

# УПРАВЛЕНИЕ НА СТЕНД ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕФЕКТА „КОМБИНИРАН УДАР” ПОСРЕДСТВОМ ЩАМПОВЪЧЕН ЧУК С РАКЕТЕН ДВИГАТЕЛ

Доц. инж. М. Михов, инж. Г. Исаев  
ИИКТ-БАН, 1113 София, ул. Акад. Г. Бончев бл.2

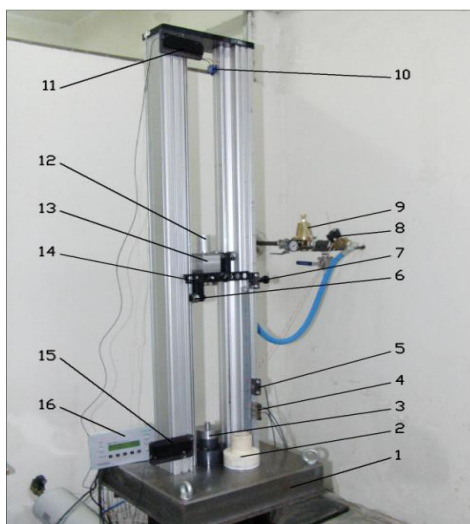
**РЕЗЮМЕ:** Статията описва реализация на управляващо устройство на стенд за изследване на ефекта „комбиниран удар” посредством щамповъчен чук с ракетен двигател. Описани са принципите на работа, вариантите на изпълнение и начините на опериране с него, както и някои изводи от приложението му.

**Ключови думи:** ракетен двигател, комбиниран удар, контролер, светлинен датчик

## 1. ВЪВЕДЕНИЕ

Финансирано от Фонда за научни изследвания /Проект ДО 02-2628/2008/ беше разработен стенд за изследване на възможностите за намаляване на коефициента на възстановяване след удар. Редица технологични процеси като коване, пресоване, набиване на пилоти и др. се реализират като резултат от сблъсък

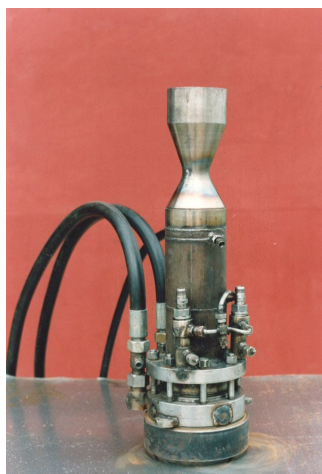
на две тела, като при този сблъсък се наблюдава отскок на падащото тяло. Целта на този проект е да се разработи стенд, с който да се изследват възможностите за намаляване на отскока чрез използване на допълнителна сила по време на удара. Като такава допълнителна сила се използва промишлен ракетен двигател, работещ със сгъстен въздух. [1]. Снимка на стенда е показана на фиг. 1



Фиг. 1

Самият ракетен двигател, който се използва в проекта, е оригинална българска разработка. Тя е защитена с изобретение, което се отнася до нов тип индустриален двигател, който работи на принципа на ракетните двигатели и се използва за задвижване на ударните части на щамповъчни и пилотозабиващи чукове. При забиване

на пилоти чуковете с ракетен двигател могат да ги забиват под всякакъв ъгъл в пространството, което кардинално решава проблемите със земеукрепването на земетръсни терени и свлачища [6]. Снимка на промишления ракетен двигател е показана на фиг. 2



Фиг.2

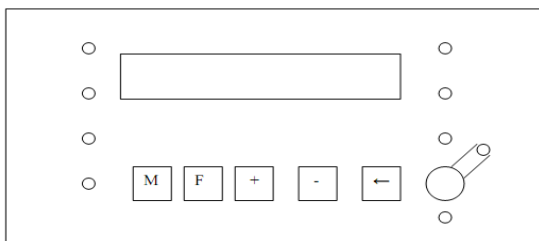
Контролерът, който управлява процесите, свързани с тези изследвания, има няколко основни задачи:

- да стартира и менажира процеса по различни начини – естествено падане, с ракетен двигател, така че да могат да се сравняват резултатите от удара;
- да измери времето на падане на чука, а оттам /при константно разстояние/ и скоростта на движението му, като резултатите се записват в паметта на устройството;
- да изпрати получените резултати към компютър за съхранение и анализ.

