

УДК 674.022:621.715

DOI: 10.25140/2411-5363-2020-4(22)-57-64

Сергій Сапон, Олександр Космач

## ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ПРИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ДЕРЕВООБРОБКИ

**Актуальність теми дослідження.** Застосування сучасних засобів технологічного оснащення дозволяє підвищити продуктивність процесів деревообробного виробництва, точність і якість дерев'яних виробів та меблів. Також технологічне оснащення дозволяє розширити технологічні можливості деревообробного обладнання, інструменту, забезпечити безпечні умови праці при механічній обробці деревини.

**Постановка проблеми.** При проектуванні технологічних процесів деревообробного та меблевого виробництва задача вибору або проектування засобів технологічного оснащення існує завжди. Для обґрунтованого вибору або проектування засобів технологічного оснащення в деревообробному виробництві важливе значення має аналіз функціонального призначення.

**Аналіз досліджень і публікацій** присвячено роботам з питань функціонального аналізу технічних систем та вибору технологічного оснащення.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Питанням вибору та проектування засобів технологічного оснащення для деревообробки та меблевого виробництва на сьогодні приділено мало уваги в науковій літературі. Аналіз та систематизація функцій технологічного оснащення для деревообробки дозволить здійснювати їх більш обґрунтований вибір та проектування.

**Метою статті** є визначення функцій технологічного оснащення для деревообробки та меблевого виробництва для більш обґрунтованого вибору та проектування.

**Виклад основного матеріалу.** На основі принципів та підходів функціонального аналізу технічних систем у роботі представлено методіку формулювання функціонального призначення технологічного оснащення для деревообробки та меблевого виробництва. Сформульовано основні й допоміжні функції на прикладі кондуктора з регульованою міжосьовою відстанню. Наведено приклад формулювання функціонального призначення пристрою для механічної обробки дерев'яної заготовки.

**Висновки відповідно до статті.** У роботі вперше запропоновано загальний підхід до функціонального аналізу технологічного оснащення для деревообробки. Визначено функції технологічного оснащення та продемонстровано їх прикладне застосування. Представлені матеріали можна використати для обґрунтованого вибору чи проектування засобів технологічного оснащення для деревообробки та меблевого виробництва.

**Ключові слова:** технологічне оснащення; функціональне призначення; деревообробка; меблеве виробництво.

Рис.: 3. Бібл.: 9.

**Актуальність теми дослідження.** Технологічне оснащення відіграє важливу роль у процесах ручної та механічної деревообробки, деформування, складання (склеювання) елементів дерев'яних конструкцій, виробів чи меблів. Застосування сучасних засобів технологічного оснащення дозволяє підвищити продуктивність процесів деревообробного виробництва, точність і якість продукції, що виготовляється. Крім цього, технологічне оснащення дозволяє розширити технологічні можливості деревообробного обладнання та механізованого деревообробного інструменту. Застосування затискних та притискних елементів технологічного оснащення при механічній обробці деревини та деревинних матеріалів дозволяє забезпечити безпечні умови праці.

**Постановка проблеми.** При проектуванні технологічних процесів деревообробного та меблевого виробництва неодмінно постає задача вибору або проектування продуктивних, високотехнологічних засобів технологічного оснащення. При цьому неодмінним є врахування економічних та функціональних критеріїв. Тому аналіз функціонального призначення має важливе значення для обґрунтованого вибору або проектування засобів технологічного оснащення в деревообробному виробництві.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням функціонального аналізу технічних систем присвячено достатню кількість наукових праць [1-3]. Зокрема в монографії Б. Пальчевського [1] в загальному вигляді представлено поетапну технологію функціонального аналізу технічної системи. У роботі [4] розглянуто особливості функціонально-вартісного підходу до формування структури технологічної операції, зокрема – до вибору технологічного оснащення. Аналіз впливу основних факторів на вибір системи технологічного оснащення наведено у [5]. Стаття [6] загалом є першою спробою виявлення та систематизації особливостей технологічного оснащення для деревообробки й меблевого виробництва.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Питанням вибору та проектування засобів технологічного оснащення для деревообробки та меблевого виробництва в наявній науковій літературі приділено дуже мало уваги. Аналіз та систематизація функцій технологічного оснащення для деревообробки дозволить здійснювати їх більш обґрунтований вибір та проектування.

