



**УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“
ВО СКОПЈЕ
ФАКУЛТЕТ ЗА ДИЗАЈН И ТЕХНОЛОГИИ НА
МЕБЕЛ И ЕНТЕРИЕР – СКОПЈЕ**



М-р Анастасија Трајче Темелкова

**ВЛИЈАНИЕ НА КИНЕМАТСКИТЕ ПАРАМЕТРИ ПРИ НАДОЛЖНО
РЕЖЕЊЕ СО КРУЖНА ПИЛА**

Докторски труд

Скопје, 2024



УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“
ВО СКОПЈЕ
ФАКУЛТЕТ ЗА ДИЗАЈН И ТЕХНОЛОГИИ НА
МЕБЕЛ И ЕНТЕРИЕР – СКОПЈЕ



М-р Анастасија Трајче Темелкова

ВЛИЈАНИЕ НА КИНЕМАТСКИТЕ ПАРАМЕТРИ ПРИ НАДОЛЖНО
РЕЖЕЊЕ СО КРУЖНА ПИЛА

Докторски труд

Скопје, 2024

Докторанд:

М-р АНАСТАСИЈА ТРАЈЧЕ ТЕМЕЛКОВА

Тема:

ВЛИЈАНИЕ НА КИНЕМАТСКИТЕ ПАРАМЕТРИ ПРИ НАДОЛЖНО РЕЖЕЊЕ СО
КРУЖНА ПИЛА

Ментор:

Проф. д-р ЗОРАН ТРПОСКИ,

Факултет за дизајн и технологии на мебел и ентериер – Скопје

Комисија за одбрана:

Проф. д-р ВЛАДИМИР КОЉОЗОВ (претседател)

Факултет за дизајн и технологии на мебел и ентериер – Скопје

Проф. д-р ЗОРАН ТРПОСКИ,

Факултет за дизајн и технологии на мебел и ентериер – Скопје

Проф. д-р ГОРАН ЗЛАТЕСКИ,

Факултет за дизајн и технологии на мебел и ентериер – Скопје

Проф. д-р ЃОРГИ ГРУЕВСКИ,

Факултет за дизајн и технологии на мебел и ентериер – Скопје

Проф. д-р МЛАДЕН ФУРТУЛА,

Шумарски Факултет, Универзитет во Белград

Научна област:

Дизајн и технологии на мебел и ентериер

Датум на одбрана: 18-12-2024 год.

М-р Анастасија Трајче Темелкова

ВЛИЈАНИЕ НА КИНЕМАТСКИТЕ ПАРАМЕТРИ ПРИ НАДОЛЖНО РЕЖЕЊЕ СО КРУЖНА ПИЛА

- А п с т р а к т -

Брзината на поместување при механичка обработка на дрвото, е еден од факторите кој има високо влијание врз рапавоста на резната површина и потрошувачката на енергија. Рапавоста на резната површина предизвикана од траги од резниот алат има влијание на хидротермичката обработка и сите останати механички обработки на дрвото. Поголемата рапавост, поради побрзото испарување на влагата од дрвото, го зголемува процентот на грешки при сушењето. Од друга страна, поголемата рапавост го намалува процентот на искористување на дрвото. Потрошувачката на енергија е показател за отпорите на режење и зависи правопрпорционално, односно обратнопрпорционално кога дебелината на струготината е помала од 0,1mm. Притоа, забите не го режат дрвото, односно не создаваат струготина туку дрвена прашина.

Во ова истражување се применети три различни брзини на поместување ($U_1=12\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$, $U_2=16\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$ и $U_3=20\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$) за височини на режење од 15, 30 и 45mm кај суво буково и чамово дрво со влажност $W=10\pm 1\%$. Мерењата се извршени кај кружна пила со дијаметар на резниот алат $D=250\text{mm}$, број на заби $Z=40/60/80$ и широчина на резот $b=3,2\text{mm}$. Бројот на вртежи изнесува $n=5500\text{min}^{-1}$. Мерните податоци за рапавоста се земени со дигитален компаратор, по критериумот R_{max} . Мерните податоци за потрошувачката на енергија се земени со амперметарска клешта.

Добиените резултати покажуваат изразена сигнификантност, односно правопрпорционална зависност на рапавоста на резната површина и потрошувачката на енергија од брзината на поместување и височината на режење.

Клучни зборови: бука, смрча, кружна пила, рапавост, потрошувачка на енергија, брзина на поместување, број на заби, височина на режење.

M-r Anastasija Trajce Temelkova

IMPACT OF KINEMATIC PARAMETERS DURING LONGITUDINAL CUTTING WITH A CIRCULAR SAW

- A b s t r a c t -

The feed rate during mechanical processing of wood is one of the factors that has a high influence on the roughness of the cut surface and energy consumption.

The roughness of the cut surface caused by traces of the cutting tool has an influence on the hydrothermal treatment and all other mechanical treatments of the wood. Greater roughness, due to faster evaporation of moisture from the wood, increases the percentage of drying errors. On the other hand, higher roughness values decrease the lumber yield.

Energy consumption is an indicator of the cutting resistance and it depends directly proportionally, or inversely proportionally when the thickness value of the sawdust is less than 0.1 mm. At the same time, the teeth do not cut the wood and they do not create sawdust but wood dust.

In this research, three different feed rates were applied ($U_1=12 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, $U_2=16 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ and $U_3=20 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$) for a cutting height of 15, 30 and 45 mm in dry beech and spruce wood with moisture content $W=10 \pm 1\%$. The measurements were made with a circular saw with diameter of cutting tool $D=250 \text{ mm}$, number of teeth $Z=40/60/80$ and width of the cut $b=3,2 \text{ mm}$. The number of rounds was $n=5500 \text{ min}^{-1}$.

Roughness measurements were taken with a digital comparator, according to the $R_{\max}$ criterion.

Measurement data for energy consumption were taken with a clamp amperemeter.

The obtained results showed a pronounced significance, directly proportional dependence of the roughness of the cut surface and energy consumption on the feed rate and cutting height.

Keywords: beech wood, spruce wood, circular saw, roughness, energy consumption, the feed rate, number of teeth, cutting height.

Благодарност - Би сакала да изразам голема благодарност до мојот ментор, проф. д-р Зоран Трпоски за неговата целосна посветеност во текот на изработката на оваа докторска дисертација. Неговата поддршка, совети, искуство и знаење допринесоа до успешна реализација во сите фази на овој труд, од поставувањето на целите на истражувањето до резултатите со конечните заклучоци. Исто сакам да изразам благодарност до сите членови на Комисијата за одбрана на докторската дисертација, за нивната професионална соработка и поддршка. Голема благодарност сакам да изразам до компаниите КИ-ПАР од Струмица и ЗЛАТЕН ДАБ од Тетово без чија безрезервна помош не ќе беа овозможени овие истражувања. На крајот, посебна благодарност изразувам до моето семејство за разбирањето и поддршката од почетокот до крајот на изработката на овој труд.

Овој докторски труд го посветувам на моите родители.

