

**ИЗСЛЕДВАНЕ НАДЕЖДНОСТТА НА РАБОТА ЗА КЛАС  
ФРЕЗОВИ МАШИНИ****STUDY OF RELIABILITY FOR A CLASS OF  
MILLING MACHINES****PhD Madlena Zhilevska**  
*Technical College of Lovech***PhD Marin Zhilevski**  
*Technical University of Sofia***Abstract**

*This paper examines the reliability for a class of milling machines with digital program control, taking into account the basic subsystems that build them. Experimental studies have been conducted and the results have been compared to several basic signs.*

**Keywords:** milling machines, reliability, CNC.

**ВЪВЕДЕНИЕ**

Пред съвременните металорежещи машини се поставят високи изисквания по отношение на тяхната работна точност, производителност, надеждност, енергопоглъщаемост, ремонтпригодност и други. Това са взаимосвързани елементи, които трябва да бъдат отчетени при проектирането на фрезовите машини, както и при тяхното изследване.

Високата работна точност е предпоставка за достигане на желаните размери, макро и микро- геометрията на детайлите. Работната точност зависи от качеството на тяхното изработване и от условията за поддържане и ремонт.

Производителността в металообработващите машини се оценява най- често относително чрез количеството детайли, произведени за единица време, в сравнение с други подобни машини [1, 2].

Надеждността е комплексно свойство, което включва в себе си или в съчетание свойствата безотказност, трайност, съхраняемост и ремонтпригодност. Надеждността означава, че машините и техните

елементи могат да изпълняват зададените функции в течение на времето.

Колкото по-ниски са показателите за надеждност, толкова повече са проблемите по обслужване на машините. Следователно, това води до по-ниска производителност и по-голяма необходимост от настройчици [3, 4].

При модернизацията на клас фрезови машини е въведен допълнителен фиксиращ модул, като целта е да се увеличи производителността, точността на обработка и да се намали времето за работа. Машина от разглеждания клас и съответната блокова схема на подсистемите, които ги изграждат са представени в [5].

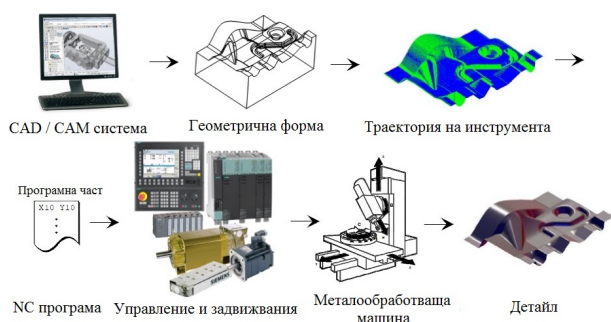
В тази статия е изследвана надеждността на работа за клас фрезови машини с ЦПУ, като са отчетени подсистемите, които ги изграждат. Проведени са експериментални изследвания и са сравнени получените резултати по няколко основни критерии.

**ИЗЛОЖЕНИЕ**

Основното изискване към металообработващите машини е да бъде обработен де-

тайл със зададена точност и гладкост за максимално кратко време със зададени оптимални режими на рязане.

При обработка на определена геометрична форма с металообработваща машина с ЦПУ, се преминава през няколко етапа. Процесът на машинна обработка от системата за компютърно проектиране и производство (CAD/CAM) до действителното формообразуване на детайла се характеризира с така наречения „алгоритъм при процес на машинна обработка“. Обща функционална схема на такъв алгоритъм е представена на фиг. 1 [6].



**Фиг. 1.** Алгоритъм при процес на машинна обработка.

Надеждността е параметър, който пряко е свързан с проектирането. Върху нея влияние оказват следните основни елементи:

- необходимост от задаване на най- тежкия режим на работа на машината;
- изчисляване и избор на подходящи двигатели, преобразуватели, механични части, помпи,уплътнения, електрозадвижвания;
- технико- икономически параметри.

Общата надеждност на фрезевите машини от разглеждания клас се определя от безотказната и ефективна работа на всички подсистеми, които я изграждат: СЦПУ – система за цифрово-програмно управление; ПУ – пулт за управление; БИМ – блок за инструментален магазин; БР – блок режими; БХ - блок хидравлика; БДМ – блок за дозаторно мазане; БО – блок за охлаждане; БЗО – блок за задвижване по координатните оси ; БФМ – блок фиксиращ модул; БГЗ – блок за главно задвижване; БА – блок аларми; БНТ – блок нулеви точки по коор-

динатните оси; БИГ – блок импулсен генератор.

