# ИЗВЕСТИЯ

## НА СЪЮЗА НА УЧЕНИТЕ - РУСЕ

### СЕРИЯ
## ТЕХНИЧЕСКИ НАУКИ

**СЪЮЗ НА УЧЕНИТЕ - РУСЕ**

**2011**

# PROCEEDINGS

of the Union of Scientists - Ruse

## TECHNICAL SCIENCES

RUSE
2011

# ИЗВЕСТИЯ
# НА СЪЮЗА НА УЧЕНИТЕ - РУСЕ

**Известията на Съюза на учените - Русе** са годишни научни трудове, които се издават от 1998 г. Годишно списанието излиза във вид на една или няколко серии. Основни езици са български и английски, с тенденция постепенно да се премине към цялостното му отпечатване на английски.

Всяка серия се подготвя от съответния редакционен съвет, одобрен от Управителния съвет на СУ – Русе. **Редакционният съвет** урежда всички организационни и технически въпроси, свързани с издаването, одобряването на рецензентите и научната редакция на постъпващите материали.

За публикуване се приемат научни и научноприложни статии, съобщения, обзори с конкретни приноси в областта на физико-математическите, хуманитарните, технологичните, техническите и социалните науки.

**Авторите** носят отговорност за своите материали. Текстовете се представят в редакцията на електронен носител, придружен с един отпечатък. Оформлението на материалите трябва да бъде съобразено с приложения на последната страница модел.

Всички материали се рецензират от хабилитирани специалисти в съответната научна област. Тези материали, неполучили положителна рецензия, няма да бъдат отпечатани. Ръкописи не се връщат. Хонорари на авторите не се изплащат.

След отпечатването на серията авторският колектив получава безплатно 3 отделно оформени отпечатъка от статията; при желание – може да си закупи и цялата книжка.

**Известията на Съюза на учените - Русе** се изпращат във всички големи библиотеки в страната и в редица български и чуждестранни университети.

**ГЛАВЕН РЕДАКТОР:** проф. д-р Златоживка Здравкова
**ОТГОВОРЕН РЕДАКТОР:** доц. д-р Борис Сакакушев
**КОРЕКТОР:** Ренета Златева
**ПРЕДПЕЧАТНА ПОДГОТОВКА:** доц. д-р Ивайло Стоянов

**АДРЕС НА РЕДАКЦИЯТА:** Русе 7000, ул. "Константин Иречек" 16,
Е-поща: suruse@ru.acad.bg, URL: www.ru.acad.bg/suruse.

**© СЪЮЗ НА УЧЕНИТЕ – РУСЕ**

*Университетски издателски център при Русенския университет „Ангел Кънчев*

ISSN 1311-106X

## СЪДЪРЖАНИЕ

*Иван Колев*
Оптимален избор на материал на режещата част на инструментите при многопреходна обработка на стругове с ЦПУ .....7

*Веселин Григоров*
Възможности за последователно съчетаване на процесите на рязане и ППД при постигане на по-голяма хомогенност на обработените повърхнини.....10

*Веселин Григоров*
Възможности за последователно съчетаване на процесите на рязане и ППД при постигане на по-голяма хомогенност на обработените повърхнини.....14

*Иван Колев, Юлиян Младенов*
Определяне радиуса на диска при шлифоване на протяжки .....19

*Тошо Станчев, Борис Сакакушев*
Апробация на фотограметричен метод за измерване в машиностроенето .....23

*Борис Сакакушев, Веселин Григоров, Тихомир Тодоров*
Коефициент на трансформация и анализ на грешката на измерване по фотограметричния метод в машиностроенето.....28

*Тошо Станчев, Борис Сакакушев*
Една възможност за повишаване на точността при измерване на активна мощност в товари с нисък фактор на мощността .....32

*Кирил Хаджиев, Симеон Илиев*
Изследване работата на бензинов двигател с бензино-бутанолови смеси.....36

*Георги Кръстев*
Синтез на дискретен параметричен модел на дизелов двигател за техническа диагностика.....39

*Георги Кръстев*
Labjack Toolbox за Matlab/Simulink.....45

*Любомир Владимиров*
Утилизиране на кланична кръв.....54

**CONTENTS**

*Ivan Kolev*
Optimal Choice of Material for the Cutting Part of Tools for Multiple-Stage Machining using CNC Lathes .....7

*Veselin Grigorov*
Opportunities for Combining Consecutive of Cutting or SPD and in Achieving More Homogeneous Machined Surfaces .....10

*Veselin Grigorov*
Opportunities for Combining Consecutive of Cutting or SPD and in Achieving More Homogeneous Machined Surfaces .....14

*Ivan Kolev, Yuliyan Mladenov*
Determination of the Disc Radius for Grinding of Broaches .....19

*Tosho Stanshev, Boris Sakakushev*
Approbation of the Photogrammetric Method for the Measurement Mechanical .....23

*Boris Sakakushev, Veselin Grigorov, Tihomir Todor*
Coefficient of Transformation and Analysis of Error in The Measurement Photogrammetric Method in Engineering .....28

*Tosho Stanshev, Boris Sakakushev*
One Possibility for Increasing Accuracy When Measuring the Active Power in Loads With Low Power Factor .....32

*Hadjiev Kiril, Iliev Simeon*
Investigation of the Gasoline Engine Operation on Gasoline-Butanol Fuel Blends .....36

*Georgi Krastev*
Methods for Synthesis of a Discrete Parametric Model for Diesel Engine Technical Diagnosis .....39

*Georgi Krastev*
Labjack Toolbox For Matlab/Simulink .....45

*Lyubomir Vladimirov*
Utilization of Slaugther Blood .....49

*Lyubomir Vladimirov*
Utilization of Slaugther Blood .....54

# ОПТИМАЛЕН ИЗБОР НА МАТЕРИАЛ НА РЕЖЕЩАТА ЧАСТ НА ИНСТРУМЕНТИТЕ ПРИ МНОГОПРЕХОДНА ОБРАБОТКА НА СТРУГОВЕ С ЦПУ

Иван Колев
*Русенски университет „Ангел Кънчев”*

# OPTIMAL CHOICE OF MATERIAL FOR THE CUTTING PART OF TOOLS FOR MULTIPLE-STAGE MACHINING USING CNC LATHES

Ivan Kolev
*„Angel Kanchev” University of Ruse*

**Abstract:** The CNC lathes are costly machine tools are and as such they must be guaranteed optimal conditions for exploitation. This paper presents a solution for optimal choice of the material of the cutting part of the tools for multiple-stage machining of a given surface. The criterion used to assess the choice of the material of the cutting part is the technological cost or the technological productivity of machining.

**Keywords:** CNC lathes, material, cutting part, technological cost.

## УВОД

Струговете с ЦПУ са скъпоструващи машини и за да бъде ефективно използването им трябва да се осигурят оптимални условия на експлоатация. При повечето стругове с ЦПУ детайлите се обработват от инструменти, разположени на револверна глава. Ако дадена повърхнина трябва да се обработи с груб и чист преход при избора на материала на режещата част на ножа са възможни два варианта. При първия обработването на двата прехода се извършва с един нож с материал на режещата част, определен от условията на работа за грубия преход, а при втория – за всеки преход се избира стругарски нож с подходящо избран материал на режещата част.

При обработване на повърхнината с два ножа е необходимо по-малко машинно време, тъй като скоростта на рязане за чистия преход ще бъде по-голяма от тази при работа с един нож, но има загуба на време за смяна на ножа (отвеждане, завъртане и подвеждане на револверната глава). При реализиране на двата прехода с един нож машинното време е по-голямо, но липсва време за смяна на инструмента. За различните случаи на обработка може да бъде изгоден единият или другият вариант.

С настоящата работа се предлага едно решение за оптимален избор на материал на режещата част на инструментите при многопреходна обработка с рволверна глава на стругове с ЦПУ.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

Като критерий при оценяване на приетия вариант за обработване на дадена повърхнина от детайла се използва технологичната себестойност или технологичната производителност [1, 2, 3].

Структурата на формулата за пресмятане на технологичната себестойност при обработване на дадена повърхнина от детайла с един или два ножа е еднаква, като при $i = 1$ съответната величина има стойност, определена от условията на работа с един нож, а при $i = 2$ - с два ножа [2]:

$$K_i = t_{mi}.E + \frac{t_{см}}{T}.t_m.E + \frac{S}{T}.t_{mi} + t_{сп.i}.E \text{, лв,} \qquad (1)$$

където $t_{mi}$ е машинното време за обработване на една повърхнина, min;

$E$ - разходите за една минута работа на струга с ЦПУ, лв/min;

$T$ - трайността на инструмента, min;

$S$ - разходите за инструмент за една трайност на инструмента, лв.;

$t_{сп.i}$ - спомагателното време при обработване на повърхнината, min.

Аналогично времето за обработване

на една повърхнина, зависещо от режима на рязане е [2]:

$$t_{oi} = t_{mi} + \frac{t_{см}}{T}.t_{mi} + t_{сп.i}\,, \qquad (2)$$

а технологичната производителност в брой обработени повърхнини за 1 min е:

$$Q_i = \frac{1}{t_{oi}} = \frac{1}{t_{mi} + \frac{t_{см}}{T}.t_{mi} + t_{сп.i}}\ \text{, пов./min.} \qquad (3)$$

За да се определи оптималният вариант на обработване на дадена повърхнина ще се съпоставят технологичната себестойност и технологичната производителност само за чистия преход, тъй като при грубия те са еднакви.

Машинното време се определя по формулата:

$$t_{mi} = \frac{L_c}{n_i.f} = \frac{L_c.\pi.D}{1000.v_{ci}.f} = \frac{L_c}{K_f.v_{ci}}\,, \qquad (4)$$

където $L_c$ е дължината на работния ход при обработване на повърхнината на детайла, mm;

$n_i$ - честотата на въртене на вретеното, $min^{-1}$;

$v_{ci}$ - скоростта на рязане, m/min;

$D$ - диаметърът на обработваната повърхнина, mm;

$K_f = \frac{1000.f}{\pi.D}$.

След заместване в (1) и (2) с (4) и преработване се получава:

$$K_i = \frac{K_т.L_c}{K_f.v_{ci}} + t_{сп.i}.E\,; \qquad (5)$$

$$t_{oi} = \frac{K_c.L_c}{K_f.v_{ci}} + t_{сп.i}\,, \qquad (6)$$

където $K_т = E\left(1 + \frac{t_{см}}{T}\right) + \frac{S}{T}$; $K_c = 1 + \frac{t_{см}}{T}$.

Спомагателното време $t_{сп.1}$ при обработване на повърхнината с един нож включва времето за отвеждане на ножа от детайла, задаване на дълбочината на рязане за чистия преход и подвеждане на ножа, а $t_{сп.2}$ включва освен съставляващите на $t_{сп.1}$ и времето за отвеждане на револверната глава, завъртането й за смяна на ножа и отново подвеждане в зоната на рязане.

При постоянни други условия на работа граничната дължина на работния ход $L_{сгр}$, до която е изгодно обработване с един нож на грубия и чистият преход по критерий технологична себестойност се определя от условието:

$$K_1 \le K_2 \qquad (7)$$

или след заместване в (5) и преобразуване се получава:

$$\frac{K_т.L_{сгг}}{K_f.v_{c1}} + t_{сп.1}.E \le \frac{K_т.L_{сгг}}{K_f.v_{c2}} + t_{сп.2}.E\ . \qquad (8)$$

Тогава за граничната дължина на работния ход се получава:

$$L_{скгр} \le \frac{K_f.v_{c1}.v_{c2}.E\left(t_{сп2} - t_{сп1}\right)}{K_т\left(v_{c2} - v_{c1}\right)}\,. \qquad (9)$$

При критерий технологична производителност граничната дължина $L_{cQгр}$ се определя от условието:

$$t_{01} \le t_{02}\,. \qquad (10)$$

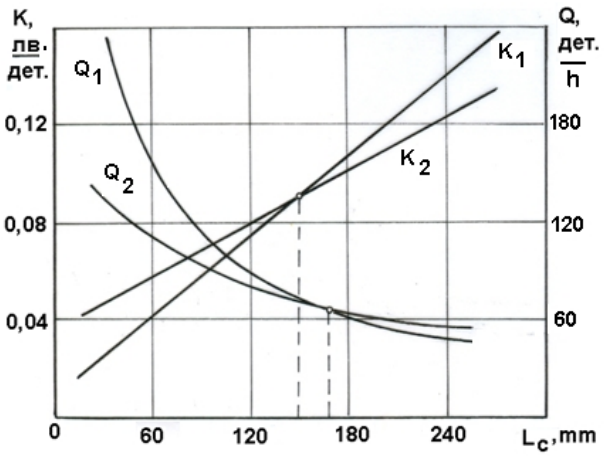
След заместване в (6) и преобразуване се получава:

$$L_{cQгр} \le \frac{K_f.v_{c1}.v_{c2}\left(t_{сп2} - t_{сп1}\right)}{K_c\left(v_{c2} - v_{c1}\right)}\,. \qquad (11)$$

За илюстрация получените зависимости (9) и (11) ще бъдат приложени при случай на външно надлъжно стругуване на заготовка от стомана 45; 200 HB на струг с ЦПУ CE063 при следните условия за чистия преход: дълбочина на рязане $a_p = 1$ mm; подаване $f = 0{,}2$ mm/rev; $t_{см} = 2$ min; $t_{сп1} = 0{,}1$ min; $t_{сп2} = 0{,}35$ min; $D = 50$ mm; $T = 30$ min; $E = 0{,}10$ лв./min; $e = 0{,}4$ лв. Материалът на режещата пластина за чистия преход при обработване с един нож е P30, а при работа с два нож– P10.

Граничната дължина на работния ход, до която е изгодно обработване на двата прехода с един нож е $L_{скгр} = 149$ mm при критерий технологична себестойност, а при критерий технологична производителност $L_{cQгр} = 167$ mm.

На фиг. 1 е показан характерът на изменение на технологичната себестойност K и технологичната производителност Q в зависимост от дължината на работния ход $L_c$. Вижда се, че при малките дължини на работния ход има по-големи разлики на производителността и себестойността за двата случая, отколкото при големите дължини. Това се обяснява с по-силното влияние на спомагателното време върху производителността и себестойността, тъй като при малките дължини на рязане е малко и машинното време.




Фиг. 1. Влияние на дължината на работния ход върху технологичната себестойност и производителност

## 3. ИЗВОДИ

1. Разликата на производителността за двата варианта при малки дължини на работния ход е значителна. Например за конкретния случай при $L_c = 30$ mm $Q_1$ е с 46 % по-голямо от $Q_2$. При стойности на $L_c > L_{cQrp}$ разликата в производителностите е значително по-малка.

2. Технологичните себестойности за двата варианта при малки дължини на работния ход се различават значително при $L_c = 30$ mm $K_2$ е с 43 % по-голямо от $K_1$.

3. Предложените зависимости за оптимален избор на вариант за обработване и избор на материал на режещата част на инструментите могат да се използват както при ръчно, така и при автоматизирано избиране на материала на режащата част на инструментите и определяне на режимите на рязане на стругове с ЦПУ.

**Литература:**

1. Велчев, С. Д. Обобщен математичен модел за определяне на оптималните режими на рязане. С., Машиностроене, 1977, № 10.
2. Колев, И. Рязане на материалите. Русе, Печ.база на РУ "А. Кънчев", 2009, с.186.
3. Колев, И. Математичен модел за оптимизация на режимите на рязане при стругуване. АМТЕХ ' 97, Габрово, 1997.

**Адрес за контакти:**
Доц. д-р инж. Иван Колев,
*Катедра „Технология на машиностроенето и металорежещи машини"*
*Русенски университет „Ангел Кънчев",*
*Тел.: (082) 888 544.*

**Contact address**
Assos. prof. ing. Ivan Kolev, PhD
*"Angel Kanchev" University of Ruse*
*Tel. (+359 82 888 544),*
*E-mail: kolev@uni-ruse.bg*

# ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПОСЛЕДОВАТЕЛНО СЪЧЕТАВАНЕ НА ПРОЦЕСИТЕ НА РЯЗАНЕ И ППД ПРИ ПОСТИГАНЕ НА ПО-ГОЛЯМА ХОМОГЕННОСТ НА ОБРАБОТЕНИТЕ ПОВЪРХНИНИ

Веселин Григоров
*Русенски университет „Ангел Кънчев”*

# OPPORTUNITIES FOR COMBINING CONSECUTIVE OF CUTTING OR SPD AND IN ACHIEVING MORE HOMOGENEOUS MACHINED SURFACES

Veselin Grigorov
*„Angel Kanchev” University of Ruse*

**Abstract:** Analyzed the possibility of a combination of successive combinations of cutting and SPD. Through experimental research is justified opportunity for greater uniformity in the quality of machined surfaces when the autonomous realization of process is identical in their repetition.
**Keywords:** Sequential combination of cutting and SPD, homogeneity of quality.

## ВЪВЕДЕНИЕ

При съчетаване на процеса на ППД с процеса на предхождащото обработване на повърхнините чрез рязане възможните варианти за структуриране на технологичните процеси се определят от влиянието на множество фактори, представени от съответстващите им признаци. Най-съществените от тях са свързани с последователното или едновременното осъществяване процесите на ППД и на рязане, както и от наличието или липсата на обвързаност за технологичната система, в която се реализират двата процеса. Ако не са изпълнени условията за технологична обвързаност между двата процеса, тяхното съчетание при обработването на повърхнините има за резултат ефекти на технологична наследственост между автономно осъществени технологични процеси. В този случай е възможен единствено вариантът на последователна реализация на процесите на рязане и на ППД.

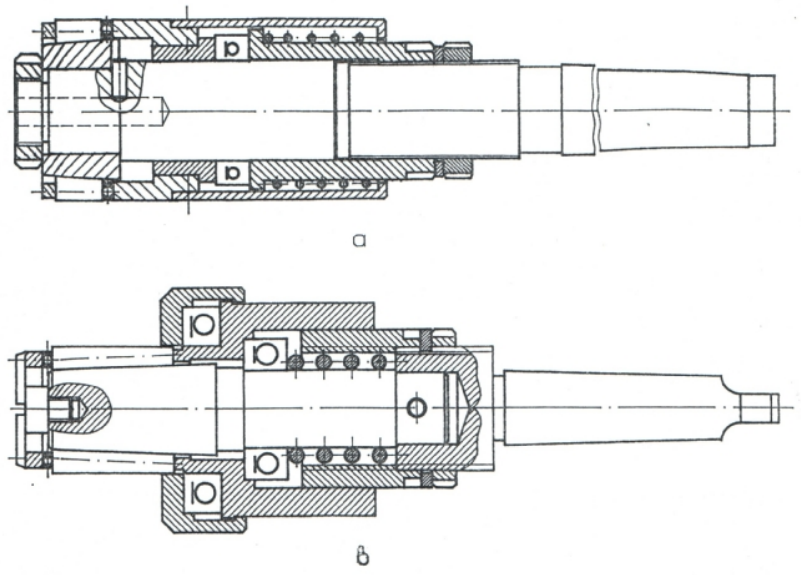
При последователното и автономно обработване на повърхнините възможните варианти от алтернативи се основават на избрани по значимостта им показатели, чиито параметри са критерии при подредбата на повърхнините след тяхното обработване чрез рязане за следващо им обработване чрез ППД. Такива показатели са например хронологията на обработването чрез рязане, представена със съответен параметър на времето; точността на характеристиките на повърхнината, представена чрез стойност на размер или друг параметър в границите „от до”; монотонност на изменението – с критерии за нарастване, запазване или намаляване на конкретен параметър; разпределение на разсейването – чрез принадлежност към съответната съвкупност; подбор – чрез принципи на случайност, хаотичност или в съответствие с определена рекурентна връзка и т.н.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

Липсата на постоянство на технологичната система поражда допълнителни варианти от алтернативи и, когато повторението на обработването чрез рязане или ППД се осъществява посредством нови операции, установки или позиции, например повторното ППД се извършва след преустановяване на детайла така, че челата на обработвания отвор сменят местата си.

Последният пример е типичен при използване на инструмент за ППД с дълги конусни деформиращи ролки (фиг.1*в*), работещ по схема без осово подаване и при последователно установяване на детайла така, че първо единият край на обработвания отвор контактува с големия диаметър на деформиращите ролки, а след това този контакт се осъществява в зоната на другия му край. Такава схема на преустановяване може да се използва и при обработването на отвори посредством инструменти с осово подаване.

*11:08:00*




Фиг.1. Инструменти, работещи по схеми с осово (*а*) и без осово подаване (*в*)

В първия случай се постига по-добра хомогенност на грапавостта в двата края на отвор, а във втория – на формата на обработената повърхнина в близост до челата на отвора.

За установяване на възможността за постигането на еднаквост на краищния ефект в близост до челата на отвора чрез повторно прилагане на ППД по схема с осово подаване и при последователно обръщане на обработвания образец е проведено следното експериментално изследване. Използвани са 30 броя образци на гладки втулки от стомана 3, чийто диаметри на отвора са в интервала от 50,100 до 50,175 mm, а настроечният размер на инструмента за ППД е 50,300 mm. Обработването повърхнината на отвора чрез рязане е осъществено с груб и чист преход (t=0.3 mm, s=0.12 mm/tr), при установяване на образците в срязана втулка, а запоената твърдосплавна пластина на използваната борщанга е с геометрия: $\alpha_o = 5^0$; $\gamma_o = 10^0$; $\lambda_s = 0^0$; $\eta_r = 30^0$ и $\eta_r^{'} = 60^0$. Характеристиките на грапавостта след разстъргването на отвора са със следните средни стойности: $R_a = 5{,}2\mu m$; $R_z = 22\mu m$; $S_m = 113\mu m$ и $t_p = 48\%$. След първата установка за осъществяване на ППД съответните характеристики са със стойности: $R_a = 0{,}162\mu m$; $R_z = 1{,}08\mu m$; $S_m = 91{,}06\mu m$ и $t_p = 59{,}1\%$, а след повторно ППД – $R_a = 0{,}163\mu m$; $R_z = 0{,}79\mu m$; $S_m = 95\mu m$ и $t_p = 66{,}5\%$. Разпределението на стойностите на диаметъра след обработването чрез рязане е по нормален закон в пет равни интервала, съответно с честота 2, 7, 12, 7 и 2 бр. образци. Обработването чрез ППД на първата и на втората установка е извършено с инструмент с къси конусни ролки, показан на фиг.1*а*. Подавателното движение на инструмента е 0.12 mm/tr. Параметрите на грапавостта са измервани с профиломер-профилограф TALYSURF 6, а точността на линейните размери е контролирана чрез универсален дължиномер ZEISS със стойност на едно деление от скалата му 0.2 μm.

Краищният ефект, представен от максималните отклонения на диаметрите спрямо стойността им в зони от вътрешността на отвора, е измерван чрез вертикално преместване на предметната масичка на универсалния дължиномер като първоначалният контакт на измервателните накрайници е на дълбочина 5 mm от челата на отвора. Тази дълбочина е избрана с оглед за всички изследвани образци измерването да започне от зона, в която няма проява на краищен ефект. Максималните отклонения се установяват непосредствено преди прекъсване контакта с измервателните накрай-

ници при излизането им от отвора. Измерените стойности на отклоненията са представени в табл.1.

Таблица 1

Отклонения на диаметъра при челата на отвора в μm

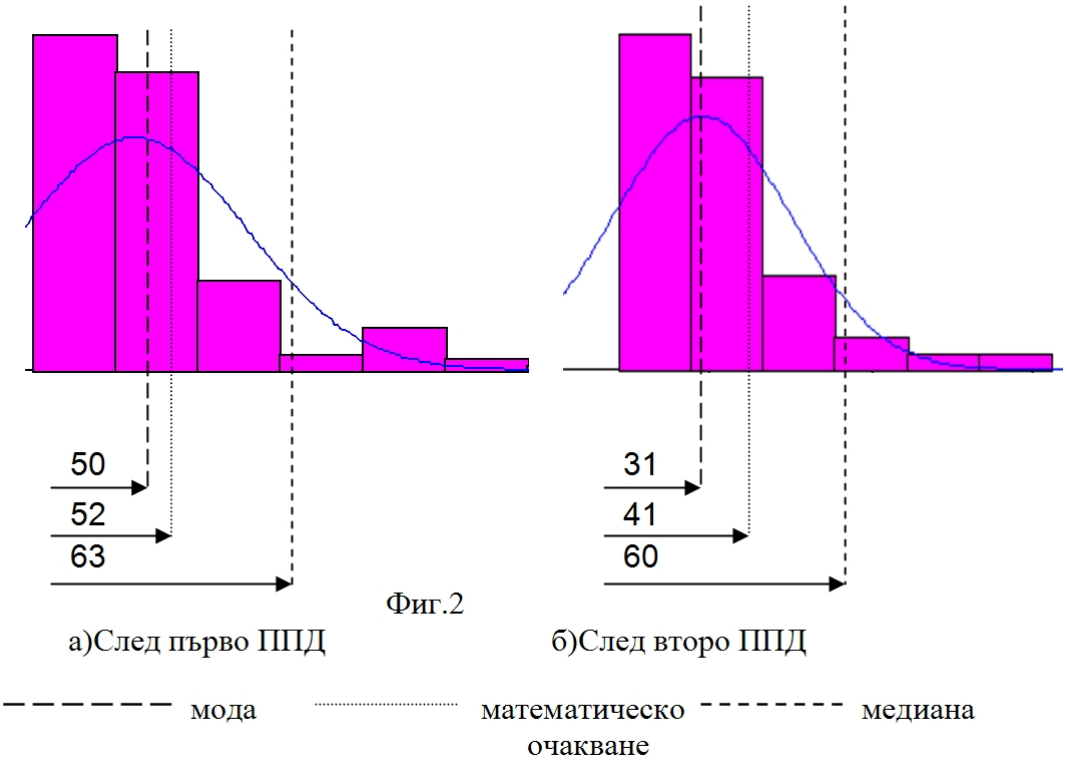
| вход - изход | | | изход - вход | |
|---|---|---|---|---|
| № | I – ППД | II – ППД | I – ППД | II – ППД |
| 1 | 199 | 205 | 79 | 177 |
| 2 | 196 | 204 | 47 | 76 |
| 3 | 169 | 180 | 65 | 113 |
| 4 | 137 | 174 | 64 | 99 |
| 5 | 128 | 154 | 62 | 83 |
| 6 | 126 | 143 | 60 | 80 |
| 7 | 109 | 141 | 53 | 76 |
| 8 | 62 | 111 | 47 | 74 |
| 9 | 44 | 104 | 40 | 60 |
| 10 | 176 | 202 | 202 | 154 |
| 11 | 148 | 182 | 100 | 145 |
| 12 | 148 | 169 | 95 | 144 |
| 13 | 122 | 163 | 63 | 136 |
| 14 | 108 | 154 | 60 | 132 |
| 15 | 105 | 140 | 58 | 124 |
| 16 | 97 | 133 | 55 | 123 |
| 17 | 83 | 129 | 53 | 123 |
| 18 | 82 | 126 | 41 | 112 |
| 19 | 81 | 125 | 41 | 101 |
| 20 | 71 | 102 | 40 | 100 |
| 21 | 40 | 75 | 38 | 91 |
| 22 | 146 | 165 | 118 | 156 |
| 23 | 164 | 186 | 82 | 132 |
| 24 | 135 | 171 | 68 | 131 |
| 25 | 121 | 168 | 67 | 124 |
| 26 | 100 | 121 | 67 | 110 |
| 27 | 70 | 109 | 66 | 109 |
| 28 | 57 | 104 | 62 | 108 |
| 29 | 106 | 235 | 100 | 141 |
| 30 | 98 | 180 | 77 | 141 |

Поради нееднаквите условия за осъществяване на деформациите на „входа”, във вътрешността и на „изхода” на отвора краищният ефект е с нееднакъв количествен израз [1], което се потвърждава от измерените стойности на отклоненията. Средната им стойност в двата края на отвора след първата установка за ППД са съответно: 117.6 и 66.5 μm, а след втората – 153,8 и 112,7 μm. Независимо от нарастването на отклоненията в двата края на отвора тяхната разлика след първото осъществяване на ППД намалява от 52, а след повторното ППД е 41 μm.

