

ISSN 1311-3321

РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ „Ангел Кънчев“
UNIVERSITY OF RUSE „Angel Kanchev“

Факултет „Машинно-технологичен“
Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering

СБОРНИК ДОКЛАДИ
на
СТУДЕНТСКА НАУЧНА СЕСИЯ – СНС’12

СБОРНИК ДОКЛАДОВ
СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУЧНОЙ СЕСИИ – СНС’12

PROCEEDINGS
of
the SCIENTIFIC STUDENT SESSION – SSS’12

Русе
Ruse
2012

Проектиране на часовников механизъм

автори: инж. Капоян Стоянов, д-р инж. Николай Станков
научен ръководител: гл. ас. д-р инж. Александър Иванов

Clock mechanism design: *The paper presents modifying, designing and 3D CAD modeling of old clock construction. Using CAD system SolidWorks the new construction has been designed. Gear involute profiles have been defined using only impute parameters – module “m” and number of teeth “z”. Work efficiency of the new construction has been proofed, producing it by Rapid Prototyping.*

Key words: *Clock Design, CAD Modeling, Involute Profiles.*

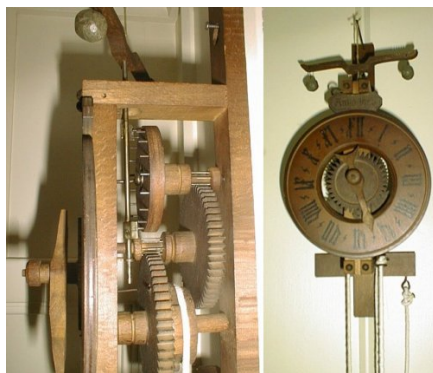
ВЪВЕДЕНИЕ

В древни времена, бавно движещите се звезди са сочили за промяната на сезоните и са служили за измерване живота на хората. В наше време, яростното движение на електроните в атомите, измерва милиардни от секундата на нашия, далеч не толкова спокоен живот. Съвременните средства за измерване на време работят плавно и изумително точно, и въпреки това те никога не могат да върнат дори един единствен отминал миг.

За създател на идеята за конструкцията на съвременните механични часовници е считан холандският математик Християн Хюйгенс, създал през 1657 г. механичен часовник с махален механизъм [1, 2, 3]. Въпреки това е имало и множество други учени, които са работили и са постигнали значителни резултати в това направление, но са останали в сянката на времето.

До 1657 г. съществува голямо разнообразие от конструкции на часовникови механизми, като при всяка от тях са били на лице редица проблеми, довели до тяхното ограничено използване, както и редица недостатъци свързани с начина им на работа [1].

В началото на XIV век, механикът Енрико Джанти е изобретил часовник с механично задвижване с помощта на пружина и регулируем махален механизъм [2]. Точността, с която е отмервал времето е била толкова висока, че е съизмерима с тази на съвременните механични часовници.



Фиг. 1 Съвременно копие на един от часовниковите механизми, проектиран от Джанти

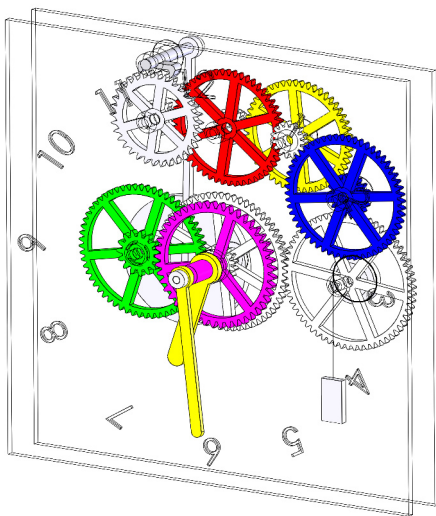
Оригиналната конструкция на Джанти, показана на фиг. 1, е била изградена от 41 основни елемента – пружина, зъбни колела, махало, оси, времелителен механизъм и т.н.

Гениалността на механикът Енрико Джанти е не само в това, че е съумял да разработи този механизъм, но и във факта, че той е използвал много малко метални елементи – като цяло кинематиката на неговият механизъм е била изработена предимно от дърво.

Основен недостатък на тази конструкция е сложността на връзката на времелителния механизъм с махалото, като дори и при най-малкото външно въздействие в работата на часовника, махалото е спирало своето движение.

Този недостатък е намерил своето решение цели 320 – 330 години по-късно с изобретяването на анкерния механизъм [1, 2, 3].

В настоящата работа е представено модифицирането, опростяването и тримерното моделиране на конструкцията на Джанти, като вместо пружина се използва тежест. Конструкция е съобразена с изискванията на бързо прототипиращото оборудване, налично в лабораторията по „Ресурсоспестяващи технологии и бързо прототипиране“ към катедра ТММРМ на Русенския университет, където часовникът е изработен.



