

TECHNICAL-ECONOMIC ANALYSIS OF THE MANUFACTURE OF FURNITURE  
DETAILS BY CNC MACHINES

ТЕХНИКО-ИКОНОМИЧЕСКИ АНАЛИЗ НА ПРОИЗВОДСТВОТО НА МЕБЕЛНИ  
ДЕТАЙЛИ ПОСРЕДСТВОМ МАШИНИ С ЦПУ



АНГЕЛСКИ Димитър  
ANGELSKI Dimitar  
d.angelski@gmail.com

Лесотехнически Университет- София  
катедра «Производство на мебели»  
1700, България, гр. София, булевард Климент Охридски 10

*Използването на специализирани машини с цифрово-програмно управление (ЦПУ) в мебелното производство води до съществени изменения на производствените процеси. Няма да е преувеличено дори да се каже, че те се изменят изцяло. Повишават се точността и възможностите за изработка на сложни детайли като едновременно с това се променят редица технико-икономически показатели на производството на мебели. Многофункционалните машини с ЦПУ могат да изпълнят голям брой технологични операции при високи скорости на обработка и намалено време на празните ходове. Това води до значителни промени в продължителността на технологичните операции и съответно до промени в нормите на време и труд спрямо традиционните технологии. Освен това принципно нов елемент на технологичната подготовка е необходимостта от разработване на цифрови програми за машините с ЦПУ. При изработването на сложни мебелни детайли възникват допълнителни изисквания към приспособленията за закрепване на заготовките. Във връзка с това са разработени норми на време за изпълнение на технологични операции за изработване на сложни мебелни детайли чрез 5-осен фрезови дървообработващ център.*

**Ключови думи:** производство на мебели, машини с ЦПУ, норми време

*The usage of specialized machines with computer numerical control (CNC) in furniture production completely changed production processes. Along with the increased accuracy and possibilities for producing complicated furniture details, a lot of technical and economic indices of production changed as well. Multifunctional CNC machines can perform numerous technological operations at high processing speed and reduced idle time. This leads to significant changes in the duration of the technological operations and respectively results in changes in the time and labor standards compared to traditional technologies. Furthermore, principally new element of the technological preparation is the need to develop digital programs for CNC machines. Upon the production of complicated furniture details, additional requirements occur regarding the used equipment/tools for fastening the processed details. In that relation, some time rates have been developed for the technological operations upon production of complicated furniture parts by 5-axis routing woodworking center.*

**Keywords:** furniture production, machines with CNC, time rates for technological operations

**Introduction.** Nowadays the modern furniture production uses predominantly machines with CNC (Computer Numerical Control) for processing all complicated details and units.

The tendency for replacing the old classical woodworking machines with those with CNC is based on their better performance regarding accuracy of processing details, automation and flexibility of production. On the other hand, the implementation of operating system in those CNC machines results in their independent usage and the need of operators for performing specific technological

processes is reduced considerably or even brought to zero. The used operating program could be loaded again later, and if necessary, it could be also easily revised.

The option the machines to perform alone technological operations upon production of details, changes entirely the qualification and knowledge requirements to the personnel engaged in the production. The knowledge and skills that have been specific for the woodworker and furniture manufacturer become more unimportant in the contemporary furniture industry [4]. Thus, for those production departments using CNC machines,

the master skills of the personnel and its long experience in the production of complicated furniture details manually or by standard machines becomes of minor significance. The employees of the modern furniture production need skills, similar to those of qualified specialists in other industries as the metal-processing branch. The productions that use CNC machines are characterized with the following operating activities and respective job specifications: developing computer programs for the technological operations performed by an operator of CNC-machine; loading the programs on the woodworking centers and operating the processes upon input and move of details by the operator; machine technician for servicing and maintenance of the CNC machines, hardware and software problem solving [6].

Based on all the above, we can summarise that the usage of modern production technology with CNC machines leads to serious changes in the organization and the personnel activities in furniture production. From economic point of view, all that should result in update of the labour quotas (rates) in that industry. As it is known, time rates are basic point for determining the labour consumption of one production. Based on the labour consumption and production quotas are determined the number of production employees by jobs and specialities, the level of labour efficiency and personnel costs, compared to the cost of good sold and etc. The production quotas are used also for determination of the production capacities of the companies, the load-capacity of equipment and workforce [1]. The purpose of the current paper is to specify the necessary consumption of worktime for performing a production operation in furniture manufactory with CNC machines, as well as to set up the time rates.