**Метою статті** є визначення функцій технологічного оснащення для деревообробки та меблевого виробництва для більш обґрунтованого вибору та проектування.

**Виклад основного матеріалу.** Функціональний аналіз спрямований на детальне дослідження технологічних процесів у будь-якій технологічній системі [1-3]. Функціональний аналіз технологічного оснащення для деревообробки як технічної системи включає такі основні етапи:

1) Загальне формулювання проблеми, для вирішення якої потрібно технологічне оснащення, визначення та опис процесу, для реалізації якого необхідні засоби технологічного оснащення.

2) Декомпозиція загальної проблеми на окремі цілі та формулювання основних і допоміжних функцій технологічного оснащення, за допомогою яких будуть досягнуті окремі цілі.

3) Визначення якісних і кількісних характеристик та формування критеріїв вибору (проектування) конструктивних елементів технологічного оснащення для реалізації основних і допоміжних функцій.

4) Систематизація шляхів досягнення мети вибору або проектування технологічного оснащення для деревообробки, аналіз та вибір альтернативних варіантів.

Перш ніж приступити до функціонального аналізу будь-якої технічної системи необхідно чітко усвідомлювати мету її створення. Якщо перед технічною системою не поставлена або не сформульована мета її створення – функціональний аналіз не має сенсу [1].

Незалежно від того, проектується технологічне оснащення чи вибирається з вже існуючого, насамперед необхідно здійснити аналіз вихідних даних. Від ґрунтового і всебічного аналізу вихідних даних безпосередньо залежить виконання пристроєм свого функціонального призначення. Будь-які помилки або невизначеності у вихідних даних найчастіше приводять до ускладнення вибору або недосконалої конструкції спроектованого технологічного оснащення. Велику частину вихідних даних отримують із креслеників елементів дерев'яних конструкцій, виробів чи меблів та розробленого технологічного процесу їх виготовлення.

У загальному випадку, при виборі або проектуванні технологічного оснащення для деревообробки або меблевого виробництва необхідно мати наступні вихідні дані:

- обґрунтовані та максимально конкретизовані з необхідними числовими показниками вимоги до конструкції, технологічних можливостей та експлуатаційних характеристик технологічного оснащення (точність, продуктивність, експлуатаційна надійність та довговічність тощо);

- кресленики дерев'яної конструкції, виробу чи меблів із необхідними технічними вимогами;

- фрагмент або повний технологічний процес виготовлення деталі, елемента дерев'яної конструкції, виробу чи меблі, що дає інформацію про послідовність обробки, поверхні, які вже оброблені та ще не оброблені, вимоги до точності обробки (складання);

- операційний ескіз на операцію, для якої розробляється технологічне оснащення (інформація про схему базування і закріплення дерев'яного виробу);

- операційна карта (технологічний регламент) та ескіз операції для якої вибирається або розробляється технологічне оснащення, що дає інформацію про послідовність та зміст переходів, схему базування і закріплення дерев'яного виробу, інструмент, обладнання, режими обробки, норму часу на встановлення, закріплення і зняття виробу;

- інформація про обсяг випуску деталей, елементів дерев'яної конструкції, виробу чи меблів;

- технічні характеристики технологічного устаткування (електричного механізованого інструменту), де буде використано технологічне оснащення.

Наведений перелік вихідних даних для розробки технологічного оснащення для деревообробки, складання (склеювання) дерев'яних виробів та меблів не є виключно обов'язковим у повному обсязі. Залежно від характеру виробництва, задач, для яких проєктується (вибирається) технологічне оснащення, наведений перелік вихідних даних може бути скорочений або розширений до необхідного й достатнього рівня інформативності.

Наявність і повнота вихідних даних дозволяє на основі функціонального аналізу максимально точно сформулювати функціональне призначення технологічного оснащення для деревообробки, складання (склеювання) дерев'яних виробів та меблів.

Декомпозиція загальної проблеми на ряд окремих цілей є необхідним етапом практично будь-якого проєктування технічного об'єкта. Сформулювати окремі цілі, які в комплексі вирішують наявну проблему, важливо насамперед для формулювання основних і допоміжних функцій технологічного оснащення, за допомогою яких будуть досягнуті окремі цілі.