Фиг. 2 Общ вид на тримерния модел на конструкцията на часовника

ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Описание на разработената конструкция на часовников механизъм

Разработената конструкция (фиг.2) се състои от 29 елемента, в това число и нишката, която съединява тежестта с макаратата. По-малкият брой елементи се дължи на:

- съкращаване веригата на анкерния механизъм, в която участват само 9 зъбни колела, в това число задвижващото и анкерното зъбни колела;
- опростяване на конструкцията на времелителния механизъм и махалото. Това е реализирано без да се пречи на възможността за промяна дължината махалото, което е единственият начин за регулиране точността на часовника.

Въпреки, че е намален броят на детайлите, към конструкцията на часовника е добавена и верига на минутната стрелка – оригиналният вариант на часовника на Джанти е само с часова стрелка. На фиг. 3 е представена разработената конструкция на часовника в разглобен вид, с изнесени позиции за всеки един от изграждащите я елементи.

Разработената конструкция е разглобяема (фиг. 3), но в нея няма нито един резбови скрепителен елемент. Материалът от който е изработен всеки от детайлите на часовника позволява да се използват скрепителни елементи, но при няколкократно завиване и развиване на металните винтове се нарушава целостта на скрепителните колонки. Този факт налага да се търси друго решение за реализиране на нужните закрепвания, без това да води до разрушаване на

детайлите на часовника. Намереното решение позволява в цялото изделие да няма нито един резбови скрепителен елемент, като закрепването на детайлите един към друг става за сметка на еластичните деформации възникващи при сглобяването им.

За задвижването на часовника се използва тежест, която посредством тънка текстилна нишка е свързана към макара, която чрез храпов съединител предава движението на задвижващото зъбно колело. Когато нишката е навита тя автоматично ще се стреми да се развие – преобразувайки потенциалната енергия на

тежестта в кинетична. Когато нишката се развива, праволинейното движение на тежестта се трансформира във въртеливо и предава движението на зъбното колело. Ако няма какво да я спира или регулира, макаратата с нишката ще се развие рязко.

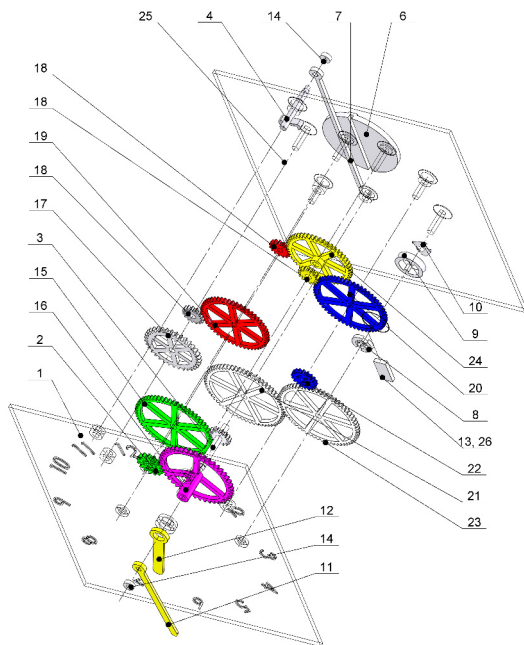
Към самият времелителен механизъм са добавени анкер и анкерно зъбно колело, които осигуряват незатихващо люлеене на махалото на часовника – елементи, които не съществуват в първоначалния вид на конструкция от началото на XIII век. Чрез анкерният механизъм нишката не се развива рязко.

Възелът на задвижващото колело (23) представлява еднопосочен съединител, с чиято помощ нишката (26), свързваща задвижващото колело (23) с тежестта (13), може лесно да се навие върху детайл макара (9), без това да налага движение на останалата част от часовниковия механизъм.

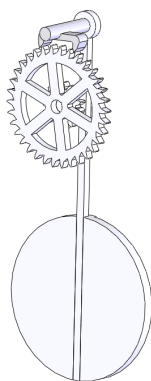
Задвижването на разработената конструкция на часовника става само и единствено за сметка на тежестта (13), а продължителността на работа зависи от дължината на нишката (26) свързваща тежестта с макаратата.

2. Начин на работа и регулиране на разработената конструкция на часовников механизъм

Като част от анкерният възел (фиг. 4), махалото действа като регулатор, който контролира скоростта на часовника и я запазва постоянна. Рамото на махалото се движи в същата посока и със същата ъглова скорост като махалото. Височината на рамото подsigурява анкерното колело и се движи с постоянна скорост. То действа също и като спирачка срещу силата, упражнявана от тежестта.

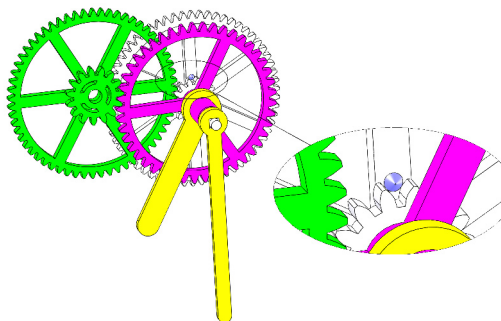


Фиг. 3 Разглобен вид на разработената конструкция



Фиг. 4 Анкерен възел.