**Въведение.** За изработване на сложни детайли и агрегати в съвременните мебелни производства се използват предимно дървообработващи машини с ЦПУ (цифрово-програмно управление – Computer Numerical Control) т.нар. дървообработващи центрове (ДЦ). Тенденцията да се заменят класическите дървообработващи машини с такива с

цифрово-програмно управление се основава на по-добрите им показатели, отнасящи се до точността на обработването, автоматизацията и гъвкавостта на производството. От друга страна, след въвеждането на оперативна програма машините с ЦПУ работят самостоятелно и операторската намеса при изпълнение на технологична операция е сведена до минимум. Използваната оперативна програма може да се зареди отново след време, а при необходимост лесно да се редактира.

Възможността машината самостоятелно да изпълни технологични операции по изработване на детайлите, променя изцяло изискванията към квалификацията на работния персонал. Знанията и уменията, които са специфични за дърводелеца и мебелиста стават все по-маловажни при промишлено производство на мебелни изделия [4]. По тези причини в производствата, организирани с машини с ЦПУ майсторството на персонала и дългогодишният им опит в изработване на сложни изделия с ръчни инструменти и универсални машини, е от второстепенно значение. На работниците в съвременното мебелно производство са необходими умения, сходни с тези на квалифицирани работници в други индустрии, напр. металообработването. За производствата, ползващи машини с ЦПУ са характерни следните работни дейности и съответно работни длъжности: разработване на програми за изпълнение на технологични операции на машините с ЦПУ от програмист; зареждане на програмите на дървообработващите центрове и оперативни дейности по поставяне и преместване на детайлите от оператор; машинен техник по поддръжка и отстраняване на хардуерни и софтуерни проблеми на машини с ЦПУ [6].

От казаното дотук може да се обобщи, че използването на съвременна производствена техника с ЦПУ води до сериозни промени в организацията и дейностите на работния персонал в мебелните производства. От икономическа гледна точка всичко това трябва да се отрази в осъвременяване на трудовите норми за мебелната промишленост. Както е

известно, нормите на време са изходна база за установяване на трудопоглъщаемостта на продукцията. На основата на трудопоглъщаемостта и трудовите норми се определят броят на производствените работници по професии и специалности, равнището на производител-ността на труда и средствата за работна заплата, разходът на работна заплата, отнесен в себестойността на единица продукция и др. Трудовите норми се използват и при определяне производствените възможности на фирмите, натовареността на машините и работните места [1]. Целта на настоящата работа е да се установи необходимият разход на работно време за извършване на производствена дейност в мебелно производство при наличие на техника с ЦПУ и да се съставят норми на време.

**Особености на работата и нормирането на труда на ДОО.** Сред дърво-обработващите центри най-голямо практически приложение имат многофункционалните машини с цифрово програмно управление. Те могат да изпълняват всички операции, необходими за обработката на сложни мебелни детайли. Основно се различават по технологични възможности, брой на кинематичните оси, точност на обработката и габаритни размери. От друга страна, трябва да се отчетат голямата трудоемкост на подготовката на цифровите програми и високата цена на многофункционалните машини. Във връзка с това е наложително внимателно да се прецезират технологичните операции и организацията на работата на тези машини, така че да се постигне желаният икономически ефект. Технологичните операции, изпълнявани върху даден детайл, следва да се осъществят при поставянето му с едно позициониране върху работната маса. По този начин се намалява операторската намеса по поставяне и снемане на детайлите и се увеличава точността на обработката. От друга страна при изработването на детайли на многофункционални ДОО времето за обработка на заготовките може да се намали чрез използване на комбинирани

инструменти и оптимизиране стойностите на режимните параметри [7].

Както е известно, нормирането на труда е подход и съвкупност от дейности за определяне обективните разходи на работно време във връзка с изпълнението на цялостна работа, операция или част от нея [1]. За определяне нормата на време е необходимо да се установят видовете разходи на работно време и техните величини за изпълнение на единица работа. Съставът на нормата на време ( $H_B$ ) може да се представи чрез формулата [3]:

$$H_B = T_{пз} + T_{оп} + T_{оп} + T_{обс} + T_{от.л} \quad (1)$$

Където  $T_{пз}$  е време за подготвително-заклучителна работа;

$T_{обс}$  - време за обслужване на раб. място;

$T_{ос}$  - време за основна работа;

$T_{сп}$  - време за спомагателна работа;

$T_{от.л.}$  - време за лични потребности.