При това относителното нарастване на отклоненията е с 30 до 70 %, а относителното намаляване на тяхната разлика спрямо средната им стойност е с 46 %. Налице е основание да се смята, че в случая постигането на еднаквост на краищния ефект е за сметка на увеличените отклонения на диаметрите в края на отвора спрямо този, в неговата вътрешност. Интересно обстоятелство е това, че, при нормален закон на разпределение на прилаганите при обработването стегнатости, разпределението на разликата на отклоненията се различава значително от него – фиг. 2. След първото прилагане на ППД все още има приблизително съв-падане на математическото очакване и на модата при изявена тяхна асиметрия спрямо медианата на полето на разсейване, която остава вдясно от другите две характеристики. След второто прилагане на ППД подредбата отляво надясно е мода, математическо очакване и медиана, като и трите характеристики са с изявена дистанция. Засиленото ляво позициониране на модата обуславя теденция за намаляване на математическото очакване, а това е израз на изравняване в стойността на отклоненията на диаметъра при двете чела на отвора.

Условията за разграничаване вариантите от комбинации на алтернативи на съчетаваните процеси на обработване се основават на признака за обвързаност на елементите от технологичната система за реализация на процесите на рязане и на ППД в структурата на една операция, установка или позиция, а при липса на такава обвързаност – на конкретни признаци за подбор и подредба на повърхнините при последователното им обработване чрез рязане и ППД или на неидентично повторение на всеки един от тези процеси.

*11:08:00*




Фиг.2

а)След първо ППД б)След второ ППД

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Предпоставка за постигане на по-добро качество на обработените повърхнини, включително чрез осигуряване на необходимата хомогенност на характеризиращите го признаци, показатели или параметри, при последователно и автономно осъществяване процесите на рязане и ППД, е извършването на такова групиране на процесите и на неидентичното им повторение, при което се създават сходни условия за обработване на всяка от повърхнините по показателите за хронология и точност, изразени с подходящите статистическите характеристики за съответните отклонения.

**Литература:**

1. Костадинов, В. С. Относно краищния ефект при инструменти за ППД, работещи с радиално подаване. Нучни трудове на РУ„А.Кънчев”, т.26, Русе, 1986.

**Адрес за контакти:**
доц. д-р Веселин Григоров
*Русенски университет*
*E-mail: gvgrigorov@uni-ruse.bg*

*11:08:00*

# ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ИНТЕНЗИФИЦИРАНЕ НА ПРОЦЕСА НА ПОВЪРХНОСТНО ПЛАСТИЧНО ДЕФОРМИРАНЕ

Веселин Григоров
*Русенски университет „Ангел Кънчев”*

# OPPORTUNITES INTENSIFYING THE PROCESS OF SURFACE PLASTIC DEFORMATION

Veselin Grigorov
*„Angel Kanchev” University of Ruse*

**Abstract:** Analyzed the possibilities for greater smoothing effect in the course of cross diagram of combined or sequential processing by cutting and SPD. Experimentally demonstrated a similar alternative in the event of a change in the ratio between output states of longitudinaland transverse roughness.

**Keywords:** Intensification of the EDP, and cross-directional scheme.

## ВЪВЕДЕНИЕ

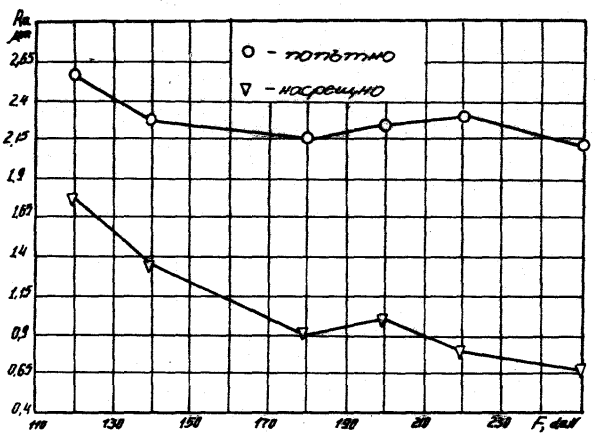
Множество обстоятелства обуславят предпочитание към струговането като процес за обработване на цилиндричните повърхнини преди ППД. При това ППД се осъществява в условия, когато предхождащата грапавост е с подчертано изразен регулярен характер. Когато ППД се реализира по схема с осово подаване, важна предпоставка за осъществяването му е начинът на пресичане на траекториите на контактните зони между изпълнителния елемент на инструментите и обработваната повърхнина за съответния процес на рязане и на ППД. В случаите на пресичане на траектории, съответни на лява и дясна винтова линия, е налице т.н. „насрещна схема”, а в останалите случаи – „попътна схема”.

За вариантите на попътната и на насрещната схема са налице различни условия за осъществяване процеса на смачкване издатините на изходната грапавост. В реултат от това различие се създават предпоставки за реализация в по-голяма или в по-малка степен на постигане на съответни изменения в осъществения заглаждащ ефект. Когато процесите на рязане и ППД се извършват последователно и автономно, технологичните варианти за насрещна схема изискват преустановяване с обръщане на обработвания детайл преди ППД или обръщане посоката на подавателното движение, без да се сменя посоката на въртене на главното движение. При вариантите на комбинирано обработване възможните технологични решения се основават на принудително сателитно въртеливо движение на осите на деформиращите елементи, при което се постига смяна на посоката в относителното им въртеливо движение спрямо обработваната повърхнина.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

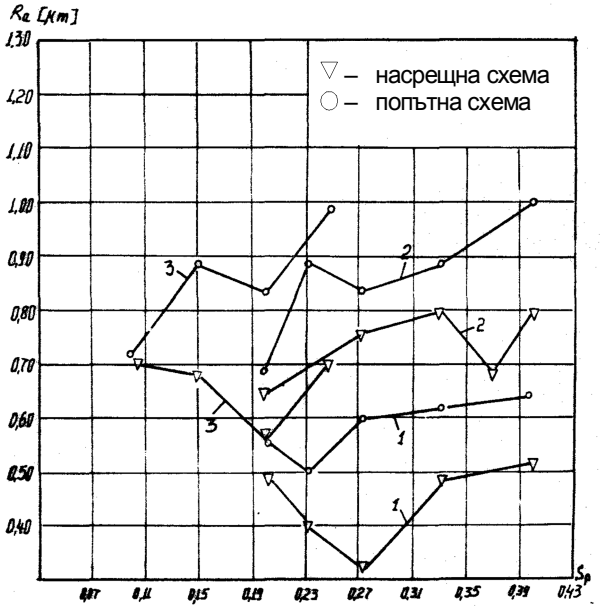
За обосноваване избора на подходяща схема за комбинирано обработване е направено експериментално изследване по критерий за получаване на по-голяма гладкост на обработените повърхнини. Проведени са две серии опити. При първата е изследвана получаваната грапавост в зависимост от големината на деформиращата сила, а при втората – от големината на осовото подаване. Заготовките от стомана 45 с диаметър 125 mm са обстъргвани с нож с твърдосплавна пластина Р 10 ($\alpha_o = 6^0$; $\gamma_o = 8^0$; $\lambda_s = 0^0$; $\eta_r = 60^0$ и $\eta_r^{'} = 30^0$) и обработвани чрез ППД с 3 едноролкови инструмента (диаметър на дисковата ролка 50 mm и радиус на закръгление на деформиращата част 25 mm) с еластично прилагане на деформиращата сила, които са установени на общ сепаратор с възможност за принудително завъртане. Гра-павостта е измервана с профиломер-профилограф МЕ 10. При първата серия опити са обработени 12 образци (6 по насрещна и 6 по попътна схема). Режимите на рязане и ППД са подбрани с оглед определянето на подходящата

стойност на деформиращата сила за провеждане на втората серия опити. При това, се цели получаването на грапавост $R_a \leq 0{,}63 \mu m$ поне за една от комбинациите на осеви подавания в границите от $S_{P1}(S_{П1})$ до $S_{P2}(S_{П2})$, осъществени при втората серия на обработваните образци. Получените данни са отразени чрез графичните зависимости, показани на фиг.1, от където се приема за подходяща деформираща сила в размер на *F=250 daN.*




Фиг.1

При втората серия от опити са обработени 28 образци (14 по насрещна и 14 по попътна схема). Режимите на рязане и ППД са посочени в табл. 1.




Фиг.2

Получените данни за грапавостта са показани чрез графичните зависимости на фиг. 2 (номерата на зависимостите съответстват на номерата от стълбовете от табл. 1).

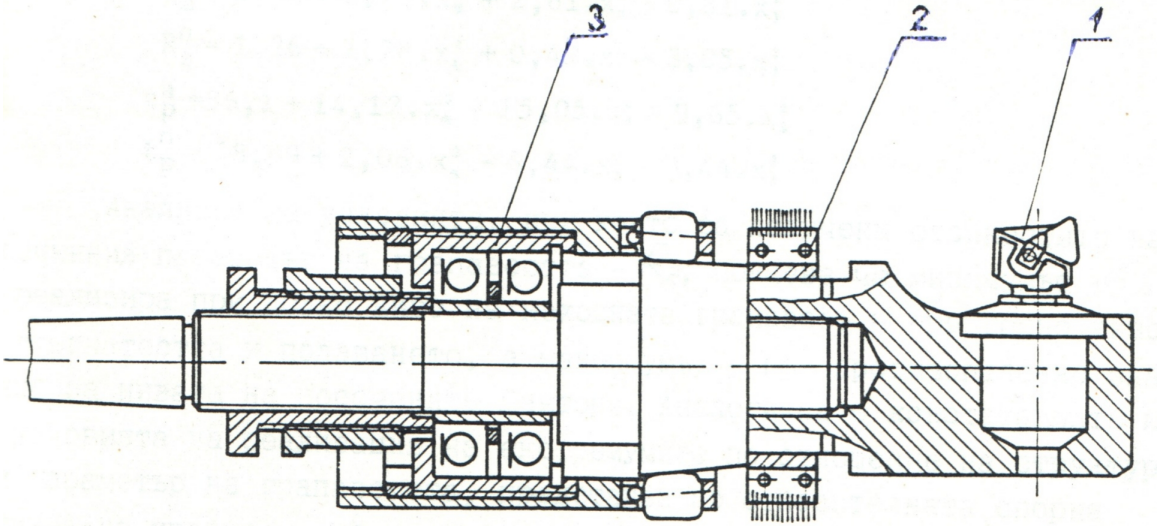
Таблица 1

| | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| $S_p$ / $S_n$ — $h_i$ / $h_n$ | 250 / 315 | 315 / 250 | 400 / 200 |
| $Sp_1$ / $Sn_1$ | 0,2 / 0,157 | 0,2 / 0,25 | — |
| $Sp_2$ / $Sn_2$ | 0,231 / 0,181 | 0,231 / 0,294 | 0,1 / 0,2 |
| $Sp_3$ / $Sn_3$ | 0,273 / 0,214 | 0,273 / 0,333 | 0,15 / 0,3 |
| $Sp_4$ / $Sn_4$ | 0,333 / 0,282 | 0,333 / 0,428 | 0,2 / 0,4 |
| $Sp_5$ / $Sn_5$ | 0,4 / 0,314 | 0,4 / 0,3 | 0,25 / 0,5 |

От фиг. 1 и фиг. 2 се вижда, че в условията на проведените експерименти насрещната схема позволява постигането на по-малка грапавост, като с увеличаване на деформиращата сила това й предимство се изявява по-силно. Обяснява се с по-големите ъгли на пресичане между винтовите линии, описвани от елементите, осъществяващи рязане и ППД при насрещната схема. В този случай се засилва ролята на тангенциалната компонента на силата на деформиране, която интензифицира смачкването на издатините на грапавостта след рязане, тъй като при по-големите ъгли се постига в по-голяма степен доближаване между направленията на компонентите на действащата сила и тези при едновременно развитие на деформационните процеси в метала от издатините на грапавостта в посока към наличните им свободни повърхнини.

Осезаемото включване на тангенциална компонента на силовото взаимодействие между деформиращите елементи и обработваната повърхнина дава превес на деформационни процеси, реализиращи се по тримерна схема. Това е предпоставка за постигане на по-изразено запълване на падините на грапавостта, включително и на тези, които се съдържат в профила на предхождащата надлъжна грапавост. За установяване особеностите на влияние на състоянието на надлъжната грапавост от предхождащото ППД обработване е проведено

планирано експериментално изследване с използване на комбиниран инструмент, показан на фиг. 3, който работи по попътната схема. Инструментът включва режещ блок 1, четки 2 за осигуряване на необходимите нива на вариране на надлъжната грапавост и деформиращ блок 3. Последният е с конусни деформиращи ролки, които са поместени в гнездата на свободно въртящ се сепаратор и заедно с него извършват въртеливо движение, търкаляйки се по опорен конус.




Фиг.3

Обект на обработване с комбинирания инструмент са опитни образци от стомана 45 с размери – дължина L=48 mm; външен диаметър D=75 mm; вътрешен диаметър d=63 mm, при ползване на универсален струг СУ-583.

Измерването на параметрите на надлъжната и напречната грапавост е извършено посредством профиломер-профилограф TALYSURF 6. Данните за контролираните параметри са получени в резултат на трикратно измерване в три сечения на две взаимно перпендикулярни равнини.

Като управляеми фактори са избрани: височина на надлъжната грапавост $R_Z^P$; стегнатост C; скорост на осовото подавателно движение S, а изследваните параметри включват: височинните параметри на надлъжната и на напречната грапавост – $R_Z^H$ и $R_Z^П$; структурните параметри на надлъжната и на напречната грапавост – $t_p^H$ и $t_p^П$. Данните за нивата на вариране на управляемите фактори са представени в табл. 2, а в табл. 3 – стойностите на изследваните параметри.

Таблица 2

| Фактори и нива на вариране | | | |
|---|---|---|---|
| | $R_Z^P$, *μm* | C, *μm* | S, *mm/tr* |
| код | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ |
| - 1 | 10 | 100 | 0,15 |
| 0 | 20 | 140 | 0,20 |
| + 1 | 30 | 180 | 0,25 |

Получените данни от многофакторния експеримент са обработени с програма за множествен регресионен анализ, при което е търсен математичен модел за всички параметри във вид на полином от втора степен.

Проверката на адекватността на модела и значимостта на коефициентите е извършена, съответно по критериите на Фишер и на Стюдънт.

Въз основа на статистическата обработка на зададените и измерени при планирания експеримент данни са получени следните уравнения на регресия

$$R_Z^H = 3{,}44 + 0{,}79.X_1^2 + 2{,}61.X_2^2 - 0{,}81.X_3^2; \quad (1)$$

$$R_Z^П = 1{,}26 + 7{,}78.X_1^2 + 0{,}43.X_2^2 - 1{,}05.X_3^2 \quad (2)$$

$$t_p^H = 56{,}1 + 14{,}12.X_1^2 - 15{,}05.X_2^2 - 9{,}65.X_3^2; \quad (3)$$

$t_p^{П} = 78{,}69 + 2{,}06.X_1^2 - 6{,}44.X_2^2 - 9{,}44.X_3^2$ (4).

Анализът на условията, при които са получени стойностите на височинните параметри на грапавостта, показва, че минимумът им се реализира при комбинация от средно ниво на $X_1$ и $X_2$ с горно или долно ниво на $X_3$, а максимумът – при противоположна комбинация на факторите. Аналогична констатация е валидна за структурните параметри с особеността, че за постигане на минимум е необходима комбинация от средно ниво на фактора $X_1$ с горно или долно ниво на $X_2$ и $X_3$ и обратна комбинация за максимум. При анализиране структурата на получените регресионни уравнения се констатира, че в тях, освен свободния член от смесената оценка на факторите, участват само квадратични ефекти от влиянието на разглежданите фактори. Това обстоятелство показва, че за разлика от изследванията [1, 2, 7], в които управляем фактор е височинен параметър на напречната грапавост, при смяната му с такъв на надлъжната грапавост съществено се ограничават смесените влияния на $X_2$ и $X_3$ със съответния аналог на $X_1$. Независимо от факта на установена корелация [9, 17] между сродните параметри на надлъжната и на напречната грапавост в условията на значимо вариране на изходната характеристика на надлъжната грапавост, каквото е зададено при планирания експеримент, се постига ефект на независима доминация на включените в експеримента фактори.

Таблица 3

| параметри | $R_Z^{H}$, *min* | $R_Z^{H}$, *max* | $R_Z^{П}$, *min* | $R_Z^{П}$, *max* | $t_p^{H}$, *min* | $t_p^{H}$, *max* | $t_p^{П}$, *min* | $t_p^{П}$, *max* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| стойности | 2,5 | 7,0 | 0,2 | 9,6 | 21,5 | 70,2 | 63,0 | 80,7 |

Обяснението на това обстоятелство може да се свърже с многовариантно протичане на деформационните процеси, когато, подобно на условията при насрещна схема, са налице предпоставки за съпоставима реализация на деформации в повече равнини, а не пробладаващо само в равнината на измерване на напречната грапавост.

Получените уравнения на регресия позволяват да се степенува влиянието на включените в изследването фактори върху параметрите на получаваната грапавост. За целта влиянието на управляемите фактори върху изследваните параметри е оценявано по максималната промяна в стойността на критерия на Фишер за адекватност на регресионното уравнение при последователно изключване на факторите от матрицата на планиране. При това е установено, че по отношение параметрите на надлъжната грапавост значимостта на факторите следва низходящия ред – стегнатост, предхождаща грапавост, подаване. При параметрите на напречната грапавост този ред има вида: предхождаща грапавост, подаване, стегнатост.

Сравняването на стойностите на коефициентите в уравненията за отделните видове параметри на грапавостта показват, че тези пред фактора $X_1$ имат най-съществено влияние по отношение височинния параметър на напречната грапавост и спрямо структурната характеристика на надлъжната грапавост. Коефициентите пред фактора $X_2$ показват, че той има изявен афинитет към характеристиките на надлъжната грапавост, а за $X_3$ – към структурната характеристика на надлъжната и на напречната грапавост.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представените обстоятелства дават основание на се твърди, че аналогични ефекти на интензифициране на ППД могат да се постигнат както с изменение на свободните повърхнини на издатините чрез промяна в съотношението между напречна и надлъжна грапавост, така и чрез засилване ролята на тангенциалната компонента на силата на деформиране посредством синхронизация между честотата на въртеливите и скоростта на подавателните движения в процесите на рязане и ППД.

Различията на технологичния ефект при попътната и при насрещната схема се дължат на особеностите в реализация на

тангенциалната компонента на силата на деформиране, като насрещната схема осигурява по-благоприятни условия за осъществяването на деформационните процеси.

Доказана е възможността за осъществяване на конструктивен вариант с принудително задвижване към елементите за ППД, с който се постига реализация и на двете схеми, включително и на съответната им оптимална режимна комбинация за процесите на рязане и на ППД.

Експериментално установената връзка на предхождащата надлъжна грапавост при постигането на засилен заглаждащ ефект след ППД потвърждава хипотезата за ролята на траекториите на контактните зони за осигуряване условия на влияние на тангенциалната компонента на силата на деформиране при запълване падините на грапавостта чрез развитие на деформационните процеси в повече равнини, а не доминиращо в равнината на измерване на напречната грапавост.

**Литература:**


1. Витлиемов, В.Д. Теория и проектиране на инструменти за обработване чрез повърхностно ротационно деформиране. Автореферат на дисертация за научна степен д.т.н., С., 1987.
2. Коновалов, Е.Г., В.А. Сидоренко. Чистовая и упрочняющая обработка поверхностей. Минск, Вышэйшая школа, 1968.
3. Костадинов, В.С. Комбинирано обработ-ване чрез струговане и ППД. Автореферат на дисертация за научна степен д.т.н., С., 2005
4. Сучков, А.Г., В.С. Костадинов, В.И. Григоров, М.К. Кършаков. Изследване на възможности за повишаване ефективността на комбинираното обработване – рязане и ППД. Научни трудове на ВТУ "А.Кънчев", Русе, т. 23, сер. 4, 1981, 153-159.
5. Сучков, А.Г. и др. Довършващо обработване чрез повърхностно пластично деформиране, Техника, С., 1984.



**Адрес за контакти:**
доц. д-р Веселин Григоров
*Русенски университет*
*E-mail: gvgrigorov@uni-ruse.bg.*

# ОПРЕДЕЛЯНЕ РАДИУСА НА ДИСКА ПРИ ШЛИФОВАНЕ НА ПРОТЯЖКИ

Иван Колев, Юлиян Младенов
*Русенски университет „Ангел Кънчев”*

## DETERMINATION OF THE DISC RADIUS FOR GRINDING OF BROACHES

Ivan Kolev, Yuliyan Mladenov
*„Angel Kanchev” University of Ruse*

**Abstract:** This work presents analytical dependencies between the main design parameters of the broach and some of the main parameters of the abrasive disk. Discussed are two typical cases of producing broaches – grinding of the chip separating grooves of the cutting teeth of round, spline and keyhole broaches and grinding of the back surfaces of chamfer cutting teeth of spline broaches.
**Keywords:** broach, grinding disk, grinding, cutting teeth.

## УВОД

Окончателното обработване на повърхнините на зъбите на протяжките се извършва чрез шлифоване. При оформянето на стружкоразделителни канали, вдлъбнатини върху задните повърхнини на зъбите при протяжките, работещи по групови схеми на рязане, странични повърхнини на фасочните зъби и други конструктивни елементи също се прилагат шлифовъчни операции.

В някои случаи формите и размерите на шлифовъчните кръгове, използвани като инструменти от втори порядък, могат да бъдат подбрани, вземайки под внимание само изискванията за осъществяване на рационални режими на шлифоване. В други случаи, формите, размерите и положенията на обработваемите повърхнини налагат известни ограничения върху формите, размерите и работните положения на шлифовъчните кръгове.

Във връзка с това възниква необходимост от аналитични зависимости, свързващи основните конструктивни параметри на дадена протяжка и някои от основните параметри на инструмента от втори порядък.

В специализираната литература по конструиране на металорежещи инструменти [1,2,3] се определят параметрите на стружкоразделителните канали без да се дават параметрите на шлифовъчните дискове. Семенченко, И. И. и кол.[4] посочват предпоставки за определяне параметрите на дисковете, но се предполага, че се работи «ръчно» при шлифоване и не е необходимо да се определят тези параметри аналитично.

В настоящата работа се разглеждат два характерни случая, срещани при изработването на протяжките: шлифоване на стружкоразделителните канали на режещите зъби на кръгли, шлицови и шпонкови протяжки и шлифоване на задните повърхнини на фасочните зъби на шлифованите протяжки.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

### Определяне радиуса на шлифовъчния диск при шлифоване на стружкоразделителни канали

На фиг. 1 е показана схема за определяне радиуса на кръга при шлифоване на стружкоразделителните канали на режещите зъби на протяжката.

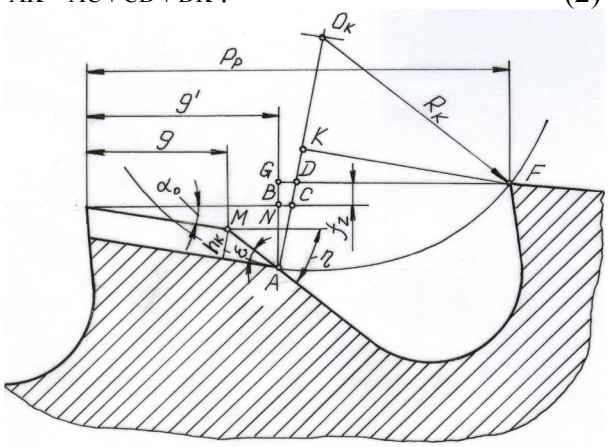
Радиусът на диска $R_k$ може да се определи по зависимостта:

$$R_k = \frac{\overline{FK}^2 + \overline{AK}^2}{2AK}, \qquad (1)$$

Големината на отсечките $FK$ и $AK$ се определят чрез някои основни параметри, характеризиращи зъбите и междузъбието. Такива параметри са: стъпката на режещите зъби $P_p$; дължината на задната повърхнина - $g$; подемът на зъбите $f_z$; задният ъгъл – $\alpha_0$; ъгълът на задната повърхнина – $\eta$ и дълбочината на стружкоразделителните канали – $h_k$.

