

АНДРІЙ УРУСЬКИЙ

ORCID ID: 0000-0001-9937-1810

uruskyi@tnpu.edu.ua

кандидат педагогічних наук, доцент

Тернопільський національний педагогічний університет

імені Володимира Гнатюка

вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль

ЮРІЙ ТУРАНОВ

ORCID ID: 0000-0002-1822-8412

turanov@tnpu.edu.ua

кандидат педагогічних наук, доцент

Тернопільський національний педагогічний університет

імені Володимира Гнатюка

вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль

ТАРАС СОРОКА

ORCID ID: 0000-0003-3819-7630

linnar@tnpu.edu.ua

кандидат педагогічних наук, доцент

Тернопільський національний педагогічний університет

імені Володимира Гнатюка

вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль

ЮРІЙ СОКОТОВ

ORCID ID: 0000-0002-8654-5882

sokotov@tnpu.edu.ua

кандидат педагогічних наук, доцент

Тернопільський національний педагогічний університет

імені Володимира Гнатюка

вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль

ОСОБЛИВОСТІ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ТЕХНОЛОГІЙ ДО РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ НА ВЕРСТАТАХ ІЗ ЦИФРОВИМ ПРОГРАМНИМ УПРАВЛІННЯМ

Розкрито особливості використання верстатів із цифровим програмним управлінням (ЦПУ) у процесі підготовки майбутніх учителів технологій до реалізації проєктно-технологічної діяльності. Окреслено сутність технологічного процесу, акцентовано увагу на формуванні готовності до розроблення та використання технологічних карт на виготовлення виробів у майбутніх учителів технологій. Описано досвід роботи Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка з навчання прийомів роботи на фрезерно-гравірувальному й лазерно-гравірувальному верстатах (освітньо-професійна програма «Середня освіта (Технології та фізична культура)»). Окреслено етапи виготовлення виробів, запропоновано схему технологічного процесу та визначено основні фактори теоретичної підготовки студентів до розроблення технології виготовлення виробів на верстатах із ЦПУ (урахування особливостей оброблення конструкційних матеріалів на технологічних машинах із ЦПУ; вибір конструкційних матеріалів; поєднання технологій оброблення деталей на кількох верстатах).

На основі систематизації та аналізу досвіду організації і практики проведення навчальних занять із курсів «Технологічний практикум», «Основи декоративно-ужиткового мистецтва», «Основи художньої обробки деревини», «Технічна творчість», «Технологія столярно-меблевого виробництва» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти розкрито способи інформування студентів і виокремлено особливості розроблення технологічного процесу виготовлення виробів на верстатах із ЦПУ: урахування виду оброблення; визначення способу попередньої обробки заготовок і завершального оброблення деталей; виконання креслеників у цифровому форматі; визначення параметрів оброблення; урахування способу закріплення заготовки й особливостей налаштування верстата; можливість зміни параметрів оброблення в процесі виготовлення деталей виробу.

Ключові слова: учитель технологій, верстат із цифровим програмним управлінням, готовність до використання верстатів із ЦПУ, технологічний процес, лазерно-гравірувальний верстат, фрезерно-гравірувальний верстат, розроблення технології виготовлення виробу.

ANDRII URUSKYI

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
2 Maksyma Krivonosy Str., Ternopil

YURIY TURANOV

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
2 Maksyma Krivonosy Str., Ternopil

TARAS SOROKA

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
2 Maksyma Krivonosy Str., Ternopil

YURIY SOKOTOV

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
2 Maksyma Krivonosy Str., Ternopil

PECULIARITIES OF TRAINING FUTURE TEACHERS OF TECHNOLOGY TO DEVELOP TECHNOLOGICAL PROCESS OF MANUFACTURING PRODUCTS ON COMPUTER NUMERICAL CONTROL MACHINES

On the basis of programs on subject 'Technology', research of ideas, scientific, methodological approaches, tendencies of modern manufacturing development, the relevance of the research of aspects of computer numerical control machines (CNC) use while training future teachers of Technology have been outlined.

The aim of the article is to substantiate and to define the peculiarities of training future Technology teachers for manufacturing products on CNC machines.

The following research methods have been used: analysis of regulatory and educational documents; materials of scientific and educational-methodological publications; interviews with teachers and students; study, comparison and generalization of their practical experience; generalization and systematization of theoretical aspects of developing a technological process; observation of the technological process design; testing of the effectiveness of the recommendations.