Будь-яка технічна система містить систему службових функцій, які визначають принцип її функціонування, і конструктивно являє собою сукупність конструктивних елементів для реалізації цих функцій [7].

Певна конструкція може реалізувати лише одну функцію, але та сама функція може бути реалізована різними варіантами конструкції.

Наприклад, функція притискача – забезпечити щільне й безперервне прилягання оброблюваної дерев'яної заготовки до установчих елементів або поверхонь верстата (технологічного оснащення) може реалізовуватись різним конструктивним виконанням (рис. 1) [8].

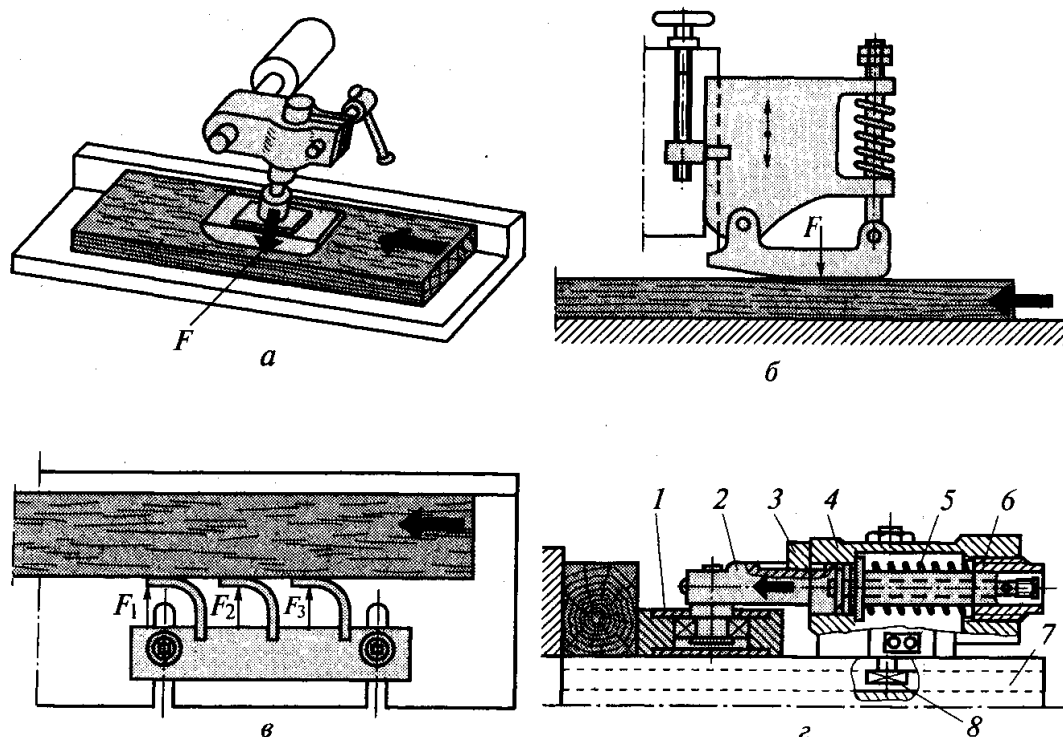


Рис. 1. Притискні механізми:

а – притискна колодка; б – притискний башмак;

в – притискач із гнучкими пластинами; г – роликовий притискач; 1 – ролик; 2 – щиток; 3 – кронштейн; 4 – гільза; 5 – пружина; 6 – гайка; 7 – стіл; 8 – гвинт

Відповідно до вищенаведеного, проєктування технологічного оснащення поділяється на функціональне, при якому формується принцип його функціонування, та технічне проєктування, при якому на основі обраного принципу функціонування створюється або вибирається конструкція пристрою або його окремих складових елементів.

Відповідно **функціональна структура** технологічного оснащення [9]:

$$S_{\Phi}(\{F\}, \{Q\}),$$

де  $\{F\}$  – множина функцій;

$\{Q\}$  – множина відношень між функціями.

**Технічна структура** технологічного оснащення [9]:

$$S_{\tau}(\{E\}, \{R\}),$$

де  $\{E\}$  – множина конструктивних елементів;

$\{R\}$  – множина відношень між елементами.

*Функціональне призначення технологічного оснащення* – максимально уточнена і чітко сформульована задача, для розв'язання якої призначений пристрій.