От схемата на фиг. 1 следва, че

$$\overline{AK} = \overline{AC} + \overline{CD} + \overline{DK}\,. \qquad (2)$$




Фиг.1. Определяне радиуса на шлифовъчния диск при шлифоване на стружкоразделителни канали

След извършване на необходимите действия за отделните отсечки се получава:

$$\overline{AC} = \frac{g\,tg\alpha_0 + h_k \dfrac{\sin\eta}{\sin\varepsilon}}{\cos\alpha_0} \qquad (3)$$

$$\overline{CD} = \frac{f_z}{\cos\alpha_0} \qquad (4)$$

$$\overline{DK} = \left[P_p - g - h_k \frac{\cos\eta}{\sin\varepsilon} - tg\alpha_0\left(g\,tg\alpha_0 + h_k \frac{\sin\eta}{\sin\varepsilon} + f_z\right)\right].$$

$$.\sin\alpha_0\,, \qquad (5)$$

където $\varepsilon = \eta - \alpha_0$, тогава

$$\overline{AK} = \left(g\,tg\alpha_0 + h_k \frac{\sin\eta}{\sin\varepsilon}\right).\frac{1}{\cos\alpha_0} +$$

$$+\left[P_p - g - h_k \frac{\cos\eta}{\sin\varepsilon} - tg\alpha_0\left(g\,tg\alpha_0 + h_k \frac{\sin\eta}{\sin\varepsilon} + f_z\right)\right] \qquad (6)$$

От фиг.1 се вижда, че

$$\overline{FK} = \overline{FD}.\cos\alpha_0 = \left(\overline{FG} - \overline{DG}\right).\cos\alpha_0\,. \qquad (7)$$

Като се изразят отсечките $\overline{FG}$ и $\overline{DG}$ чрез параметрите на зъбите се получава

$$\overline{FK} = \left[P_p - g - h_k \frac{\cos\eta}{\sin\varepsilon} - tg\alpha_0\left(g\,tg\alpha_0 + h_k \frac{\sin\eta}{\sin\varepsilon} + f_z\right)\right].$$

$$.\cos\alpha_0\,, \qquad (8)$$

В зависимостите (6) и (8) могат да бъдат изключени част от членовете, чийто малки стойности не оказват съществено влияние върху големината на радиуса $R_k$. Освен това, след като се приеме, че

$$g' = g + h_k \frac{\cos\eta}{\sin\varepsilon}\,, \qquad (9)$$

се получават следните формули:

(10)

$$\overline{FK} = \cos\alpha_0\left(P_p - g'\right). \qquad (11)$$

Стойностите на параметрите, участващи в зависимостите (10) и (11), се получават в процеса на конструирането на протяжката. След определянето на големините на отсечките $\overline{AK}$ и $\overline{FK}$ с помощта на зависимост (1) се изчислява допустимата максимална големина на радиуса на шлифовъчния диск.

**Определяне радиуса на шлифовъчния диск при шлифоване задните повърхнини на фасочните зъби на шлицова протяжка**

Фасочните зъби могат да бъдат разположени в началото или в края на режещата част на протяжката. В първият случай непосредствено след фасочните зъби са първите режещи зъби, които имат кръгла форма на режещите ръбове. Максималният радиус на шлифовъчния диск, който обработва задните повърхнини чрез периферно шлифоване, трябва да бъде такъв, че когато се извършва шлифоване в т. А (фиг.2) да не се засяга съседния зъб в точка F.

Необходими са стойностите на следните параметри на режещата част на протяжката: стъпката между последния фасочен зъб и първия кръгъл зъб – $P_{фк}$; дължината на задната повърхнина на фасочния зъб – $g$; диаметърът на последния фасочен зъб – $D_{фп}$; диаметърът на първия кръгъл зъб – $D_{1k}$; вътрешният диаметър – $D_в$; разстоянията $H_1$ и $m$; задният ъгъл – $\alpha_0$; ъгълът на задната повърхнина – $\eta$.

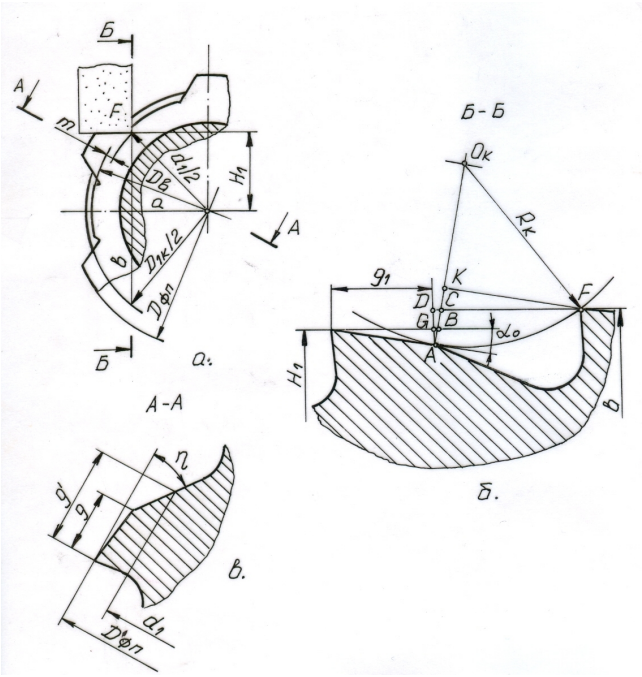
От схемата на взаимното положение на шлифовъчния диск и протяжката (фиг. 2 б) следва, че

$$R_k = \frac{\overline{FK}^2 + \overline{AK}^2}{2\overline{AK}}\,. \qquad (12)$$

Пресмятането на големините на отсечките $FK$ и $AK$ изисква предварително да бъде определено положението на точка $F$. За тази цел се изчисляват спомагателните разстояния:

$$a = \sqrt{\frac{(D_b - 2m)^2}{4} - H_1^2} \qquad (13)$$

$$b = \sqrt{\frac{D_{1k}^2}{4} - \frac{(D_b - 2m)^2}{4} + H_1^2}\,. \qquad (14)$$




Фиг.2. Шлифоване на фасочни зъби, разположени в началото на режещата част на протяжката

Дължината на задната повърхнина в сечение Б-Б се определя с помощта на следната зависимост:

$$g_1 = \frac{2\,g.\mathrm{tg}\,\eta + D_{фп} - (D_b - 2\,m)}{2\,.\,\mathrm{tg}\,\eta\,.\cos\alpha_0}. \qquad (15)$$

За дължините на отсечките $\overline{AK}$ и $\overline{FK}$ се получават следните зависимости:

$$\overline{FK} = \left[P_{фк} - g_1 - \mathrm{tg}\alpha_0\left(g_1\,\mathrm{tg}\alpha_0 + b - H_1\right)\right].\cos\alpha_0\,; \qquad (16)$$

$$\overline{AK} = \frac{g_1\,.\,\mathrm{tg}\alpha_0}{\cos\alpha_0} + \frac{b - H_1}{\cos\alpha_0} +$$

$$+\sin\alpha_0\left[P_{фк} - g_1 - \mathrm{tg}\alpha_0\left(g_1\,\mathrm{tg}\alpha_0 + b - H_1\right)\right], \qquad (17)$$

От зависимостите (16) и (17) могат да се изключат част от членовете с малки стойности и да се получат по-удобни и достатъчно точни практически цели формули

$$\overline{AK} = \frac{g_1\,.\,\mathrm{tg}\alpha_0 + b - H_1}{\cos\alpha_0}, \qquad (18)$$

$$\overline{FK} = \left(P_{фк} - g_1\right).\cos\alpha_0\,. \qquad (19)$$

Дължините на отсечките, които се пресмятат с помощта на формулите (18) и (19), се заместват в (12) и се определя радиусът на шлифовъчния диск.

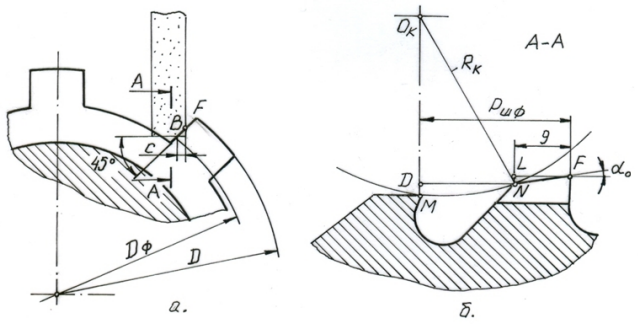
Когато фасочните зъби се намират след режещите зъби на протяжката, шлифоването с периферията на диска се извършва по схемата, посочена на фиг. 3.

За определянето радиуса на шлифовъчния диск са необходими следните параметри: стъпката между последния режещ ръб и първия фасочен зъб – $P_{шф}$; дължината на задната повърхнина на шлицовите зъби – $g$; задният ъгъл – $\alpha_0$ и технологичното разстояние - $c$.

Радиусът на шлифовъчния диск трябва да се определи така, че когато се шлифова точка M, принадлежаща на задната повърхнина на фасочния зъб, дискът да не засяга точка N от шлицовия зъб.

От фиг. 3 следва, че

$$R_k = \frac{\left(P_{шф} - g\right)^2 + \overline{DM}^2}{2\,\overline{DM}}. \qquad (20)$$




Фиг.3. Шлифоване на фасочни зъби, разположени в края на режещата част на протяжката

Отсечката $\overline{DM} = \overline{BF} - \overline{LN} = \overline{BF} - g\,.\,\mathrm{tg}\alpha_0$, а

$$\overline{BF} = \frac{D - D_ф}{2} - \frac{c}{\cos 45^o}.$$

Заместваме в (20) и получаваме

$$R_k = \frac{\left(P_{шф} - g\right)^2 + \left(\frac{D - D_ф}{2} - \frac{c}{\cos 45^o} - g\,\mathrm{tg}\alpha_0\right)^2}{2.\left(\frac{D - D_ф}{2} - \frac{c}{\cos 45^o} - g\,\mathrm{tg}\alpha_0\right)} \qquad (21)$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аналитичните зависимости за пресмятане на радиусите на шлифовъчните дискове (инструментите от втори порядък), необходими при производството на протяжките, могат да се използват, както при разработването на съответните технологични процеси, така и при конструирането на инструментите. Във втория случай те допълват и разширяват съществуващите методики за конструиране на протяжки.

**Литература:**

1. Кожевников, Д. В и др. Режущий инструмент. Машиностроение. М., 2005.
2. Николчева, Г. Режещи инструменти. Интерпрес. С. 2003.
3. Родин, П. Р. Металлорежущие инструменты. Висшая школа. Киев. 1975.
4. Семенченко, И. И. и др. Проектирование металлорежущих инструментов. МАШГИЗ, М., 1963.

**Адрес за контакти:**
Доц. д-р инж. Иван Колев
*Катедра „Технология на машиностроенето и металорежещи машини”*
*Русенски университет “Ангел Кънчев”*
*Тел.: (082) 888 544*
*E-mail: kolev@uni-ruse.bg*

**Contact address**
Assos. Prof. ing. Ivan Kolev, PhD
*“Angel Kanchev” University of Ruse*
*Tel. (+359 82) 888 544*
*E-mail: kolev@uni-ruse.bg*

# АПРОБАЦИЯ НА ФОТОГРАМЕТРИЧЕН МЕТОД ЗА ИЗМЕРВАНЕ В МАШИНОСТРОЕНЕТО

Тошо Станчев, Борис Сакакушев
*Русенски университет „Ангел Кънчев”*

# APPROBATION OF THE PHOTOGRAMMETRIC METHOD FOR THE MEASUREMENT MECHANICAL

Tosho Stanshev, Boris Sakakushev
*„Angel Kanchev” University of Ruse*

**Abstract:** The report presents a approbation photogrammetric method for measuring the mechanical structures and detail.
**Keywords:** method, mechanical structures.

## УВОД

Освен като снимачен метод за създаване на планове и карти, земната фотограметрия се използува в различни специални области на науката. Нейното широко приложение се обуславя от големите предимства, които има пред всички други снимачни и картировъчни методи. Фотограметричните начини за измерване носят в себе си съвременност и перспективност и предлагат големи възможности за автоматизиране на всички картировъчните и измервателни процеси [1,2]. Земното фотограметрично снимане на далечни и близки обекти се използува с успех в три негови разновидности:

а) фотографиране и създаване на числени модели на обекта [1,2,3,4];

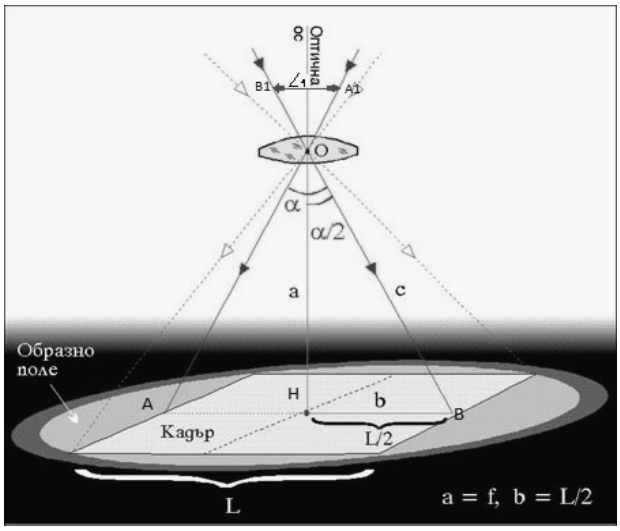
б) съставяне на едромащабни фотопланове във вертикална и хоризонтална проекция ;

в) фотографиране и аналогово стереокартиране.

Тук ще представим предварително апробиране на разработения фотограметричен метод за измерване в машиносторенето. Напоследък са разработени и се предлагат на пазара такива измервателни установки (измервателни проектори и микроскопи), работещи на принципа на разпознаването на образи, но техните цени са изключително високи за нашите условия. Основите на стереофотограметричния метод са заложени в [5,6,7,8]. Тук ще разгледаме метода в равнинния му вариант.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

Известен факт, е че ъгловият обхват е един от основните параметри, описващи фотографския обектив. Той зависи от фокусното разстояние на обектива - f и от формата на кадъра, с който се работи.




Фиг.1. Схема за пресмятане на ъгловия обхват на обектива за зададен формат на кадъра

**α** - търсеният ъглов обхват по даденото направление

**L** - една от страните на кадъра /дължина или ширина/ успоредна с направлението, по което се търси обхвата.

**a** - единият катет /предметно разстояние/ с дължина, равна на **f** /фокусното разстояние на обектива/.

**b** - другият катет с дължина L/2.

В практиката често е необходимо да се знае ъгловият обхват по направление на

дължината или ширината на кадъра. За целта е необходимо първо да намерим половината от обхвата, разглеждайки правоъгълния триъгълник, на който единият катет (**a**) съединява проекционния център на обектива с центъра на кадъра, а другият (**b**) лежи във фокалната равнина, от центъра на кадъра до една от страните му, и е с дължина, равна на половината от страната **L**, по направление на която търсим обхвата (т.е. **b=L/2**).

Интересува ни стойността в градуси на острия ъгъл между катета (**a**) и хипотенузата, намиращ се при проекционния център на обектива, чиято удвоена стойност е търсеният ъглов обхват по направлението **L**:

$$\alpha = 2*\mathrm{arctg}\frac{b}{a} = 2*\mathrm{arctg}\frac{0.5L}{f}$$

Не е за подценяване и фактът, че при много от късофокусните фотообективи се наблюдават големи разлики между изчисления по горния метод ъглов обхват и реалния. Така например за широкоъгълен фотообектив тип "рибешко око" с f=16 mm се обявява ъглов обхват по диагонала на кадъра $180^0$, докато изчисленият по горната формула би бил $107^0$! За "рибешко око" с f=8 mm се декларира обхват също $180^0$, но в кръгло зрително поле, вписано изцяло в границите на кадъра. Тези разлики се дължат на особености в оптиката на тези обективи, водещи до големи изкривявания в геометрията на образа, което влече след себе си увеличаване на грешката на измерването.

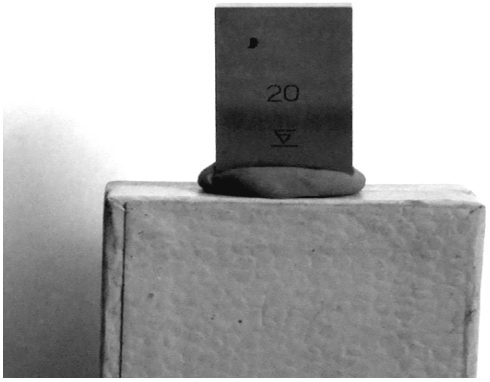
Целта на проведения инженерен експеримент е предварителна апробация на метода в равнинен вариант. За целта ще направим заснимания с различно, предварително известно фокусно разстояние на даден обект, в случая шублер със скала 150 mm. Фокусните разстояния са подбрани от стандартния ред такива – 28 mm; 35 mm; 50 mm; 100 mm; 135 mm, 200 mm, приведени към стандартния размер на филмов кадър – 24/36 mm. За калиброване използваме снимки на плоско-паралелна краищна мярка за дължина /ППКМД/ с размер 20 mm, при същите, предварително известни фокусни разстояния.

За експеримента е използван цифров фотоапарат FUJIFILM FinePix S9500 с матрица – SONY Super CCD VHR (9,2 Mpx), с размер 1/1,6” (6,01/8,08 mm). Използваната резолюция за снимките е 5 Mpx (2592/1944 px), при което условният размер на един “реален” пиксел е 3,1 μm.

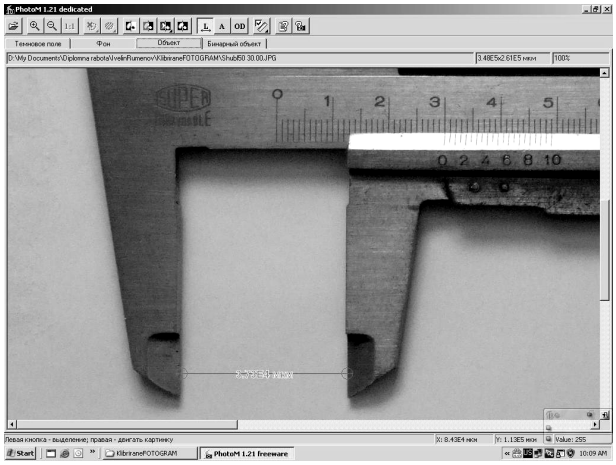
Програмата, която използваме за измерването, е свободен софтуер и се нарича – “PhotoM”. Предназначена е за **измервания на микроскопи и стендове при известни, твърдо установени и известни разстояния „a”, основно в биологията и свързаните науки, при предварително калиброване за всеки от сменяемите обективи.**

Както калиброващите, така и снимките за измерването са реализирани от **неизвестно, произволно разстояние – “a”**. Снимките за измерването са реализирани без станок /тринога или др. помощни средства/, т.е. от ръка, при което ракурсът е определен на око. Това е направено с цел максимално да се „замърси” експериментът с различни странични, влияещи фактори.

При първото измерване върху заснетия обект – шублер, използваме за калиброване – снимка на ППКМД с размер 20 mm при фокусно разстояние f = 50 mm – фиг. 2. Измерваме разстоянието между отворените на 30,0 mm челюсти на шублера – фиг. 3.




Фиг.2. Снимка на ППКМД – 50- 20000



Фиг. 3. Снимка от серията опити при фокусно разстояние – f = 50 mm

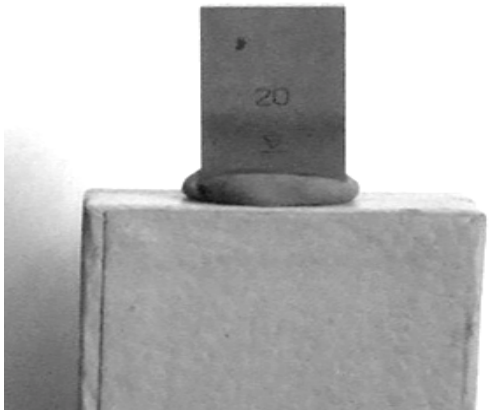
При калибрането с f=50 mm и ППКМД=20 mm получаваме следните грешки от измерване:

37300/30000=1,24
37900/30000=1,26
37200/30000=1,24
37900/30000=1,26
37400/30000=1,25

От тук пресмятаме средната грешка „Кср“, за която получаваме:

**Кср = 1.25, (25%)**

При второто измерване върху заснетия обект използваме за калиброване снимка на ППКМД = 20 mm и фокусно разтояние f=28 mm – фиг. 4:



Фиг.4. Снимка на ППКМД – 28- 20000

Шублерът е заснет при същото фокусно разстояние f=28 mm – фиг. 5:

Фиг. 5. Снимка от серията опити при фокусно разстояние – f = 28 mm

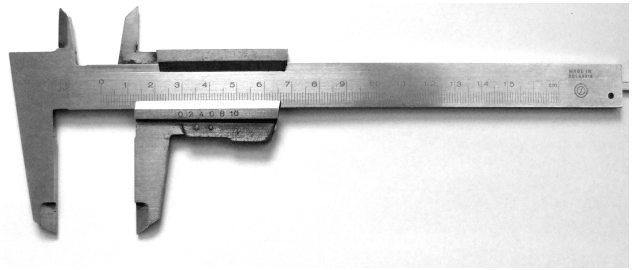
При калибрането с f=28 mm и ППКМД=20 mm получаваме следните грешки от измерване:

63400/30000=2.11
64600/30000=2,15
63200/30000=2,10
64100/30000=2,14
63700/30000=2,12

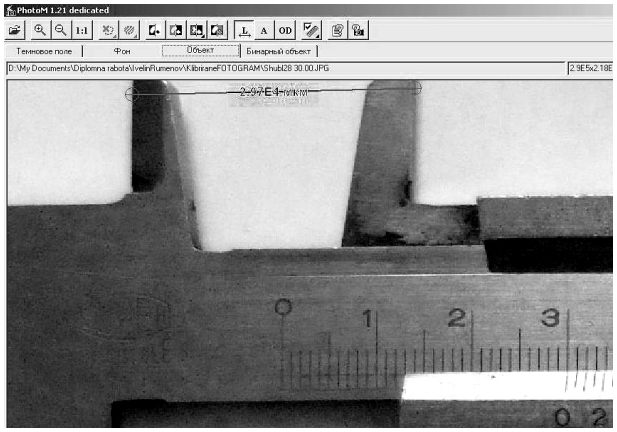
От тук пресмятаме средната грешка „Кср“, за която получаваме:

**Кср = 2.13, (113%)**

От проведените две серии опити става ясно, че дължината на фокусното разстояние „f“ е един от основните фактори, оказващи много сериозно влияние върху грешката от измерване. С цел стремеж за игнориране на тази грешка ще направим опит с фокусно разстояние f=28 mm, при което за калиброване ще използваме самата снимка за измерване, върху която за калиброваща база ще използваме разстоянието 30 mm от скалата на шублера – фиг.6.



Фиг.6. Шублер – 28- 30000




Фиг.7. Снимка от серията опити при фокусно разстояние f = 28 mm и калибриране по самата снимка

Резултати:
29700/30000=0,99 (300 μm ~1%)
29200/30000=0,97 (800 μm ~ 3%)
29300/30000=0,98 (700 μm ~ 2%)
29600/30000=0.99 (400 μm ~ 1%)
29200/30000=0,97 (800 μm ~ 3%)

От тези резултати пресмятаме средната абсолютна грешка, за която получаваме стойност от 600 μm /при максимална стойност 800 μm/.

## АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

От проведената първа серия експериментални изследвания /калиброване по отделна снимка/ става ясно, че предметното разстояние „**a**”, играе значителна роля и не може да се пренебрегне. То участва в един параметър, наречен **коефициент на трансформация „Кт”**, който оказва решаващо значение върху точноста на измерването. Това личи от първите две серии опити, при които, както се предполагаше теоретично, коефициентът на трансформация зависи както от фокусното разстояние на обектива f, така и много съществено от разстоянието на заснемане „**a**”. Оказва се, че „Кт” зависи по-силно от фокусното разстояние на обектива. При фокусно разстояние F= 50 mm, Кср=1.25 а при фокусно разстояние - F= 28 mm, Кср=2.13, т.е. с увеличаване на фокусното разстояние коефициентът на трансформация намалява и то резонно поради намаляване на ъгловия обхват на обектива „**α**”. При използване за калиброване на предварително известен размер от реалната снимка, върху която се извършва измерването, се вижда, че средната абсолютна грешка е Кср= 600 μm за размер до 40 mm. Тя е функция на разделителната способност на матрицата /или в случая на апроксимираната разделителна способност – 9,2 Mpx → 5 Mpx/, разделителната способност и качеството на обектива /сферична и хроматична аберации, дисторсия, астигматизъм и др./, на конкретното фокусно разстояние и разделителната способност и качеството на монитора, върху който се извършва измерването, както и ясното изразяване на контурите на измерваните повърхнини, на разминаването на геометричната ос на системата „обектив-матрица” с геометричната ос на съответния измерван детайл.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предварителното апробиране на разработения метод може да се счита за успешно.
2. Разкрити са основните фактори, влияещи върху грешката на измерването и са набелязани пътищата за намаляване или игнориране на тяхното влияние.

Доказана е възможността за реализиране на метода със свободен софтуер, което е много съществен момент. Всеки специалист в областта знае цената и ограничеността на използването на специализираните софтуери с конкретното измервателно оборудване.

**Литература:**

3. Hartley R., A. Zisserman. Multiple View Geometry in Computer Vision. Newnes Butterwoths, London, 1999, p. 270.
4. Pollefeys M. 3D Modelling from Images. Boston, Allyn and Bacon, 2003, p. 200.
5. Clarke J. Modelling uncertainty: A primer. Boston, Allyn and Bacon, 2004, p. 75.
6. Погребинский А. Математическое обеспечение автоматизированного проектирования изделий сложной формы с учетом реальной геометрии. „Зинатне”, Рига, 1995, с.180.
7. Сакакушев Б. Основни показатели на калиброваната стереоснимка и приложението й във фотограметрични измервания на реални машиностроителни обекти. XVI Национален научен симпо-

зиум „Метрология и метрологично осигуряване”, Созопол, 2006, 211-215.
8. Сакакушев Б., С. Стоев, С. Първанов. Анализ на метода за измерване координатите на точки от повърхнина при използване на калибрована стереоснимка. Journal of the technical university at Plovdiv “Fundamental scinces and applications”, том 14, 2007.
9. Сакакушев Б., Т. Тодоров, Г. Стефанов. Стереофотограметричен метод за измерване на деформации в машиностроителни конструкции. - Сп. Известия на Съюза на учените – Русе, серия 1 Технически науки, том 6, ISSN 1311 – 106X, 17-19.
10. Сакакушев Б., М. Кършаков, Т. Тодоров. Приложение на фотограметричния метод за измерване в машиностроенето. Сп. Известия на Съюза на учените – Русе, серия 1 Технически науки, том 6, ISSN 1311 – 106X, 20-23.
11.