Възможността с едно позициониране да се изпълнят всички технологични операции по изработване на сложни мебелни детайли облекчава до голяма степен нормирането на труда и по-специално определянето на нормите на време. Още повече всички CAD/CAM софтуерни продукти предоставят точна информация за времетраенето на съставените чрез тях технологични програми. За определяне времетраенето на специфични дейности по изработването на мебелни детайли чрез машини с ЦПУ се съставиха две технологични програми. За базови изделия се избраха два характерни за производството на столове мебелни конструктивни елемента – облегалка и „моноблок”, представляващ задни крака и облегалка на стол. Те се изработиха от слоеста дървесина на 5-осен ДОО. (фиг 1).

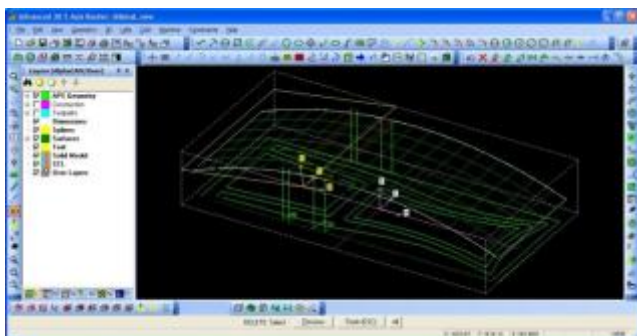
За съставянето на програмите е използван специализиран софтуерен продукт Alpha CAM (фиг 2).

Използва се следният алгоритъм за направата им: определиха се границите на работното пространство; задаха се координати на работни равнини и чрез тях се изчерта конструктивния елемент; избра се подходяща повърхнина за вакуум закрепване на заготовката; определи се последователността на технологичните

операции, избраха се работни пътища на инструментите и се зададоха стойности на режимните параметри; преобразува се програмата в машинен код посредством постпроцесора на машината. По подобен начин се съставиха и програмите за обработката на вакуум поставките, т.нар. „калъпи” (фиг. 3).



Фиг. 1. Облегалка и „моноблок”, изработени на 5-осен ДОЦ



Фиг. 2. Фрагмент от съставянето на програма за изработване на „моноблок”

Най-често „калъпът” се изработва от слепен блок от плочести елементи. В случая са ползвани плочи от дървесни влакна със средна плътност. Допълнителна операция по изработването на „калъп” е поставянето на микропорест уплътнител и шкурка по контактните му повърхнини със заготовката (вж. фиг 3), с което се осигурява стабилно вакуум захващане на обработваните заготовки.



Фиг. 3. Вакуум поставки (калъпи) за осигуряване стабилно захващане на заготовките

**Резултати и обсъждане.** Времетраенето на работните операции по изработване на мебелни детайли е определено посредством хронометричния метод. За целта в производствени условия е измерено времето за изпълнение на всяка работна операция по изработване на мебелните елементи (таблица 1).

Таблица 1.  
Продължителност на работни операции за изработване на мебелни детайли при използване на 5-осен дървообработващ център.

Работна операция	продължителност, min	
	облегалка	моноблок
Съставяне на програми за обработка на заготовка и оформяне на „калъп”	350	735
Изработка на „калъп”	125	230
Позициониране на „калъп” по координатните оси на машината	45	45
оформяне на „калъп”	8	13
Поставяне на уплътнители и шкурка по работна повърхнина на „калъп”	25	40
Смяна на инструмент	15	15
Зареждане на програма, тестване	10	10
Транспортиране на заготовки до/от машината	15	15
Позициониране и обработка на заготовка	2	6
Почистване на ДОЦ	30	30

Дейностите по изработването на програма на софтуерен продукт са с най-голяма продължителност. Примерно един работен ден е необходим на „програмния специалист” за изработване на средно сложен детайл и „калъпа” му. Следователно длъжността „програмист” в предприятията, ползващи 5-осни дървообработващи центри, е задължително условие за успешната им работа. Изработването на „калъп” е спомагателна дейност и отнема няколко часа. В повечето случаи той се изработва от оператора на машината.