На фиг. 1 може да се види разработеният контролер /№ 16/

## 2. ОПИСАНИЕ НА УСТРОЙСТВОТО

Управлението е реализирано като микропроцесорно устройство с дисплей и бутони. Лицевата част на устройството има следния вид /фиг.3/:



Фиг.3

На индикацията – 2X 16 символа, се изписва текущата информация, която зависи от функцията, избрана посредством бутоните и ключето.

Съществуват два варианта на изпълнение на контролера в зависимост от начините на стартиране на процеса и измерване на времето за падане на чука

- със светлинен датчик
- с индуктивни датчици.

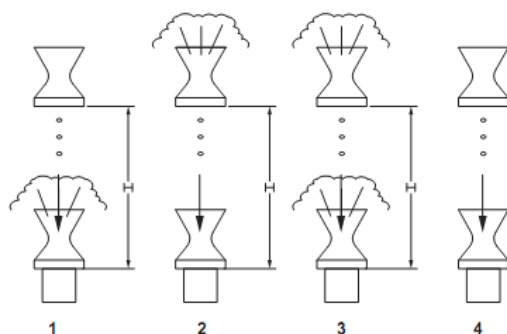
### 2.1. Вариант със светлинен датчик

При варианта на изпълнение със светлинен датчик стартирането на процеса и измерването на времето за падане на чука се извършва от този датчик. В комплекта на управлението е включен и индуктивен датчик, който изпълнява различни функции в зависимост от режимите на работа. Посредством релеен изход и електромагнитен вентил се управлява подаването на въздух към ракетния двигател, който се използва за добавяне на допълнителен натиск към свободно падащия чук. За получаване на ефекта комбиниран удар се използва студен ракетен двигател, задвижван със съгъстен въздух, при налягане на въздуха до 30 bar. [5].

Контролерът има следните характеристики:

- 1 аналогов вход за измерване на изминалия път и скорост
- 1 цифров вход за индуктивен датчик за място на включване
- 1 релеен изход за включване на ракетния двигател
- Сериен комуникационен канал /RS232/ за връзка с компютър.

От управляващото устройство на стенда може да се зададат четири режима на работа – фиг.4.



Фиг.4

1 – свободно падане (с изключен двигател) и притискане в процеса на удар (включване на ракетния двигател в момента на удара); Чукът се пуска да пада свободно. При преминаване край индуктивния датчик се включва двигателят. Двигателят остава да работи след удара / в края на процеса се изключва – след запис на 2000 клетки или след 2 сек/.

2 – ускоряване с ракетен двигател в процеса на падане и изключване на двигателя в момента на удара; Включва се двигателят при започване на измерването . Извършва се ускоряемо падане. Изключва се двигателят при преминаване край индуктивния датчик.

3– включен ракетен двигател през време на падане и на удара; Включва се двигателят при започване на измерването. Извършва се ускоряемо падане. Двигателят остава включен след удара

4– обикновен удар (ракетният двигател е изключен през цялото време). Чукът се пуска да пада свободно. Мери се изминатият път до падането. Мери се обратният път при отскока.

В ролята на светлинен датчик се използва датчик тип E3X-DA51-N на фирмата Omron. Този датчик се състои от излъчвател и светлинен приемник, който преобразува полученото количество светлина в аналогов изход в диапазона 1 – 5в. Външният вид на датчика е показан на фиг. 5 [4].



Фиг.5

Излъчвателят и приемникът се поставят в равнина, леко наклонена спрямо вертикалната ос /фиг.6/. Неподвижно към падащия чук е монтиран детайл /нож/, който движейки се отгоре надолу в равнината на светлинната ивица, променя количеството светлина, получено в приемника, а оттам и аналоговия сигнал на изхода на датчика. Този аналогов сигнал, сканиран на достатъчно малки времеви интервали, дава информация за изминатото разстояние за това време, което позволява да се изчисли моментната скорост на движение на чука.