The essence of technological process has been outlined, the formation of readiness to the development and use of technological process sheets for manufacturing products has been focused on. Work experience of Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University on teaching techniques of working with milling engraving and laser engraving machines has been described. Stages of 2D and 3D products manufacture on samples of device stand and hinged cover box have been characterized. The technological process scheme, which includes digital drawing creation, material preparation, machine processing (pyrography, engraving), and final finishing has been suggested. Main factors of training of students for the development of products manufacturing technology on CNC machines (considering peculiarities of processing structural materials on CNC machines (laser, milling); selection of structure materials; combination of processing parts technologies on several machine tools) have been defined.

Research results: within the context of systematization and analysis of conducting classes on the course for students of the first (bachelor's) level of higher education, means of informing students have been revealed and peculiarities of developing technological process of manufacturing products on CNC machines have been singled out, namely: considering type of processing; defining the way of pre-processing of blanks and final finishing of parts; creating digital drawings; defining processing parameters; consideration of blank fixing ways and peculiarities of machine settings; option of changing parameters of processing while manufacturing the parts.

Enhancement of future Technology teachers training in the process of studying 'Processing materials on CNC equipment' at the second (Master's) level of higher education has been provided.

Key words: technology teacher, readiness to operate CNC machines technological process, CNC machine, laser-engraving machine, milling-engraving machine, product manufacture technology development.

У сучасних умовах розвитку виробництва поширення набувають технологічні машини із цифровим програмним управлінням (ЦПУ). Це обумовлено тим, що такі верстати забезпечують: зменшення

впливу оператора на технологічний процес; автоматизовану зміну напрямку руху; регулювання швидкості подачі та здебільшого обертання різального інструмента; високу точність оброблення найдрібніших деталей; можливість виготовлення різнотипних виробів тощо.

Водночас аналіз нормативних документів, насамперед програм навчального предмета «Технології», спостереження й опитування вчителів щодо стану оснащення шкільних майстерень і кабінетів, вивчення практики технологічної освіти учнів у закладах загальної середньої освіти також указують на актуальність дослідження особливостей використання технологічних машин із ЦПУ. Поступова модернізація української школи, значною мірою сповільнена воєнним станом у нашій державі, зрештою призводить до позитивних змін, наприклад запровадження інноваційних педагогічних технологій і новітнього матеріально-технічного забезпечення, збільшення числа обладнання із ЦПУ (3D-принтерів, фрезерних і лазерних верстатів тощо).

Оскільки верстати із ЦПУ є однією з домінантних груп устаткування для сучасного виробництва та закладів середньої освіти, майбутні вчителі технологій (трудового навчання) повинні вирізнятися здатністю до проектування й виготовлення виробів на таких верстатах. Це сприятиме не лише формуванню у здобувачів вищої освіти спеціальних компетентностей, зокрема поглибленню знань і вдосконаленню вмінь виготовлення виробів (деталей), але й гнучкості у проектуванні завдяки вибору окремих складових елементів (конструктивних особливостей, конструкційних матеріалів, технологічних процесів тощо), готовності до навчання учнів виконання проєктів з використанням технологічних машин із ЦПУ.

Виготовлення виробів на верстатах із ЦПУ передбачає попереднє розроблення технологічного процесу, який значною мірою відрізняється від традиційного – орієнтованого на використання класичних технологічних машин та інструментів. Це зумовлено необхідністю врахування сукупності особливостей технологій роботи на верстатах із ЦПУ: способів оброблення конструкційних матеріалів; наявності креслеників у цифровому форматі; вибору й налаштування програмного забезпечення; підготовки заготовок до початку оброблення; завершального оброблення деталей чи виробів тощо.

Окремі аспекти технологічної підготовки майбутніх учителів технологій розглянуто у працях І. Андрощука, О. Коберника, А. Терещука та ін. (методика навчання технологій) [6; 9]; О. Коберника, М. Пелагейченко та ін. (проєктна технологія навчання) [5; 7]; В. Бойчука, Р. Горбатюка, С. Кучер та ін. (інформаційно-комунікаційні технології проєктної діяльності здобувачів освіти) [1; 8]. Г. Терещука, О. Коберника та ін. (інноваційні педагогічні технології у трудовому навчанні) [4].

Дослідженням особливостей навчання алгоритмів проєктування та виконання технологічних операцій на обладнанні із ЦПУ (переваги і недоліки, програмування, підготовка робочого місця, налагодження різання, інтегрування у виробництво) у процесі підготовки майбутніх фахівців у зарубіжних закладах освіти присвячені публікації П. Коледа, Р. Очоа, Т. Стюарт, Г. Сантьяго, М. Стентон [13; 14].

Питання підготовки майбутніх учителів технологій до виготовлення виробів на технологічному оснащенні із ЦПУ розглядаються й у працях: А. Уруського і Ю. Туранова (проєктування та виготовлення виробів на верстатах із ЦПУ); І. Гевка, О. Потапчук, І. Луцик, О. Ящика, Л. Макаренко, Ю. Фещука, Н. Симонович (впровадження технологій 3D-друку) [3; 11]. Проте особливості проєктування технологічного процесу виготовлення виробів на верстатах із ЦПУ на заняттях підготовки майбутніх учителів технологій належною мірою не досліджено.