Някои от представените системи са обслужващи и тяхната роля е да се повиши експлоатационния живот на другите подсистеми и на цялата машина, както и да се осигури правилното функциониране и да се увеличи надеждността на машината.

- **Пулт за управление, блок режими и блок аларми** - това са блокове, които обслужват металообработващата машина, като те са съобразени изцяло с нуждите на потребителя.

Блокът аларми се грижат за правилната работа на машината и тяхната основна задача е да прекратят работата при някаква опасност или авария. От този блок зависи сигурността на потребителя и неговата надеждна работа.

- **Нулеви точки и импулсен генератор**

Нулевите точки са важна част от работата на металообработващата машина, като чрез тях се осъществява ориентирането на цялата машина и настройка на разработената програма. Върху надеждността на този блок влияние оказва най- вече използваните датчици при позиционното управление. От основно значение се оказва държавата производител, а оттам и неговата цена.

Импулсния генератор се използва за начална настройка за обработка на детайла. Той улеснява значително потребителя и намалява общото време за настройка.

- **Дозаторно мазане** – осигурява мазането с масло на направляващите, по които се придвижват координатните оси. Той е особено значение за увеличаване експлоатационния живот на цялата машина.

- **Блок охлаждане** – участва косвено в процеса на механична обработка. Той е изключително важен, за да бъде осигурена точността на детайла и неговата гладкост.

**Система за цифрово- програмно управление** представлява съвкупност от функционално взаимосвързани и взаимодействащи технически и програмни средства, осигуряващи зададените траектории на движение на работните органи и съответните последователности от технологични команди. В СЦПУ управляващата информация се транслира, след това се използва в изчислителен цикъл, в резултат на което се форми-

рат съответните команди в реален мащаб на времето за изпълнителните електрозадвижения [5].

След проведени множество експериментални изследвания, е установено че надеждността на системата за цифрово- програмно управление зависи от технико- икономическите параметри.

### Инструментален магазин и блок хидравлика

Инструменталния магазин е устройство, на което се закрепват инструментите, които се използват в процеса на механична обработка. Той е свързан с блока хидравлика, тъй като смяната се осъществява посредством хидравличната система.

След направен преглед в различни класове металообработващи машини е установена постоянна работа на хидравличната система. Посредством подходяща разработена ладер диаграма е предложено решение, при което блока хидравлика да се използва само при смяната на инструмента.

Надеждността на работа на двете взаимосвързани системи се повишава, поради използването на хидравличната система само в процеса на смяна на инструмента. Това значително повишава експлоатационния живот от една страна и намалява разхода на енергия за цялата машина.

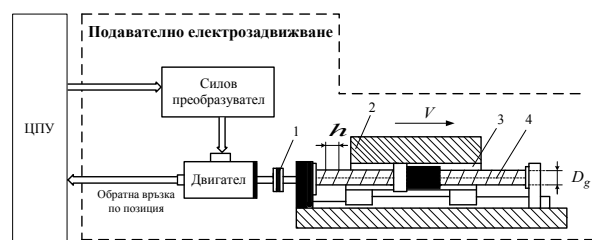
### Задвижване по координатните оси и шпиндела

Подавателните електрозадвижения се използват за позициониране на детайла и инструмента, както и те участват в процеса на машинна обработка.

На фиг. 2 е представена схема, илюстрираща използваните съставни елементи за избор на линейно подавателно електрозадвижение за една координатна ос. Използваните означения са следните: ЦПУ – система за цифрово-програмно управление; 1 – куплиране между двигателя и сачмено винтовата двойка; 2 – задвижван механизъм; 3 – направляващи; 4 – сачмено винтова двойка;  $h$  – стъпка на сачмено винтовата двойка,  $D_g$  – диаметър на винтовата двойка.

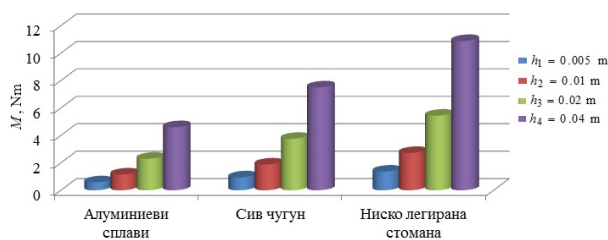
При избора на подходящо линейно подавателно електрозадвижение се вземат под внимание редица фактори: особеностите на процеса фрезование, вида на обработвания материал, типа и коефициента на механич-

ната предавка, параметрите на обработващия инструмент и други. Изчисленията са извършени по методика за избор на подавателно електрозадвижение [7].