**Адрес за контакти:**
Гл. ас. д-р инж. Тошо Станчев
*Катедра „Теоретична и измервателна електротехника”*
*Русенски университет „Ангел Кънчев”*
*Тел.: (082) 888 505*
*E-mail: tys@uni-ruse.bg*

Доц. д-р инж. Борис Сакакушев,
*Катедра „Технология на машиностроенето и металорежещите машини”*
*Русенски университет “Ангел Кънчев”*
*Тел.:( 082) 888493.*
*E-mail: bsak@uni-ruse.bg*

# КОЕФИЦИЕНТ НА ТРАНСФОРМАЦИЯ И АНАЛИЗ НА ГРЕШКАТА НА ИЗМЕРВАНЕ ПО ФОТОГРАМЕТРИЧНИЯ МЕТОД В МАШИНОСТРОЕНЕТО

Борис Сакакушев, Веселин Григоров, Тихомир Тодоров
*Русенски университет „Ангел Кънчев”*

# COEFFICIENT OF TRANSFORMATION AND ANALYSIS OF ERROR IN THE MEASUREMENT PHOTOGRAMMETRIC METHOD IN ENGINEERING

Boris Sakakushev, Veselin Grigorov, Tihomir Todorov
*„Angel Kanchev” University of Ruse*

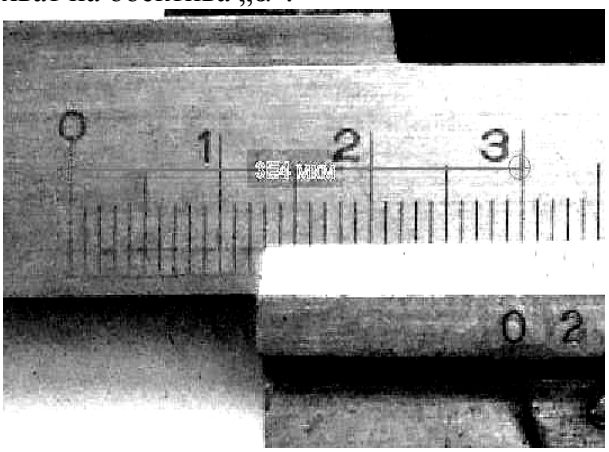
**Abstract:** The report presents a coefficient of transformation the application of Photogrammetric methods in engineering and analysis of error.
**Keywords:** coefficient of transformation, photogrammetric method.

## УВОД

Широко известен факт е навлизането на фотограметричните методи за измерване в различни области на машиностроенето. Методите, които навлизат и са намерили практическа реализация, обаче са обвързани обикновенно с конкретни измервателни средства – „хардуер” (измервателни или универсални микроскопи, проектори, телескопи и др.), както и със специализиран софтуер за приложение на конкретните методи. Този факт води често до невъзможност (или нерентабилност) на прилагането на тези методи, поради високата цена на оборудването (хардуер и софтуер) [1,2,3].

## ИЗЛОЖЕНИЕ

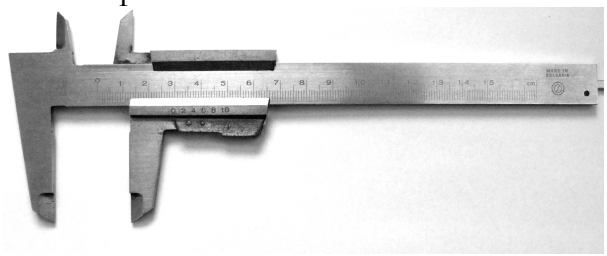
Класическият фотограметричен метод се изгражда върху закономерностите между образните, пространствените координати и свойствата на централната проекция [4]. Прилагането на фотограметричните методи за определяне на размери в пространството [5,6,7,8] е свързано с определянето на образните и предметните координати на определени точки от повърхнините и използва съвременните постижения на дигиталната фотография и компютърна техника. От апробирането на метода в равнинен вариант при използване на „не особенно подходящ”, но за сметка на това свободен, софтуер [9] са изяснени основните източници на грешки: фокусното разстояние - **f** (ъгловият обхват – **α)** на обектива и предметното разстояние – „**a**”. Въведеното понятие - **коефициент на трансформация „Кт”** характеризира обвързването на горните два параметъра на фотографския обектив като система с предметното разстояние – „**a**”, като фактор, зависещ от обекта на измерване. Оказва се [9], че „Кт” зависи по-силно от фокусното разстояние на обектива. При фокусно разстояние F=50mm, Кср=1,25 а при фокусно разстояние - F= 28 mm , Кср=2,13 / Кср – средна грешка/ т.е. с увеличаване на фокусното разстояние коефициентът на трансформация намалява и то резонно поради намаляване на ъгловия обхват на обектива „**α**”.




Фиг.1. Снимка за калиброване – ППКМД – 28 – 20000

Проведени са опити с използване на коефициента на трансформация. За целта се използва за калиброване снимка на плоскопаралелна краищна мярка /ППКМД/ с размер 20,000 mm, при фокусно разстояние - f = 28 mm – кал 28 20000 – фиг. 1., а измер-

ванията се извършват върху снимка – шублер при същото фокусно разстояние -28 30000 – фиг. 2.



Фиг.2. Снимка за измерване – шублер -28 – 30000

За експеримента е използван цифров фотоапарат FUJIFILM FinePix S9500 с матрица – SONY Super CCD VHR (9,2 Mpx), с размер 1/1,6" (6,01/8,08mm). Използваната резолюция за снимките е 5 Mpx (2592/1944 px), при което условният размер на един "реален" пиксел е 3,1μm.

Програмата, която се използва за измерването е свободен софтуер и се нарича – "PhotoM". Предназначена е за **измервания на микроскопи и стендове при известни, твърдо установени разстояния „a", основно в биологията и свързаните науки, при предварително калиброване за всеки от сменяемите обективи.**

Както калиброващите, така и снимките за измерването са реализирани от **неизвестно, произволно разстояние – "a"**.

За калиброващата снимка – фиг. 1. е в сила:

$K_{TP1}$=2592 px/82 px=31,6 (82 px отговарят на 20000 μm).

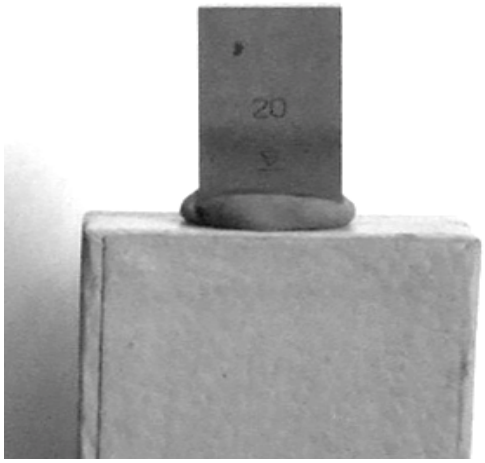
За снимката за измерване – фиг. 2. е в сила:

$K_{TP2}$=2592 px/178 px=14,56 (178 px отговарят на 20000 μm).

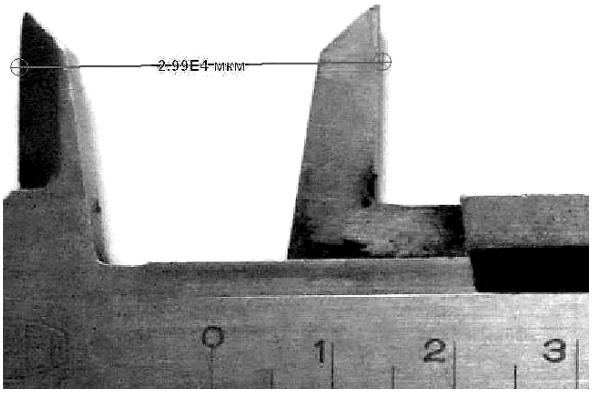
Тогава за обобщения коефициент на трансформация $K_{TP}$ се получава:

$K_{TP}$=14,56/31,6=0,461.

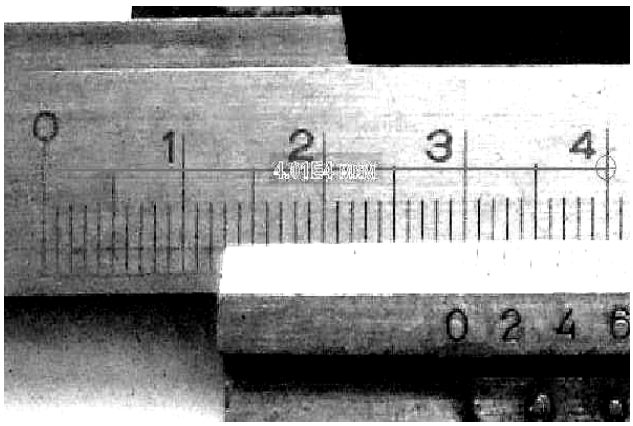
Тогава се изменя параметърът на калиброващата снимка – 82 px →20000.0,461=9220. При това калиброване се получават следните измерени стойности, показани на фигурите по-долу:



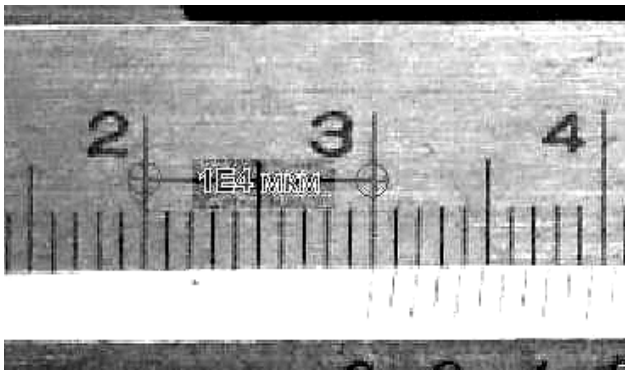
Фиг.3. 29900 μm – грешка - 100 μm




Фиг.4. 30000 μm – грешка - 0



Фиг.5. 40100 μm – грешка – 100 μm




Фиг.6. 10000 μm – грешка – 0 μm

## АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

От тази серия експерименти се вижда, че абсолютната грешка при този метод на калиброване не надхвърля 100 μm, за размери до 40 mm (в конкретната серия опити). Този резултат, сравнен с класическото калиброване, за което е предназначен софтуерът, при което максималната грешка е от порядъка на 800 μm [9] при същите условия, показва много сериозно намаляване на грешката. Причина за това е използването на коефициента на трансформация. При класическите методи на калиброване, много силно влияние оказва разстоянието на снимане – „**a**" (фокусиране). Този фактор, дори при калиброване по известен размер от самата снимка, върху която се извършва измерването, оказва много съществено влияние – средната абсолютна грешка е 600 μm, което на пръв поглед е странно [9]. При внимателен анализ обаче се разкрива фактът, че този софтуер е предназначен за микроскопски измервания в биологията и свързаните с нея науки. Там предметните разстояния са твърдо обвързани със съответния обектив и размерите са изключително малки (налице са големи увеличения), при което грешките на тези много малки размери, колебаещи се в интервала - 1÷3% [9], са допустими и пренебрежимо малки на фона на пренебрежимо малките размери на обектите, съчетани с големите увеличения, които много често са на границата на разделителната способност на оптичните системи.

За измерването на машиностроителни конструкции, корпусни детайли и др. подобни в общото машиностроене, тази точност може да се приеме за нормална. Приемайки известния факт, че разделителната способност на зрението на човек с нормално зрение от разстояние ~ 20 sm е ~ 0,1 mm /100 μm/, може да се забележи от горните фигури - 3÷6, че грешката се колебае, но максимумът е 100 μm. Това се явява дебелината на щриха на основната скала на шублера. Или казано по друг начин това може да се приеме като сумарна грешка на позициониране (прицелване) на началния или крайния маркер в процеса на дефиниране на разстоянието за измерване върху монитора.

Не бива да се подминава и фактът, че максималната резолюция на фотографската регистрираща матрица „SONY Super CCD VHR" е 9,2 Mpx, а използваната резолюция за снимките е 5 Mpx, при което условният размер на един "реален" (апроксимиран) пиксел е 3,1 μm. Измерването е извършено върху CRT (електронно-лъчев) монитор "Samsung – SyncMaster 795DF" с резолюция – 1024x768 px /96 dpi/, при което една RGB точка има приблизителен размер ~ 0,2 mm.

Теоретично в „идеалния"случай една линия се описва при заснимането с широчина 1 px (3,1 μm). Програмата позволява увеличение 200 % в процеса на измерване. При това положение теоретично линията се описва като широчина с 2 px (6,2 μm). Тези 2 px на монитора при процеса на позициониране на маркера се описват в „идеалния" случай от RGB точки с широчина ~ 0,2 mm или:

- 2 px /6,2 μm/ матрица→ 200 μm монитор
- 1 px /3,1 μm/ матрица→ 100 μm монитор

Тогава може да се твърди, че реалната грешка на измерването с отчитане на горните „идеални" предпоставки е ~ 6 μm.

Реалната ситуация е такава, че една линия (или контур) почти никога не се описват с широчина „точно" 1 px /3,1 μm/, а обикновено с част от единия или двата съседни пиксела (конкретната матрица е с пиксел с форма на правилен шестоъгълник). При това положение по-реалистично би било допускането, че сумарната грешка на измерването включва описването на линията по широчина или контура с 3 px – един действителен и двата съседни. При тази предпоставка сумарната грешка на измерването при тези условия се ограничава в рамките на ~ 6 ÷ 20 μm. За сравнение горната граница на тази грешка е по-малка от инструменталната грешка на шублер (дебеломер, високомер и дълбокомер) с обхват 360-500 mm, константа – 0,02 mm, която е 40 μm. Фактът, че сумарната грешка при цитираните видове шублери е доста по-голяма, е достатъчен.

При използване на пълния капацитет на регистриращата матрица и качесвен LSD монитор, тази сумарна грешка може да се минимизира.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Доказана е работоспособността и приложимостта в машиностроенето на разработения фотограметричен метод за измерване при използване на свободен софтуер.
2. Доказано е влиянието на коефициента на трансформация за намаляване грешката на измерване.
3. Анализирани са причините, влияещи върху сумарната грешка на измерване, като теоретично е определена нейната стойност и са набелязани насоки за тяхното намаляване.

**Литература:**


1. Hartley R., A. Zisserman. Multiple View Geometry in Computer Vision. Newnes Butterwoths, London, 1999, p. 270.
2. Pollefeys M. 3D Modelling from Images. Boston, Allyn and Bacon, 2003, p. 200.
3. Clarke J. Modelling uncertainty: A primer. Boston, Allyn and Bacon, 2004, p. 75.
4. Погребинский А. Математическое обеспечение автоматизированного проектирования изделий сложной формы с учетом реальной геометрии. „Зинатне", Рига, 1995, с.180.
5. Сакакушев Б. Основни показатели на калиброваната стереоснимка и приложението й във фотограметрични измервания на реални машиностроителни обекти. XVI Национален научен симпозиум „Метрология и метрологично осигуряване", Созопол, 2006, 211-215.
6. Сакакушев Б., С. Стоев, С. Първанов. Анализ на метода за измерване координатите на точки от повърхнина при използване на калибрована стереоснимка. Journal of the technical university at Plovdiv "Fundamental scinces and applications", том 14, 2007г.
7. Сакакушев Б., Т. Тодоров, Г. Стефанов. Стереофотограметричен метод за измерване на деформации в машиностроителни конструкции. - Известия на Съюза на учените-Русе, серия 1 Технически науки, том 6, 2009, ISSN 1311 – 106X, 17-19.
8. Сакакушев Б., М. Кършаков, Т. Тодоров. Приложение на фотограметричния метод за измерване в машиностроенето. Известия на Съюза на учените-Русе, серия 1 Технически науки, том 6, 2009, ISSN 1311 – 106X, 20-23.
9. Станчев Т., Б. Сакакушев. Апробация на фотограметричен метод за измерване в машиностроенето. Известия на Съюза на учените – Русе, серия 1, Технически науки, том 7, ISSN 1311 – 106X, под печат.



**Адрес за контакти:**

Доц. д-р инж. Борис Сакакушев,

*Катедра „Технология на машиностроенето и металорежещите машини"*

*Русенски университет "Ангел Кънчев"*

*Тел.:( 082) 888493.*

*E-mail: bsak@uni-ruse.bg*

# ЕДНА ВЪЗМОЖНОСТ ЗА ПОВИШАВАНЕ НА ТОЧНОСТТА ПРИ ИЗМЕРВАНЕ НА АКТИВНА МОЩНОСТ В ТОВАРИ С НИСЪК ФАКТОР НА МОЩНОСТТА

Тошо Станчев, Борис Сакакушев
*Русенски университет „Ангел Кънчев”*

## ONE POSSIBILITY FOR INCREASING ACCURACY WHEN MEASURING THE ACTIVE POWER IN LOADS WITH LOW POWER FACTOR

Tosho Stanshev, Boris Sakakushev
*„Angel Kanchev” University of Ruse*

**Abstract:** The report presents a possibility for correction of the results when measuring active power with the help of a digital watt-meter at a low power factor.
**Keywords:** power factor, measuring.

## УВОД

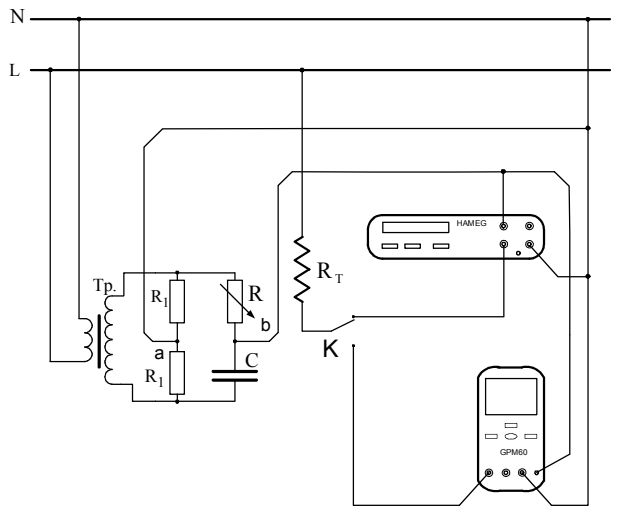
В практиката са известни особеностите при измерване на активна мощност в товари със силно изразен реактивен характер. При измерване с електродинамични ватметри допусканата грешка се дължи предимно на дефазирането между тока и напрежението в напреженовата бобина. Тази грешка се ограничава с използване на т.н. нискокосинусни ватметри и се елиминира само в случай, когато факторът на мощността в товара е равен на дефинирания номинален косинус ($\cos\varphi_н$) на измервателния уред [1].

Използването на цифрови ватметри не решава проблема с измерването на активна мощност в товари с голямо дефазиране между векторите на напрежението и тока. Диапазонът на работа на споменатите измервателни уреди от по-нисък клас се дефинира за фактор на мощността по първи хармоник (DPF), в рамките на 0,3-1,0 [5]. Прецизните цифрови ватметри дефинират грешката при определяне на фактора на мощността (PF) в границите 0,00-1,00 за тесен честотен диапазон (50Hz-60Hz) и то само за синусоида [4]. Сложността при цифрово измерване на активна мощност в товари с нисък PF се определя от необходимостта да се извършва цифрово преобразуване и умножение на моментните стойности на напрежението и тока във веригата, когато скоростта им на изменение е най-голяма.

Въвеждането на консуматори от типа на импулсни захранвания, управляващи устройства за плавно изменение честотата на въртене на асинхронни двигатели и др.п., води до влошаване на PF и съпътстващите мерки за неговото подобряване, съответно измерване на активна мощност във вериги с такива показатели. Проблеми от такъв характер възникват за пръв път в САЩ след края на 80$^{-те}$ години, когато натоварването на мрежата с посочените по-горе товари става съизмеримо с натоварването от асинхронни двигатели [2]. Компенсирането на влошените енергийни показатели на мрежата се извършва, отчитайки спецификата на конкретните консуматори, но описаният проблем е довел до създаването на нова нормативна база с изисквания към консуматори, смятани преди за несъществени [2]. Промененият характер на товарите изисква допълнителна оценка на метрологичните качества на измервателните уреди за активна мощност при влошен фактор на мощността.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

Обект на настоящия материал е анализът и корекцията на грешката, допускана от цифров ватметър, тип GPM60, при различни стойности на PF [3,5]. За оценка на резултатите, получени след измерване с GPM60, е използван прецизният цифров ватметър на фирмата HAMEG HM8115-2 [4]. Измервателната схема, включваща двата уреда, е показана на фиг.1.




Фиг.1. Схема на свързване на проверявания и образцовия ватметър

Товарът във веригата е активен ($R_T$), а дефазирането се извършва с помощта на фазовъртяща верига, реализирана с резисторите $R_1$ $R$ и кондензатора $C$. Напреженовата верига е разделена от токовия контур посредством трансформатора Тр. Към измервателните уреди се подава непрекъснато напрежение с неизменна стойност, а се променя токовото натоварване. Стойностите на тока са подбрани така, че да покриват целия обхват при директното свързване на проверявания уред.

Извършени са измервания при стойности на PF=0,1; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35. Захранващото напрежение е с ефективна стойност 160V при мрежова честота. В зависимост от момента на провеждане на проверката стойностите на токовото натоварване са различни. В таблица 1 са показани конкретните големини на тока $I$, средната стойност $\bar{I}$, при съответния товар и стандартното отклонение $S_I$. Цифровите ватметри при директно свързване нямат галванично разделяне на напреженовата и токовата вериги и проверката е извършена разновременно, т.е. товарът е превключван последователно към проверявания и образцовия уред.

Поради обема си резултатите от останалите измервания са представени само графично. Показанието на ватметрите е означено с $P_{gpm}$ и $P_{hameg}$ за проверявания и образцовия уред.

Таблица 1

| Товар | $R^1$ | $R^2$ | $R^3$ | $R^4$ |
|---|---|---|---|---|
| | 3,69 | 7,18 | 10,63 | 13,94 |
| | 3,75 | 7,35 | 10,83 | 14,17 |
| | 3,72 | 7,32 | 10,83 | 14,17 |
| I, A | 3,76 | 7,33 | 10,82 | 14,11 |
| | 3,76 | 7,33 | 10,80 | 14,15 |
| | 3,75 | 7,30 | 10,74 | 14,13 |
| $\bar{I}$ , A | 3,738 | 7,302 | 10,775 | 14,112 |
| $S_I$ , A | 0,028 | 0,062 | 0,079 | 0,087 |

В таблица 2 са показани резултати от показанията на ватметрите при PF=0,2.

Таблица 2

| | PF=0,20 | U=160V | |
|---|---|---|---|
| | ИЗМЕРВАНЕ | | |
| I | $P_{gpm}$ | $P_{hameg}$ | ε |
| A | W | W | |
| 3,72 | 192 | 116 | 0,66 |
| 7,32 | 374 | 233 | 0,61 |
| 10,83 | 540 | 340 | 0,59 |
| 14,17 | 698 | 439 | 0,59 |
| | КОРЕКЦИЯ | | |
| I | $P_{gpmMax}$ | $P_{corr}$ | $\varepsilon_{corr}$ |
| A | W | W | |
| 3,72 | 550 | 110 | -0,052 |
| 7,32 | 1084 | 216,8 | -0,07 |
| 10,83 | 1572 | 314,4 | -0,075 |
| 14,17 | 2029 | 405,8 | -0,076 |

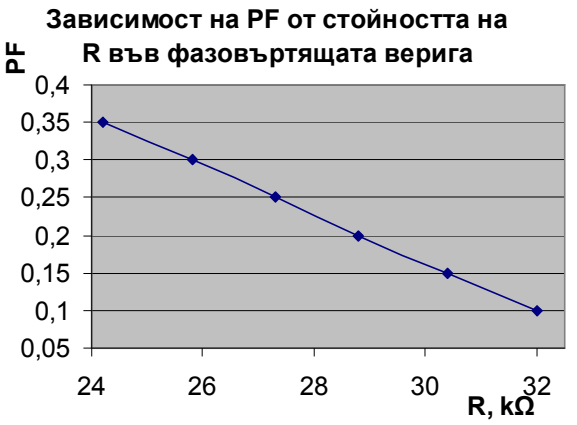
В колоната за токовото натоварване са конкретните стойности за $I$, при съответния PF. Пресметната е относителната грешка $\varepsilon$. Втората част от таблица 2, означена с КОРЕКЦИЯ е пояснена по-долу.

Разликата в показанията на двата ватметъра $P_{gpm}$ и $P_{hameg}$ е очевидна и допусканата грешка е значителна. Относителната грешка $\varepsilon$ е определена в последната колона, като за база е прието показанието на образцовия уред.

При задаване на дефазирането е определена зависимостта на фактора на мощността PF от показанието на образцовия ватметър и стойността на резистора във фазовъртящата верига, таблица 3 и фиг.2.

Таблица 3

| R | kΩ | 32 | 30,3 | 28,7 | 27,3 | 25,7 | 24,2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PF | | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 |




Фиг.2. Графична зависимост на PF от стойността на резистора R във фазовъртящата верига.

Ъгълът на завъртане на вектора на напрежението между точки **a** и **b** ($\vec{U}_{ab}$) зависи от честотата на захранващото напрежение и стойностите на съпротивлението на променливия резистор $R$ и капацитета $C$. Тогава при зададено токово натоварване, ако се промени дефазирането $\vec{U}_{ab}$, то показанието на ватметрите се променя през нула до максимална стойност, която съответства на PF=1. За разглеждания случай от зависимостта на фиг. 2 може да се определи стойността на PF и резултатът да се коригира по формулата:

$$P_{corr} = P_{gpmMax}.PF, \qquad (1)$$

където $P_{corr}$ е коригираната стойност на показанието на проверявания ватметър;

$P_{gpmMax}$ - максималното показание на проверявания ватметър;

$PF$ - отчетената стойност за фактора на мощността, съответстваща на стойността на $R$.

Така, вместо да се отчита показанието на проверявания ватметър, при дефазиране, определено от характера на веригата, може да се завърти векторът $\vec{U}_{ab}$ до получаване на максимално показание $P_{gpmMax}$. Тази стойност може да се коригира, използвайки формула (1), с отчетената стойност за PF от зависимостта от фиг.2. Резултатите от таблица 2 в колоната за $P_{corr}$ са пресметнати по този начин, относителната грешка $\varepsilon_{corr}$ е определена на база показанието на образцовия ватметър:

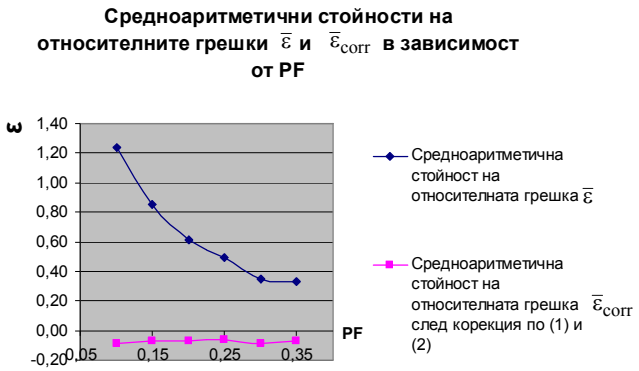
$$\varepsilon_{corr} = \frac{P_{corr} - P_{hameg}}{P_{hameg}}. \qquad (2)$$

В таблица 4 са показани относителните грешки $\varepsilon$ при различни токови натоварвания и PF от 0,1 до 0,35 през 0,05. За всяка стойност на PF е определена средноаритметичната стойност на относителната грешка $\bar{\varepsilon}$ за резултати получени без корекция. В същата таблица са показани и стойностите на относителната грешка $\varepsilon_{corr}$ след коригиране на резултатите по формули (1) и (2), както и средноаритметичната стойност на относителната грешка след корекцията $\bar{\varepsilon}_{corr}$.