Мета статті – обґрунтування та визначення особливостей підготовки майбутніх учителів технологій до розроблення технологічного процесу виготовлення виробів на верстатах із ЦПУ.

Поняття «технологічний процес» трактують як частину виробничого процесу, що її складають дії, спрямовані на змінювання та/чи визначання стану предмета праці [3, с. 3].

З метою виготовлення виробу або ж деталі користуються технологічною документацією, яку розглядають як сукупність документів, що визначають технологічний процес виготовлення або ремонтування виробу. Розрізняють такі види технологічної документації: основний (технологічний) документ, допоміжний (технологічний) документ, (технологічний) загальної призначеності, (технологічний) спеціальної призначеності, карта ескізів, маршрутна карта, карта технологічного процесу, технологічна інструкція та ін. [3, с. 3]. Кожен із зазначених видів документації вирізняється призначеністю та використовується для опису технологічного процесу в умовах конкретного виробництва та іншими даними.

Здебільшого розроблення технологій виготовлення деталей (виробів) передбачає складання технологічних карт, які використовуються й у практиці навчання предмета «Технології» у закладах загальної середньої освіти. Технологічна карта є документом спеціальної призначеності, що містить операційний опис технологічного процесу виготовлення або ремонтування виробу в технологічній послідовності

всіх операцій одного виду формоутворювання, оброблення чи складання, у якому подають технологічні переходи, технологічні режими та дані про засоби технологічної оснащеності, матеріальні і трудові витрати [3, с. 7].

Підготовка майбутніх учителів технологій також передбачає формування готовності до розроблення та використання технологічних карт на виготовлення виробів. Проте порівняно з технологічною документацією, яка використовується у виробництві, вони є спрощеними і не мають великої кількості різновидів.

Структура технологічних карт може відрізнятися з урахуванням сукупності факторів, зокрема: конструкційних матеріалів, із яких виготовляють вироби; технологій оброблення матеріалів, інструментів, пристосувань і верстатів для виконання технологічних операцій, режимів різання тощо. Саме тому майбутні вчителі технологій мають усвідомлювати, що технологічні карти виготовлення виробів не є уніфікованими. Здобувачі вищої освіти повинні вміти як розробляти, так і аналізувати – «читати» технологічні карти.

У Тернопільському національному педагогічному університеті (ТНПУ) імені Володимира Гнатюка у здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Середня освіта (Технології та фізична культура)» забезпечується формування здатності керувати навчальними й технологічними процесами з проєктування та виготовлення виробів із врахуванням теоретичних засад матеріалознавства, графіки, безпеки праці. Зокрема, формування знань та вмінь щодо розроблення й використання технологічної документації у процесі засвоєння таких основних дисциплін: «Технологічний практикум» (ручне і механічне оброблення деревини й металів, оброблення текстильних матеріалів) і «Основи декоративно-ужиткового мистецтва» для студентів I–II курсів навчання, «Основи художньої обробки деревини» і «Технічна творчість» – III курсу, «Технологія столярно-меблевого виробництва» – IV курсу. На кожній із таких дисциплін студенти засвоюють як технологічні операції з використанням інструментів, пристосувань і верстатів, так і проєктування технологічних процесів на виготовлення виробів.

Під час розроблення технологічного процесу передбачається лише оснащення, наявне в навчально-виробничих майстернях університету. Водночас останнім часом студенти зацікавлені у виготовленні виробів, що передбачають використання верстатів із ЦПУ. Це обумовлено тим, що вони засвоюють особливості роботи сучасного оснащення, яке має значно вищі технологічні можливості щодо виготовлення виробів порівняно з типовими інструментами та верстатами – наприклад, наявність програми керування, швидкодія, висока якість продукції та стабільність розмірів, відсутність необхідності розмічальних операцій тощо.

Частково підготовка майбутніх учителів технологій до роботи на верстатах із ЦПУ забезпечується під час вивчення зазначених вище дисциплін. У статті акцентуємо увагу на окремих аспектах вивчення у ТНПУ курсу «Технологія столярно-меблевого виробництва» (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти). Засвоєння студентами матеріалу цієї дисципліни забезпечує формування компетентностей з проєктування та виготовлення виробів з використанням верстатів із ЦПУ, зокрема фрезерно-гравірувального верстата моделі STO CNC 6090 і лазерно-гравірувального верстата LB 900.