Розробка й формулювання функціонального призначення пристрою ґрунтується на аналізі вихідної інформації про операцію технологічного процесу, для якої призначений пристрій, та умов, в яких експлуатуватиметься пристрій.

Формулювання функціонального призначення технологічного оснащення є дуже відповідальним етапом процесу його вибору, проєктування або удосконалення. Помилки, допущені при виявленні та уточненні функціонального призначення, призводять до неправильного вибору, створення неякісного технологічного оснащення, зайвих витрат праці при виготовленні та експлуатації. Тому розробці функціонального призначення пристрою повинні передувати глибоке вивчення задач, для розв'язання яких призначений пристрій, і точне формулювання його функцій.

При формулюванні функціонального призначення технологічного оснащення для деревообробки не можна обмежуватись загальними виразами. Необхідно якомога глибше уточнити призначення пристрою і виразити ці уточнення кількісно. Глибина формулювання функціонального призначення міститься саме в уточненнях.

Формулювання функціонального призначення повинні містити приблизно такий зміст:

- загальне призначення технологічного оснащення;
- основні й допоміжні функції оснащення;
- вид і кількість дерев'яних виробів (заготовок), які із застосуванням цього пристрою одночасно виготовляються (обробляються, склеюються, складаються), їхні габарити;
- схема встановлення і закріплення виробів (заготовок);
- параметри точності дерев'яного виробу, які повинні бути забезпечені при його виготовленні із застосуванням цього пристрою;
- перелік умов, в яких пристрій має працювати (режим роботи і стан навколишнього середовища);
- вимоги до зовнішнього виду, безпеки роботи, ергономічності, рівня шуму, коефіцієнту корисної дії тощо.

У загальному призначенні технологічного оснащення наводиться конкретна інформація про галузь застосування пристрою.

*Основна функція* (ОФ) технологічного оснащення – ознака (ознаки), яка визначає його сутність, призначення, для реалізації якої існує пристрій і без якої він, як виріб, втрачає свою споживчу вартість, корисність.

Так, наприклад, основною функцією кондуктора з регульованою міжосьовою відстанню (рис. 2) є: забезпечення необхідної точності розмічання або свердління отворів у заготовці.

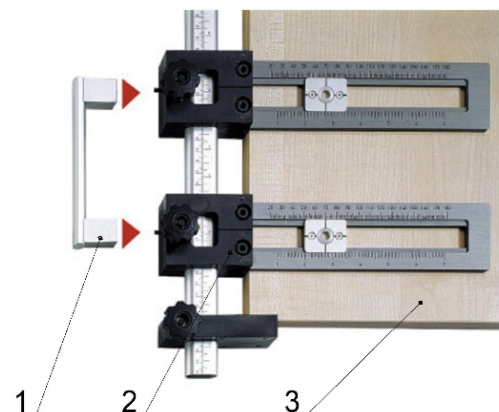


Рис. 2. Кондуктор із регульованою міжосьовою відстанню:

1 – ручка; 2 – кондуктор; 3 – заготовка

**Допоміжна функція** (ДФ) технологічного оснащення – ознака (ознаки), яка доповнює, розвиває та уточнює його основну функцію. ДФ може принципово не впливати на його ОФ, але забезпечує певні умови його функціонування.

Наприклад, допоміжними функціями згаданого кондуктора є:

- ДФ<sub>1</sub> – забезпечити необхідну швидкість розмічання або свердління отворів (продуктивність);
- ДФ<sub>2</sub> – забезпечити заданий діапазон регулювання міжосьової відстані;
- ДФ<sub>3</sub> – забезпечити задані показники надійності й довговічності;
- ДФ<sub>4</sub> – безпечність експлуатації кондуктора;
- ДФ<sub>5</sub> – забезпечити вимоги ергономічності;
- ДФ<sub>6</sub> – забезпечити задану обмежену величину витрат на виготовлення або придбання кондуктора.

Формулювання основних і допоміжних функцій технологічного оснащення для деревообробки та меблевого виробництва є дуже важливим етапом при його виборі та проектуванні. На основі основних і допоміжних функцій формують критерії вибору засобів технологічного оснащення серед наявних. У технічному завданні на проектування нових конструкцій технологічного оснащення основні й допоміжні функції є основою для формулювання задач, які необхідно конструктору вирішити при проектуванні оснащення. У матеріалах, які подаються за підсумками виконання проекту, повинно обов'язково відобразитись, як конструктивно чи іншими способами забезпечено виконання основних та допоміжних функцій технологічного оснащення.