На фиг. 3 са показани графичните зависимости на средноаритметичните стойности на относителните грешки ($\varepsilon_{corr}$ и $\bar{\varepsilon}_{corr}$) във функция от PF.

Таблица 4

| PF | | ε | | | $\bar{\varepsilon}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | I=3,74A | I=7,30A | I=10,76A | I=14,11A | |
| 0,1 | 1,3 | 1,30 | 1,18 | 1,18 | 1,24 |
| 0,15 | 0,82 | 0,85 | 0,86 | 0,87 | 0,85 |
| 0,2 | 0,66 | 0,61 | 0,59 | 0,59 | 0,61 |
| 0,25 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,52 | 0,49 |
| 0,3 | 0,35 | 0,35 | 0,36 | 0,34 | 0,35 |
| 0,35 | 0,35 | 0,31 | 0,38 | 0,28 | 0,33 |
| PF | | $\varepsilon_{corr}$ | | | $\bar{\varepsilon}_{corr}$ |
| | I=3,74A | I=7,30A | I=10,76A | I=14,11A | |
| 0,10 | -0,10 | -0,08 | -0,10 | -0,09 | -0,09 |
| 0,15 | -0,09 | -0,06 | -0,06 | -0,06 | -0,07 |
| 0,20 | -0,05 | -0,07 | -0,08 | -0,08 | -0,07 |
| 0,25 | -0,08 | -0,05 | -0,05 | -0,05 | -0,06 |
| 0,30 | -0,10 | -0,07 | -0,07 | -0,09 | -0,09 |
| 0,35 | -0,09 | -0,06 | -0,04 | -0,10 | -0,07 |




Фиг. 3. Графична зависимост на средната стойност на относителните грешки от PF

## АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

Измерването на активна мощност при нисък PF с цифров ватметър може да доведе до значителни грешки, табл. 4.

Получените резултати се характеризират с повторяемост, т.е. може да се твърди, че грешката, определена спрямо показанието на образцовия уред, има систематичен характер.

В първата част от табл. 4 се вижда, че токовото натоварване оказва несъществено влияние на допусканата грешка от проверявания ватметър, докато при по-малките стойности на фактора на мощността грешката нараства до недопустими стойности. Във втората част от табл. 4, получена след корекция в показанието на проверявания уред, става ясно, че допусканата грешка малко се влияе както от натоварването, така и от PF.

Фазовъртящата верига, използвана за дефазиране на вектора на напрежението, може да се разграфи в стойности за PF така, че да се извърши корекция в показанието на проверявания ватметър.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При измерване на активна мощност във вериги с нисък фактор на мощността качествата на избрания цифров ватметър трябва да се оценят съобразно границите на допусканата грешка. Резултатите от измерване с ватметър с по-нисък клас могат да бъдат утежнени с недопустимо големи грешки.
2. Използването на фазовъртяща верига за захранване на напреженовата верига дава възможност измерването да се реализира при максимална стойност на фактора на мощността. Подходящо градуиране на елементите във фазовъртящата верига може да бъде използвано за приблизителна оценка на PF и резултатът от измерването на активната мощност да бъде коригиран.
3. Получените резултати с използването на корекцията по формула (1) са с относителна грешка под 10 %. Измерването с въвеждане на корекция се извършва само с уред от по-нисък клас.

**Литература:**


1. Колектив под ред. на проф. Ал. Балтажиев, Електрически измервания, Д. И. Техника, София, 1977, с. 382.
2. Куцаров Ст. Корекция на фактора на мощността. сп. Инженеринг ревю, бр. 9 декември 2005.
3. Станчев Т. Измерване на активна мощност с цифров ватметър WENS GPM60 при нисък фактор на мощността. Годишна университетска научна конференция'2011 с международно участие на Националния военен университет «Васил Левски», ВеликоТърново, 23-24 юни 2011, с. 230.
4. Hameg Instruments. Power-Meter HM8115-2. Manual. 2001.
5. WENS GPM60. Graphical Power Meter. Instruction Sheet.



**Адрес за контакти:**
Гл. ас. д-р инж. Тошо Станчев
*Катедра „Теоретична и измервателна електротехника”*
*Русенски университет „Ангел Кънчев”*
*Тел.: (082) 888 505*
*E-mail: tys@uni-ruse.bg*

Доц. д-р инж. Борис Сакакушев,
*Катедра „Технология на машиностроенето и металорежещите машини”*
*Русенски университет “Ангел Кънчев”*
*Тел.:( 082) 888493.*
*E-mail: bsak@uni-ruse.bg*

# ИЗСЛЕДВАНЕ РАБОТАТА НА БЕНЗИНОВ ДВИГАТЕЛ С БЕНЗИНО-БУТАНОЛОВИ СМЕСИ

Кирил Хаджиев, Симеон Илиев
*Русенски университет „Ангел Кънчев”*

# INVESTIGATION OF THE GASOLINE ENGINE OPERATION ON GASOLINE-BUTANOL FUEL BLENDS

Hadjiev Kiril, Iliev Simeon
*„Angel Kanchev” University of Ruse*

**Abstract:** The experimental investigation is conducted to evaluate the effect of using blends of butanol with gasoline (10, 30 and 50% butanol by volume) on the performance and exhaust emissions of fore cylinder port fuel injection (PFI) test gasoline engine. The test is conducted with the engine working at one speed (2000 min-1) and one load (inlet manifold depression Δpk = 200 mmHg). The results for power, specific fuel consumption (FSC) and exhaust emissions (CO, HC and NOx) are presented graphically on the same graph for different blends and neat gasoline.
**Keywords:** gasoline engine, butanol, fuel blends, fuel efficiency, emissions.

## ВЪВЕДЕНИЕ

Високите изисквания към изхвърляните в атмосферата токсични вещества и газове, предизвикващи парников ефект, наложиха приложението на различните алкохоли като алтернативни горива или добавки към тях.

Бутанолът е един от алкохолите, който има свойства, близки до тези на бензина, и двигателите работят добре както с техни смеси, така и с чист бутанол без никакви конструктивни изменения. Интересът към него като гориво бе занижен поради високата му цена и ограниченото му производство. През последните години световно известните фирми като „Dupont” и „BP” разработиха нови технологии за производство, като идеята беше близките години да се постигне цена, по-ниска от тази на етанола [1].

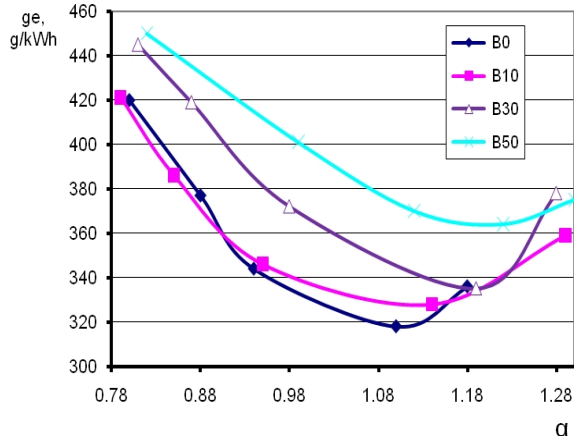
Особеното внимание към бутанолът се дължи на по-високата му калоричност и на октановото му число, което е почти същото, както на обикновения бензин. Той е и по-малко хигроскопичен, което не изисква различна обработка, налагаща се при етанола и метанола. Според [2] обемната ефективност на алкохоло-бензиновите смеси, тя е по-висока от тази на чистия бензин. Това се получава при изпаряване като вследствие на охлаждащия ефект на алкохола се намалява температурата на пълнене и се увеличава плътността на горивовъздушната смес, а от там и обемната ефективност на двигателя.

Бутанолът има калоричност 20 % по-висока от етанола и 25 % по-ниска от бензина. Поради различното въздушно отношение на стехиометричните смеси с отделните горива, калоричността на 1 кг бутанолo-въздушна смес е само с 5 % по-ниска от тази на бензино-въздушната [3, 4]. Октановото число на нормалния бутанол, определен по изследователския метод (RON) е 96, а по моторния (MON) - 78 и е с 2-3 единици по-ниско от това на бензина. Изомерът Tert-butanol е с по-високо октаново число - 105 по (RON) и 89 по (MON), но не може да се използва като гориво в чист вид в зимни условия поради високата температура на топене (-25,5° C). Фактът, че превозните средства могат да работят директно на бутанол, е достатъчен, за да направи изследванията на този тип гориво важно и оправдано.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

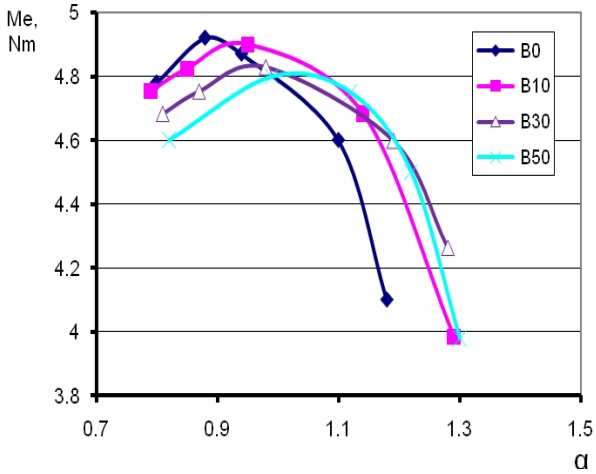
Експериментите са проведени на лабораторен двигател с многоточкова система за впръскване на гориво и ходов обем Vh=1.3 $dm^3$. За да се оцени работата на двигателя, са снети регулировъчни характеристики по състава на сместта и по ъгъла на изпреварване на възпламеняването. Изс-

ледвани са мощностните, икономическите и екологичните показатели при работа с бензин (B0) и смеси на бензин с бутанол 10 % - (B10), 30 % бутанол - (B30) и 50 % - (B50). Подбраният режим на работа за експеримента е при честота n=2000 $min^{-1}$ и разреждане в пълнителния колектор Δрк= 200 Hg. Регулировъчната характеристика по състава на сместа показва, че специфичният ефективен разход на гориво ge нараства с увеличаване на процентното съдържание на бутанол в сместа (фиг.1).



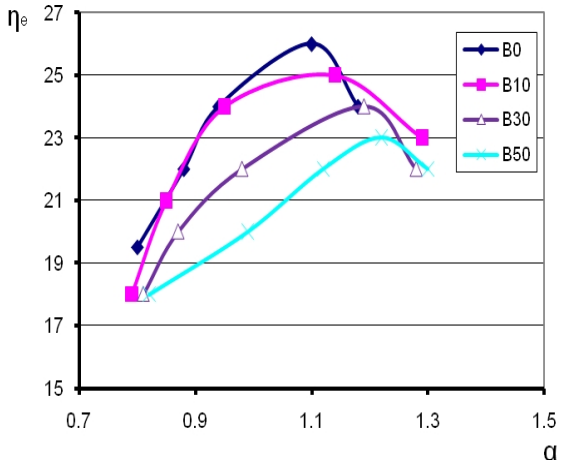

Фиг. 1. Изменение на специфичния разход гориво в зависимост от състава на сместа

Освен това минималните стойности на специфичния ефективен разход на гориво при добавка на бутанол се получават при по-бедни смеси – за чист бензин (B0) е при α=1,08 и нараства с увеличаване на процентното съдържание на бутанол до α=1,22 при B50.




Фиг. 2. Изменение на въртящия момент в зависимост от състава на сместа

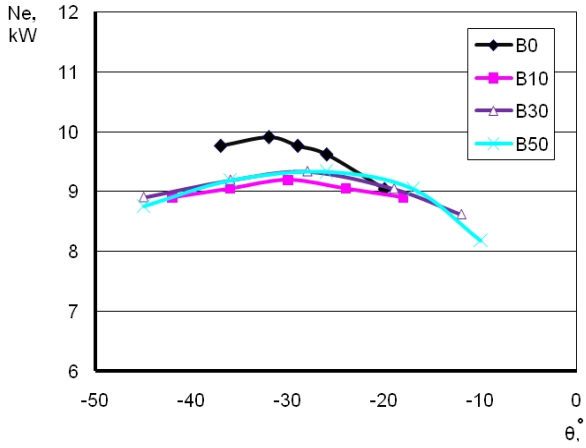
Подобна тенденция се наблюдава и при графиките на въртящия момент (фиг. 2). Максимален въртящ момент при работа с бензин се получава при α=0,88, а със смес B50 при α=0,99. Въртящият момент намалява с увеличаване процентното съдържание на бутанол, като при смес B50 намалението е около 3%.




Фиг. 3. Изменение на ефективния коефициент на полезно действие в зависимост от състава на сместа

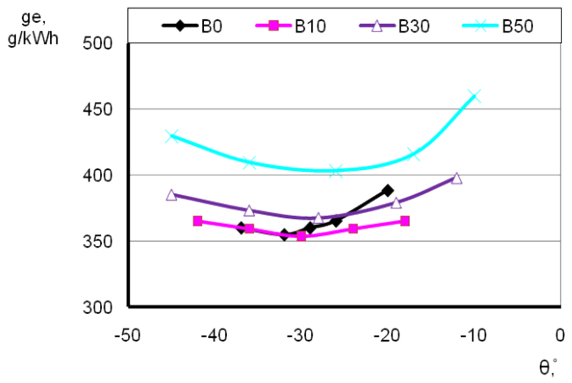
Максималният ефективен КПД при работа с бензин се получава при α=1,1, а със смес B50 при α=1,2. Ефективният КПД намалява с увеличаване процентното съдържание на бутанол (фиг. 3).

От регулировъчните характеристики по състава на сместа е определено въздушното отношение за всяка смес, при което двигателят работи с най-малък специфичен ефективен разход на гориво. С така определеният състав на горивната смес са снети регулировъчни характеристики по ъгъл на изпреварване на запалването.




Фиг. 4. Изменение мощността на двигателя в зависимост от ъгъла на изпреварване на запалването (преди ГМТ)

Максималната мощност беше получена при работа на двигателя с чист бензин (Фиг. 4) при ъгъл на изпреварване на запалването $33^0$ преди ГМТ. С увеличаване на съдържанието на бутанол в сместа оптималният ъгъл на изпреварване на запалването намалява.




Фиг. 5. Изменение на специфичния разход на гориво в зависимост от ъгъла на изпреварване на запалването (преди ГМТ)

Относно специфичния разход на гориво (Фиг. 5) е установено, че минималният специфичен разход на гориво се получава при смес на бензин с бутанол 10% - (B10) при ъгъл на изпреварване на запалването $30^0$ преди ГМТ. С увеличаване съдържанието на бутанол в сместа оптималният ъгъл на изпреварване на запалването намалява и специфичният разход на гориво се увеличава.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

От проведените иследвания се установява, че с увеличаване на съдържанието на бутанол в сместа оптималният ъгъл на изпреварване на запалването намалява. По-малкият ъгъл на изпреварване на запалването при бутаноловите смеси се дължи на по-високата му скорост на горене спрямо тази на бензина изследвана в [3,4]. Оптималният ъгъл на изпреварване на запалването при честота n=2000 min-1 и разреждане в пълнителния колектор Δрк= 200 Hg за бензин е $33^0$ преди ГМТ, а за смес B50 намалява до $26^0$. Това налага необходимостта от корекция в управлението на запалителната система при работа с бензинобутаноловите смеси с по-високо съдържание на бутанол. При смесите с бутанол до 30 % разликата в оптималните ъгли на изпреварване на запалването е незначителна и не е необходима корекция на запалването.

**Литература:**

1. Хаджиев, К., Е. Станков, Бутанолът – алтернативно гориво за двигателите с принудително възпламеняване, Научни трудове на РУ «А. Кънчев», том 49, серия 4, Русе, Стр. 33-37, 2010.
2. S. Szweja, JD Naber. Combustion of n-butanol in a spark-ignition IC engine, Fuel, Vol.89, Issue 7, July 2010, 1573-82.
3. Alasfour F., Butanol - A single cylinder engine study engine performance, International Journal of Engine Research, vol. 21-30, 1997.
4. Broustail J., Seers P., Halter F., Experimental determination of laminar burning velocity for butanol and ethanol iso-octane blends, “Fuel” No 89, 2010.

**Адрес за контакти:**
гл. ас. д-р инж. Кирил Хаджиев
*Катедра „Двигатели с вътрешно горене”*
*Русенски университет „Ангел Кънчев”*
*Тел.: 082/ 888 433, 888 332*
*E-mail:khadjiev@uni-ruse.bg*

# СИНТЕЗНАДИСКРЕТЕНПАРАМЕТРИЧЕНМОДЕЛНАДИЗЕЛОВДВИГАТЕЛЗАТЕХНИЧЕСКАДИАГНОСТИКА

Георги Кръстев
*Русенски университет „Ангел Кънчев”*

# METHODS FOR SYNTHESIS OF A DISCRETE PARAMETRIC MODEL FOR DIESEL ENGINE TECHNICAL DIAGNOSIS

Georgi Krastev
*“Angel Kanchev” – University of Ruse*

**Abstract:** The paper presents methods for synthesis of objects’ diagnostic models based on the recursive estimation of dynamic systems parameters. The methods allow solving a great variety of scientific research problems from the diagnosis area in real-life conditions (or close to them).
The experimental results from the investigation of D240 diesel engine prove the efficiency of the proposed methods.

**Keywords:** diagnostics, recursive estimation, diesel engine.

## 1. ВЪВЕДЕНИЕ

Дизеловият двигател е сложна система, в която енергията на горивото се превръща в полезна работа и е подложен на следните входни въздействия [2, 3, 4]:

б) *Управляващи въздействия:*

- циклово количество въздух, kg/ц.;
- циклово количество гориво, kg/ц.;
- закон, по който се впръсква цикловото количество гориво;
- въздушно отношение на горивната смес;
- ъгъл на изпреварване на впръскването на гориво, deg (кв);
- налягане на въздуха след компресора (при свръхпълнене), MPa;
- температура на въздуха след компресора (при свръхпълнене), K;
- налягане на впръскване на горивото, MPa;
- степен на сгъстяване;
- фази на газоразпределението;
- количество на рециркулираните отработили газове, kg/h.
- $П_{уп}$ - положение на управляващия педал, с който се задава натоварването на ДВГ, deg;
- $ΔП_{уп}$ - скорост на изменение на положението на управляващия педал, deg/s;

а) *Смущаващи въздействия,* които оказват влияние на управлението и стават причина за отклонение на стойностите на управляемите параметри от оптималните:

- налягане на околната среда (атмосферно налягане), кPa;
- температура на въздуха на входа на пълнителния тръбопровод, K;
- температура на горивото след горивонагнетателната помпа, °C;
- температура, характеризираща топлинното състояние на ДВГ (на охлаждащата течност или маслото в картера*)*, °C;
- съпротивителен момент на работната машина, характеризиращ външното натоварване на ДВГ, Nm.

Изходните параметри (показателите на ДВГ) са:

- ефективен въртящ момент, N.m;
- честота на въртене на коляновия вал, $min^{-1}$;
- ефективна мощност, kW;
- разход на гориво, kg/h (1/100);
- специфичен разход на гориво, g/kW.h;
- ефективен к.п.д.;
- съдържание на въглеводороди в отработилите газове, ppm;
- съдържание на азотни окиси в отработилите газове, ppm;
- димност на отработилите газове (по Hartridg), %.

За да се осигури оптимално управление на механизмите на дизелов ДВГ (фазите на

газоразпределението и степента на сгъстяване), горивната система (оптимални стойности на въздушното отношение и ъгъла на изпреварване на запалването), както и за да работи ефективно турбокомпресорът, каталитичният неутрализатор, филтърът за частици и системата за рециркулация на отработили газове - системата, управляваща процесите в дизелов ДВГ, трябва да получава информация за: положението на педала, с който водачът задава натоварването на ДВГ, и скоростта на преместването му, честотата на въртене; температурата и налягането на въздуха след компресора; топлинното състояние на ДВГ (температурата на охлаждащата течност, или на маслото в картера); разхода на въздух; температурата и налягането на горивото пред дюзите и др.

Управляващата системата функционира по следния начин: водачът на транспортното средство задава натоварването на ДВГ с управляващия педал (който може да не е свързан директно, а индиректно с механизма за промяна на цикловото количество гориво) така, че той да работи с честота на въртене, която осигурява (при съответната предавка в предавателната кутия) желаната скорост на движение. Управляващата система поддържа зададената честота на въртене, независимо от изменението на външното натоварване, като променя въздушното отношение, чрез изменение на цикловото количество гориво. То се подава в цилиндрите при оптимален ъгъл на изпреварване на впръскване и налягане на впръскване така, че да се постига ефективен въртящ момент на ДВГ (ефективна мощност при съответната честота на въртене), равен на съпротивителния момент, с минимален специфичен разход на гориво (максимален ефективен к.п.д.) при допустима димност и концентрация на токсични вещества в отработилите газове.

За осигуряване на високи мощностни, икономични и токсични показатели, както и параметри на горивния процес (максимално налягане в цилиндъра, максимална скорост на нарастването му, динамика на топлоотделянето и др.), гарантиращи висока надеждност на ДВГ, системата трябва да управлява още и: закона на впръскване на гориво; налягането на свръхпълнене; фазите на газоразпределението; степента на сгъстяване; количеството на рециркулираните отработили газове и др.

За ДВГ са характерни многобройни и сложни вътрешни връзки между управляващите въздействия и управляемите параметри, поради което всяко от управляващите въздействия влияе на няколко (или на всички) изходни параметри.

Поради тези причини обобщаващите параметри, по които ще се контролира работоспособността на ДВГ (диагностирания обект) са избрани въз основа на критерия технологичност при измерването им (времето за свързване към диагностирания обект и продължителността на измерването). В дадения случай са избрани: изменението на честотата на въртене на коляновия вал във функция от положението на управляващия педал на дизелов двигател Д240.

Рекурсивното оценяване на параметрите на диагностирания обекта е основен подход за получаване на математически модел в реално време. То представлява елемент от системите с непряка адаптация, чието поведение зависи от адекватността на оценения в реално време модел. Повечето от практическите приложения на рекурсивното оценяване се базират на стандартния рекурсивен метод на най-малките квадрати (РМНМК) [5]. Той не изисква големи изчислителни ресурси и се реализира лесно, но РМНМК не може да осигури добри оценки при зашумени измервания, в смисъл на основните качествени показатели – неизместеност и ефективност на оценките.

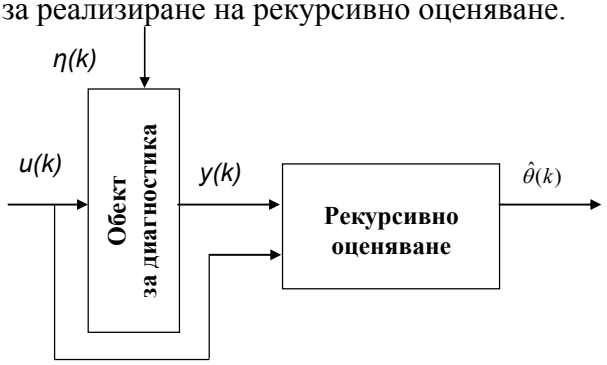
Предложени са множество модификации, които отчасти решават този проблем [1, 5]. По-сложната алгоритмична реализация на тези модификации води до затруднения при тяхната реализация, поради което те рядко се използват в практиката.

Докладът предлага методика за синтез на диагностични модели на базата на рекурсивно оценяване на параметрите на динамични системи, която реализира и рекурсивен метод на предсказаната грешка (РМПГ) за оценяване на параметрите на ARMAX, OE (модел на изходната грешка) и BJ (модел на Бокс-Дженкинс) модели, когато РМНМК не гарантира качествени резултати за ARX (авторегресия-пълзяща

средна стойност) моделите. Методиката позволява да се решават, в реални условия (или близки до реалните), широк кръг научноизследователски задачи от областта на диагностиката.

## 2. Стандартна схема за рекурсивно оценяване

На фиг.1 е показана стандартната схема за реализиране на рекурсивно оценяване.




Фиг. 1. Стандартна схема за рекурсивно оценяване

Нека обектът за диагностика е с един вход и с един изход. Предполага се, че преобразуването на входния сигнал *u(k)* в изходен сигнал *y(k)* с *nk* такта чисто закъснение се представя с уравнението

$$A(q)y(k) = \frac{B(q)}{F(q)}u(k-nk) + \frac{C(q)}{D(q)}e(k), \quad (1)$$

където

$$A(q) = 1 + a_1 q^{-1} + ... + a_{na} q^{-na},$$

$$\mathrm{B}(q) = b_1 q^{-1} + ... + b_{nb} q^{-nb+1},$$

$$C(q) = 1 + c_1 q^{-1} + ... + c_{nc} q^{-nc},$$

$$D(q) = 1 + d_1 q^{-1} + ... + d_{nd} q^{-nd},$$

$$F(q) = 1 + f_1 q^{-1} + ... + f_{nf} q^{-nf}.$$

Тук *nc*, *nd* и *nf* са редовете на съответните полиноми.

Полиномиалното уравнение (1) се представя най – общо с нелинейното регресионно уравнение

$$y(k) = \varphi^T(k,\theta)\theta + e(k,\theta), \quad (2)$$

където

$$\theta = [a_1...a_{na}b_1...b_{nb}f_1...f_{nf}c_1...c_{nc}d_1...d_{nd}]^T,$$

$$\varphi^T(k,\theta) = [-y(k-1) - ...$$
$$- y(k-na)u(k-1)...u(k-nb)$$
$$- w(k-1,\theta) - ... \quad (3)$$
$$- w(k-nf,\theta)\varepsilon(k-1,\theta)...\varepsilon(k-nc,\theta)$$
$$- v(k-1,\theta) - ... - v(k-nd,\theta)]$$

при условие, че част от елементите на $\varphi^T(k,\theta)$ представляват неизмерими, но изчислими сигнали (процеси)

$$w(k,\theta) = \frac{B(q^{-1})}{F(q^{-1})}u(k),$$

$$v(k,\theta) = A(q^{-1})y(k) - w(k,\theta), \quad (4)$$

$$e(k,\theta) = \frac{D(q^{-1})}{C(q^{-1})}v(k,\theta).$$

Елементите на (3) зависят от конкретния тип на модела. Част от многообразието на използвани модели - частни случаи на (1), са дадени в табл. 1.