Теоретична підготовка передбачає оволодіння студентами інформації щодо видів верстатів із ЦПУ та їхніх технологічних особливостей, загальної специфіки проєктування й виготовлення виробів на таких верстатах, вимог до макетів виробів (креслеників у цифровому форматі) тощо.

Під час виконання практичних робіт (на прикладі фрезерно-гравірувального й лазерно-гравірувального верстатів) студенти засвоюють виконання: проєктування 2D- і 3D-виробів; креслеників виробів у цифровому форматі; підготовки верстата до роботи; добору та закріплення різального інструмента; вибору, підготовки й закріплення заготовки; налаштування програмного забезпечення верстата; виготовлення виробу.

Доречно зазначити, що кресленики в цифровому форматі можна виконувати в різних графічних редакторах, зокрема: CorelDraw, Adobe Illustrator, AutoCad та ін. Важливим є формат, у якому буде збережено кресленик виробу (деталі), що дасть змогу відкрити й налаштувати параметри подальшого оброблення на верстаті з ЦПУ. Крім того, програмне забезпечення верстатів може різнитися, що потребує врахування його особливостей у процесі виконання та зберігання кресленика виробу (деталі). Наприклад, для зчитування креслеників (фотографій) і налаштування процесу різання (гравірування) на лазерному верстаті може використовуватися програмне забезпечення RDWorks, яке підтримує формати: AI, DXF, BMP, JPG, GIF, PNG. Отже, кресленики виробів (деталей) доцільно зберігати у форматах AI і DXF.

Загалом можна констатувати, що опанування курсу спрямоване на формування у студентів як комплексного уявлення про верстати із ЦПУ, так і вміння реалізації технологічних процесів.

Один із варіантів вирішення цього питання запропоновано А. Уруським і Ю. Турановим [10, с. 193–194]. Зокрема, у підготовці студентів рекомендовано виокремити дві складові частини. До першої складової віднесено проектування студентами виробів і виконання креслеників із використанням графічних редакторів, тоді як до другої – налаштування верстатів, встановлення режимів роботи та виготовлення виробів на верстатах із ЦПУ. Реалізація зазначених складових здебільшого відбувається в процесі засвоєння кількох дисциплін, проте може здійснюватися і на заняттях одного навчального курсу.

Особливістю такого підходу є той факт, що зазвичай на більшості верстатів із ЦПУ не забезпечується повний технологічний процес виготовлення виробів. Наприклад, в окремих випадках заготованку потрібно підготувати перед встановленням на верстат, в інших – виконати додаткові операції після виготовлення деталей. Іноді потрібно здійснювати технологічні операції як перед встановленням на верстат із ЦПУ, так і після виконання роботи на ньому.

Незважаючи на те що кабінети та лабораторії інженерно-педагогічного факультету оснащені фрезерно-гравірувальним і лазерним верстатами, 3D-принтерами, загалом можемо констатувати – втілення зазначеного підходу не обов'язково прив'язувати до наявного обладнання із ЦПУ. Студенти можуть здійснювати розроблення конструкцій виробів і виконувати необхідні кресленики, будувати технологічний процес виготовлення виробів (наприклад, у формі технологічних карт) у цифровому форматі без прив'язування до наявності обладнання із ЦПУ. Власне виготовлення виробів за розробленою документацією може відбуватися повністю чи частково на відповідних підприємствах [10] згідно із замовленнями кафедр або окремих здобувачів освіти.

У будь-якому випадку наявність креслеників є передумовою подальшого розроблення технологічного процесу, яке спирається на розуміння послідовності виготовлення виробу, знань технічних характеристик машинного оснащення, різального або іншого інструменту, властивостей конструкційних матеріалів тощо.

Оскільки здебільшого у студентів 1–4-х курсів відсутній досвід роботи на верстатах із ЦПУ, необхідною є попередня теоретична підготовка, без якої неможливо адекватно спроектувати технологічний процес. Це обумовлено такими факторами:

1. Урахування особливостей оброблення конструкційних матеріалів на верстатах із ЦПУ, зокрема характеристик різального інструменту і способів різання. Наприклад, на лазерно-гравірувальному верстаті різальним інструментом є лазерний промінь, а на фрезерно-гравірувальному – фреза. У разі різання 4-мм фанери товщина пропилу «лазерним» променем становить 0,1–0,3 мм, але на лицевій поверхні заготовки він залишає обвуглений слід. На фрезерно-гравірувальному верстаті фреза не залишає обвугленої поверхні, проте достатньо значною є товщина пропилу, яка залежить від діаметра інструмента. Тож цей аспект необхідно брати до уваги для визначення припуску на оброблення, а отже, і на врахування габаритних розмірів заготовки.