Изјавувам дека докторскиот труд е оригинален труд што го имам изработено самостојно.

Своерачен потпис на докторандот

СОДРЖИНА

1.	ВОВЕД	11
1.1.	Предмет на трудот	15
2.	ДОСЕГАШНИ ИСТРАЖУВАЊА	16
3.	ЦЕЛ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО	19
4.	КАРАКТЕРИСТИКИ НА СУРОВИНАТА	20
4.1.	Градба и хемиски состав на буката (<i>Fagus sylvatica</i>)	20
4.2.	Градба и хемиски состав на чамот- смрчата (<i>Picea abies</i> Karst.) и елата (<i>Abies alba</i>)	20
4.3.	Геометрија на површината на дрвото	21
5.	МЕТОД НА РАБОТА	23
5.1.	Објект на работа	23
5.2.	Машина користена за експериментот	23
5.3.	Карактеристики на штиците	25
5.4.	Начин и режим на режење	28
5.5.	Мерење и инструменти за мерење	37
5.5.1.	Мерење на влажноста на дрвото	37
5.5.2.	Мерење на рапавоста по критериум R_{max}	37
5.5.3.	Мерење на јачината на електричната струја	38
5.6.	Статистичка обработка на податоци	39
6.	РЕЗУЛТАТИ	41
6.1.	Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина и јачината на електричната струја кај бука (<i>Fagus sylvatica</i>)	41
6.1.1.	Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$	41
6.1.2.	Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$	47
6.1.3.	Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$	53
6.1.4.	Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА)	59
6.1.5.	Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и	61

	<i>h₃=45mm при константна брзина на поместување U₂=16mmmin⁻¹ (БУКА)</i>	
6.1.6.	<i>Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби Z₁=40, Z₂=60 и Z₃=80, кај различните височини на режење h₁=15, h₂=30 и h₃=45mm при константна брзина на поместување U₃=20mmmin⁻¹ (БУКА)</i>	64
6.1.7.	<i>Анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби Z₁=40, Z₂=60 и Z₃=80, брзина на поместување U₁=12mmmin⁻¹, U₂=16mmmin⁻¹ и U₃=20mmmin⁻¹ и височина на режење h₁=15, h₂=30 и h₃=45mm (БУКА)</i>	67
6.1.8.	<i>Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби Z₁=40</i>	69
6.1.9.	<i>Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби Z₂=60</i>	74
6.1.10.	<i>Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби Z₃=80</i>	79
6.1.11.	<i>Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби Z₁=40, Z₂=60 и Z₃=80, кај различните височини на режење h₁=15, h₂=30 и h₃=45mm при константна брзина на поместување U₁=12mmmin⁻¹ (БУКА)</i>	84
6.1.12.	<i>Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби Z₁=40, Z₂=60 и Z₃=80, кај различните височини на режење h₁=15, h₂=30 и h₃=45mm при константна брзина на поместување U₂=16mmmin⁻¹ (БУКА)</i>	86
6.1.13.	<i>Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби Z₁=40, Z₂=60 и Z₃=80, кај различните височини на режење h₁=15, h₂=30 и h₃=45mm при константна брзина на поместување U₃=20mmmin⁻¹ (БУКА)</i>	89
6.1.14.	<i>Анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби Z₁=40, Z₂=60 и Z₃=80, брзина на поместување U₁=12mmmin⁻¹, U₂=16mmmin⁻¹ и U₃=20mmmin⁻¹ и височина на режење h₁=15, h₂=30 и h₃=45mm (БУКА)</i>	93
6.2.	Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина и јачината на електричната струја кај чам-смрча и ела (<i>Picea abies</i> Karst., <i>Abies alba</i>)	95
6.2.1.	<i>Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби Z₁=40</i>	95
6.2.2.	<i>Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби Z₂=60</i>	101
6.2.3.	<i>Резултати од истражувањето на рапавоста на резната</i>	107

	<i>површина кај примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$</i>	
6.2.4.	<i>Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)</i>	113
6.2.5.	<i>Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)</i>	115
6.2.6.	<i>Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)</i>	118
6.2.7.	<i>Анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ (ЧАМ)</i>	121
6.2.8.	<i>Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$</i>	123
6.2.9.	<i>Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$</i>	128
6.2.10.	<i>Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$</i>	133
6.2.11.	<i>Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)</i>	138
6.2.12.	<i>Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)</i>	140
6.2.13.	<i>Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)</i>	143
6.2.14.	<i>Анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ (ЧАМ)</i>	146

6.3.	Анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина и јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ кај примероците од БУКА и ЧАМ	147
7.	АНАЛИЗА И ДИСКУСИЈА НА РЕЗУЛТАТИТЕ	151
8.	ЗАКЛУЧОЦИ	155
9.	ЛИТЕРАТУРА	157
	СПИСОК НА ОБЈАВЕНИ НАУЧНИ ТРУДОВИ	163
	БИОГРАФИЈА	165
	АВТОРЕЗИМЕ	167

1. ВОВЕД

Дрвото како материјал е многу погоден за внатрешна и надворешна декорација. Тоа лесно се обликува со релативно мала потрошувачка на енергија. Има ниска звучна, топлинска и електрична спроводливост, а висока отпорност на хемиски супстанции.(Stanojevic[1])

Во нашата земја индустриско значење имаат околу 20 видови дрва, од кои поголемо значење имаат само неколку од нив. Во најзначајните домашни видови дрва спаѓаат: буката, дабот, борот и смрчата. Буката е најраспространетиот вид на дрво во нашата земја од причина што истото рачно и машински добро се обработува, добро се лепи, пари, бруси, буши, свиткува, бајцува и површински обработува. Оптималната брзина при режењето изнесува околу 30m/s. (Клинчаров [2]) Дрвото од бука се користи за мебел, фурнири, плочи од иверки, паркет и сл. Чамот- смрча исто како и буката спаѓа меѓу најмногу користените дрвни видови во нашата земја. Како дрво кое добро се обработува, наоѓа примена во столаријата и градежништвото, особено за изработка на музички инструменти.

Во текот на историјата, докажано е дека пилата била и останала еден од најчесто користените рачни алати. Таа датира уште од времето на Неолитската револуција од пред 9500 година п.н.е (Jones and Simons, [3]). Во наредниот период употребата на пилата продолжува низ бронзената и металната доба, а потоа се пренесува и во времето на Римското царство. Рачната пила со затворена рачка која денес ја познаваме датира од крајот на 18 век. Пред неа во употреба била пилата со отворена рачка. Забите на пилата биле рачно брусени и подесувани со помош на мал чекан и наковална. Во земјите во развој, каде столарите ги гледаат своите алати како инвестиција, овој метод е сеуште широко распространет.

Употребата на кружните сечила во развојот на дрвната индустрија е многу честа и важна. Воглавно се работи за извршување на операциите на обработката на дрвото: кретење, пилење, отсекување до големина, окрјајување, распилување, жлебување (Lisičan [4]). Сите овие операции се реализираат со машини чиј алат за режење е кружно сечило. (Siklienka, Mišura, [5]).