За всички модели, различни от AR и ARX, част от елементите в $\varphi(k,\theta)$ се формират след подходящо преобразуване на входно – изходните наблюдения през динамични системи (4), чиито параметри са елементите на $\theta$. Ето защо при избран квадратичен показател на грешката от (2)

Пълният вид на алгоритъма за рекурсивно оценяване по метода на най – малките квадрати (МНМК) с експоненциално забравяне на наблюденията се дава с изразите:

$$\hat{\theta}(k) = \hat{\theta}(k-1) + G(k)\hat{e}(k/k-1), \quad \hat{\theta}(0) = \hat{\theta}_0, \quad (5)$$

където предсказаната грешка $\hat{e}(k/k-1)$ се изчислява като

$$\hat{e}(k/k-1) = y(k) - \varphi^T(k)\hat{\theta}(k-1), \quad (6)$$

а коефициентът на усилване на оценяващата процедура G($k$) се формира по следния начин:

$$G(k) = \frac{P(k-1)\varphi(k)}{\varphi^T(k)P(k-1)\varphi(k) + \lambda}. \quad (7)$$

Спомагателната матрица $P$ се нарича ковариационна матрица на оценките или матрица на дисперсията на грешката в оценяването и се обновява с израза

$$P(k) = \frac{1}{\lambda}\left[P(k-1) - G(k)\varphi^T(k)P(k-1)\right], \quad (8)$$
$$P(0) = P_0.$$

Таблица 1

Видове регресионни модели

| Тип на модела | Полиномиално уравнение | Игнорирани структурни параметри |
|---|---|---|
| AR | $A(q^{-1})y(k) = e(k)$ | nb = nc = nd = nf = 0 |
| MA | $y(k) = C(q^{-1})e(k)$ | na = nb = nd = nf = 0 |
| ARMA | $A(q^{-1})y(k) = C(q^{-1})e(k)$ | nb = nd = nf = 0 |
| X | $y(k) = B(q^{-1})u(k) + e(k)$ | na = nc = nd = nf = 0 |
| ARX | $A(q^{-1})y(k) = B(q^{-1})u(k) + e(k)$ | nc = nd = nf = 0 |
| ARMAX | $A(q^{-1})y(k) = B(q^{-1})u(k) + C(q^{-1})e(k)$ | nd = nf = 0 |
| ARARX | $A(q^{-1})y(k) = B(q^{-1})u(k) + \frac{1}{D(q^{-1})}e(k)$ | nc = nf = 0 |
| AR-ARMAX | $A(q^{-1})y(k) = B(q^{-1})u(k) + \frac{C(q^{-1})}{D(q^{-1})}e(k)$ | nf = 0 |
| Output Error (OE) | $y(k) = \frac{B(q^{-1})}{F(q^{-1})}u(k) + e(k)$ | na = nc = nd = 0 |
| Box-Jenkins (BJ) | $y(k) = \frac{B(q^{-1})}{F(q^{-1})}u(k) + \frac{C(q^{-1})}{D(q^{-1})}e(k)$ | na = 0 |

Коефициентът на забравяне λ, (λ ≤ 1), определя ефективната дължина на обработваните от алгоритъма данни за обекта. Така например измервания, по – стари от *M* такта спрямо текущия момент от времето (M=1/(1-λ)), участват в изчисленията с едва 1/3 от реалните им стойности и доста по – слабо влияят върху формиране на текущата оценка. Типични стойности на λ са в интервала [0.97, 0.99]. Препоръчителните начални стойности на рекурсивния алгоритъм са

$\hat{\theta}(0)=0$ и $P(0)=\alpha I$, $\alpha >> 1$. (9)

Понякога се прилага и подход, при който измерените от обекта данни се натрупват в един относително малък интервал от време, напр. в рамките на *m* дискретни стойности ($m \geq \dim\hat{\theta}$), и тогава:

$$\begin{aligned} \hat{\theta}(0) &\equiv \hat{\theta}_m = \left(\Phi_m^T \Phi_m\right)^{-1} \Phi_m^T y_m, \\ P(0) &\equiv P_m = \left(\Phi_m^T \Phi_m\right)^{-1} \end{aligned} . \quad (10)$$

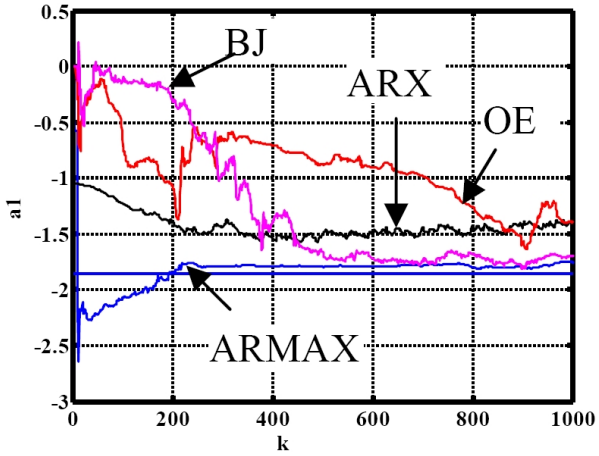
Решението за прекратяване на рекурсивната процедура се приема или поради изчерпване на предварително зададен брой стъпки на рекурсията *N*, или поради достигнат показател за стабилизиране на оценките в рамките на избран интервал от време. (При стационарните обекти стабилизацията на всеки елемент от $\hat{\theta}$ е около една постоянна стойност, която при неизместено оценяване може да се приеме за крайната стойност на оценявания параметър в рамките на доверителния интервал на съответната оценка.)

В предложената реализация за рекурсивно оценяване на параметри на динамични системи в реално време са заложени рекурсивните методи от System Identification Toolbox [6].

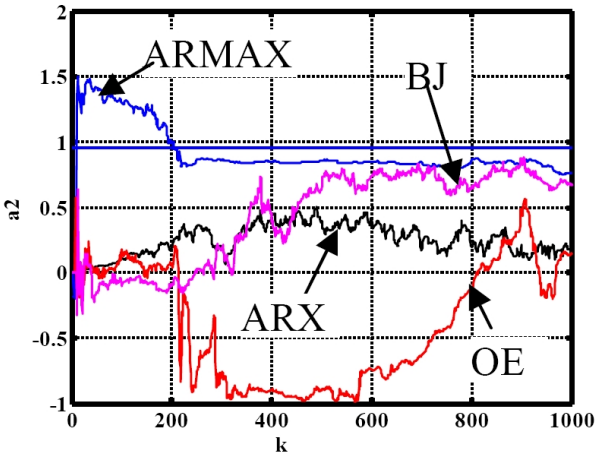
**4. Рекурсивно оценяване на параметрите на дизелов двигател с вътрешно горене**

Обект на изследването е дизелов двигател Д240. Минималната честота на въртене на коляновия вал на двигателя е 500 $min^{-1}$, а максималната честота е 2600 $min^{-1}$. Измерването на честотата на въртене извършва на базата на сигнали получени от магниторезистор монтиран срещу зъбния венец на маховика.

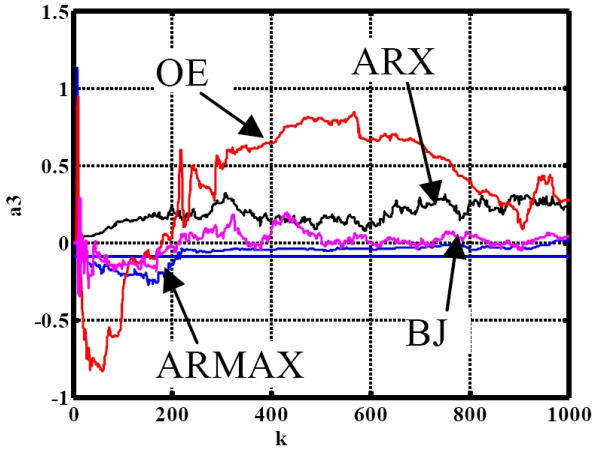
Проведени са експерименти за рекурсивно оценяване в реално време на параметрите на модела на двигателя. За идентификация на обекта на изследване са използвани ARX, ARMAX, OE и BJ модели със структурни параметри na=3 , nb=3, nc=3, nf=3 и nk=1. Получените резултати са показани на фиг. 2÷7.



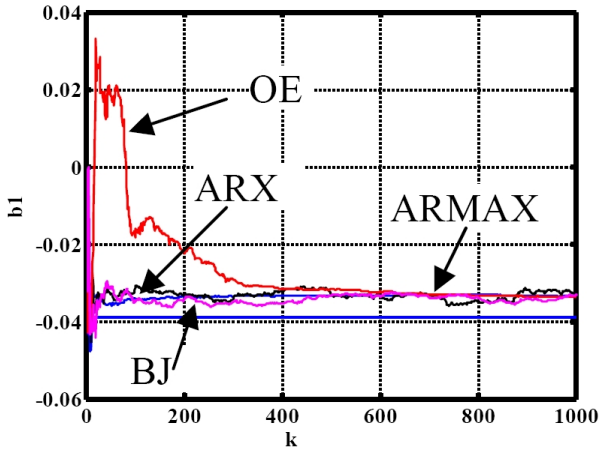

Фиг. 2. Оценяване на *a*1



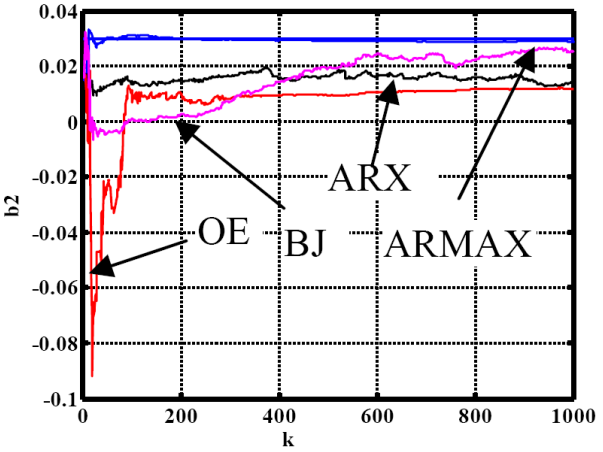

Фиг. 3. Оценяване на *a*2



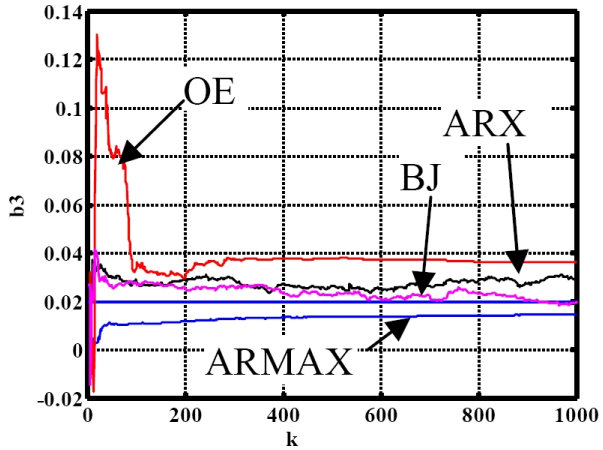

Фиг. 4. Оценяване на *a*3




Фиг. 5. Оценяване на *b*1




Фиг. 6. Оценяване на *b*2




Фиг. 7. Оценяване на *b*3

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Представеният материал демонстрира методика за синтез на диагностични модели. Тя включва рекурсивно оценяване на параметрите на динамични системи, която освен РМНМК реализира и РМПГ за оценяване на параметрите на ARMAX, OE и BJ модели.

Представени са експериментални резултати, показващи работоспособността на предложената методика.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Гарипов, Е. Идентификация на системи: Част II. Идентификация чрез дискретни стахак.стични регресионни модели. ТУ, София, 2007.
2. Гюнтер, Г. Диагностика дизельных двигателей. Москва, „За рулем”, 2004.
3. Илиев, Л. Електронни системи за автоматично управление на автомобилите и автомобилните двигатели, Техника, 1983.
4. Kiencke, U., L. Nielsen. Automotive Control Systems. For Engine, Driveline, and Vehicle. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005
5. Ljung, L. System Identification: Theory for the User. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, 1999.
6. System Identification Toolbox User’s Guide. The Mat Works, Inc., August 2007.
7. Egeland, O., J. Gravdahl: Modeling and Simulation for Automatic Control. Marine Cybernetics, 2002.

**Адрес за контакти**
доц. д-р инж. Георги Кръстев,
*Катедра “Компютърни системи и технологии”*
*Русенски университет “Ангел Кънчев”*
*ул. Студентска 8*
*7017 Русе*
*тел. (082) 888 672*
*E-поща: gkrastev@ecs.ru.acad.bg.*

**Contact Address**
Assoc. Prof. Georgi Krastev, PHD
*Department of Computer System and Technologies*
*University of Ruse*
*8, Studentska Street*
*7017 Rousse*
*Bulgaria*
*tel. (+359 82) 888 672,*
*E-mail: gkrastev@ecs.ru.acad.bg.*

# LABJACK TOOLBOX ЗА MATLAB/SIMULINK

Георги Кръстев
*Русенски университет „Ангел Кънчев”*

## LABJACK TOOLBOX FOR MATLAB/SIMULINK

Georgi Krastev
*„Angel Kanchev” University of Ruse*

**Abstract:** The paper presents a toolbox extension to the Matlab/Simulink packet, designed to perform real-time measurements on the basis of Labjack measurement modules. It describes the supported modes for modules exchange, i.e. Request/Response and Data stream modes. The paper includes also a demo-program for visualizing the basic functional possibilities of the developed toolbox.
**Keywords:** Matlab, measurement, Labjack.

### ВЪВЕДЕНИЕ

В последните години се наблюдава масово използването на PC-базирани системи за събиране на данни (Data Acquisition) и управление, изградени на основата на специализирани модули и компоненти. Чрез тях с подходящ софтуер за PC се превръща във виртуален инструментариум (Virtual Instrumentation) с широки функционални възможности и голяма гъвкавост. По този начин се реализират PC-осцилоскопи, волтметри, честотомери, спектроанализатори и др. [1, 2, 5].

Labjack са USB/Ethernet базирани устройства за измерване или устройства за автоматизация, които предоставят аналогови входове/изходи, цифрови входове/изходи, честотни входове/изходи и др. [4].

Както е известно MATLAB е среда за разработка на управляващи алгоритми и анализиране на сигнали [3]. MATLAB предлага огромен списък с функции за реализирането на тези задачи. Въпреки, че MATLAB е пуснат на пазара като академично софтуерно помагало, а и в много производства се използва за нови разработки и тествания. С MATLAB може да се получи директен достъп до данни и дори да се реализира управление с обратна връзка в реално време.

В представения доклад е разгледана разработената допълнителна библиотека от функции за Matlab/Simulink в областта на измерванията в реално време на базата на измервателни модули Labjack. Разработката представлява удобен инструмент за изследване на обекти за диагностика и предоставя изолирането на входно-изходните операции от изобразяването на данните.

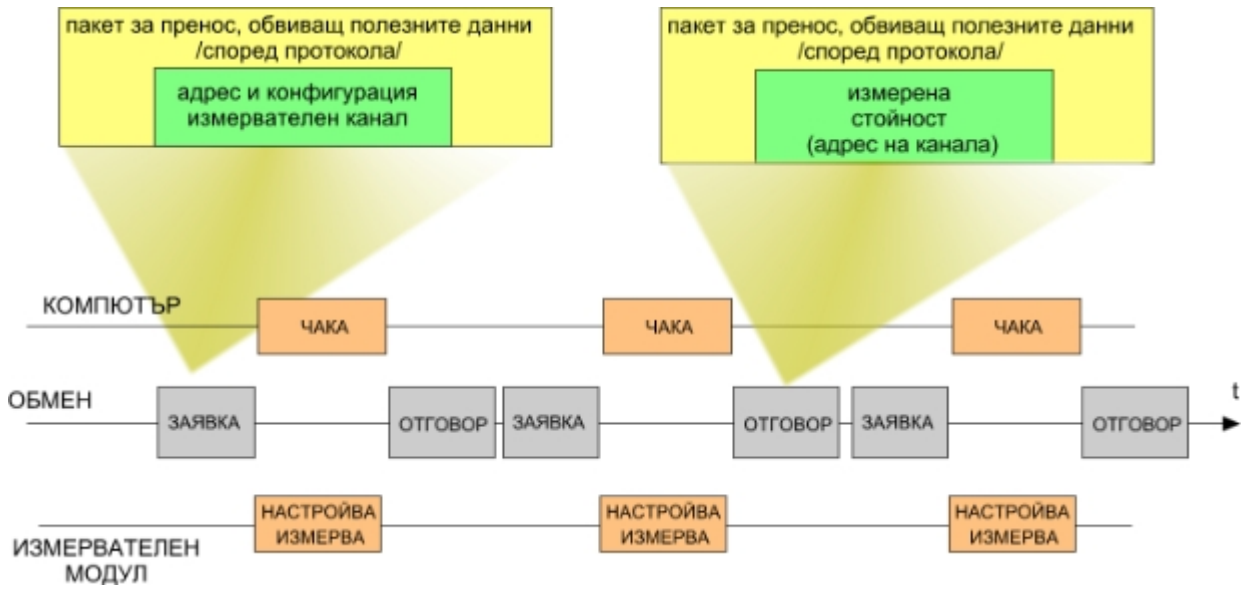
### РЕЖИМИ НА ОБМЕН ПРИ ПОЛУЧАВАНЕ НА ДАННИ ОТ ИЗМЕРВАТЕЛНИ МОДУЛИ LABJACK

В общия случай една система за получаване на данни се състои от компютър, измервателен модул, сензори и средства за връзка между тях. Обменът би могъл за бъде осъществен най-общо по два начина: режим заявка/отговор и поточен режим.

Този режим дава по-голяма гъвкавост, тъй като величините се измерват само при поискване от системата. Освен това не е необходимо запомняне на повече от едно измерване. В целият обмен обаче, полезната информация, която се предава, е много малка част.

#### Режим заявка/отговор

При този режим, за всяка измервана величина, компютърът изпраща заявка към измервателния модул. От своя страна при получаване на заявката, модулът, ако е необходимо, прави вътрешни настройки на хардуера си (режими на АЦП, ЦАП, мултиплексори и.н), измерва величината и изпраща (връща) като отговор, измерената стойност. Обобщена схема на обмена е показана на фиг. 1.




Фиг. 1. Обмен на данни при режим Заявка/Отговор

**Поточен режим**

При него компютърът подава заявка за желаните измервателни канали, модулът прави необходимите вътрешни настройки и започва последователно да сканира каналите. Отчетите се записват във вградения му буфер. От друга страна, компютърът извлича данни от буфера. Това дава възможност отделните стойности да се групират в блокове и да се изпращат наведнъж. Така делът на полезните данни в общия информационен поток е много по-голям. Освен това се спестява и от много по-малкия брой заявки. Като недостатъци може да се посочат необходимостта от буфер и по-голямата сложност (не трябва да се допуска буферът да се препълни). В противен случай измерените данни ще бъдат изгубени. Освен това при този режим точното време на отчета може да се определи само косвено (поради буферирането).

**Избор на режим за обмен на данни**

Според LabJack Corporation, режимът заявка/отговор може да се използва за измервания с честота, по-малка от 10 отчета за секунда. Възможността на модула е около 50 хиляди отчета в секунда, така че за да се използват напълно възможностите му, трябва да се използва поточният режим на работа.

**ОПИСАНИЕ НА LABJACK TOOLBOX ЗА MATLAB/SIMULINK**

Модулът за връзка с LabJack U6 използва съответния за операционната система драйвер. За Windows той е WindowsUD LabJack Driver, който предоставя фунции на две нива: високо и ниско. Функциите от високо ниво, осигуряват буфериран обмен с LabJack, както и много спомагателни функции, облекчаваща работата на разработчиците (заявка на канали, лесно конфигуриране, диагностика и др.). Функциите от ниско ниво изискват задълбочено познаване на протокола и системните особености на LabJack U6.

В структурно отношение LabJack Toolbox следва модулната структура на другите библиотеки към Matlab. Това позволява интегрирането на всеки блок в произволна система с останалите. Всеки модул е написан на езика на Matlab. Характерното тук е, че всеки от тях е превърнат с помощта на S-функция в графичен блок. Това улеснява използването на графичния интерфейс на Simulink и дава възможност на непрограмисти да работят със системата.

Във функционално отношение LabJack Toolbox се състои от модули, изпълняващи следните типове функции за работа с:

- **Цифрови входове.** LabJack има 20 входно-изходни цифрови канала. WindowsUD драйвера използва следните номера битове за определяне на всеки един от тях в общата 32 битова дума, с която се чеат и записват: 0-7 FIO0-FIO7; 8-15EIO0-EIO7; 16-19 CIO0-CIO3; 20-22

MIO0-MIO2.

При поточен режим на работа е възможно използването само на първите 16 (EIO0..EIO7 и FIO0_FIO7). Номерът на канала, който трябва да се заяви за сканиране е 193.

• **Аналогови входове.** LabJack U6 има 14 достъпни за външно свързване аналогови входове. Заявяват се с канали от 0 да 13. Всеки вход има възможност за различна разредност (от 16 да 22 бита) – задава като параметър на командата за параметриране на канала. Има също и програмируем измервателен усилвател, с който се задават различни обхвати на измерване:+/- 0,01V; +/- 0,1V; +/- 1V; +/- 10V.

Обхватът също е включен като параметър на конфигурационната команда. Драйверът може да връща както стойност с плаваща запетая, така и необработената стойност от АЦП.

• **Таймери/броячи.** LabJack U6 има 4 таймера (Timer 0 – Timer 3) и 2 брояча (Counter 0, Counter 1). Тези от тях, които са разрешени, заемат изводите FIO/EIO в следната последователност: Timer 0, Timer 1, Timer 2, Timer 3, Counter 0, Counter 1. Целият ред може да бъде изместен по изводите чрез параметъра TimerCounterPinOffset, подаван на конфигуриращата функция. Броячът Counter 0 не е достъпен за всички режими на тактовия генератор, тъй като служи за делител на основния тактов сигнал. В тези режими той не заема извод. Всеки от боячите има 32-битов регистър и брои броя на падащите фронтове на външен извод. Всеки от таймерите може да работи в един от следните режими: 0-ШИМ 16 бита; 1-ШИМ 8 бита; 2-положителен фронт 32 бита; 3-отрицателен фронт 32 бита; 4-коефициент на запълване; 5-фърмуерен таймер; 6-фърмуерен таймер за механични контакти; 7-честотен изход; 8-квадратура; 9-стоп таймер; 10-системен (младша част); 11-системен (старша част); 12-положителен фронт 16 бита; 13-положителен фронт 16 бита.

Тактовият сигнал е общ за четирите таймера и може да бъде: 0-4 MHz; 1-12 MHz; 2-48 MHz (Стандартно); 3-1 MHz/C делител; 4-4 MHz/ C делител; 5-12 MHz/ C делител; 6-48 MHz/ C делител.

При първите честоти, брояч Counter 0 не се използва като делител и е свободен за използване.

Таймерите и броячите се адресират като специални канали с номера: 193-EIO_FIO; 200-Timer 0; 201-Timer 1; 210-Counter 0; 211-Counter 1**.**

Структурата на библиотеката позволява извикването на всеки един от модулите в произволна комбинация с останалите, стига да са спазени изискванията за характера на входовете и изходите.

Към LabJack Toolbox е предвидена и демопрограма, която се използва за демонстриране на основните функционални възможности на разработения пакет.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Широките възможности на MATLAB предопределят голямото му значение за индустрията, а съвместното му приложение с измервателни модули от вида на Labjack би могло да отговори на предизвикателства, свързани с други научно изследователски сфери.

Създадената библиотека LabJack за Mallab/Simulink за връзка между измервателни модули от вида LabJack и софтуерния пакет MATLAB дава широки възможности за допълнителни разработки, както на академично ниво, така и за идентификация на обекти и оптимизация на управлението на технологични обекти в производството.

**Литература:**

1. Georgiev, Ts., G. Krastev. A Classification of Virtual Measurement Environments. International Conference on e-Learning and the Knowledge Society - e-Learning'09, Berlin 2009.
2. Кръстев, Г., Цв. Георгиев. Използване на съвременни технологии при автоматизацията на научните изследвания в РУ „А. Кънчев". Моделиране на хибридни системи. International virtual journal for science, technics and innovations for the industry. Mechines, Technologies,

Materials. Issue 8-9/2010, 51-53.
3. Кръстев, Г. Цв Георгиев. Средства за автоматизация на научните изследвания. Библиотека за докторанти. ПБ "Ивона" ЕООД, ISBN 954-712-178-2, 2002, с. 170.
4. LabJack U6 (Pro) User's Guide Revision 0.99, LabJack Corp. 2009.
5. http://tmc.metrisys.bg/webfiles/NL1_Introduction_to_daq.pdf.

***Адрес за контакти***

доц. д-р инж. Георги Кръстев,
*Катедра "Компютърни системи и технологии"*
*Русенски университет "Ангел Кънчев"*
*ул. Студентска 8*
*7017 Русе*
*тел. (082) 888 672*
*E-поща: gkrastev@ecs.ru.acad.bg.*

**Contact Address**

Assoc. Prof. Georgi Krastev, PHD
*Department of Computer System and Technologies*
*University of Ruse*
*8, Studentska Street*
*7017 Rousse*
*Bulgaria*
*tel. (+359 82) 888 672,*
*E-mail: gkrastev@ecs.ru.acad.bg.*

# УТИЛИЗИРАНЕ НА КЛАНИЧНА КРЪВ

Любомир Владимиров
*Русенски университет „Ангел Кънчев”*

## UTILIZATION OF SLAUGTHER BLOOD

Lyubomir Vladimirov
*„Angel Kanchev” University of Ruse*

**Abstract:** This paper presents a technology for utilization of animal blood, which is waste product in slaughter industry. By this technology blood-and-milk fodder concentrate with high protein amino acid content is obtained. The paper describes the basic technological processes and operations, their sequence, interrelations, some characteristics and modes. Comparative analysis of this technology and its previous versions is made in order to prove its higher efficiency. This technology has significant ecological effect since it prevents disposal of blood and pollution of wastewaters and respectively water reservoirs..

**Keywords:** utilization of animal blood.

Кръвта е основен замърсител в канализационните води от кланичното производство.

В годините на прехода в страната се увеличи броят на фирмите за клане, разфасовка на месо и производство на колбаси. Значителна част от тях нямат подходящи пречиствателни системи. В резултат на това кланичната кръв се изхвърля в канализацията и във водоемите и възниква редица критични замърсявания [5,7].

За намаляване на вредните ефекти, вместо използване на скъпоструващи пречиствателни системи може да се внедряг безотпадъчни технологични процеси, ориентирани към оползотворяване на кланичната кръв, която съдържа много ценни съставки. Ето защо е подходяща за производство на продукти за фуражни цели. Такива са кръвно брашно, кръвни трици, фуражна каша, кръвно-млечен обогатител, кръвно-млечен белтъчен концентрат и др. [2,3,4,6]

Опитът ни [2,3,4,6] от създаването на технологии за производство на кръвно-млечен белтъчен концентрат (КМБК) показа, че се получава продукт с голям хранителен и лечебен ефект при кокошки, прасенца и пчели.

Първият вариант на технологията е предназначен за производство в лабораторни условия (вариант I) [1]. Въз основа на опита от внедряването й и проведените експериментални изследвания допълнително бе разработен подобрен вариант (вариант II – [4]). Третият вариант намалява общата продължителност на цикъла на производство значително – вариант III [6,8].