## 2.2. Вариант с индуктивни датчици

При този варианта на изпълнение стартирането на процеса и измерването на времето за падане на чука се извършва от индуктивни датчици. В горния край на стенда е разположен датчик, по който става стартирането на процеса. Други два датлика, разположени в началото и края на на участъка, по който се движи чукът, служат за измерване на времето, необходимо за изминаването на това разстояние. Доколкото това разстояние е константно, лесно може да

се изчисли скоростта на падане на чука в зависимост от режимите му на работа. Накрая, в комплекта на управлението отново е включен и индуктивен датчик, който, подобно на варианта със светлинния датчик, изпълнява различни функции в зависимост от режимите на работа. Посредством електромагнитен вентил се управлява подаването на въздух към ракетния двигател, който се използва за добавяне на допълнителен натиск към свободно падащия чук.

Контролерът в този вариант на изпълнение има следните характеристики:

- 4 цифрови входа за свързване на индуктивните датчици
- 1 релеен изход за включване на ракетния двигател
- Сериен комуникационен канал /RS232/ за връзка с компютър

Превключването между двата варианта на работа на управлението става посредством ключе, разположено на лицевия панел /фиг. 3/.

Режимите на работа на устройството в този вариант са същите, както и при варианта със светлинен датчик.

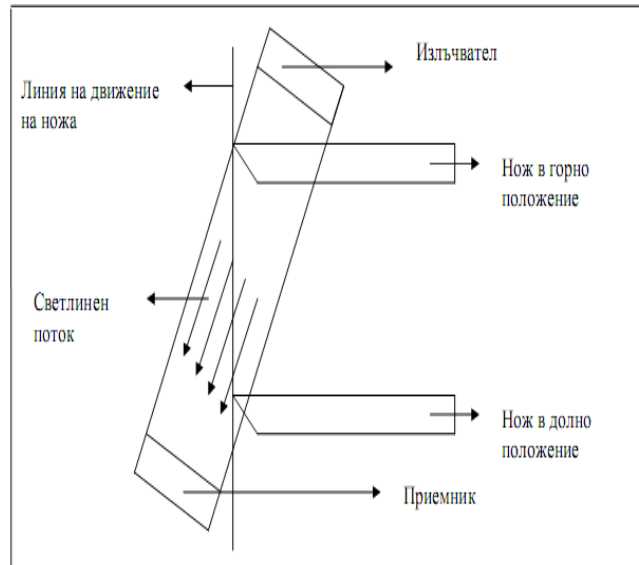
### 3. РАБОТА С УСТРОЙСТВОТО

#### 3.1 Работа при вариант на изпълнение със светлинен датчик

При включване на устройството на екрана се изписва

WORK R1 ADC= 010
---------------------

Тази информация показва, че устройството е в работна ситуация - измерване на аналогов сигнал от светлинния датчик, в режим 1. Стойността на числото след ADC съответства на измереното напрежение от аналоговия изход на светлинния датчик в зависимост от степента на осветеност на приемника на датчика. При максимална осветеност това число е под 815, а при минимална осветеност – над 10. Минималната стойност отговаря на чук в горно положение, а максималната – в долно положение. Точните стойности на показанията зависят от юстировката на закриващия нож, който се движи заедно с чука и осъществява промяната на осветеността на приемника на датчика в зависимост от положението на чука при неговото падане /фиг.6/.



Фиг.6

#### 3.1.1. Задаване на параметри

За определяне режимите на работа и необходими параметри, се преминава в режим **FUNCTIONS** чрез натискане на бутон **F**. Изписва се

FUNCTIONS R1 Rejim 1
-------------------------

За смяна на режима на работа /от 1 до 4, както са описани по-горе/, се използват бутоните + и -. При промяна на номера на режима символът R1 започва да

мига. С натискане на последния бутон /**enter**/ R1 спира да мига и приема стойността на зададения режим.