Изборот на бројот на заби на кружната пила е прилично важен чекор за квалитетот на режење. Тоа не влијае само на енергетскиот аспект, туку и на абењето на забите и на квалитетот на режењето. (Mikleš, Kováč, Krilek, [6]). Абењето може да се дефинира како губење на материјал од резната острица поради механички или хемиски фактори поврзани со процесот на режење. (Aknouche, Outathyon, Nouveau, Marchal, Zerizer, Butaud[7])

Кружните пили се најчесто користени алати за механичка обработка на дрвото вклучувајќи ги сите фази на обработка. Кружните пили се користат и за режење на други материјали, како што се: пластика, метал, керамика, различни видови на градежни материјали и сл. (Đurković, Danon, Svrzić, Trposki, Koljozov[8]).

Алатот што го користат кројачите на плочи (кружни пили) може да биде со различни големини и карактеристики во зависност од материјалот што се реже и видот на плочата. (Stanojević, [9])

Денес, кружните пили за режење на дрвените материјали се прилично комплицирани алатки опремени со различни конструктивни прилагодувања. Конструктивните прилагодувања се особено насочени кон елиминирање на негативните ефекти на вибрациите на кружната пила врз квалитетот на режењето, но и за подобрување на хигиенските услови на работното место од гледна точка на бучава и прашина. (Veselý, Kopecký, Nejmal, Pokorný, [10]).

Режењето на дрвените материјали е една од најраспространетата технологија во преработката на дрво. Кружната пила се користи за попречно, надолжно и комбинирано режење на материјалите, особено во производството на дрвени конструкции и столарските производи. (Kopecký, Novák, Hlášková, Rak, [11]; Клинчаров, Трпоски, Кољозов, [12]).

Процесот на режење на дрвото е сочинет од четири нераздвојни целини (Marko, Holik, [13]). Првата е материјалот кој се обработува (вид на дрво, влажност, густина, температура, димензии, цврстина итн.). Другата целина ја сочинуваат условите на режење (тие претставуваат збир на фактори кои непосредно влијаат на материјалот кој се обработува, алатот и уредот, и тие се неопходни за изведување на процесот на режење). Третата целина е механизмот на режење (главно движење, помошно движење, моќноста на режење, перформансите на моторот итн.). Четвртата целина ја претставува алатот (бројот на сечива, видот на материјалот, геометрија на алатот итн.). Познавањето на секој од овие подсистеми придонесува за намалување на трошоците на производство и заштеда на енергијата (Kováč, Mikleš, [14]).

Режењето е процес на обработка на дрвото со нарушување на врската помеѓу влакната по зададената траекторија на сечилата. Обработката на дрвото со режење се изведува на два начина, со симнување на струготина и без симнување на струготина. Со симнување на струготина дрвото се обработува со режење, рендисување, глодање, дупчење, стругање, лупење, токарење, длабење и брусене. Без симнување на струготина дрвото се обработува со отсекување, пресекување и со пробивање (Kršljak, [15]). Формата на острицата и сечивото, нивната рапавост и геометриските параметри имаат значајна улога во процесите на создавање на струшката. Сечивото има форма на клин и претставува активен дел на резниот алат. Неговата способност за режење зависи од неговата положба во просторот, својствата на материјалот од којшто е тоа изработено, рапавоста на неговите рамни и заоблени површини итн. Секое сечиво има свои геометриски параметри кои укажуваат на неговата поставеност во однос на создадената површина на режење (Клинчаров, Трпоски, Кољозов, [16]).

Формата, димензијата и количината на пилевината зависи од физичките и механичките својства на пиленото дрво, како и од формата, димензиите, острицата на острицата за режење и техничко технолошките услови на процесот на режење. (Prokeš [17]; Goglia [18]; Lisičan [19]; Dzurenda; [20]). Пилевината произведена за време на обработката содржи честички на дрвна прашина која во воздухот околу машината може да предизвика сериозен ризик по здравјето на работниците. (Hubbard, Lewis, Richards, Britton, Johnston [21]; Beljo Lučić, Čavlović [22]; Čavlović, Beljo Lučić, Jug, Radmanović, Bešlić, [23]). Сериозни здравствени проблеми главно се среќаваат во случаи кога изворот на прашина се јавува во лошо проветрени простори, каде што има таложење и акумулација на дрвна прашина (Hlášková, Rogoziński, Kopecký, [24]).

Во минатото многу од истражувањата беа фокусирани на стабилноста на кружната пила, како едно од најпознатите често користени алатки за обработка на дрвото. При режење на дрвото 12% од дрвото се претвора во пилевина и дополнителни 7% се губат поради некавалитетно режење. (Schajer, Mote, [25]). За да се зголеми ефикасноста на режењето со кружна пила, производителите на кружни пили имаат тенденција да изработуваат тенки и стабилни заби на кружните пили. (Merhar, Gornik Vučar, [26]).

Една од основните карактеристики на дрвото која во голема мера влијае на однесувањето на резниот алат несомнено е содржината на влага во дрвото. (Krilev, [27].) Снагата на режење се зголемува со зголемување на содржината на влага во дрвото иако се намалуваат карактеристиките на дрвото (Postnikov, [28]; Рабациски, Златески [29]; Рабациски, Златески, [30]).

Покрај физичките, механичките и анатомските својства на дрвото, квалитетот на површината на деталите и финалните производи се под влијание на бројни фактори како: насоката на режење, геометријата на забите и неговата острица, дебелината на изрезаниот дел, недостаток на прецизноста на остриот алат, технолошките параметри (брзина на режење, брзина на движење итн.) (Richter, Feist, Knabe, [31]).

При режењето на дрвото, површините кои се обработуваат не се никогаш совршено мазни. Критериумите кои го карактеризираат квалитетот на обработената површина се рапавост на површината, брановидност, точност на обработка, влакнатост и ресавост. Не е возможно да се даде општа и егзактна дефиниција за рапавост на површината. Рапавоста претставуваат многу ситни нерамнини на површината на дрвото, со приближно изедначена форма и големина, карактеристични за одредениот алат и материјал кој се обработува. Причините за појава на рапавост се следните: траги од обработката на алатот, траги од вибрациите на машината, алатот и предметот за обработка, нерамнини од заостанатите деформации на дрвото, затапеност на острицата на алатот, режимот на режење, правецот на режење во однос на правецот на протегање на дрвните влакна и физичко-механичките својства на дрвото.

