ум.од.}$$

У кошторисі річних експлуатаційних витрат інші витрати приймаються в розмірі 1% від суми капітальних вкладень:

Для базового варіанту вони складають:

$$C_{пр.баз} = 0,01 \cdot K_{баз}, \quad (35)$$

$$C_{пр.баз} = 0,01 \cdot 83289 = 833 \text{ ум.од.}$$

Для нового варіанту дорівнюють:

$$C_{пр.нов} = 0,01 \cdot K_{нов}, \quad (76)$$

$$C_{пр.нов} = 0,01 \cdot 81561 = 816 \text{ ум.од.}$$

Для аналізу усіх експлуатаційних витрат отримані дані представимо в табл. 3.

Таблиця 3 – Експлуатаційні витрати

Найменування витрат	Базовий варіант	Новий варіант
Амортизаційні відрахування, ум.од.	5984	5844
Витрати на електроенергію, ум.од.	16485	9428
Заробітна плата (суму повних виплат по зарплаті множимо на кількість ремонтників), ум.од.	4920	4008
Витрати на матеріали, ум.од.	3998	3257
Цехові й загальнозаводські витрати, ум.од.	1640	1336
Інші витрати, ум.од.	833	816
Разом експлуатаційні витрати, ум.од.	33860	24689

Розрахунок ефективності проекрованої системи.

У зв'язку з тим, що величини капітальних вкладень і експлуатаційних витрат при впровадженні нової (удосконаленої) системи електроприводу верстату стали меншими, ніж при базовій системі, то для визначення ефективності й доцільності вироблених змін варто розрахувати порівняльні показники.

Відносна економія капітальних вкладень розраховують за формулою:

$$\lambda_k = ((K_{\text{баз}} - K_{\text{нов}}) / K_{\text{баз}}) \cdot 100 \% \quad (37)$$

$$\lambda_k = ((83289 - 81561) / 83289) \cdot 100 \% = 2,07 \%$$

Для порівняння експлуатаційних витрат використаємо показник відносної економії (зменшення) витрат:

$$\lambda_e = ((E_{\text{баз}} - E_{\text{нов}}) / E_{\text{баз}}) \cdot 100 \% \quad (38)$$

$$\lambda_e = ((33862 - 24689) / 33862) \cdot 100 \% = 27 \%$$

Наведені витрати за базовим варіантом склали:

$$Z_{\text{пр.баз}} = E_{\text{баз}} + E_n \cdot K_{\text{баз}}, \quad (39)$$

$$Z_{\text{пр.баз}} = 33862 + 0,15 \cdot 83289 = 46355 \text{ ум.од.}$$

За новим варіантом дорівнюють:

$$Z_{\text{пр.нов}} = E_{\text{нов}} + E_n \cdot K_{\text{нов}}, \quad (40)$$

$$Z_{\text{пр.нов}} = 24689 + 0,15 \cdot 81561 = 36923 \text{ ум.од.}$$

Термін окупності капітальних витрат на модернізацію електроприводу верстату складе:

$$T_o = K_{\text{нов}} / E_p, \quad (41)$$

$$T_o = 81561 / 37800 = 2,15 \text{ роки.}$$

Термін окупності нижче нормативного, впровадження нової системи є доцільним.

Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень визначає економію від зниження експлуатаційних витрат, одержувану на кожну гривню капітальних вкладень:

$$E=1/T_e=1/2,15=0,46.$$

Розрахунковий коефіцієнт ефективності більше нормативного ($E>E_n$, $0,46>0,15$), виходить, впроваджувана система електроприводу є ефективною.

Річний економічний ефект складе:

$$E_p = E - E_n \cdot K_{нов}, \quad (42)$$

$$E_p = 37800 - 0,15 \cdot 81561 = 25566 \text{ ум.од.}$$

Таким чином, за результатами обчислень нова система електроприводу, впроваджувана у верстат, ефективніше базової з технічної й економічної точок зору.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ.