2. Вибір конструкційного матеріалу, що впливає на визначення типу верстата й інструмента. Так, для виготовлення плоскої (2D) деталі в одному випадку доцільніше використати фрезерно-гравірувальний верстат, а в іншому – лазерно-гравірувальний. Наприклад, у разі виготовлення плоскої деталі з масиву деревини товщиною понад 6 мм рекомендовано використати фрезерно-гравірувальний верстат, а для аналогічної деталі з фанери товщиною до 8 мм – лазерно-гравірувальний.

3. Поєднання технологій оброблення деталей на кількох технологічних машинах, оскільки, як зазначалося вище, верстати із ЦПУ не завжди реалізують увесь процес виготовлення виробу.

Наведемо приклади виготовлення виробів, які розкривають особливості технологій оброблення деталей на верстатах із ЦПУ.

Орієнтовна послідовність виготовлення підставки під девайс або гаджет (рисунок 1) на фрезерно-гравірувальному верстаті передбачає такі етапи:

1. Підготовка заготовки – формування базових поверхонь (операція може бути виконана на поздовжньо-фрезерному / фугувальному верстаті).

2. Вирізання деталі на фрезерно-гравірувальному верстаті (складовими цього етапу є виконання операцій: закріплення заготовки, закріплення різального інструменту, налаштування програмного забезпечення, вирізання деталі).

3. Остаточне оброблення деталі – округлення ребер (може бути виконане з використанням ручного електрофрезера).

4. Опорядження виробу – покриття столярною олією.

Доречно зазначити, що операцію округлення ребер можна також виконати і на фрезерно-гравірувальному верстаті. Проте це вимагатиме додаткових дій, а саме – заміни фрези, перезакріплення деталі, переналаштування програмного забезпечення.



Рис. 1. Підставка під девайс, гаджет (телефон, планшет)

Запропонована вище послідовність виготовлення підставки під девайс (гаджет) є прикладом 2D-виробу. У випадку 3D-виробу побудова технологічного процесу з використанням фрезерно-гравірувального верстата суттєво відрізнятиметься.

Виготовлення коробки з накидною кришкою (рисунок 2) з фанери в разі використання лазерно-гравірувального верстата передбачає виконання таких етапів:

1. Вирізання деталей виробу на лазерно-гравірувальному верстаті (складовими етапу є виконання операцій: встановлення заготовки, налаштування програмного забезпечення, вирізання деталей виробу).

2. Шліфування деталей виробу (цей етап має подвійну функцію: забезпечує підготовку більш (чистих) і естетичних поверхонь; усуває недоліки лазерного різання фанери в зонах оброблення).

3. Складання деталей у виріб (використання клейових з'єднань).

Наведений приклад технологічного процесу виготовлення коробки є типовим. Водночас технологія може передбачити опорядження й оздоблення. Зокрема, можливі такі варіанти: покрити деталі олією (після завершення лазерного різання) (рисунок 3); покрити заготовку морилкою і лаком перед різанням на верстаті (рисунок 4) тощо.



Рис. 2. Коробка з накидною кришкою

Схематично технологічний процес виготовлення виробу, що передбачає використання верстатів із ЦПУ, запропоновано у вигляді схеми рисунку 5.



а



б

Рис. 3. Приклад коробки з одностороннім покриттям поверхні олією: а – деталі виробу покриті олією; б – виріб у складеному вигляді



а



б

Рис. 4. Приклад коробки (заготовка покрита морилкою і лаком):
а – деталі виробу; б – загальний вигляд виробу

Відповідно до наведеної вище інформації і запропонованих прикладів, окрім типових етапів (різання, шліфування, складання виробу тощо), можна виокремити такі особливості розроблення технологічного процесу виготовлення виробів на верстатах із ЦПУ:

- урахування виду оброблення (фрезерні, лазерні верстати тощо);
- визначення способу попереднього оброблення заготовки перед виконанням робіт;
- визначення способу завершального оброблення деталей (виробу) після виконання робіт;