Фиг. 2. Съставни елементи при избора на подавателно електрозадвижение.

Извършен е сравнителен анализ между получените номинални стойности на момента на двигателя при различни стъпки  $h_1 \div h_4$  на избраната сачмено винтова двойка при материали с различна твърдост. На фиг. 3 са представени графично получените резултати при еднакви стойности на параметрите на фрезовия инструмент и използваната механична предавка.



Фиг. 3. Сравнителен анализ при материали с различна твърдост.

От представената фигура могат да бъдат направени следните изводи:

1. Необходимият момент на двигателя за фрезова обработка значително нараства при материали с по-висока твърдост. Това означава, че при избора на електрозадвижение, от съществено значение е да бъде точно дефиниран най-тежкия режим на механична обработка за машината, за да не бъде усложнено и оскъпено допълнително.

2. С увеличаване на стъпката на механичната предавка, нараства и необходимият момент на двигателя за извършване на фрезова операция.

Надеждността на системата за задвижване по координатите се повишава по следните причини:

- изборът на системи за електрозадвигване с по-високи параметри от изчислените води до значително повишаване на надеждността на работа, тъй като по – този начин, те не работят в своите гранични режими;

- изборът на променливотоково електрозадвигване за сметка на постояннотоково е една от основните тенденции в задвижванията, като при избор на променливотоково се оскъпява цялостната цена от една страна, но се увеличава надеждността.

Проведени са експериментални изследвания, които отчитат работата на всички подсистеми, изграждащи машините от разглеждания клас. Данните са получени от „Дневник“ на фирми при работа в продължение на няколко години при различни натоварвания. Резултатите са представени в табл. 1.

Таблица 1. Експериментални изследвания.

Набор машини Параметри	Машина 1	Машина 2	Машина 3
Брой цикли	200000	108000	102000
Брой позиционирания	604800	432000	510000
Работни дни	1260	1260	1260
Работни часове	10000 ч.	9000 ч.	8500
Време за безотказна работа	5000 ч.	3000 ч.	1750
Време за смяна на детайл от оператор	30 сек.	45 сек.	1 мин.
Време за обработка на 1 детайл	2, 5 мин.	5 мин.	4 мин.
Смяна на инструмент	40000 пъти	108000 пъти	102000
Брой ремонти	2	3	5

Експерименталните резултати са направени за период от 5 години при няколко от машините от разглеждания клас.

Направените ремонти са свързани с износване във времето на някои от подсистемите, но те са сравнително малко, поради тази причина като извод може да се отбележи високата надеждност на работа за разглежданите машини.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изследвана е надеждността на работа на клас фрезови машини с цифрово- програмно управление, като са отчетени основните подсистеми, които ги изграждат.

Извършени са експериментални изследвания на няколко машини по различни критерии.

В заключение може да се отбележи високата надеждност на работа на разглежданите машини.

## REFERENCE

- [1] Popov, G., *Machine tools, part II: Construction and calculation, First book*, Technical University - Sofia, Sofia, 2010, ISBN 978-954-438-756-3.
- [2] Popov, G., *Machine tools, part II: Construction and calculation, Second book*, Technical University - Sofia, Sofia, 2011, ISBN 978-954-438-877-5.
- [3] Elizavetin, M. A., *Increase of reliability for machines* - Publishing by "Mechanical Engineering" ”.
- [4] Reference book, "Radio and communication", *Reliability of technical systems*, Moscow, 1985.
- [5] Zhilevski, M., M. Zhilevska, Problems in modernization of milling machines, *Unitech - Gabrovo*, т. 1, 383-386, 2015, ISSN 1313-230X.
- [6] Hoffman, P., J., E. S. Hopewell, B. Janes, K. M. Sharp, *Precision Machining Technology*, Cengage Learning, 2011, ISBN 9781435447677.
- [7] Zhilevski, M., M. Mikhov, Methodology for selection of feed drives for milling machines, *Proceedings of Technical University of Sofia*, V. 64, № 1, 33-42, Sofia, 2014, ISSN 1311-0829.