Основні й допоміжні функції в подальшому доповнюються уточненнями.

Потрібна продуктивність виготовлення продукції доповнюється інформацією про *вид і кількість дерев'яних виробів (заготовок), які із застосуванням цього пристрою одночасно виготовляються (обробляються)*. Ця інформація також важлива з огляду на вибір типу пристрою за ступенем спеціалізації (універсальний, спеціалізований або спеціальний).

*Схему встановлення та параметри точності дерев'яного виробу*, які повинні бути забезпечені при його виготовленні із застосуванням цього пристрою, доцільно відобразити у вигляді операційного ескіза. На ескізі зображується схема базування заготовки в пристрої або пристрою на заготовці з усіма параметрами, які витримують при обробці. При механічній обробці деревинних матеріалів на ескізі оброблювані поверхні позначаються потовщеною лінією. Цей рисунок, власне, і є *відомостями про дерев'яний виріб, що виготовляється*. За необхідністю рисунок, на якому наведений операційний ескіз, може бути доповнений поясненнями, керівними матеріалами щодо особливостей здійснення обробки цієї заготовки та рекомендаціями щодо типу пристрою.

Перелік умов, в яких пристрій має працювати, повинен відображати режим роботи пристрою і стан навколишнього середовища, в якому експлуатуватиметься пристрій. Це дуже важлива інформація з огляду на вибір конструкційних матеріалів для виготовлення деталей пристрою.

Уточнення вимог до зовнішнього виду, безпеки роботи, ергономічності, рівня шуму, коефіцієнта корисної дії тощо є додатковою інформацією, яка необхідна для вибору конструктивного виконання пристрою та його окремих конструктивних елементів.

Приклад формулювання функціонального призначення пристрою:

Пристрій призначений для базування та закріплення попередньо обробленої заготовки при її обробці на фрезерному верстаті моделі ФСШ-1А.

Основні функції (ОФ):

ОФ<sub>1</sub> – забезпечити точність базування заготовки відносно різального інструменту в процесі обробки на верстаті.

ОФ<sub>2</sub> – забезпечити надійне затискання заготовки.

Допоміжні функції (ДФ):

ДФ<sub>1</sub> – забезпечення норми часу на встановлення і зняття обробленої заготовки  $t_{\text{вст}} = 0,55$  хв;

ДФ<sub>2</sub> – забезпечити 75 % стандартизацію конструкції пристрою;

ДФ<sub>3</sub> – забезпечити задану довговічність;

ДФ<sub>4</sub> – забезпечити величину витрат на проектування та виготовлення пристрою в межах 1500 грн;

ДФ<sub>5</sub> – забезпечити вимоги ергономічності та безпеки експлуатації.

Заготовкою є попередньо оброблений брус із матеріалу береза, І сорту за ГОСТ 2695-83, кількість одночасно оброблюваних заготовок – одна. Базові поверхні заготовки – оброблені з шорсткістю  $R_{\text{max}} 40$  мкм, габаритні розміри заготовки (мм)  $110 \times 36 \times 40$ .

При обробці заготовки, закріпленої в пристрої, що проектується, необхідно забезпечити (рис. 3):

- точність розмірів  $(25 \pm 0,5)$  мм,  $(18 \pm 0,5)$  мм,  $(15 \pm 0,5)$  мм,  $60^{+1,2}$  мм,  $14^{+0,7}$  мм;
- шорсткість оброблюваних поверхонь  $R_{\text{max}} 40$  мкм.