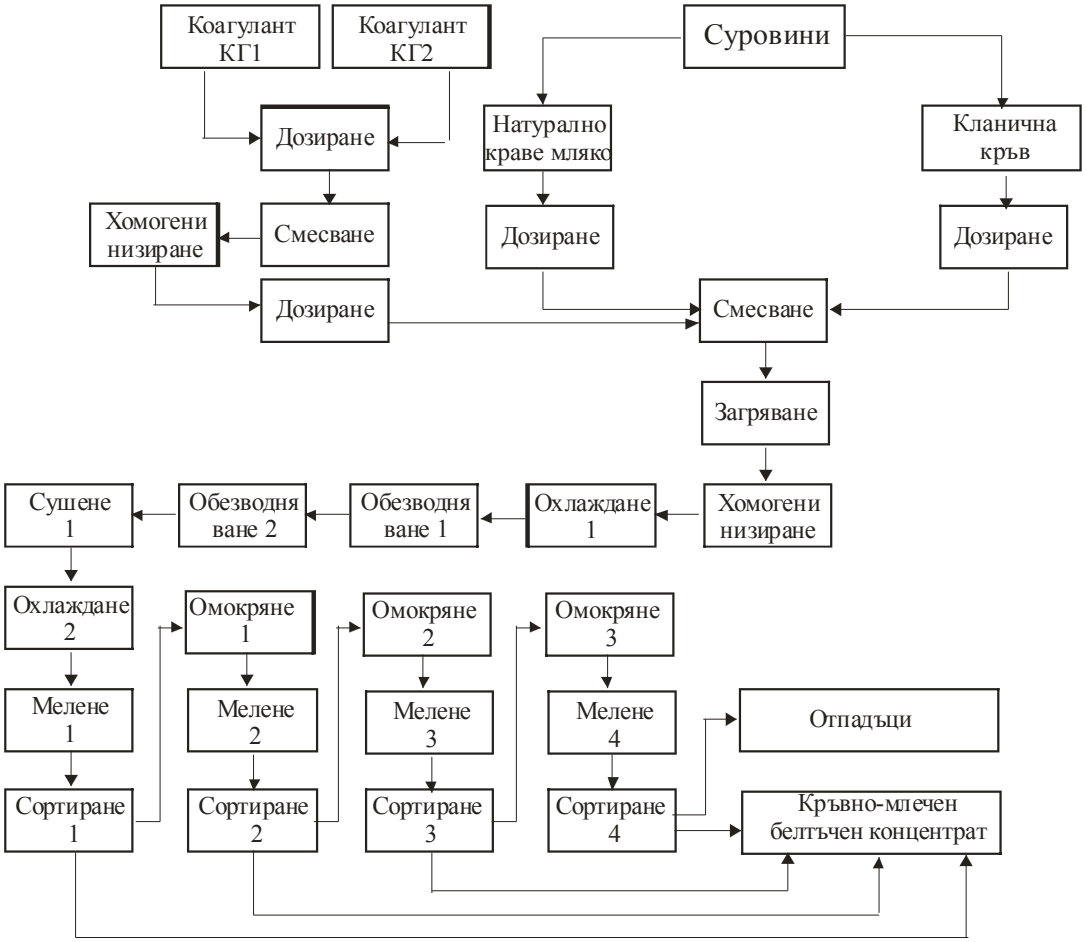
Цел на настоящата работа е да се представят резултати от създаване на усъвършенствана технология - вариант IV за оползотворяване на животинската кръв.

За постигането й са решени следните задачи:

- предлага се нова технология, която е съвкупност от операции и средства за производство на КМБК;
- дефинират се видът и характеристиките на операциите за получаване на продукт с по-висок белтъчен, аминокиселинен и витаминен състав;
- достига се максимална производителност и се минимизират отпадъците.

Прилаганите технологични процеси и операции и последователността им са показани на фиг.1.

Като изходни суровини се използват животинска кръв от кланично производство и натурално краве мляко. Проведен бе експеримент и със сухо краве мляко, който показа, че процесите на смесване и коагулация са нехомогенни. Поради това са неподходящи.




Фиг.1. Основни операции на технология за оползотворяване на кланична кръв – вариант IV

Установено бе, че кланичната кръв трябва да се обработват не по-късно от 2-2,5 h от добиването й. След това възниква интензивно съсирване, което я прави негодна.

Кланичната кръв и млякото се дозират в ново съотношение. След това се смесват. Получената смес се хомогенизира чрез бъркане в продължение на 0,43 h с честота 40-50$^{-1}$min. След това се загрява до температурата, която може да се отчете на фиг. 2.

За коагулиране на сместа се използват два нови коагуланта, които се дозират, смесват и хомогенизират. Добавят се към суровинната смес. Коагулацията протича по време на първата степен на загряване и поддържане на началната температура. Процесът на коагулация е оптимизиран. Следващата операция е охлаждане до стайна температура, което зависи от масата на обработваната смес.

Коагулираният материал е с висока относителна влажност – 60-70 %.

След охлаждане сместа се подлага на двукратно обезводняване. Първо се използва гравитационно, а след това обезводняване чрез филтър – преса. В резултат на тази обработка относителната влажност намалява до 35-40 %.

По-малката влажност на коагулирания материал, в сравнение с технологията описана в [1,4,6], позволи да се подобри температурният режим на сушене. Намалена е енергоемкостта и продължителността на сушене.

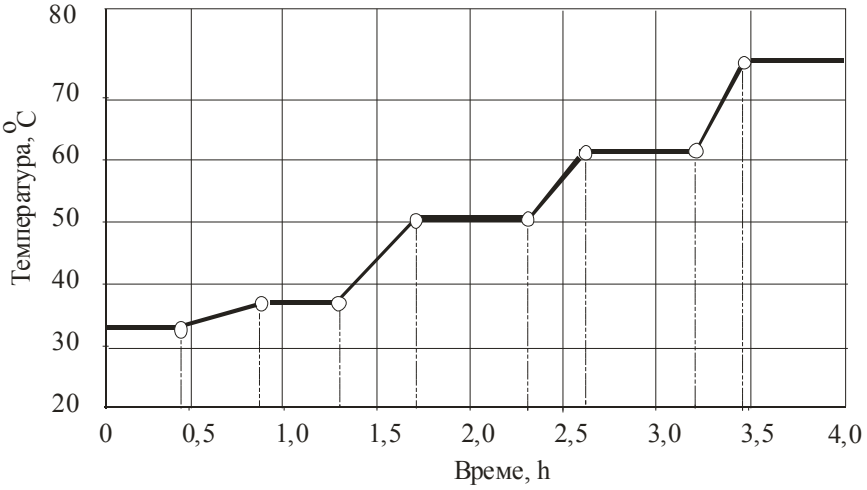
Температурно-времевият режим на сушене е показан на фиг.2. Той е подбран: първо, въз основа на съображения за намаляване на относителната влажност на материала до посочения диапазон, второ, запазване на аминокиселинния и белтъчния състав на изходните суровини.

След това материалът се охлажда до температура 25-30$^{o}$ C, мели се 15 min с топкова мелница (мелене 1 - фиг. 1) и се подлага вибрационно-ситово пресяване. По този начин се извлича фината фракция с размер до 0,8-1,0 mm.

Таблица 1

Показатели на технологиите за оползотворяване на кланична кръв

| № | Показатели | Размерност | Технологии | |
|---|---|---|---|---|
| | | | вариант I [1] | вариант II[4] |
| 1 | Продължителност на технологичния цикъл | h | 18,4 - 18,6 | 7,9 - 11,8 |
| 2 | Производителност | kg/цикъл | 6,9 - 7,4 | 11,8 - 13,7 |
| 3 | Отпадък | % | 0,8 - 1,8 | 0,2 - 0,6 |
| 4 | Белтък | % | 70,7 - 72,4 | 76,5 - 78,2 |
| 5 | Млечна захар | % | 10,2 - 11,2 | 10,8 - 11,5 |
| 6 | Минерални вещества | % | 2,2 - 2,5 | 1,7 - 2,1 |
| 7 | Мазнини | % | 1,1 - 1,3 | 1,2 - 1,3 |
| 8 | Аспартинова киселина Asp | mg/100mg | 2,432 - 2,845 | 3,445 - 3,78 |
| 9 | Тирозин Thr | mg/100mg | 0,885 - 1,008 | 1,072 - 1,211 |
| 10 | Серин Ser | mg/100mg | 1,082 - 1,108 | 0,978 - 1,191 |
| 11 | Глуталинова киселина Glu | mg/100mg | 2,872 - 2,999 | 2,344 - 2,789 |
| 12 | Пролин Pro | mg/100mg | 1,322 -1,338 | 1,379 - 2,055 |
| 13 | Глицин Gly | mg/100mg | 1,172 - 1,213 | 1,612 - 1,544 |
| 14 | Аланин Ala | mg/100mg | 1,986 - 2,168 | 1,844 - 2,335 |
| 15 | Валин Val | mg/100mg | 2,562 - 2,713 | 2,612 - 2,712 |
| 16 | Метеонин Met | mg/100mg | 0,373 - 0,412 | 0,277 - 0,516 |
| 17 | Лекцин Leu | mg/100mg | 3,448 - 3,569 | 3,331 - 3,781 |
| 18 | Фенилоланин Phe | mg/100mg | 1,724 - 2,34 | 1,755 - 3,001 |
| 19 | Хистидин His | mg/100mg | 1,843 - 2,56 | 1,912 - 2,665 |
| 20 | Лизин Lys | mg/100mg | 2,111 - 2,719 | 2,056 - 2,783 |
| № | Показатели | Размерност | Технологии | |
| | | | вариант III [6,8] | вариант IV |
| 1 | Продължителност на технологичния цикъл | h | 14,8-15,7 | 6,7-8,2 |
| 2 | Производителност | kg/цикъл | 16,2-17,5 | 18,2-19,3 |
| 3 | Отпадък | % | 0,22-0,33 | 0,16-0,24 |
| 4 | Белтък | % | 72,1-74,3 | 75,6-76,8 |
| 5 | Млечна захар | % | 10,6-10,9 | 10,3-10,5 |
| 6 | Минерални вещества | % | 2,4-2,6 | 1,8-2,7 |
| 7 | Мазнини | % | 1,1-1,2 | 1,4-1,8 |
| 8 | Аспартинова киселина Asp | mg/100mg | 3,612-3,714 | 2,433-3,624 |
| 9 | Тирозин Thr | mg/100mg | 1,147-1,637 | 1,112-1,718 |
| 10 | Серин Ser | mg/100mg | 1,132-1,141 | 1,143-1,161 |
| 11 | Глуталинова киселина Glu | mg/100mg | 2,433-2,591 | 2,281-2,491 |
| 12 | Пролин Pro | mg/100mg | 1,357-1,988 | 1,247-1,892 |
| 13 | Глицин Gly | mg/100mg | 1,513-1,631 | 1,618-1,723 |
| 14 | Аланин Ala | mg/100mg | 1,988-2,351 | 1,912-2,326 |
| 15 | Валин Val | mg/100mg | 2,633-2,788 | 2,611-2,855 |
| 16 | Метеонин Met | mg/100mg | 0,243-0,612 | 0,235-0,721 |
| 17 | Лекцин Leu | mg/100mg | 3,129-3,562 | 3,369-3,492 |
| 18 | Фенилоланин Phe | mg/100mg | 1,944-2,779 | 1,744-2,245 |
| 19 | Хистидин His | mg/100mg | 2,314-2,655 | 2,192-2,536 |
| 20 | Лизин Lys | mg/100mg | 2,271-2,812 | 2,188-2,912 |




Фиг. 2. Температурно-времеви режим на сушене

Тя е 60 % от общата сушена маса. Останалата част се подлага още три пъти (фиг. 1) на аналогична обработка. Включва се допълнително омокряне, тъй като поради голямата твърдост на изсушените гранули не могат да бъдат смлени с топкова мелница.

Полученият КМБК се суши докато придобие влажност от порядъка на 5-7 %. Проведените експериментални изследвания показват, че тя гарантира едногодишна трайност на КМБК.

Отпадъкът представлява груба несмилаема фракция с твърдост на полимерен материал.

Продуктът КМБК е пълноценен, лесно усвояем и екологично чист белтък за обогатяване храната на птици, свине и пчели. Той съдържа млечна захар, минерални вещества, мазнини, витамините A, D, E, C, $B_1$, $B_2$, $B_{12}$, PP, K, както и основните аминокиселини, определени чрез киселинна хидролиза (табл. 1).

Сравнителният анализ на показателите на изложения усъвършенстван вариант (вариант IV) на технологията за оползотворяване на кланична кръв и първоначалните варианти (вариант I, II и III) показва, че:

1. Значително е намалена продължителността (4,8-5,7 h) на технологичния цикъл, а производителността е увеличена с 62,3 %;
2. Отпадъците са сведени до минимум от 0,12-0,23 %;
3. Белтъчното съдържание е увеличено 78,1-79,3 %;
4. Понижено е съдържанието на минерални вещества, а съдържанието на мазнини и млечна захар се запазва;
5. Получен е по-добър аминокиселинен състав. Повишен е относителният дял на основните аминокиселини, като само за лекцин се получава приблизително същата стойност, както при предходните варианти на технологията.

Смъртността при птиците рязко намалява и спира. Подобрява се жизнеността, общото състояние, растежът и натрупването на мускулна маса, а в по-късен период и носливостта.

При прасенца се установява подобен ефект относно физиологията и общото състояние.

При пчелите се увеличава съдържанието на белтък и се прилага с голям ефект предимно по време на образуване на пилото.

Изложената технология има и значителен екологичен ефект, тъй като кръвта при колене на животните не се изхвърля в канализационните води и не се замърсяват водоемите.

**Литература:**

1. Томов, В., И. Байчев. Технология и линия за производство на кръвно-млечен концентрат в лабораторни условия. Научни трудове РУ "Ангел Кънчев", том 37, серия 11, Русе, 1999, 107-112.
2. Томов, В., И. Байчев, Л. Владимиров. Технология за оползотворяване на кланична кръв. Управляване на иновацион-

ните технологии МИТ 2000. 4-та международна конференция 29 – 30.09.2000, Варна.
3. Томов В., И.Байчев, Л.Владимиров. Изследване процеса на мелене на кръвномлечен белтъчен концентрат за фуражни цели. Известия на Съюза на учените-Русе.1/2000, серия "Технически науки", 2000. № 3, с. 96-99.
4. Томов, В., И.Байчев, Л. Владимиров. Технология за оползотворяване на кланична кръв. Варна, Механика на машините, 2000. № 36, с. 39-42.
5. Томов, В., И.Байчев, Л.Владимиров, Оптимизиране коагулацията на високобелтъчен фуражен концентрат от кланична кръв. Варна, Механика на машините, 2000. № 36, с. 43-46.
6. Tomov, V., Vladimirov, L. Preventing water pollution by means of waste blood utilization in slaughter industry, Ecologica, 2005, 44, 5-11.
7. Tomov, V. L. Vladimirov, About criticality of contamination of waters with animal blood. Varna, Second international congress of mechanical and electrical engineering and marine industry MEEMI, 2005, v. IV, 176-183.
8. Vladimirov, L. Risk Assessment and risk decrease of contamination of Waters with Blood in Slaughter Industry. Part I. Risk Assessment. Journal of International Environmental Application & Science, 2008, Vol.3(3), 1-7.

**Адрес за контакти:**
д-р Любомир Владимиров Владимиров
*Русенски университет „Ангел Кънчев"*
*Катедра „Екология и опазване на околната среда"*
*ул. "Студентска" № 8*
*Русе 7017.*
*E-mail: lvvladimirov@uni-ruse.bg*

# МОДЕЛИРАНЕ НА ТРАНСГРАНИЧНИТЕ ЕКОЛОГИЧНИ ОПАСНОСТИ

Любомир Владимиров
*Русенски университет „Ангел Кънчев”*

## TRANSBORDER'S ENVIRONMENTAL DANGERS MODELING

Lyubomir Vladimirov
*„Angel Kanchev” University of Ruse*

**Abstract:** Transborder dangers are base for analysis and environmental security assessment for activities in the stakeholders states. They are fundamental of the perceived from the author chain-model “danger – risk - criticality – vulnerability – uncertainty – security”. Morphological and numerical models, presented objectively the formation, development and danger's effects are considered. Their appliance allows reliable assessment of the critical situations with international importance.

**Keywords:** environmental, dangers modeling.

Глобализацията на икономиката влияе върху възникването на екологични опасности. Забелязват се две основни тенденции:

I. Интензивно нарастване вероятността на появяване на бедствия, аварии и катастрофи, съвпадащо с началото на глобализацията,

II. Увеличаване тежестта, честотата и интензитета на вредите от събитията.

В резултат на това влияние екологичните ефекти прерастват от национални в международни. Характеристики на международните ефекти са трансгранични вредни последствия и появяващите се чрез тях критичности.

Трансграничните вреди се причиняват от една на друга територии или на принадлежащите им обекти и дейности под юрисдикцията или контрола на различни държави, които могат да имат, но могат и да нямат общи граници. Първата е държавата, от където произхожда вредата. В нея се планира или осъществява конкретен вид опасна икономическа дейност или възникват характерни природни бедствия. Втората, третата и т.н. потърпевши държави са засегнатите държави, където съществува риск за поражения, предизвикващ критичности и критични ситуации.

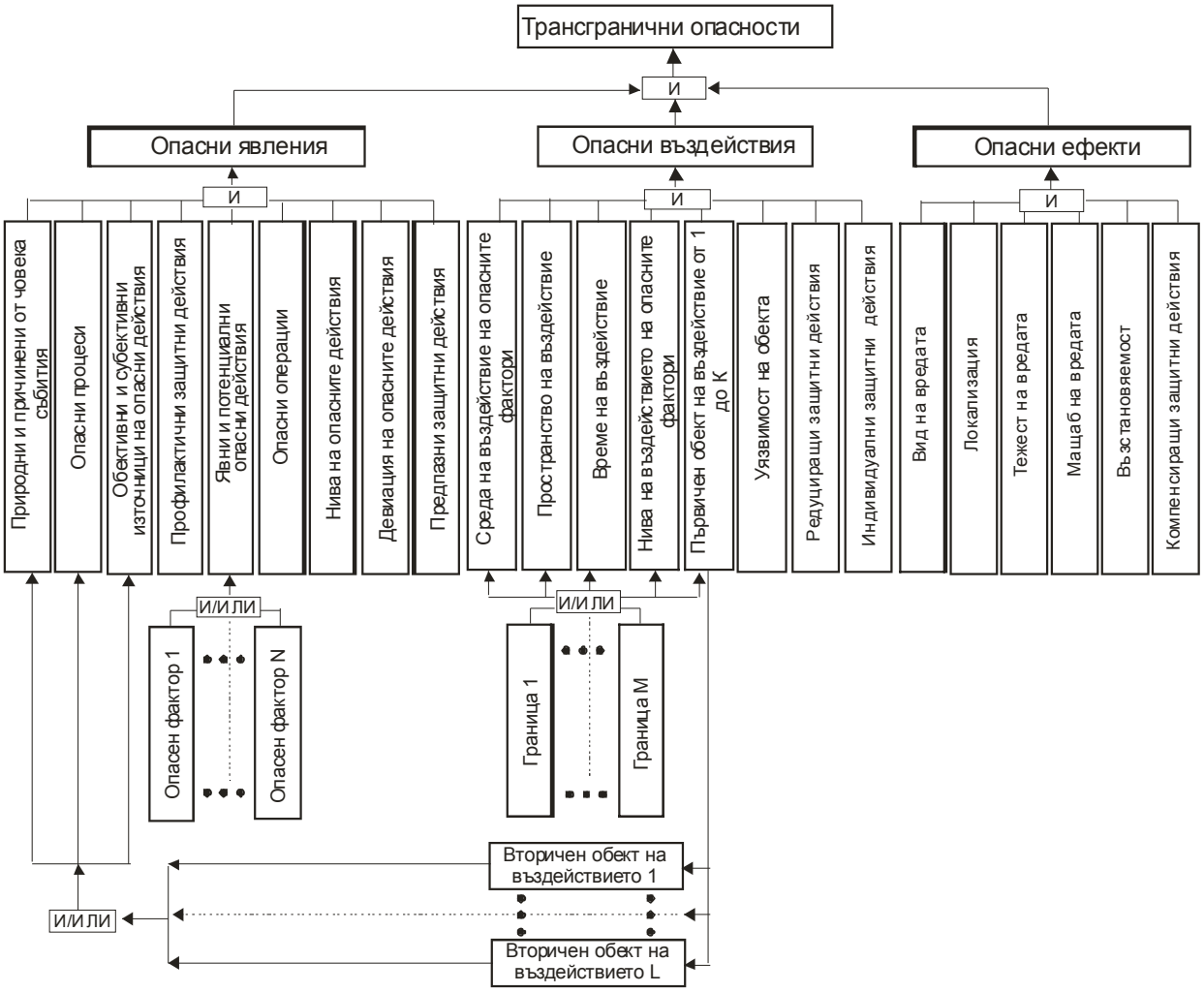
Цел на настоящата работа е да се предложи нов подход в разкриване структурата и спецификата на трансграничните екологични опасности.

За постигането й се решават следните задачи: 1) Дефиниране структурата на трансграничните опасности; 2) Представяне етапите в определяне на трансграничните критичности; 3) Аналитично извеждане на критичността, уязвимостта и сигурността на ситуациите; 4) Формулиране на несъответствията между локалните, националните и трансграничните екологични критичности.

Трансграничните опасности са базата за анализ и оценка на екологичната сигурност на дейностите в заинтерисуваните държави. Те са първи елемент от възприетия от нас верижен модел за установяване на този вид сигурност, а именно: опасност $Hz$ $\rightarrow$ риск $R$ $\rightarrow$ критичност $CR$ $\rightarrow$ уязвимост $Vul$ $\rightarrow$ несигурност $In\sec$ $\rightarrow$ сигурност $Sec$ [1].

Рискът $R$ се прилага като критерий за появяването на опасностите $Hz$.

Критичностите $CR$ се дефинират чрез съвкупност рискове $R$, възникнали при определени ситуации. Те са адекватен индикатор за опасностите $Hz$. Критичностите имат възлово място в посочената верига, тъй като служат за определяне на уязвимостта $Vul$, съответно несигурността $In\sec$ на изследваните опасни дейности. Чрез тях се установява и сигурността $Sec$. З




Фиг.1. Модел на трансграничните екологични опасности

а) решаване на първата от гореизложените задачи е изведен нов модел на трансграничните екологични опасности, който е представен на фиг.1. Моделът е от логически тип. Различава се от досега използваните с разширения обхват на индикаторите на опасните явления $Hz_{Phenomenon}$, опасните въздействия $Hz_{\mathrm{Im}pact}$ и опасните ефекти $Hz_{Effect}$. Отчита се спецификата на граничния аспект на територията на държавата, причинител на трансграничния ефект, и възникването на "каскадни" последствия, които се изразяват в предизвикването на вторични източници и обекти на въздействия.

Като контролируеми фактори на процеса на моделиране на критичностите се използват: 1) Исторически фактори, които обхващат данни за възникнали извънредни ситуации с екологични вреди; 2) Социални фактори. Стремежът е чрез тях да се опишат ситуациите като социални явления; 3) Технологични фактори. Въвеждат се като характеристики на причинени от човека извънредни ситуации, предимно за описаните генерираните опасни явления; 4) Политически фактори. Идеята е да се отчетат политиките на отношение към рисковете от природни и антропогенни явления и събития в заинтересуваните държави; 5) Защитни фактори, посредством които се описва прилагането на пет форми за защита: профилактика, предпазване, редуциране, персонализация и компенсация; 6) Икономически фактори, които отразяват вредите от екологичните въздействия.

Втората задача - лингвистичното моделиране на трансграничните извънредни ситуации, се изразява във формализирано описание, използващо възприетата в заинтерисуваните държави терминология. За да има единност в описанието в заинтерисованите държави, могат да се използват създа-

дените от нас и апробирани метод и семантични правила [4].

Третата задача, риск-моделирането на ситуациите, се решава на няколко етапа. Първо се извежда таксономичен модел. След това се определят стойностите на елементите на риска, които изразяват вероятностите за появяването им. Използват се прекъснати и непрекъснати статистически разпределения на база данни за възникнали екологични опасности [3].

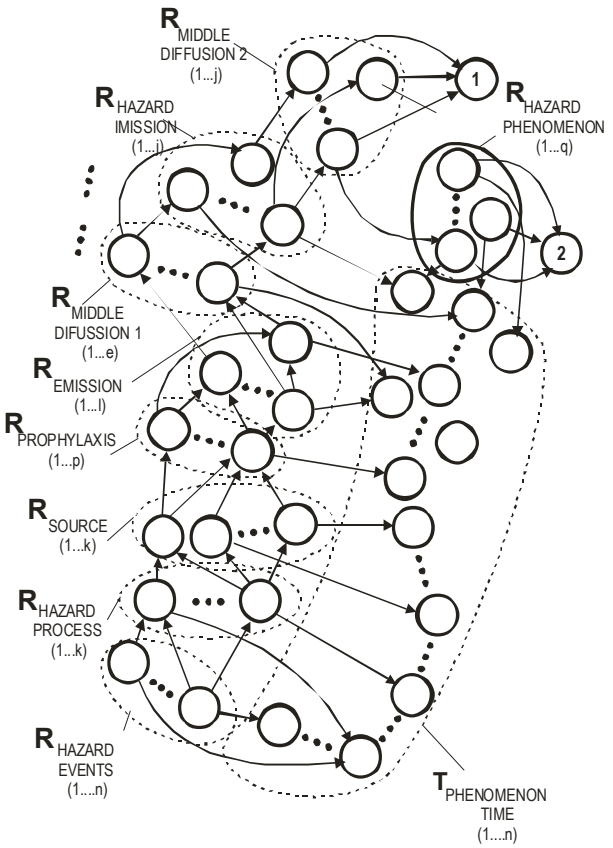
На следващия етап се установяват зависимостите между рисковете и се извеждат значимите връзки, а незначимите се игнорират. Моделите със значими зависимости описват адекватно на трансграничната опасна ситуация.

На следващия етап се определят критичностите за трите базови компонента на екологичните опасности-явления $CR_{Phenomenon}$, въздействия $CR_{\mathrm{Im}pact}$ и ефекти $CR_{Effect}$. За тази цел се прилага векторен метод, който позволява да се отчете относителния дял и важността на всеки един елементите на ситуационния модел на екологичните опасности [8]. Определя се и интегралната критичност $CR_{Integral}$ за всяка анализирана извънредна ситуация.

За решаване на четвъртата задача, чрез значенията на получените критичности, се определят две състояния-състояние на уязвимост $State_{Vu\ln er}$ и състояние на несигурност $State_{In\sec}$.