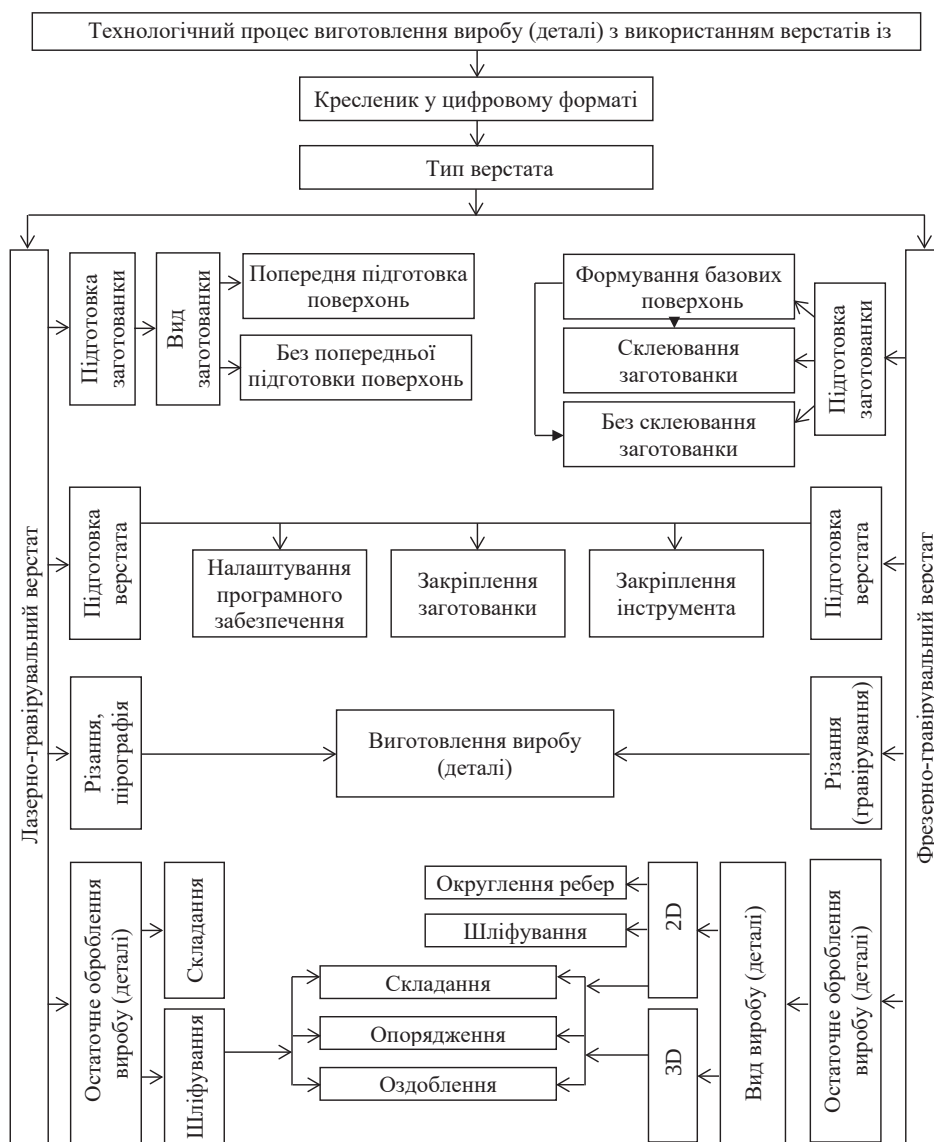


Рис. 5. Схема технологічного процесу виготовлення виробу з використанням верстатів із ЦПУ

- виконання креслеників у цифровому форматі;
- визначення параметрів оброблення на верстаті;
- відсутність розмітки контурів деталі на заготованці;
- врахування способу закріплення заготовки й особливостей налаштування верстата;
- можливість зміни параметрів оброблення (за потребою) у процесі виготовлення деталей виробу.

Навчання основ розроблення технологічного процесу має передбачати засвоєння теоретичного матеріалу, який забезпечив би розуміння студентами ключових аспектів підготовки та роботи верстатів із ЦПУ, особливостей оброблення заготовок тощо. Одним зі способів інформування здобувачів вищої освіти може бути використання інструкцій – настанов або ж алгоритму проектування технологічного процесу виготовлення виробу з використанням верстата із ЦПУ. У таких настановах доцільно передбачити:

- приклад технологічного процесу виготовлення виробу з використанням верстатів із ЦПУ (один у разі виготовлення виробу на лазерно-гравірувальному верстаті, інший – на фрезерно-гравірувальному);
- опис особливостей технологічних операцій, які виконуються на верстатах із ЦПУ зазначених типів;
- сукупність рекомендацій щодо уникнення недоліків або ж браку під час виготовлення виробу;
- шляхи забезпечення максимальної ефективності роботи, високої якості виробу.

Висновки. Формування компетентності з розроблення технологічного процесу виготовлення виробів на верстатах із ЦПУ у здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти у ТНПУ імені Володимира Гнатюка забезпечується під час вивчення сукупності дисциплін, домінантною з яких є «Технологія виготовлення столярно-меблевих виробів». Основними особливостями розроблення технологічного процесу є врахування виду оброблення, способів підготовки заготовки та виготовлення деталей і виробу загалом, виконання креслеників у цифровому форматі, визначення параметрів різання та налаштування верстатів. Для інформування студентів запропоновано використання настанов із розроблення технологічного процесу.