При следващо натискане на **F** на екрана се изписва

FUNCTIONS R1 Start: 00
---------------------------

Отново с + и - се задава число, което показва с колко единици трябва да нарастне показанието на АДС спрямо референтната стойност, описана по-долу, за да от 1 до 5, но със задаване на по-голямо число /до 99/ може да се забави стартирането на измерването. Запомнянето става с **enter**.

При следващо натискане на **F** на екрана се изписва

FUNCTIONS R1 Δ ADC: 00
---------------------------

започне измерването. Нормално е това число да бъде няколко единици –

Този параметър показва с каква точност ще се извършват измерванията. 0 отговаря на най-висока /10 битова/ точност. При задаване на 1 измерването става с 9 битова точност. Възможно е да се работи и с делта =2 – 8 бита, но тук се намалява точността на измерването и се загрубяват резултатите.

С това завършва уточняване на режимите и параметрите. При Натискане на бутон **M** устройството се връща в основния режим **WORK**.

#### 3.1.2. Работен режим

При чук в горно положение се натиска бутон /enter/. На екрана се изписва

```
READY      R1
ADC= 010
```

Програмата запазва стойността на АДС в този момент като референтна стойност и процесът на измерване ще започне след като стойността на АДС превиши референтната със зададеното в параметър СТАРТ число.

Устройството е готово за измерване. При запускане /в зависимост от режима/ на движението на чука започва процесът на измерване на показанията на аналоговия изход на датчика, които се записват в паметта на устройството /2000 клетки/. Всъщност се записва времето, необходимо за промяна стойността на изходното напрежение на аналоговия изход на датчика с една единица. Тази единица зависи от стойността на делта АДС, която се задава с параметър. Така при делта =0 /10 битова точност/, теоретично има 1024 разряда /стъпки/ на промяна на изходното напрежение. Поради факта, че то се променя в границите от 1 до 5 в, това автоматично намалява броя на дискретите на 824. Всъщност точният брой на дискретите зависи от показанията на устройството в горно и долно положение, като разликата между тях дава точната стойност на броя на дискретите. Знаейки броя на дискретите и дължината на падане на чука, може да се изчисли колко милиметра преместване отговарят на една дискрета /промяна на показанието на АДС с 1/. Когато се зададе делта АДС =1, дискретите се намаляват 2 пъти, а при делта АДС=2- още 2 пъти.

Отделните отрязъци от време за промяна на АДС се записват в микросекунди. Процесът продължава до запълването на 2000 клетки или до изтичането на контролно време – 2 секунди. След завършване на процеса на запис на екрана отново се изписва **WORK**, като показанието на АДС е максимално тъй като чука е в долно положение.

### 3.1.3 Визуализиране на резултатите /режим Memory/

За да се провери какво е записано в паметта, се натиска бутон **M**. На екрана се изписва

```
MEM: 0001 I 0002
T 00000 I 00000
```

На първия ред след MEM се изписват номерата на клетките /по двойки/, които се четат в момента, а на втория ред под съответната клетка се изписва съдържанието ѝ /в микросекунди/. С натискане на + или – може да се разлистват всички клетки от 0 до 2000 и да се провери съдържанието им. С продължително натискане на тези бутони започва автоматично нарастване /намаляване/ на номера на клетката. Важно е да се отбележи, че при движение надолу показанията на времената са със знак +, докато при отскок нагоре те са със знак -.

Предвиден е още един режим на визуализация на резултатите от измерването. От гореописания режим се натиска **F**. На екрана се изписва

```
MEM: 0001 I 0002
T 0000000 I 0000000
```

При този режим се осъществява натрупване на съдържанието на клетките /отделните отрязъци от време/. Това позволява да се види цялата продължителност на процеса, включително и след разтрептяването, тъй като всички времена, независимо от знака им, се сумират. Последното сумарно време /също в микросекунди/, показва времето на падане на чука.

### 3.1.4. Комуникация с компютър.

От режим **Memory** може да се изпрати целият масив от данни /2000 клетки/ към персонален компютър за анализ. За целта се натиска бутон /enter/. Данните се предават към ПС за около 9 сек. През това време дисплеят остава тъмен, след което отново се възстановява индикацията.