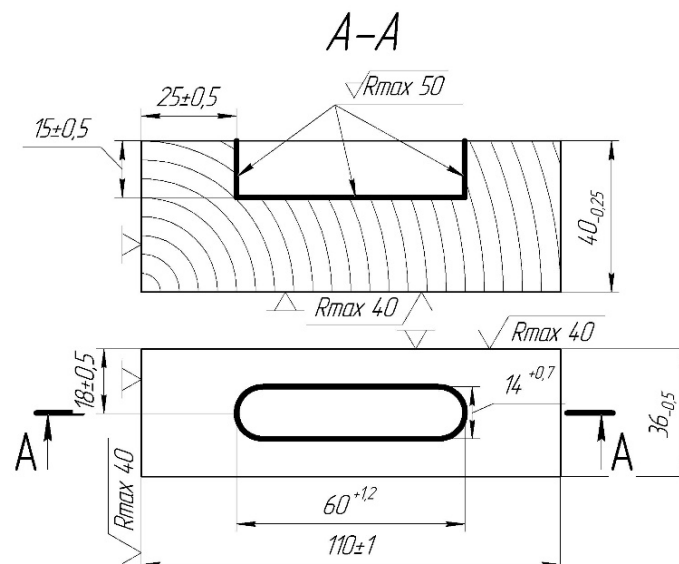


Рис. 3. Операційний ескіз

Пристрій експлуатується в деревообробному цеху зі штучною вентиляцією при температурі повітря  $(20 \pm 10)$  °С та відносній вологості  $(70 \pm 5)$  %. Термін експлуатації пристрою 2 роки.

На зовнішніх поверхнях деталей пристрою не допускається наявність гострих країв та кутів для забезпечення безпеки при складанні й експлуатації. На поверхнях деталей пристрою не повинно бути слідів корозії, тріщин та інших механічних пошкоджень, які погіршують міцність, експлуатаційні властивості та зовнішній вигляд.

**Висновки відповідно до статті.** Правильно й чітко сформульоване функціональне призначення технологічного оснащення для деревообробки та меблевого виробництва є запорукою виконання ним усіх покладених на нього функцій з необхідними показниками якості.

У роботі вперше запропоновано загальний підхід до функціонального аналізу технологічного оснащення для ручної та механічної деревообробки, деформування, складання (склеювання) елементів дерев'яних конструкцій, виробів чи меблів. Зокрема, визначено функції технологічного оснащення для деревообробки та меблевого виробництва та продемонстровано їх прикладне застосування. Представлені в роботі матеріали в подальшому можуть бути застосовані при розробці сучасних методик обґрунтованого вибору та проектування засобів технологічного оснащення для деревообробки та меблевого виробництва.

### Список використаних джерел

1. Пальчевський Б. О. Інформаційні технології проектування технологічного устаткування : монографія. Луцьк : Луцький НТУ, 2012. 572 с.
2. Пальчевський Б. О. Дослідження технологічних систем (моделювання, проектування, оптимізація) : навч. посіб. Львів : Світ, 2001. 232 с.
3. Кузнецов Ю. М., Луців І. В., Дубняк С. А. Теорія технічних систем. Київ : Тернопіль, 1997. 310 с.
4. Балашов А. В., Черепанов А. А. Функционально-стоимостное проектирование технологических операций. *Ползуновский вестник*. 2012. № 1(1). С. 19-22.
5. Блюменштейн В. Ю., Клепцов А. А. Проектирование технологической оснастки : учебное пособие. Санкт-Петербург : Издательство «Лань», 2011. 224 с.
6. Сапон С., Ігнатенко П., Журко В. Особливості проектування технологічного оснащення для деревообробки. *Технічні науки та технології*. 2018. № 2(12). С. 76–85.
7. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навч. посібник для студ. вищих техн. навчальних закладів. Львів : Магнолія, 2007. 567 с.
8. Коротков В. И. Деревообрабатывающие станки. Москва : Издательский центр «Академия», 2007. 304 с.
9. Сапон С. П., Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : методичні рекомендації до виконання курсового проекту для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 Прикладна механіка за освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування» всіх форм навчання. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2020. 60 с.

### References

1. Palchevsky, B. O. (2012). *Informatsiini tekhnolohiyi proektuvannia tekhnolohichnoho ustatkuvannia [Information technologies of technological equipment design]*. Lutsk NTU.
2. Palchevsky, B. O. (2001). *Doslidzhennya tekhnolohichnykh system (modeliuvannia, proektuvannia, optymizatsiia) [Research of technological systems (modeling, design, optimization)]*. Svit.
3. Kuznyetsov, Yu. M., Lutsiv, I. V., Dubnyak, S. A. (1997). *Teoriia tekhnichnykh system [Theory of technical systems]*. Ternopil.
4. Balashov, A. V., Cherepanov, A. A. (2012) Funktsional'no-stoimostnoye proyektirovaniye tekhnologicheskikh operatsiy [Functional and cost design of technological operations]. *Polzunovskii vestnik – Polzunovsky Bulletin*, 1(1), pp. 19–22.
5. Blumenshtein, V. Iu. (2011) Proektirovane tekhnologicheskoi osnastki. [Designing of technological accessories]. Izdatelstvo «Lan».
6. Sapon, S., Ignatenko, P., Zhurko, V. (2018). Osoblyvosti proektuvannia tekhnolohichnoho osnashchennya dlya derevoobrobky [Features of designing technological accessories for woodworking.] *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies*, 2(12), pp. 76–85.
7. Bondarenko, S. G. (2007). *Osnovy tekhnolohii mashynobuduvannia [Fundamentals of mechanical engineering technology]*. Magnolia.