Підготовка майбутніх учителів технологій до роботи на верстатах із ЦПУ поглиблюється в процесі вивчення дисципліни «Оброблення матеріалів на обладнанні з ЦПУ» другого (магістерського) рівня вищої освіти. Подальшого дослідження потребують дидактичні умови ефективної організації навчального процесу, питання вдосконалення навчально-методичного забезпечення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойчук В. М., Горбатюк Р. М., Кучер С. Л. Методика застосування інформаційно-комунікаційних технологій у підготовці до проектної діяльності майбутніх учителів трудового навчання. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2019. Т. 71. № 3. С. 137–153.
2. Гевко І. В., Потапчук О. І., Луцки І. Б., Ящик О. Б., Макаренко Л. Л. Методика використання 3d-моделювання та друку у графічній підготовці майбутніх фахівців галузі цифрових технологій. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2022. № 1. С. 95–110.
3. ДСТУ 2391:2010. Система технологічної документації. Терміни та визначення основних понять [Чинний від 2010-12-09]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2011. 38 с. (Національний стандарт України).
4. Інноваційні педагогічні технології у трудовому навчанні : навч.-метод. посіб. / Г. В. Терещук і ін., за ред. О. М. Коберника, Г. В. Терещука. Тернопіль – Умань : РВВ ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2007. 208 с.
5. Коберник О. М. Проектна технологія: теорія, історія, практика : монографія. Умань : ПП Жовтий О. О., 2012. 229 с.
6. Коберник О. М., Терещук А. І. Теорія і методика профільного технологічного навчання учнів в старшій школі : навч. посіб. Умань : ФОП Жовтий, 2013. 365 с.
7. Пелагейченко М. Л. Формування готовності майбутніх учителів трудового навчання до організації проектної діяльності учнів основної школи : монографія. Донецьк : ТОВ «Юго-Восток, ЛТД», 2008. 202 с.
8. Підготовка сучасного вчителя: інформаційно-технологічне забезпечення : монографія / за ред. О. І. Огієнко ; авт. кол. : О. І. Огієнко і ін. Кіровоград : Імекс-ЛТД, 2013. 224 с.
9. Теорія та методика навчання технологій : навч. посіб. / І. П. Андрощук і ін. ; за заг. ред. О. М. Коберника. Умань : ФОП Жовтий О. О., 2014. 480 с.
10. Уруський А. В., Туранов Ю. О. Підготовка майбутніх учителів технологій до проектування та виготовлення виробів на верстатах з цифровим програмним керуванням. Сучасні цифрові технології та інноваційні методи навчання: досвід, тенденції, перспективи : матеріали X Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (Тернопіль, 10–11 листопада 2022 р.). Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2022. С. 192–194.
11. Фещук Ю. В., Симонович Н. В. Впровадження технології 3-D друку в процес підготовки майбутніх учителів трудового навчання та технологій. *Освіта. Інноватика. Практика*. 2022. № 10 (4). С. 42–47. URL: <https://nauka.gov.ua/works/rw.EcLrM6Ps/> (дата звернення: 17.04.2025).
12. ЧПУ. Токарно-фрезерні роботи. URL : <https://metalworkshop.com.ua/service/CHPU-tokarno-frezerni-roboty/> (дата звернення: 21.03.2025).
13. Koleda P. Innovation of CNC machining education at the faculty of technology. *New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences*. 2020. 7 (1). P. 84–91. URL: https://www.researchgate.net/publication/342648134_Innovation_of_CNC_machining_education_at_the_Faculty_of_Technology (дата звернення: 07.04.2025) [in English].

14. Ochoa R., Stewart T., Santiago G., Stanton M. Computer numerical control integration into the undergraduate mechanical engineering curriculum. *International Mechanical Engineering Congress and Exposition: proceedings of the ASME 2024, Portland, Oregon, USA, November 17–21, 2024*. P. 1–7. URL: https://www.researchgate.net/publication/388321678_Computer_Numerical_Control_Integration_Into_the_Undergraduate_Mechanical_Engineering_Curriculum (дата звернення: 07.04.2025) [in English].