Квалитетот на обработката вклучува прецизноста на обработка и квалитетот на обработената површина. Овие два меѓусебно зависни показатели на квалитетот на обработка, зависат од бројни фактори, претставуваат најважните услови за постигнување на бараниот квалитет на производот (Škaljić, Beljo Lučić, Čavlović, Obućina, [32])

За лепење, китирање, лакирање или боење на дрвените површини на мебелот или украсните предмети, неопходна е рамна површина, особено за површински третмани. (Budakçi, Gürleyen, Çinar and Korkut, [33] ; Stumbo, [34]). Сепак, сите површини се покриени со микроскопски нерамнини, чии димензии и површински распоред влијаат на квалитетот на површината. (Budakçi, Cemil İlçe, Sevim Korkut and Gürleyen, [35]). Многу меѓународни стандарди се осмислени за мерење на рапавоста на површината и параметрите што ја дефинираат текстурата на површината. Изненадувачки, сеуште има основни проблеми што го комплицираат истражувањето, особено во индустријата за обработка на дрво. За да се започне со решавање на овие проблеми, се предложува од повеќе автори дефинициите за површината дополнително да се развијат. (Sandak, Negri, [36])

Стабилноста на кружната пила за време на операцијата режење е неопходна за постигнување на мазна површина и за економично користење на дрвото. (Alam, Kinoshita, Tanaka, Yoshinobu, [37]). Потребно е суштинско разбирање на основите на процесот на обработката со цел да се постигне поголем квалитет на површината и помал трошок. (Ratnasingam, Ma, Perkins, [38]).

Параметрите кои обично се користат во истражувањата при обработка на тврдо дрво, како репрезентивни параметри за квантифицирање на рапавоста на површината или брановидноста базирани на мерењата се: $R_a (W_a)$, $R_q (W_q)$ и $R_z (W_z)$ кои според ISO 4287:1997 година претставуваат аритметичка средина на апсолутните ординатни вредности во рамките на испитуваната должина, корен на средните квадратни вредности на ординатите во рамките на испитуваната должина и просекот на збирот на висината на најголемиот профил на висината на врвот и најголемата длабочина на долината на профилот во рамките на испитуваната должина соодветно. Тие параметри се користат за одредување на рапавоста на површината која е збир од:

- структурна рапавост поради анатомските карактеристики на дрвото, што не е во функција од машинската обработка,
- машинска рапавост предизвикана од обработката кои не може да се претстават како некои периодични сигнали и
- кинематска рапавост поради трагите на забите и страничните движења на забите (сечилото) на пилата, што може да се претстави како комплекс од периодични сигнали. (Đukić, Merhar, Jovanović, Herceg, [39]).

Ефектот на структурната рапавост на обработката на цврстото дрво може да има големо влијание врз целокупната рапавост на површината во зависност од видот на дрвото, и може да биде тешко да се направи разлика помеѓу структурната рапавост и рапавоста од обработката. (Gottlöber, [40]).

Квантификацијата на рапавоста на дрвената површина после обработката е сеуште комплексен проблем кој не е решен на задоволително ниво (Đukić, Jovanović, Župčić, Jug, [41]). Согласно (Hendarto, Shayan, Ozarska, Carr, [42]), недостатокот на евалуациони методи за дрвените површини најмногу е предизвикан од фактот дека рапавоста на дрвото исто зависи и од факторите поврзани со анатомијата на дрвото предизвикани од неговата нехомогена структура. Проблемот на определување на соодветни техники и параметри за евалуација на квалитетот на површината при обработката на дрвото е исто така дополнително комплициран со тоа што добиениот измерен површински профил по обработката, е резултат на интеракцијата на материјалот кој се обработува, резниот алат, мерниот инструмент кој се користи за мерење на површинскиот профил и анализа на податоците за површинскиот профил (Sandak, Negri [36]; Sinn, Sandak, Ramanantoandro, [43]).

Одредувањето на квалитетот на површината е комплексен процес зависен од хетерогената структура на дрвото, кинематиката на процесот на режење и условите за обработка. (Stanojević, Mandić, Danon, Svržić [44]; Koch, [45])

При режење на дрвото со кружни пили од големо значење е соодветниот избор на резниот алат со цел да се обезбеди квантитет и квалитет при обработката. Височината на режење и бројот на заби на кружната пила имаат големо влијание на потрошувачката на енергија.

Во индустриското производство секако е најважен посакуваниот резултат што сакаме да го добиеме, но исто така од особено значење е и целиот технолошки процес на преработка на дрвото да се изведе со што помали трошоци. Во тој поглед, од клучно значење се следниве влијателни фактори: материјалот од кој е изработен алатот, геометријата на алатот, брзината на помест, материјалот кој се обработува (реже) и сл.

Постојат многу различни влијателни фактори од кои зависи потрошувачката на енергија. Тоа се: материјалот кој се обработува, материјалот од кој е изработен алатот, геометријата на алатот, брзината на главното движење, брзината на поместот и сл. (Stanojević, Stefanović, [46]).

Според некои автори моќноста на режење е исклучиво во функција од механичките својства на материјалот (Aquilera, Martin, [47]). Други автори наведуваат дека моќноста на режење е под влијание на параметрите на режење (Goglia, Risović, Beljo-Lučić, Đukić, [48]).

Конечниот квалитет на обработка на дрвото и композитите од дрво (WBC) зависат од многу фактори, кои можат да се групираат во четири категории: материјалот кој се обработува (вклучувајќи ја неговата ориентација), условите на режење (ситуација на режење, брзина на режење, брзина на поместување, помест по заб, дебелина на струготината), машината и алатот. Сите овие фактори (вклучувајќи го и квалитетот на алатот) треба да бидат оптимални со цел да се добие задоволувачка површина и рабови на материјалот. (Palubicki, Szulc, Sandak, Sinn, Orlowski, [49]).

Доброто познавање на процесот на режење во голема мера влијае на подобрувањето на квалитетот на обработената површина, прецизноста на обработка, економичноста и продуктивноста. Квалитетот на обработената површина, прецизноста на обработката и потрошувачката на енергија претставуваат постојан предизвик во истражувањето на алатите за режење со цел да се постигне нивниот оптимален сооднос. Голем број на фактори кои влијаат и нивните интеракции се присутни во секој процес на обработка, па затоа е исклучително тешко теоретски со сигурност да се одредат оптималните параметри. (Stanojević, [50])

Во процесот на производство се појавуваат голем број на фактори кои влијаат на квалитетот на производот. За да се откријат тие фактори и на нив навремено да се влијае, потребно е процесот постојано да се следи. На секој процес иманентни се недостатоците кои ги предизвикуваат поправките, доработките, загубите, дополнителното време на изработка и зголемените трошоци. Утврдувањето на тие недостатоци и со концентрирање на напорот за нивно намалување ќе се намали и времето на изработка и трошоците за производството. (Stanojević, Kosić, [51])

1.1.Предмет на трудот

Влијанието на брзината на поместување, бројот на забите на кружната пила, височината на режење и видот на дрвото, на квалитетот на обработка, како и на потрошувачката на енергија при процесот на режење со кружна пила, е предмет на трудот.

2. ДОСЕГАШНИ ИСТРАЖУВАЊА

Доброто познавање на процесот на режење во голема мера влијае на подобрување на квалитетот на обработената површина, точноста на обработка, економичноста и продуктивноста. Квалитетот на обработената површина, точноста на обработка и потрошувачката на енергија претставуваат секогаш предизвик за многу автори во истражувањето на проблематиката на алатите за режење со цел да се постигне нивниот оптимален однос.