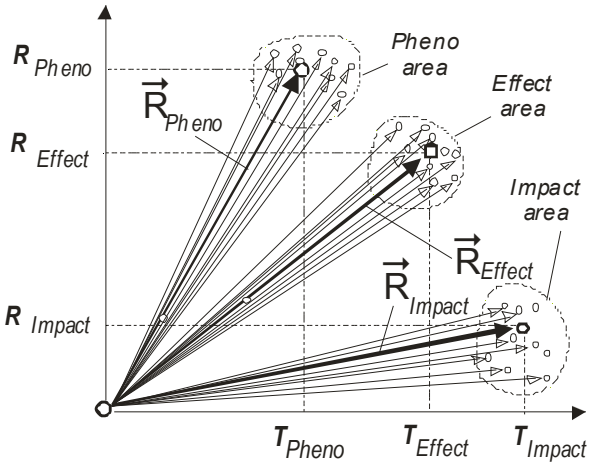
Състоянието на уязвимост $State_{Vu\ln er}$ се определя от явленията, въздействията и ефектите на екологичните опасности в заинтересуваната държава, без да бъде прилагана защита. Ето защо риск-моделът се състои само "чисти елементи", отразяващи природата на опасностите. Индикатор на това състояние е уязвимостта $Vul_{Unprotect}$. Численото й значение е равно на интегралната критичност $CR_{Integ/Unprotect}$.

Състоянието на несигурност $State_{In\sec}$ се установява чрез стойностите на критичностите при използване на защита. Индикатор на състоянието е несигурността $In\sec$. Численото й значение е равно на интегралната критичност $CR_{Integ/\Pr otect}$.




Фиг.2. Полиситуационен модел на риска за възникване на трансгранично опасно явление

Разглеждат се четири състояния на несигурност на ситуациите на трансгранични опасности: 1) $State_{In\sec/I*Variant}$ - без профилактика и предпазване, но със корекция, персонализация и с компенсация. Оценява се чрез критичността $CR_{\Pr otect/I*Variant} \equiv In\sec_{\Pr otect/I*Variant}$,; 2) $State_{In\sec/II*Variant}$ с профилактика, предпазване и компенсация, но без корекция и персонализация. Критерий за оценка е критичността $CR_{\Pr otect/II*Variant} \equiv In\sec_{\Pr otect/II*Variant}$,; 3) $State_{In\sec/III*Variant}$ с компенсация, но без профилактика, предпазване, коригиране и предпазване $CR_{\Pr otect/III*Variant} \equiv In\sec_{\Pr otect/III*Variant}$,; 4) $State_{In\sec/IV*Variant}$ - с профилактика, предпазване, корекция, персонализация и компенсация $In\sec_{\Pr otect/IV*Variant}$.




Фиг.3. Равнинно представяне на рисковете

Разликата между интегралната критичност $CR_{Integ/Unprotect}$ на състоянието на уязвимост $State_{Vu\ln er}$ и интегралната критичност $CR_{Integ/\Pr otect}$ на състоянието на несигурност $State_{In\sec}$ е критерий за ефективността на защитата $PR$, т.е. $PR = CR_{Integ/\Pr otect} - CR_{Integ/Unprotect}$.

В резултат на въвеждането на изложените състояния и критериите им трансграничната сигурност ще има две базови значения.

Първото значение е $Sec_{Unprotect} = 1 - CR_{Integ/Unprotect}$, където интегралната критичност $CR_{Integ/Unprotect}$ се изменя в границите $CR\min_{Integ/Unprotect} \le CR_{Integ/Unprotect} \le CR\max_{Integ/Unprotect}$.

Това е състояние на "пасивна трансгранична сигурност"- $SecState_{Passive}$. Максималната негова сигурност $Sec_{Unprotect}$ ще бъде при $CR\min_{Integ/Unprotect}$.

Второто значение е $Sec_{\Pr otect} = 1 - CR_{Integ/\Pr otect}$, където $CR_{Integ/Pr otect}$ се изменя в границите $CR\min_{Integ/\Pr otect} \le CR_{Integ/\Pr otect} \le CR\max_{Integ/\Pr otect}$.

Това е състояние на активна трансгранична сигурност - $SecState_{Active}$. Максималната сигурност на това състояние $Sec_{\Pr otect}$ ще бъде при $CR\min_{Integ/\Pr otect}$. Тук ще има четири варианта на $CR\min_{Integ/\Pr otect}$, които отговарят на състоянията на несигурност- $State_{In\sec/I*Variant}$, $State_{In\sec/II*Variant}$, $State_{In\sec/IIII*Variant}$ и $State_{In\sec/IV*Variant}$.

Предлаганият подход позволява да се изведат специфичните акценти на екологичните трансгранични критичности в сравнение с локалните и конвенционални критичности с национален характер.

Съществените различия са в: 1) Контролируемите фактори, тъй като в заинтересуваните държави историческите, икономическите, политическите, социалните, и други условия са различни; 2) Прилаганите методологии за анализ и оценка на риска и съпровождащите ги недостатъци; 3) Терминологията в риск -моделирането, дължаща се на специфичните езикови дадености и богатството на професионалната лексика; 4) Опасни производствени обекти и дейности, генериращи емисии на замърсители в околната среда; 5) Естеството на променливите характеристики на появяване на природните и причинените от човека бедствия; 6) Степен на институционализация проблематиката на риска в заинтересуваните държави, 7) Нива на приемливост и допустимост на екологичния риск и аргументите, използвани при определянето й; 8) Традиции и възможности в прилагането на техники и технологии за защита; 9) Границите на заинтересуваните държави по отношение на средата на разпространение на замърсителите; 10) Променливост и неопределеност на стойностите на емисии, имисии, пространство и време на въздействие, методи за измерване; 11) Уязвимост на населението и на икономическите дейности и обекти в държавите.

Считаме, че изложените различия създават достатъчно ясна представа за актуалността и значимостта на проблема с установяване и доказване на трансграничните екологични критичности.

Изложеният структурен модел на трансграничните критичности се описва аналитично чрез: 1) Моделиране на риска за възникване на трансгранични опасности; 2) Формализиране на модела на критичностите; 2) Избиране на математически метод и количествено моделиране; 3) Установяване границите на изменение на критичностите; 4) Степенуване на критичностите.

Моделирането на риска на критичностите се базира на представения на фиг. 1 модел на трансграничните опасности. Опитът [1] ни показва, че е подходящо да се прилагат логико-вероятностни модели. Логическата част се интерпретира чрез седем оператора: $AND$, $OR$, $IF$, $WHEN$, $THEN$, $YES$, $NO$. Всеки от елементите на опасностите се задава чрез определено събитие, което е с аналитично обозначение, отговарящо на спецификата му.

Вероятностната част се представя чрез вероятността $P$ за появяване на конкретно събитие като индикатор на риска.

Съвкупността от формализираните събития и логическите оператори пресъздават описателен модел на една ситуация. На всяко събитие се присвояват определени значения. Формулира се обхватът и ограниченията на анализа и оценката на опасностите.

Чрез присвояване на едно значение на събитията се дефинира моноситуационен модел на опасностите, а при задаване значенията на рисковете им – моноситуационен модел на риска. Чрез интерпретиране всички възможни значения на събитията и съответните им рискове се формулира полиситуационният модел на трансграничните опасности.

Формализираните логико-вероятностни модели на риска за възникване на трансгранична опасност са от вида:

$$Start \rightarrow when \rightarrow R_{\substack{hazard\\event}} \rightarrow then \rightarrow$$
$$R_{\substack{hazard\\process}} \rightarrow and \rightarrow R_{\substack{subjiecive\\source}} \rightarrow or/and \rightarrow$$
$$R_{\substack{objiective\\source}} \rightarrow then \rightarrow R_{\substack{prophy\\laxis}} \rightarrow and \rightarrow R_{\substack{open/hazard\\emissuion}}$$
$$\rightarrow or \rightarrow R_{\substack{potential/hazard\\emission}} \rightarrow \mathrm{and} \rightarrow then \rightarrow$$
$$R_{\substack{middle\\diffusion*1}} \rightarrow and \rightarrow R_{level} \rightarrow level \rightarrow and \rightarrow$$
$$R_{\substack{hazard\\emission}} \rightarrow and \rightarrow R_{excess} \rightarrow and \rightarrow R_{\substack{protection\\action}} \rightarrow$$
$$and \rightarrow R_{\substack{hazard\\imission}} \rightarrow then \rightarrow R_{\substack{middle\\diffusion*2}} \rightarrow and \rightarrow$$
$$R_{\substack{impact\\space}} \rightarrow and \rightarrow R_{\substack{transborder\\diffusion}} \rightarrow and \rightarrow R_{\substack{transborder\\level}}$$
$$\rightarrow and \rightarrow R_{\substack{transborder\\duration}} \rightarrow and \rightarrow R_{\substack{impact\\obkjiect}} \rightarrow and$$
$$\rightarrow R_{\substack{objiect\\sesnsitivity}} \rightarrow and/or \rightarrow R_{\substack{reduction\\protection}} \rightarrow and/or$$
$$\rightarrow R_{\substack{personal\\protection}} \rightarrow and \rightarrow R_{\substack{harm\\aspect}} \rightarrow and \rightarrow R_{\substack{harm\\location}}$$
$$\rightarrow and \rightarrow R_{\substack{harm\\weigth}} \rightarrow and \rightarrow R_{\substack{harm\\\mathrm{dim}ension}} \rightarrow and$$
$$\rightarrow R_{\substack{harm\\recuperation}} \rightarrow and \rightarrow R_{\substack{harm\\compensate}} \rightarrow then \rightarrow E$$
$$nd.$$

Структурата на полиситуационния модел е представена на фиг. 2. Всеки елемент на риска е съвкупност от възможни негови значения. По този начин се формализират всички възможни ситуации.

Критичностите са съвкупности от рискове. Въвеждат се пет категории критичности:

I. Факторни $CR\langle factor\rangle$. Те описват съвкупността от рискове за появяване на конкретни опасни фактори в източника на възникването им. В кортежен вид се записват като $CR\langle factor\rangle = \left\{\begin{matrix}(R_{Factor*1}),(R_{Factor*2}),\\ \ldots,(R_{Factor*k})\end{matrix}\right\}$, където $R_{Factor*1}$ е рискът за възникване на шум; $R_{Factor*2}$ - рискът за възникване на азотни окиси и т.н.

II. Индикаторни $CR\langle indicator\rangle$. Представят съвкупността от рискове за появяване на базовите индикатори на опасните явления, въздействия и ефекти на трансграничните опасности:

$$CR\langle indicator\rangle = \left\{\begin{matrix}(R_{Indikator*1}),\\ (R_{Indicator*2}),\ldots,(R_{Indicator*l})\end{matrix}\right\},$$

където $R_{Indicator*1}$ е рискът за появяване на природни или причинени от човека опасни събития, $R_{Indicator*2}$ - рискът за появяване на опасни процеси, $R_{Indicator*3}$ - рискът за появяване на източници на опасни действия и т.н.

III. Компонентни $CR\langle component\rangle$. Те са показател на рискове за поотделно появяване на опасните явления, въздействия и ефекти на трансграничните опасности: $CR\langle component * phenomenon\rangle = \{(R_{Pheno})\}$, $CR\langle component * impact\rangle = \{(R_{\mathrm{Im}pact})\}$, $CR\langle component * effect\rangle = \{(R_{Effect})\}$, където $R_{Pheno}$, $R_{\mathrm{Im}pact}$, $R_{Effect}$ са рисковете за появяване на явления, въздействия и ефекти.

IV. Диференциални $CR\langle differential\rangle$. Те са показател на съвкупността от рискове за съвместно появяване на: 1) опасните явления и опасни въздействия - $R_{\frac{Pheno}{\mathrm{Im}pact}}$; 2) опасни въздействия и опасни ефекти - $R_{\frac{\mathrm{Im}pact}{Effect}}$; 3) опасни явления и опасни ефекти - $R_{\frac{Pheno}{Effect}}$, като:

$$CR\langle differential\rangle = \left\{ (R_{\frac{Pheno}{\mathrm{Im}pact}}), (R_{\frac{\mathrm{Im}pact}{Effect}}), (R_{\frac{Pheno}{Effect}}) \right\}.$$

V. Интегрални $CR\langle \mathrm{int}egral\rangle$. Обединяват рисковете от едновременно възникване на опасни явления, опасни въздействия и опасни ефекти $CR\langle \mathrm{int}egral\rangle = \{(R_{Pheno}), (R_{\mathrm{Im}pact}), (R_{Effect})\}$, където $R_{Pheno}$, $R_{\mathrm{Im}pact}$, $R_{Effect}$ са рисковете за съвместното появяване на опасни явления, опасни въздействия и опасни ефекти.

На основание на обобщените зависимости трябва да се определят числените стойности на всяка от критичностите $CR\langle factor\rangle$, $CR\langle indicator\rangle$, $CR\langle component\rangle$, $CR\langle differential\rangle$, $CR\langle \mathrm{int}egral\rangle$.

Опитът [2] ни показа, че най-подходящо е да се използва векторен метод. Чрез него може да се отчете относителният дял и влиянието на всяка съставяща. В резултат се получава числена стойност, отразяваща в съвкупност всички съставящи. За разлика от въвеждането на времеви рискове в други наши изследвания [7] в настоящата работа се използва реалното време $T$. По този начин се придобива обективна представа за динамиката на изменение на изследваните величини на критичностите.

Изложените по-горе логически оператори използваме само за точно изграждане на структурните модели на трансграничните опасности. Когато се приложат съответстващите им математически зависимости, резултатите [1,2,7] не са реални. Съставните произведения намаляват стойностите на получените рискове и чрез тях не може да се извърши обективна оценка.

Векторният метод се прилага в равнинен и пространствен вариант. В равнинния вариант всяка вероятност, съответно риск, съответства на определен момент на възникване. Изобразява се графично като точка и съответстващия й вектор - фиг. 3. Тази фигура представя начина за определяне на компонента критичност $CR\langle component\rangle$.

Намира се центърът на областта от точки на опасните явления *Phenomenon area* (фиг.3), опасните въздействия *Impact area* и опасните ефекти *Effect area*. Векторът на центровете на трите области е съответно $\vec{R}_{Pheno}$, $\vec{R}_{\mathrm{Im}pact}$ и $\vec{R}_{Effect}$. Критичностите са равни на векторите и се описват чрез равенствата:

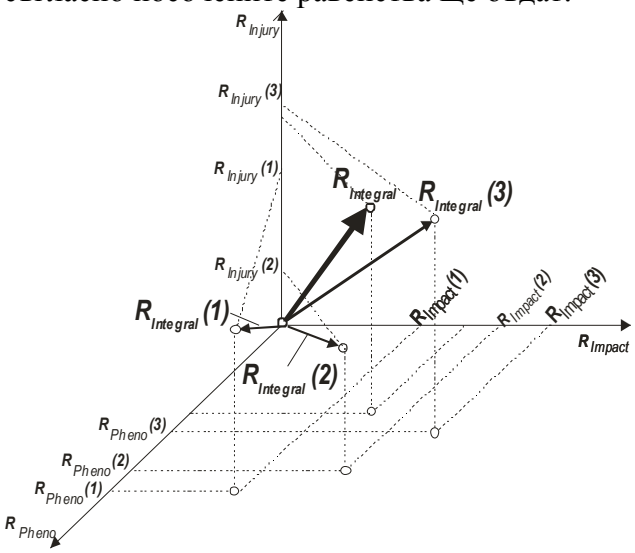
$$CR\langle component * phenomenon\rangle = \vec{R}_{Pheno},$$

$$CR\langle component * impact\rangle = \vec{R}_{\mathrm{Im}pact},$$

$$CR\langle component * effect\rangle = \vec{R}_{Effect}.$$

Определянето на факторните $CR\langle factor\rangle$, индикаторните $CR\langle indicator\rangle$, диференциалните $CR\langle differential\rangle$ и интегралните критичности $CR\langle \mathrm{int}egral\rangle$ се извършва по същия начин.

Компонентните критичности $CR\langle phenomenon\rangle$, $CR\langle impact\rangle$, $CR\langle effect\rangle$, съгласно посочените равенства ще бъдат:




Фиг.4. Пространствено интерпретиране на интегралния риск

$R_{Integ} = CR\langle int\,egral\rangle$ от три ситуации с рискове $R_{Integ}(1)$, $R_{Integ}(2)$, $R_{Integ}(3)$

$$CR\langle phenomenon\rangle = \vec{R}_{Phenomenon} = \vec{R}_{\substack{Hazard\\event}} + \vec{R}_{\substack{Hazard\\Process}}$$

$$+ \vec{R}_{Source} + \vec{R}_{Prophrlaxis} + \vec{R}_{\substack{open/hazard\\emission}} + R_{\substack{potencial/hazard\\emission}}$$

$$+ \vec{R}_{\substack{middle\\diffusion*1}} + \vec{R}_{\substack{Hazard\\emossion}} + \vec{R}_{Level} + \vec{R}_{Excess} + \vec{R}_{\substack{Protection\\action}},$$

$$CR\langle impact\rangle = \vec{R}_{Impact} = \vec{R}_{\substack{Impact\\middle}} + \vec{R}_{\substack{Impact\\space}}$$

$$+ \vec{R}_{\substack{Impact\\time}} + \vec{R}_{\substack{Impact\\Level}} + \vec{R}_{\substack{Impact\\object}} + + \vec{R}_{\substack{Fljiect\\sensitivity}}$$

$$+ \vec{R}_{\substack{Reduction\\protection}} + \vec{R}_{\substack{Personal\\protection}},$$

$$CR\langle effect\rangle = \vec{R}_{Effect} = \vec{R}_{\substack{Harm\\aspect}} + \vec{R}_{\substack{Harm\\location}} + \vec{R}_{\substack{Harm\\weight}}$$

$$+ \vec{R}_{\substack{Harm\\dimension}} + \vec{R}_{\substack{Harm\\recuperation}} + \vec{R}_{\substack{Harm\\compensate}}.$$

Чрез отношенията на тези базови вектори към времето се установяват коефициенти на влияние $KV_{Pheno}$, $KV_{Impact}$, $KV_{Effect}$. Те отразяват степента на влияние на вероятностите на появяване или на времето на появяване върху критичностите.

Пространственият вариант на компонентните критичности е изложен на фиг. 4. Отношенията на $\vec{R}_{Pheno}$, $\vec{R}_{Impact}$, $\vec{R}_{Effect}$ към $\vec{R}_{Integral}$ се въвеждат като коефициенти на значимост $KZ_{Pheno}$, $KZ_{Impact}$, $KZ_{Effect}$. Те са израз на степента на важност на опасните явления, действия или ефекти върху ситуационната критичност. При задаване на времето на наблюдение $T$ и рисковете $R$ се получават следните области на изменение:

$3{,}3166 \le R_{Pheno} \le 15{,}5563$,

$8{,}0000 \le R_{Impact} \le 11{,}3137$,

$6{,}0000 \le R_{Effect} \le 8{,}4852$,

$14{,}8660 \le R_{Integ} \le 21{,}0236$.

Максималните стойности се получават чрез присвояване на най-големите значения на вероятностите, които са 1, и единицата на наблюдение на появяването на елементите им, например 1 месец, 1 година и т.н..

Всяка област се разделя на пет равни части, които съответстват на пет степени на критичността: много малка, малка, средна, голяма и много голяма. Тези степени позволяват критичностите да се филтрират. Това пък спомага за бързо ориентиране и съпоставяне значенията на критичностите в различни ситуации.

Изложеното позволява да се направят следните изводи:

1. Предложен е нов подход за разкриване на структурата и спецификата на трансграничните екологични опасности. Досега в международната теория и практика не е прилагано такова детайлизирано съдържание на опасностите, а това води до неточности и редица спорни проблеми, изискващи обикновено продължително решаване;

2. Разгледани са етапите при дефиниране на критичностите. На базата на структурата, отразяваща конкретна ситуация, се извършва лингвистично моделиране и риск-моделиране. Те са основание за понататъшен анализ и оценка. Чрез тях много пълно и точно се описват ситуациите;

3. Критичностите се определят чрез съвкупността от рисковете за появяване на индикаторите на екологично опасните явления, действия и ефекти, което внася достатъчна аналитична достоверност. Установяват се уязвимостта и несигурността на обектите на въздействията в заинтересуваната държава. Екологичната сигурност се извежда на основание на алтернативността на несигурността;

4. Въз основа на възприетите свойства може да се прави сравнителен анализ и оценка;

5. Формулирани са съвкупност от различия между националните и международните екологични критичности, които доказват необходимостта от специфичен начин за структуриране, анализ и оценка;

6. Изведен е аналитичният модел на трансграничните екологични критичности. Чрез него се установяват числените им стойности, оценяване и сравнение;

7. Предложен е подходящ метод за моделиране риска от появяване на трансгранични опасности, които отразява същността на критичностите;

8. Въведено е комбинирано логическо-вероятностно моделиране, което създава възможности за пресъздаване на многобройни разнообразни ситуации на критичност;

9. Чрез метода на векторното смятане се достига до математически модел, който

се използва за текущо определяне на критичностите. Установени са областите на изменение на компонентните критичности и са въведени пет степени, които могат да се приложат за бързо съпоставяне.

**Литература:**


1. Владимиров, Л. Рискметрия в екологичната сигурност. Монография. Варна, Варненски свободен университет "Черноризец Храбър", 2009. с. 279.
2. Владимиров, Л. Количествена оценка на критичността. София, Българска академия на науките, Втора научно-практическа конференция по управление в извънредни ситуации. 9.11. 2007. 172-179.
3. Владимиров, Л., В. Томов. Каузални риск-модели. Част II. Таксономичен модел. Русе, Русенски университет "Ангел Кънчев", Сборник Научни трудове'2007, 90-95.
4. Владимиров, Л. Лингвистично моделиране на риска. Част I. Лингвистична определеност, яснота и смисленост. Русе, Русенски университет "Ангел Кънчев", Сборник научни трудове, 2007, 60-65; Част II. Причинно-следствени отношения, пак там, 66-71; Част III. Начини и средства за изразяване на причинно-следствени отношения, пак там, 96-101.
5. Владимиров, Л., В. Томов. Интегрален модел на критичността. Русе, Русенски университет "Ангел Кънчев", Научно-технически съюз по машиностроене, Международна научна конференция "TRANS & MOTAUTO 2007", Транспортни технологии, 2007, 58-63.
6. Томов, В., П. Христов. А. Ненова. Екологична сигурност. Варна, Варненски свободен университет "Черноризец Храбър", 2007, с. 536.
7. Vladimirov, L. Criticality Assessment. Ecologica International, № 50, XIV, 2007, 23 - 29.
8. Vladimirov, L., V. Tomov. Risk and Uncertainty in Diagnostic of Environmental Security. Journal of Material Science and Technology. Volume 16, No 2, 2008, 111-120.



**Адрес за контакти:**
д-р Любомир Владимиров Владимиров
*Русенски университет „Ангел Кънчев"*
*Катедра „Екология и опазване на околната среда"*
*ул. "Студентска" № 8*
*Русе 7017.*
*E-mail: lvvladimirov@uni-ruse.bg*

2cm 8cm 1cm 8cm 2cm

Шрифт 14 **Bold**

# УКАЗАНИЯ ЗА ПОДГОТВЯНЕ НА СТАТИИТЕ ЗА ОТПЕЧАТВАНЕ В "ИЗВЕСТИЯ НА СЪЮЗА НА УЧЕНИТЕ – РУСЕ"

1 x Шрифт 12 →

1 x Шрифт 14 →

Иван Иванов[1], Петър Петров[2], Стоян Стоянов[3]

1 x Шрифт 12 *Italic* →*[1]Русенски университет „Ангел Кънчев", [2]Технически университет - Габрово*

1 x Шрифт 12 →

**Заглавието на публикацията на английски език**

Авторите на публикацията на латиница (Ivan Ivanov, Petar Petrov, Stoyan Stoyanov)

*Организациите, които представят авторите на английски език (University of Ruse)*

**Abstract:** В резюмето (на английски език) се посочват целта и задачите на разработката, коментират се математическите и графичните зависимости, пояснява се текстът под илюстрациите, дава се и заключението.

1 x Шрифт 12 →

## 1. ОТПЕЧАТВАНЕ

Авторите представят работите си в обем до 8 страници (формат А4), записани на дискета, и един, отпечатан на лазерен принтер, екземпляр, необходим за научния и литературния редактор. Текстообработващата програма трябва да бъде MS Word 97.

1 x Шрифт 12 →

## 2. ФОРМАТ

Текстът трябва да бъде поместен в две колони с ширина – 8 cm и височина – 25,7 cm и подравнен от двете страни (Format → Paragraph → Alignment → Justified). За секцията с цитираната литература да се използва ляво подравняване на текста. Границите на текста трябва да бъдат на 2 cm от границите на листа.

## 3. ШРИФТ

Използваният шрифт трябва да е Times New Roman с големина 12 и разстояние между редовете - 1 линия (Format → Paragraph → Line spacing → Single).

## 4.ТАБЛИЦИ, ФИГУРИ И ИЛЮСТРАЦИИ

Таблиците, фигурите и илюстрациите трябва да бъдат разположени в текста и по възможност да бъдат на страницата, на която се споменават за пръв път. Ширината им трябва да бъде до 8 cm (при разполагане в две колони) или до 17 cm (една колона, разположени в горния или долния край на листа). Те трябва да са номерирани и да имат пояснителен текст. Фигурите трябва да бъдат изчистени от текст. Всички необходими означения се изнасят под основното заглавие на фигурата или в текста. Фотографиите трябва да са чернобели и контрастни. Задължително се използва Международната система за обозначаване на измерителните единици - SI.

## 5. ФОРМУЛИ

Формулите трябва да са подравнени в лявата част на текста. Те трябва да бъдат номерирани в скоби ( ), разположени отдясно.

## ЛИТЕРАТУРА

Литературните източници, цитирани в текста, се означават с цифра, заградена в средни скоби[ ] по азбучен ред на първия автор. Посочва се само литературата, която е цитирана в текста. Изписват се фамилиите и инициалите на авторите, названието на статията, списанието, том, година, страници, а за книги - фамилията и инициалите на авторите, точното название, издателство, място и година на издаване. Например

1. Брюханов, А. Н., А.В. Ребелский, Горячая штамповка - конструирование и расчет штампов, ГНТИМЛ, Москва, 1962, с. 123 – 127.
2. Zhao, G., E. Wright, Computer aided preform design in forging, International Journal of Machine Tools & Manufacture № 36, 1996, p. 755-769.

**Адрес за контакти:**

В края на статията авторът вписва имената си, научната степен и научното звание и адрес за контакти (на български и английски език). Ако авторите са няколко, отбелязват се данните на първия автор.

25,7cm

**Авторът (авторите) и рецензентът носят отговорност за съдържанието на статията**

2cm

ISSN 1311-106X