REFERENCES

1. Boichuk, V.M., Horbatiuk, R.M., Kucher, S.L. (2019). Metodyka zastosuvannya informatsiino-komunikatsiinykh tekhnolohii u pidhotovtsi do proektnoi diialnosti maibutnikh uchyteliv trudovoho navchannia [Methods of using information and communication technologies in preparing future craft and technology teachers for project activities]. *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia*, 71 (3), 137–153 [in Ukrainian].
2. Hevko I.V., Potapchuk O.I., Lutsyk I.B., Yashchuk O.B., Makarenko L.L. (2022). Metodyka vykorystannia 3d-modeliuvannia ta druku u hrafichnii pidhotovtsi maibutnikh fakhivtsiv haluzi tsyfrovyykh tekhnolohii [Methodology of using 3d modeling and printing in graphic training of future digital technology specialists]. *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia*, 1, 95–110 [in Ukrainian].
3. DSTU 2391:2010. Systema tekhnolohichnoi dokumentatsii. Terminy ta vyznachennia osnovnykh poniat [Chynnyi vid 2010-12-09] [DSTU 2391:2010. Technological documentation system. Terms and definitions of basic concepts. Effective from 2010-12-09]. Vyd. ofits. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy (Natsionalnyi standart Ukrainy) [in Ukrainian].
4. Kobernyk, O.M. & Tereshchuk, H.V. (Eds.). (2007). Innovatsiini pedahohichni tekhnolohii u trudovomu navchanni: navch.-metod. posib. [Innovative pedagogical technologies in labor training: a teaching and methodological manual]. Ternopil – Uman: RVV TNPU im. V. Hnatiuka. 208 p.
5. Kobernyk, O.M. (2012). Proektna tekhnolohiia: teoriia, istoriia, praktyka: monohrafiia [Design technology: theory, history, practice: monograph]. Uman: PP Zhovtyi O.O. [in Ukrainian].
6. Kobernyk, O.M. & Tereshchuk, A.I. (2013). Teoriia i metodyka profilnoho tekhnolohichnoho navchannia uchniv v starshii shkoli: navch. posib. [Theory and methodology of profile technological education of students in high school: a textbook]. Uman: FOP Zhovtyi. 365 p. [in Ukrainian].
7. Pelaheichenko, M.L. (2008). Formuvannia hotovnosti maibutnikh uchyteliv trudovoho navchannia do orhanizatsii proektnoi diialnosti uchniv osnovnoi shkoly: monohrafiia [Formation of readiness of future teachers of labor training for organizing project activities of primary school students: monograph]. Donetsk: TOV “Iuho-Vostok, LTD” [in Ukrainian].
8. Ohienko, O.I. (Eds.). (2013). Pidhotovka suchasnoho vchytelia: informatsiino-tekhnolohichne zabezpechennia: monohrafiia [Training of a modern teacher: information and technological support: monograph] Kirovohrad: Imeks-LTD [in Ukrainian].
9. Kobernyk, O.M. (Eds.). (2014). Teoriia ta metodyka navchannia tekhnolohii: navch. Posib [Theory and methodology of technology teaching: a textbook]. Uman: FOP Zhovtyi O.O. 480 p. [in Ukrainian].
10. Uruskyi, A.V. & Turanov, Yu.O. (2022). Pidhotovka maibutnikh uchyteliv tekhnolohii do proiektuvannia ta vyhotovlennia vyrobiv na verstatakakh z tsyfrovym prohramnym keruvanniam [Preparing future technology teachers to design and manufacture products on CNC machines]. *Suchasni tsyfrovi tekhnolohii ta innovatsiini metodyky navchannia: dosvid, tendentsii, perspektyvy: materialy X Mizhnar. nauk.-prakt. internet-konf.* Ternopil: TNPU im. V. Hnatiuka (pp. 192–194) [in Ukrainian].
11. Feshchuk, Yu.V. & Symonovych, N.V. (2022). Vprovadzhennia tekhnolohii 3-D druku v protses pidhotovky maibutnikh uchyteliv trudovoho navchannia ta tekhnolohii [Introducing 3-D printing technology into the training process of future teachers of labor training and technologies]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka*, 10 (4). 42–47. Retrieved from: <https://nauka.gov.ua/works/rw.EcLrM6Ps/> [in Ukrainian].
12. ChPU. Tokarno-frezerni roboty [CNC. Turning and milling work]. Retrieved from: <https://metalworkshop.com.ua/service/CHPU-tokarno-frezerni-roboty/> [in Ukrainian].
13. Koleda, P. (2020). Innovation of CNC machining education at the faculty of technology. *New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences*, 7 (1), 84–91. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/342648134_Innovation_of_CNC_machining_education_at_the_Faculty_of_Technology [in English].
14. Ochoa, R., Stewart, T., Santiago, G., Stanton, M. (2024). Computer numerical control integration into the undergraduate mechanical engineering curriculum. *International Mechanical Engineering Congress and Exposition: proceedings of the ASME* (pp. 1–7). USA, Oregon, Portland. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/388321678_Computer_Numerical_Control_Integration_Into_the_Undergraduate_Mechanical_Engineering_Curriculum [in English].

Дата надходження статті: 15.09.2025

Дата прийняття статті: 31.10.2025

Опубліковано: 24.11.2025