8. Korotkov, V. I. (2007). *Derevoobrabatyvaiushchiye stanki [Woodworking machines]*. Akademiia.

9. Sapon, S. P., Bondarenko S. H. (2020). *Osnovy tekhnolohiyi mashynobuduvannya: metodychni rekomendatsii do vykonannya kursovoho proektu dlia zdobuvachiv vyshchoi osvity pershoho (bakalavrskoho) rivnia zi spetsialnosti 131 Prykladna mekhanika za osvitho-profesiinoiu prohramoiu «Tekhnolohii mashynobuduvannya» vsikh form navchannya [Fundamentals of mechanical engineering technology: methodical recommendations for the course project for applicants for higher education of the first (bachelor's) level in the specialty 131 Applied Mechanics according to the educational-professional program "Mechanical Engineering Technologies" of all forms of education]*. NU «Chernihivska politekhnika».

UDC 674.022:621.715

Serhii Sapon, Oleksandr Kosmach

## FUNCTIONAL ASSIGNMENT OF TECHNOLOGICAL ACCESSORIES FOR WOODWORKING

**Urgency of the research.** The use of modern technological accessories allows increasing the productivity of woodworking processes, the accuracy and quality of wood products and furniture. Also, technological accessories allows to expand the technological capabilities of woodworking accessories, tools, to ensure safe working conditions during mechanical processing of wood.

**Target setting.** When designing technological processes for woodworking and furniture production, the task of choosing or designing technological accessories always exists. For a reasonable choice or design of technological accessories in the woodworking industry, an analysis of the functional purpose is important.

**Actual scientific researches and issues analysis** is devoted to works on the functional analysis of technical systems and the choice of technological accessories.

**Uninvestigated parts of general matters defining.** At the moment, little attention has been paid to the issues of selection and design of technological accessories for woodworking and furniture production in the scientific literature. Analysis and systematization of the functions of technological accessories for woodworking will allow for a more informed choice and design.

**The purpose of the article** is to determine the functions of technological accessories for woodworking and furniture production for a more informed choice and design.

**The statement of basic materials.** based on the principles and approaches of the functional analysis of technical systems, the method of formulating the functional assignment of technological equipment for woodworking and furniture production is presented in the work. the main and auxiliary functions are formulated as an example of a conductor with an adjustable center distance. an example of the formulation of the functional assignment of a device for mechanical processing of a wooden blank is given.

**Conclusions.** In this work, for the first time, a general approach to the functional analysis of technological accessories for woodworking is proposed. The functions of the technological accessories are determined and their applied application is demonstrated. The presented materials can be used for an informed choice or design of technological equipment for woodworking and furniture production.

**Keywords:** technological accessories; functional assignment; woodworking; furniture manufacturing.

Fig.: 3. References: 9.

**Сапон Сергій Петрович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій машинобудування і деревообробки, Національний університет «Чернігівська політехніка» (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

**Sapon Serhii** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Machine Building Technology and Wood Processing Department, Chernihiv Polytechnic National University (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** s.sapon@gmail.com

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-1082-6431>

**ResearcherID:** G-7764-2014

**SCOPUS Author ID:** 56736964700

**Космач Олександр Павлович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій машинобудування і деревообробки, Національний університет «Чернігівська політехніка» (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

**Kosmach Oleksandr** – PhD in Technical science, Associate Professor, Associate Professor of Machine Building Technology and Wood Processing Department, Chernihiv Polytechnic National University (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** alexkos86@gmail.com

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3380-1405>

**ResearcherID:** G-5850-2014

**SCOPUS Author ID:** 37028364100