Авторите (Škaljić, Beljo Lučić, Čavlović, Obućina, [32]) вршеле испитување на влијанието на брзината на поместување (6, 12, 18 и 24m/min) и видот на дрво (бука, даб и ела) врз рапавоста на обработената површина, при што заклучиле дека со зголемување на брзината на поместување се зголемува рапавоста на површината.

Во своето истражување авторите (Očkajová, Beljo Lučić, Čavlović, Tereňová, [52]) го споредувале количеството на фракција на прашина произведена со надолжно пилење на дрво со универзална кружна пила со користење на два различни дизајни на сечила на пила со помош на гранулометриска анализа претставувајќи ги процентуалните стапки на посебните фракции од пилевината заробени во ситата.

Кинематските параметри, како просечната дебелина на струшка, брзината на режење, насоката на поместување и абењето на алатот влијаат на количината на произведената прашина како и на нејзината димензија. Врз основа на сеопфатните истражувања, сите мерки што водат до зголемување на просечната дебелина на струшката, го намалуваат количеството на произведена прашина. (Gottlöber, Hemmilä, [53]).

Авторите (Obućina, Smajic, Skaljic, Beljo-Lucic, [54]) го истражувале влијанието на периферната брзина и видот на дрвото врз рапавоста на обработената површина. Истражувањата покажале дека подобри резултати биле добиени кај меките дрвни видови со намалена периферна брзина, а со зголемена периферна брзина кај тврдите дрвни видови.

Односот помеѓу рапавоста на површината и абењето на алатот е релативно добро познат. Се претпоставува дека површинската рапавост на резните површини на меките и на тврдите дрвни видови се зголемува со зголемување на радиусот на острицата (Keturakis, Juodeikiene, [55]).

Истражувањата покажуваат дека мазните површини бараат релативно мало количество боја за заштита на површината. (Marian, Stumbo, Maxey [56])

Следењето на рапавоста може да обезбеди вредни информации за состојбата на острицата (сечило) и обратно. Силата на залепените споеви и други механички својства на производите од дрво исто така зависат од рапавоста на површината. (Malkoçoğlu, [57]).

Во своите истражувања во кои го испитувале влијанието на променливиот чекор на забите на кружните пили врз снагата при попречно режење на дрвото, авторите (Krilek, Ľavodová, Kováč, Tichý, [58]) воочиле дека потрошувачката на енергија линеарно се зголемува со зголемување на брзината на поместување.

Авторите (Kováč, Krilek, [59]) во нивното истражување ги анализирале можностите за абењето на остриците од кружните пили, и притоа сметаат дека не е доволно да се измери само една карактеристика за да се дефинира абењето на остриците, потребно е да се измерат неколку карактеристики или графички да се опише врвот на алатот пред и после абењето.

Понапредниот пристап во обработката на дрво бара постојано следење на процесот на режење во реално време. Таквите техники може да се обезбедат со мерење на различни излезни параметри. Количината на топлина генерирана за време на режењето, силите на режење, потрошената моќност се вообичаени примери на излезни големини во процесот на режење. (Mandic, Svrzic, Danon, [60]).

Изразените само-генерирани (Orlowski, Sandak, Tanaka, [61],) и индуцирани вибрации (Stakhiev, [62]; Tian, Hutton, [63]; Ukvalbergiene, Vobolis, [64]) на кружната пила, предизвикуваат искривување на пилата, ја зголемуваат ширината на резот, моќта и силата на режење како и специфичната акустична емисија (АЕ).

Истражувањата извршени во врска со оптималните услови (Eyma, Méausoone, P.L., and Martin, [65]; Méausoone, P.J., [66]) за обработка на дрвото покажаа дека генерално постојат три основни фактори кои влијаат на процесот на режење: фактори кои се припишуваат на уредот, фактори поврзани со видовите на дрвото и содржината на влага во дрвото.

Во своето истражување авторите (Krilek, Kováč, and Kučera, [67]) сметаат дека познавањето на процесот на вкрстено режење на дрвото, како и изборот на соодветни услови на режење и алати може да ги намали трошоците за производство на дрвото и да заштеди енергија.

Според (Nordström, Bergström, [68]) дрвото е анизотропен материјал кој покажува уникатни и различни механички својства во различни насоки. Следствено, силата на режење ќе се менува со насоката на режење. На силата на режење влијае и содржината на влага во дрвото. Дрвото како материјал кој е хетероген и анизотропен е многу непредвидлив за време на било кој процес на обработка. (Naylor and Hackney, [69]). (Korecký, Rousek, Hlášková, Veselý, Svoboda, [70]) во нивното истражување ги опишуваат карактеристиките на сечилата на кружната пила, нивната дистрибуција и геометрија, проблемите со вибрацијата на сечилото на кружната пила и ефектите од нивните конструктивни прилагодувања врз добиениот квалитет на површината.

Многу автори ја истражуваат јачината на бучавата која ја емитуваат кружните пили во празниот од во процесот на режење. Според (Beljo-Lučić, Goglia [71]) бучавата што ја емитуваат кружните пили обично се зголемува со фреквенцијата на ротација (вртежи), така што при поголеми брзини на режење станува вистински здравствен ризик. Авторите Mote, C.D., Jr., [72], Leu, M.C., Mote, C.D., Jr. [73], Rhemrev, Cano, [74], Cheng, Yokochi, Kimura, [75], Milaszewski, Grobelny, [76] се сложуваат дека намалувањето на вибрацијата е најдобар начин за намалување на јачината на бучавата.

Авторот (Паралидов, [77]) го истражувал влијанието на бројот на забите и височината на режење врз отпорот на режење со кружна пила при што заклучил дека при зголемувањето на височината на режење, правопрпорционално се зголемуваат отпорите на режење, како и со зголемување на бројот на забите на кружната пила.

Резултатите од мерењата за кружните пили со број на заби $Z=40/60/80$ и дебелини на медијанпан од 16, 32 и 48 mm, покажуваат зголемување на јачината на струјата, што е во корелација со зголемувањето на отпорите на режење. При зголемување на бројот на заби за иста височина на режење се зголемува учеството на сечива кои активно режат. Со зголемување на височината на режење за ист број на заби, сосема очекувано се зголемуваат отпорите на режење. Вредностите се поизразени при зголемување на височината на режење во однос на зголемувањето на бројот на заби. Поради отпорите електромоторот го намалува бројот на вртежи а за сметка на тоа се зголемува протокот на струја.

При обработка со кружни пили со еднаков дијаметар и еднаква периферна брзина на режење, бројот на забите кои активно учествуваат во процесот на режење по време е различен. Ова има значително влијание врз дебелината на струготината, како и притисокот врз забите, особено на задната страна на сечилото. (Paralidov, Koljozov, Trposki, Karanakov, [78]).