Скоростта на анкерният механизъм се регулира от дължината на рамото на махалото. Колкото по-дълго е рамото, толкова по-бавно ще е движението. Колкото



Фиг. 5 Верига на часовата и минутната

по-късо е рамото, то толкова по-бързо ще се движи махалото. Ако стрелките на часовника се движат прекалено бързо, махалото трябва да стане по-дълго. Ако стрелките на часовника се движат много бавно, махалото трябва да се скъси.

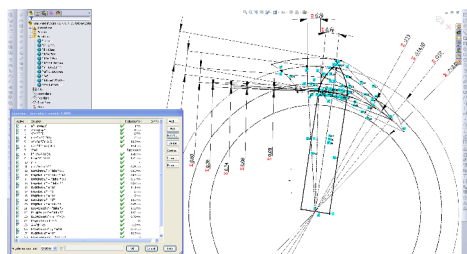
Веригата на часовата (12) и минутната (11) стрелки (фиг. 5), позволява часовникът да бъде сверяван, без това да води до излишно задвижване напред или назад на целият механизъм.

Сверяването на часовника се реализира посредством завъртането на минутната стрелка в нужната посока. При това завъртане, минутното зъбно колело се отцепва от стопирация конус, означен на фиг. 5 със син цвят, за сметка на еластичната деформация на елементите и обирание на хлабините в осово направление.

При сверяване, за веригата на часовата (12) и минутната (11) стрелки, няма значение в коя посока ще бъде завъртана минутната стрелка. При по-голяма част от механичните часовници, минутната стрелка при сверяване се задвижва само в положителната посока. Това се дължи на факта, че при моделите часовниците с по-опростени конструкции, при завъртане на стрелките в отрицателната посока се реверсира целият механизъм, което поражда дисбаланс във възелът на ротационния балансир, което може да доведе дори до заклиняване на анкерният механизъм.

3. Определяне профила на зъбите на зъбните колела

Както се вижда от фиг. 1 в конструкцията на Джанти са използвани цевни зъбни предавки. За опростяване на задачата е взето решение, профилът на моделираните зъбни колела да бъде еволвентен. Основен проблем при проектирането на подобни детайли, се явява фактът, че в библиотеките с които разполага CAD системата SolidWorks, зъбните колела са с опростен профил – дъга от окръжност, т.е. тези



Фиг. 6 Пълна формализация при проектирането на еволвентните профили, в зависимост от модула и броя на зъбите

модели не са подходящи за използване при моделирането на зъбни колела, които ще бъдат изработени чрез наличното оборудване за бързо прототипиране.

За целта е нужно профилът на моделираните зъбните колела да се изпълни като еволвента. Известно е, че при промяна на модула или броя на зъбите на зъбните колела, еволвентната крива се променя. В същото време е нужно бързо и лесно да се проектират голямо разнообразие от зъбни предавки, чиито профили да бъдат измерени и да се избере зъбна предавка с такъв модул, при който има минимален разход на материал, а точността с която профилът на зъбните колела е реализиран, позволява те да се използват при изработването на часовника.

За решаване на тази сложна задача и за ускоряване на процеса на тримерно моделиране е направена пълна параметризация и формализация на изчертаването на еволвентния профил (фиг. 6). Прието е, че изчертаването ще се извършва с помощта на сплайн (Spline) линия, като се използват 5 точки, лежащи на теоретичната еволвентна линия.

За моделиране на зъбните колела е създаден файл във вид на библиотечен елемент, чрез който при въвеждане на модула m , броя на зъбите z , броя на ребрата t и диаметъра на отвора на главината D , се генерира нова конфигурация на даденото зъбно колело.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на направеното може да се обобщи:

1. Разработена е нова конструкция на часовников механизъм, моделирана в средата на CAD системата SolidWorks.
2. Изработен е работещ прототип на конструкцията чрез наличното оборудване за бързо прототипиране.
3. Създаден е библиотечен файл, чрез който моделирането на зъбните колела е изцяло параметризирано.

Разработената конструкция на часовниковия механизъм, работата по проектирането на нужните тримерни модели и работещият прототип на часовника, са класирани на второ място на републиканското студентско състезание по SolidWorks за 2011 г., в което участват представители на всички висши училища от страната.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. www.britannica.com

[2]. www.clockmakers.com/john_harrison_sea_clock

[3]. www.wikipedia.org

За контакти:

гл. ас. д-р инж. Александър Кирилов Иванов, Катедра TMMPM, Факултет „Машинно-технологичен“, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082/888 714, [url: http://rapidprototype.uni-ruse.bg](http://rapidprototype.uni-ruse.bg) ; e-mail: akivanov@uni-ruse.bg

д-р инж. Николай Тодоров Станков, Катедра TMMPM, Факултет „Машинно-технологичен“, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082/888 714, e-mail: ntankov@uni-ruse.bg

инж. Калоян Стефанов Стоянов, Факултет „Машинно-технологичен“, Русенски университет “Ангел Кънчев”, e-mail: kokostoyanov@yahoo.com