1. Мета, причини і зміст заходів з модернізація верстатів.
2. Переваги модернізації обладнання як базису для впровадження принципово нових інженерних рішень та технологій.
3. Показники економічної ефективності модернізації верстатів.
4. Основні напрямки та шляхи модернізації верстатів для різних видів оброблення.
5. Основні заходи по модернізації верстатного парку підприємств.
6. Види модернізації верстатів з ЧПК.
7. Переваги використання частотно-регульованих приводів верстатів з огляду на показники ефективності процесів оброблення.
8. Переваги застосування асинхронного електроприводу для керування двигунами токарного верстату моделі 16A20.
9. Методика розрахунку показників ефективності модернізації регульованого електроприводу верстату з ЧПК.
10. За рахунок чого можна отримати економію витрат на проведення модернізації верстату?
11. Структура витрат на модернізацію устаткування системи електроприводу.
12. Часткові показники ефективності, що характеризують доцільність здійснення модернізації верстату.
13. Як визначити фондвіддачу модернізованого верстату?
14. Як визначити фондомісткість модернізованого верстату?
15. Методика розрахунку капітальних витрат на електроустаткування.
16. Аналіз структури експлуатаційних витрат.
17. Методика розрахунку експлуатаційних витрат на модернізацію системи електроприводу.
18. Методика розрахунку амортизаційних відрахувань на електроустаткування верстату.
19. Від чого залежать витрати на споживану електроенергію модернізованої системи електроприводу?

20. Як визначити ефективний фонд часу модернізованого верстату?

21. Витрати на поточний ремонт електроустаткування.

22. Які порівняльні показники використовуються для визначення ефективності модернізованої системи електроприводу?

23. Як визначається термін окупності капітальних витрат на модернізацію верстату?

24. Від чого залежить коефіцієнт ефективності капітальних вкладень в модернізацію верстату?

25. Як розраховується річний економічний ефект від модернізації верстату?

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.

1. Валінкевич Н.В. Управління потенціалом та розвитком підприємств на основі модернізації / Н.В. Валінкевич // Глобальні та національні проблеми економіки Вісник Чернівецького торговельно-економічного інституту. – 2012. – № 1 (45). – С. 128-134.

2. Гевко І.Б. Організація технологічних процесів в галузях промисловості: підручник / І.Б. Гевко. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. – 398 с.

3. Гевко І.Б., Гевко Б.М. Управління процесом розробки і освоєння виробництва нових виробів: підручник / І.Б. Гевко, Б.М. Гевко. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. – 199 с.

4. Гевко Р.Б., Гладич Б.Б., Павх І.І., Соломка Т.П. Техніко-економічне обґрунтування застосування машин, обладнання і технологій / Р.Б. Гевко, Б.Б. Гладич, І.І. Павх, Т.П. Соломка. – Тернопіль. Видавництво ТДПУ, 2002. – 164 с.

5. Методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту бакалавра «Програмування верстата з ЧПУ» для студентів спеціальностей «Технології машинобудування / Уклад.: Доля В.М. Харків. НТУ «ХП», 2013. – 65 с.

6. Нагірний Ю.П., Затхей Б.І. Аналіз виробничих ситуацій і технологічних систем. Методичні рекомендації / Ю.П. Нагірний, Б.І. Затхей. – Дубляни: ЛДСГІ, 1995. – 98 с.

7. Петрович Й.М. Модернізація промислових підприємств як передумова їх ефективного розвитку / Й.М. Петрович. – Сучасні проблеми економіки і менеджменту. НУ «Львівська політехніка». – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. – С. 249-250.

8. Петрович Й.М. Сутнісна характеристика поняття модернізації підприємства в системі економічних категорій / Й.М. Петрович, Н.С. Лушак // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2015. – № 748. – С. 199-206.

9. Савицька Г.В. Економічний аналіз діяльності підприємства: Навч. посіб. – 2-ге вид., випр. і доп. / Г.В. Савицька. – К.: Знання, 2005. – 662 с.

10. Шульгіна Л.М. Процеси та етапи управління модернізацією виробничої діяльності на підприємстві / Л.М. Шульгіна. – К.: Економіка і суспільство. – Вип. 5, 2016. – С. 137-141.