Во процесот на режење, силата на режење и моќноста на режење се главните излезни параметри, додека должината на струготината, дебелината на струготината, поместот по заб, чекорот на забите, просечниот кинематски агол на режење, брзината на режење, просечниот притисок на предната страна, фиктивната специфична сила на задната страна се секундарни параметри. (Koljozov, Trposki, Rabadziski, Zlateski, Karanakov, [79])

Контактните површини на алатите во процесот на обработка се изложени на високи притисоци и триење, што резултира со абеење на алатот. Абењето на алатот е еден од важните фактори во механичката обработка на дрвото бидејќи директно влијае на квалитетот на површината, силите на режење, моќта на режење и потрошувачката на енергија. (Đurković, Milosavljević Mirić, Mihailović, Danon, [80]).

Процесот на режење во голема мера влијае на квалитетот на обработената површина. Како најчести причини за длабочината на нерамнините се: геометриските карактеристики на резниот алат, видот на дрвото, вибрацијата и затапеноста на алатот, влажноста на дрвото, температурата на дрвото, дебелината на струготината по еден заб и др. (Trposki, Klincarov, Koljozov, [81]).

3. ЦЕЛ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Цел на трудот е да се истражи влијанието на видот на дрвото (меко и тврдо), височината на режење, бројот на заби и брзината на поместување врз потрошувачката на енергија и квалитетот на режење при режење со кружна пила. Ќе бидат истражени меѓусебните влијанија на влезните и излезните параметри.

Тезите кои треба да бидат потврдени се следните:

1. **Потрошувачката на енергија** на главниот електромотор е помала при режење на меко во однос на тврдо дрво.
2. **Височината на режење** пропорционално ја зголемува потрошувачката на енергија.
3. **Брзината на поместување** пропорционално ја зголемува потрошувачката на енергија.
4. **Бројот на заби** влијае обратнопропорционално врз рапавоста на резната површина.

Појдовни хипотези кои треба да бидат потврдени:

1. При режење со многу мала брзина на поместување (зона на создавање на микрострушка), очекуваме дека ќе се зголемат отпорите на режење, спротивно на очекувањата.
2. Квалитетот на резната површина (рапавоста) при режење со различен број на заби ќе покаже сигнификантност.

Буката и смрчата целосно ги задоволуваат условите за избор на дрвни видови со кои ќе се вршат испитувањата, бидејќи истите добро механички се обработуваат. Споредувањето на добиените резултати ќе ги покаже предностите и недостатоците во процесот на режењето со кружна пила.

4. КАРАКТЕРИСТИКИ НА СУРОВИНАТА

4.1. Градба и хемиски состав на буката (*Fagus sylvatica*)

Во Европа е најчесто застапена европската бука (*F. sylvatica*). Дрвото од бука има белоцрвеникава боја, височина до 40m и дебелина до 1,5m. Деблото е релативно право, долго и полнодрвно. Поради големата застапеност на буката, како таква претставува важен дрвен вид.

Од механичките својства ги добиваме следниве показатели: тврдоста на дрвото изнесува (Јанка): 54,0 (78,0) 110,0 МПа, јакоста на притисок 35 (53) 84 МПа, јакоста на свиткувањето 63 (105) 180 МПа, јакоста на истегнување 57 (135) 180 МПа и јакоста на удар 0,30 (1,00) 1,9 kgm/cm². Цепливоста на буковината е мошне тенка, еластичноста доста голема, а снагата на горењето голема. Сите овие карактеристики прават дрвото од бука лесно да се обработува, по парењето лесно да се витка, а што придонесува да се користи за добивање делови од виткан мебел. Инаку, дрвото добро се лакира и полира. Преку импрегнирањето природната трајност му се зголемува и до 10 пати. Буковото дрво има широка употребна вредност. Најчесто се искористува за изработка на мебел, како јамско дрво, дрво за железнички прагови кога е импрегнирано, паркет, целулозно дрво и огревно дрво. Поради големата тврдост од дрвото на буката се изработуваат дрвени скали, се користи за водоградбата, за изработка на буриња, во коларството, за токарење, за играчки и др. (Георгиевски, [82]).

4.2. Градба и хемиски состав на чамот-смрчата (*Picea abies* Karst.) и елата (*Abies alba*)

Смрчата е зимзелен дрвен вид кој има голема распространетост во Европа. Стеблото на дрвото од смрча достигнува висина од 30-50m и дебелина до 1,5m. Дрвото е жолтобело до смеѓосиво и сјајно.

Градбата на дрвото од смрча од микроскопски аспект ги покажува следните карактеристики: густина во апсолутно сува состојба 430 kg/m³, во просушена 470 kg/m³ и во сирова 800 kg/m³. Вкупното волуменско собирање изнесува 12,0%, а специфичното волуменско собирање изнесува 0,40%. (Георгиевски, [83]; Jevtić, [84]; Ugrešević, [85])

Смрчевината е мека (270 kg/cm²), на притисок цврста (430 kg/cm²), на свивање слаба (660 kg/cm²). Смрчевината добро се обработува со токарење, добро се реже, рендисува, бруси и полира, лесно се обработува, бајцува и лакира и брзо се суши. Горенаведеното укажува дека дрвото од смрча се вбројува во многу ценетите дрвни видови. Имено, белата боја на дрвото, малите чворови, правилната анатомска градба, рамномерно широките годови, малата маса, големата еластичност и лесната обработка, придонесува овој дрвен да наоѓа голема примена. (Манева, [86])

Елата претставува еден од важните иглолисни дрвни видови и заедно со смрчата во трговијата се цпознати под името „чамовина“. Стеблата на елата достигнуваат височина 30-40m со дебелина 1,5-2,0m. Се вбројува во бакуљави дрвни видови со

белузлава до кремова боја на дрвото. Дрвото од елата нема сјај и смолни канали. Овие карактеристики ни служат и за одделување на дрвото од елата од дрвото од смрчата. Тврдоста на дрвото од ела (Јанка) изнесува 18(34)53МПа, јакоста на притисок изнесува 26(40)50МПа, јакоста на свиткување изнесува 40(62)100МПа и јакоста на удар 37(50)63KJ/m². Овие механички својства, еловото дрво го вбројуваат во едно од најупотребливите во градежништвото и за изработка на сите столарски сортименти. (Георгиевски, [82])

4.3. Геометрија на површината на дрвото

Дрвото е атрактивен материјал чија убавина е незаменлива. (Manev, [87]). Технолошки дрвото е анизотропен, нехомоген, порозен и хигроскопен материјал. (Ljuljka, [88]). Механички обработената површина и нејзината геометрија, можеме да ја анализираме како:

- Точност на мерките
- Точност на формата
- Точност на положбата
- Квалитет на обработените површини (брановидност и рапавост).

Отстапувањето на формата и брановидноста спаѓаат во макрогеометрија, а рапавоста во микрогеометрија на површината. Отстапувањето од формата е една од геометриските карактеристики на деталот, додека брановидноста и рапавоста претставуваат квалитет на обработената површина. (Манева, [86])

Влијанието на квалитетот на површинската обработка се огледува во хемискиот состав и геометриската состојба на површината. Освен тоа, треба да се има во предвид дека и некои механички својства на подлогата, како на пр. тврдината и еластичноста можат да влијаат на квалитетот на обработената површина. (Jaić, Živanović, [89]). Рапавоста во себе вклучува структурна рапавост и рапавост од механичка обработка.