### 3.2. Работа при вариант на изпълнение с индуктивни датчици.

Работата с устройството в този вариант на изпълнение е подобна на работата, описана в т. 3.1, като има няколко разлики:

- В режим **Задаване на параметри** се определят единствено режимите на работа.

- За установяване на устройството в режим **Готовност** е необходимо повдигането на падащия чука до горно фиксирано положение, като при това придвижване закрепеният към него нож активира индуктивния датчик **Начало**, и на екрана се изписва съобщение **READY**.

- Пускането на устройството се извършва чрез освобождаване на заключващ механизъм. Движението се извършва съобразно избрания режим на работа /от 1 до 4/. След преминаване на чука и активиране на последния датчик на екрана се изписва **WORK**.

- Два датчика, предназначени за измерване, са свързани към бързи броячни входове на контролера. Това позволява прецизно измерване на времето за задействане на всеки един от тях, като резултатите от измерването се записват в последните 2 байта от масива от 2000 клетки от паметта.

- Визуализацията на резултатите и комуникацията с компютъра се извършват по начина, описан в т. 3.1

## 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Така описаното устройство позволи да се извършат подробни изследвания на поведението на обработваните материали в зависимост от вида на движение на падащия шамповъчен чука – свободно падане или ускорение с ракетен двигател /комбиниран удар/. Резултатите от проведените изследвания са подробно описани в [1], [2], [3] и [5]. Изделието участва в Световно изложение по иновации –

EC Innovation–Geneva 2011, където получи сребърен медал.[7]

На базата на тези изследвания има идея за разработка на високоскоростна шамповъчна преса с ракетен двигател. За този нов тип индустриално задвижване се предлага управление на тягата, на момента за стартиране и на момента на спиране на ракетния двигател (евентуално и след удара). При комбиниране на силата на тежестта и допълнителната сила (от ракетния двигател) се доказват по-добри времеви, енергийни и икономически параметри на процеса, както и по-голяма плътност на готовите детайли. Това ги прави подходящи за приложения с голямо натоварване (скоростни кутии за спортни автомобили). Идеята е приложима за забиване на пилоти (за мостове, в невертикални случаи) и за брикетирание на отпадъци (с висока плътност, метални) [7].

## 5. ЛИТЕРАТУРА

1. **Experimental study on the possibilities to decrease the coefficient of restitution after impact** Penchev T, Altaparmakov I, Karastojanov D. *Applied Mechanics and Materials Vols. 217-219 (2012) pp 1659-1662* © (2012) Trans Tech Publications, Switzerland doi:10.4028 /www.scientific.net/ AMM.217-219.1659

2. **Experimental Study on “Controlled Impact” Effect in Plastic Deformation Processes** Penchev T, Karastojanov D, and Altaparmakov I. *Advanced Materials Research Vol. 772 (2013) pp 3-8*© (2013) Trans Tech Publications, Switzerland doi: 10.4028 [www.scientific.net/AMR.772.3](http://www.scientific.net/AMR.772.3)

3. **EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF “CONTROLLED IMPACT” EFFECT.** Penchev T, Altaparmakov I. *Metal* 2013 15. - 17. 5. 2013, Brno, Czech Republic, EU

4. Digital Fiber Amplifier E3X-DA-N .e3x-da-nds-csm1291.pdf [http:// www.ia. omron.com /products/family/398/ download/catalog.html](http://www.ia.omron.com/products/family/398/download/catalog.html)

5. Експериментално и симулационно изследване на обратно изтичане в словията на обикновен и комбиниран удар. Пенчев Т, Иванов И, Боздуганова В. **НАУЧНИ ТРУДОВЕ НА РУСЕНСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ** - 2012, том 51, серия 2, стр. 33-39.

6. Успешно представяне на български фирми на международното изложение за иновации и изобретения International Exhibition of Inventions, Женева, Швейцария (06-10.04.2011 г). Изпълнителна агенция за насърчаване на малките и средни предприятия, <http://www.sme.government.bg/?p=6815>

7. <http://iiict.bas.bg/docs/EC-Innovation-Geneva-04-2011.pdf>