Работните дейности на оператор на 5-осен дървообработващ център, определящи нормите на време за изработване на мебелни детайли за една смяна ( $T_{см} = 480 \text{ min}$ ) са представени в таблица 2.

**Таблица 2.**  
**Хронометражни измервания на работните дейности по изработката на мебелни елементи на 5-осен дървообработващ център.**

Работни дейности за една смяна	продължителност, min	
	Изработка на облегалки	Изработка на „моноблокове”
$T_{пз}$	15	15
$T_{обс}$	45	45
$T_{ос}$	350	375
$T_{сп}$	50	25
$T_{от.л.}$	20	20
$T_{см}$	480	480

Необходимостта от нови „калъпи” и честотата на тяхната направа се определя от серийността и спецификата на производството. По тази причина се прие времето за тяхното изработване и това за позиционирането им на машината да не се включват при определяне на нормите на време. Разработването на програми също не е включено, тъй като те са основна дейност на програмния специалист. Производството на двата мебелни елемента се отличава основно по необходимото времето за изпълнение на спомагателните операции. Цикълът за обработка на „моноблока” на

ДОЦ е многократно по-голям спрямо този за облегалката и съответно през работната смяна се изпълняват по-малко спомагателните операции за изработването му. От друга страна, докато ДОЦ изпълнява 6 минутната програма, операторът може да изпълнява други дейности.

Често в мебелните производствата това време се използва за изпълнение на други технологични операции от оператора. При производството на облегалката това е затруднено поради краткия цикъл на обработката ѝ на ДОЦ.

**Заклучение.** От направеното изследване може да се направят следните изводи:

- закупуването на 5-осен дървообработващ център е икономически изгодно при серийно производство в големи мащаби. При малките серии се налага да се разработват голям брой управляващи програми и „калъпи”, което води до увеличаване на разходите и до намаляване на производителността на труда.

- нормирането на труда при наличие на машини с ЦПУ е улеснено от гледна точка на по-добрата организация на технологичния процес спрямо класическите производства на мебели.

- последователното изпълнение на голям брой технологични операции при еднопозиционното базиране на заготовките върху машините с ЦПУ води до значително увеличаване на комплексното време за обработка. Операторът може да се занимава с допълнителна дейност докато машината извършва цикъла на обработка. От тази гледна точка за предпочитане е да се разработват програми за комплексно изпълнение на голям брой технологични операции.

**Conclusions.** The following conclusions could be made based on the research:

- the investment in 5-axes CNC machine is more efficient for a big-capacity batch production. The small factories require the development of lot of controlling programs and „patterns”, which results in cost increase and decreased labour efficiency.

- the determination of labour quotas is enhanced when using CNC machines due to the improved organisation of the technological processes compared to the old-classic furniture production practices.

- the consequent accomplishment of a lot of technological operations over the processed detail at a single-positioned point of the CNC

machines leads to considerable increase of the total production time. During the whole processing cycle of the machine, its operator can be engaged with additional activities. From this point of view, it is recommended to be developed more programs for complex accomplishment of a big number of technological operations.

**Литература:** 1. Бычин, В., Шубенкова, Е (2009). *Организация и нормирование труда*. Москва: Инфра-М. 253с. 2. Ловыгин, А. А., Теверовский Л. В (2012). *Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система*. Москва: ДМК Пресс. 279с. 3. Тихомирова, Т.П., Чучкалова, Е.И (2008). *Организация, нормирование и оплата труда на предприятии*. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО "Рос.гос.проф.-пед.ун-т". 185с. 4. International Labour Organisation. Forestry and Wood Industries Committee. (1990). *Technological changes in the wood industries with special emphasis on training needs and employment opportunities*. Geneva: International Labour Office. p41. 5. Overby, A (2010). *CNC Machining Handbook: Building, Programming, and Implementation*. NY: McGraw-Hill/TAB Electronics. p272. 6. Rodriguez, V (2013). *CNC Machine: Quick Reference to CNC Programming, Data Transfer, Pad Printing, CNC Machine Training and More*. NY: Tru Divine Publishing. p55. 7. Smith, G.T (1993). *Cnc Machining Technology: Cutting, Fluids and Workholding Technologies*. NY: Springer-Verlag. p190.