Во современото производство на мебел се поголемо внимание се посветува на квалитетот на површината. Употребната вредност на готовиот производ не зависи само од применетиот материјал и точноста на обработка, туку и од квалитетот на површината. Еден од квалитетните показатели на површината е нејзината геометриска состојба, односно рапавоста на површината. Невозможно е да се даде општа и егзактна дефиниција за рапавоста на површината. Постојат низа параметри кои ја дефинираат рапавоста, а основниот проблем претставува правилниот избор на параметрите со кои за одредена намена верно се опишува површината чија рапавост се мери. (Манева, [86]).

Квалитетот на површината се дефинира со оценка, односно со мерење на својствата кои воопшто можат да се поделат во пет групи: (Jaić, Živanović-Trbojević, [90])

1. Физички својства (густина, распоред на густината, оптички, топлински, електрични и акустични константи, апсорпција, рефлексивност);
2. Механички својства (цврстина, тврдина, еластичност, отпорност на абелење, способност на преработка, обработка и формирање, карактеристики на напрегањето после обработка и др.);

3. Хемиски, односно физичко-хемиски својства (реагирање на површината при влијание на воздух, вода, масло, хемикалии, температура, светлосни зраци и др.);
4. Естетски својства (боја, сјај, текстура, едноличност и општ поим за убавина);
5. Геометриска состојба на површината (сите форми на нерамнини и отстапувања).

Повеќето физички, механички и хемиски својства не се однесуваат само на површината која има две димензии, туку претставува карактеристика на површинскиот слој кој е тродимензионален. Отстранувањето на рапавоста од површината на дрвото се извршува со разни постапки во механичката обработка на дрвото. Една од тие постапки е и брусее со брусни ленти. Меѓутоа, грубата рапавост добиена после бичењето во пиланската преработка не може да се отстрани директно со брусее. Тие дрвни површини после сушење најпрво механички се обработуваат со рамнење, глодање при што површината на дрвото се прилагодува на операцијата брусее. При обработка на дрвото со режење доаѓа до разорување на врската помеѓу честичките на дрвото по зададената рамнина и предметот за обработка се дели на делови со појава на струготина или без неа. (Манева,[86])

5. МЕТОД НА РАБОТА

Методот на работа ќе биде обработен преку шест сегменти:

- Објект за работа
- Машина користена за експериментот
- Карактеристика на штиците
- Начин и режим на режење
- Мерење и инструменти за мерење
- Статистичка обработка на податоците

5.1. Објект за работа

Компанијата КИ–ПАР ДОО од Струмица, е основана во 2000 година со целосно приватизиран капитал, а започнува како компанија за острене и продажба на алати за дрвната индустрија.

Во 2004 година започнува со продажба на репроматеријали и оков за дрвната индустрија, која во државата е во голем подем, како и услужно кроење и кантирање на репроматеријалите со кои располагаат.

Долгорочни намери и цели како компанија се квалитетот, големиот асортиман на репроматеријали, кои се од престижни светски компании и добрата услуга со соработниците и потенцијалните клиенти.

Компанијата КИ–ПАР ДОО се простира на 5500 квадратни метри работен и изложбен простор.

Менаџерскиот тим и вработените лица во КИ–ПАР ДОО, кои се експерти во својата област, го гарантираат квалитетот за секоја услуга извршена од нивна страна, континуирано следејќи ги сите новитети кои се појавуваат на светскиот пазар.

Компанијата располага со голем машински парк: автоматски форматизери, CNC глодалки, кант машини и др., како и центар за острене на секаков вид работен алат.

5.2. Машина користена за експериментот

Истражувањата се извршени на форматна кружна пила од грчко потекло: NIKOLAIDIS TEMA 3800. Основна карактеристика на оваа машина е што главното и помошното движење го изведува резниот алат. За време на режењето предметот за обработка е притиснат со пневматска притисна греда.

Техничките карактеристики на форматната кружна пила се дадени во табела 1.

Најважните технички карактеристики за ова истражување се: димензијата на кружната пила (250mm*3,2mm), моќноста на главниот електромотор (4,5kW), бројот на вртежи на кружната пила (5500min⁻¹) и брзината на поместување (5-30mmmin⁻¹).



Слика 1. Изглед на основната машина-форматна кружна пила од грчко потекло: NIKOLAIDIS TEMA 3800

Табела 1. Технички карактеристики на форматната кружна пила Nikolaidis TEMA 3800

Технички податоци	Вредност	Мерна единица
Надворешна должина	5500	mm
Надворешна ширина	4400	mm
Резна должина	3800	mm
Височина на режење	55	mm
Димензии на кружната пила	200 x 3,3 x 30 250 x 3,2 x 30	mm
Моќност на главниот електромотор	4,5	kW
Моќност на електромоторот за поместување на главниот електромотор	1,75	kW
Број на вртежи на кружната пила	5500	min ⁻¹
Притисок на притисната летва	6-7	bar
Брзина на поместување	5-30	mmmin ⁻¹



Слика 2 . Инструмент табла со контролен дисплеј на форматната кружна пила Nikolaidis TEMA 3800

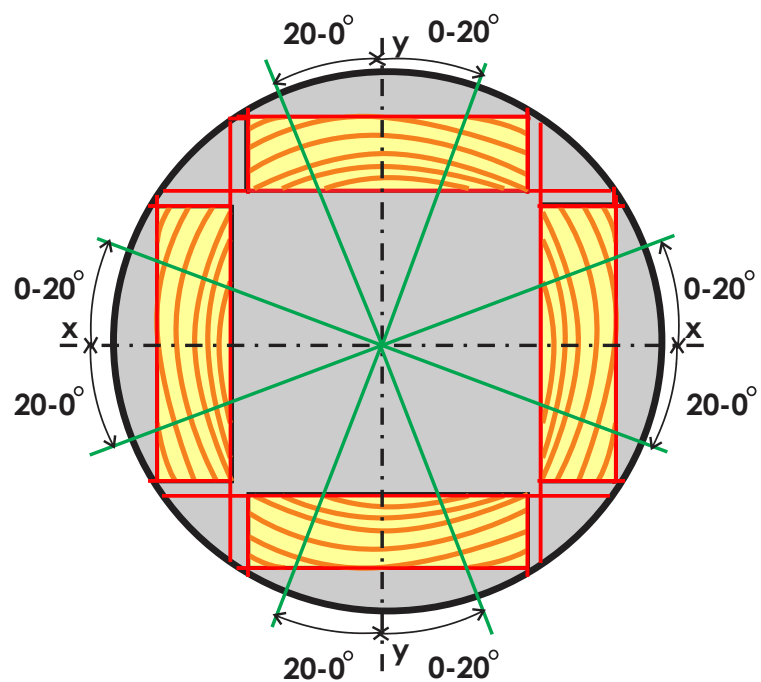
5.3. Карактеристики на штиците

Во ова истражување, подготвени се штици од бука (*Fagus Sylvatica*) и чам (*Picea abies* Karst., *Abies alba*), со точна дебелина од 15mm. Штиците се избрани од строго тангенцијални резови, така што за време на опитот, остриците го изведуваат режењето под агол од 70-90° во однос на годовите (слика 3). На овој начин се избегнува поголемото влијание врз резултатите од доцното или раното дрво. Точната дебелина на штиците е постигната со рамнење и деблање. Значи, двете поголеми површини се мазни и паралелни меѓу себе. Штиците се со влажност:

За БУКА: 9,6; 8,5; 10,3; 10,1 и 9,0%, средно 9,5% влажност.

За СМРЧА: 10,8; 9,0; 9,5; 11,4 и 10,6%, средно 10,26% влажност.

Влажноста на штиците има мала разлика која нема влијание на излезните резултати.



Слика 3 . Местоположба на штиците во трупецот (тангенцијални штици)



Слика 4. Подготвени штици од БУКА со дебелина од 15 mm



Слика 5. Подготвени штици од ЧАМ со дебелина од 15 mm



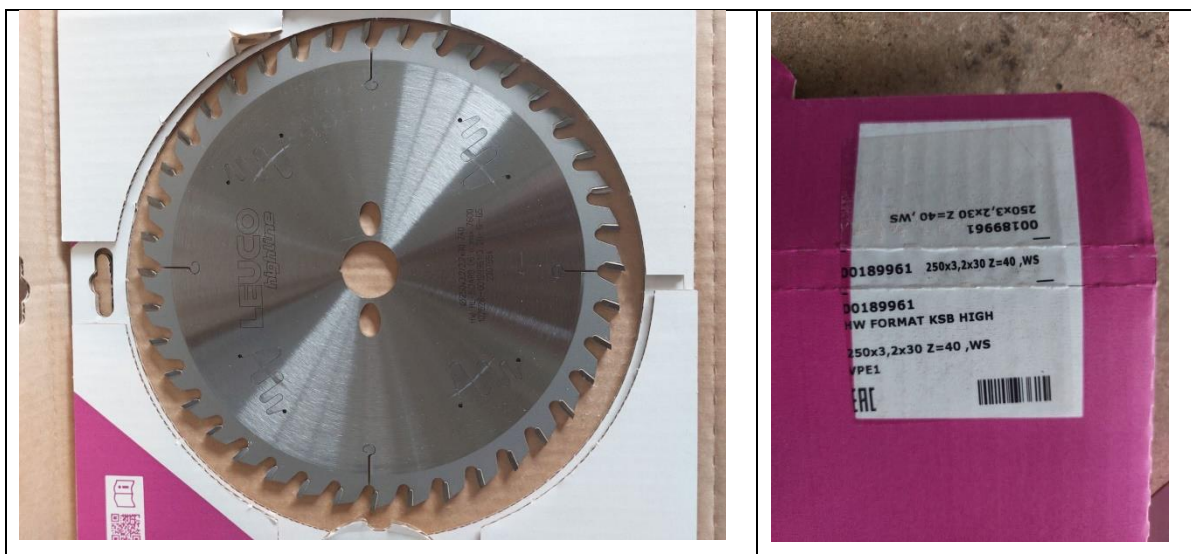
Слика 6. Влажност на штиците од бука: 9,6; 8,5; 10,3; 10,1 и 9,0%



Слика 7. Влажност на штиците од чам: 10,8; 9,0; 9,5; 11,4 и 10,6%

5.4. Начин и режим на режење

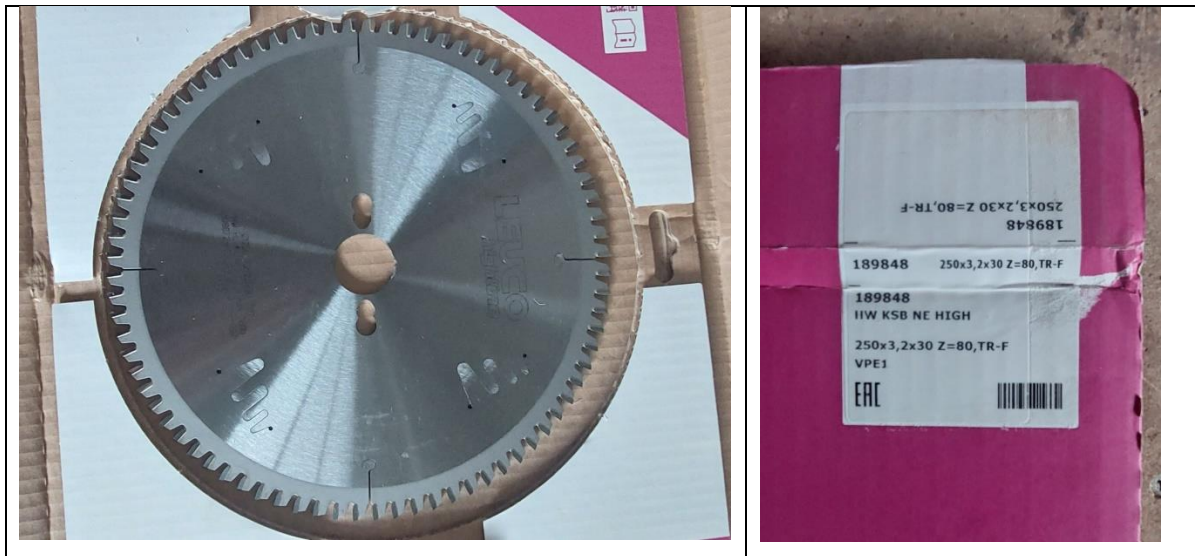
Набавени се три кружни пили со дијаметар од $D=250\text{mm}$, дебелина од $3,2\text{mm}$ и со различен број на заби ($Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$), од фирмата LEUCO. Забите се со плочки од тврд метал со идентични геометриски параметри, наменети за надолжно режење на тврдо и меко дрво (слики 8,9,10).



Слика 8. Кружна пила со дијаметар $D=250\text{mm}$, дебелина $3,2\text{mm}$ и број на заби $Z_1=40$



Слика 9. Кружна пила со дијаметар $D=250\text{mm}$, дебелина $3,2\text{mm}$ и број на заби $Z_2=60$



Слика 10. Кружна пила со дијаметар $D=250\text{mm}$, дебелина $3,2\text{mm}$ и број на заби $Z_3=80$

Избраните височини на режење (дебелини) од 15, 30 и 45mm се добиваат со мултиплицирање на дебелината од 15 mm. За првата височина на режење се користи една штица од 15mm (1x15mm), две штици (2x15mm) за височина на режење од 30mm и три штици (3x15mm) за височина на режење од 45mm. (Табела 2)

Добиените пробни тела (проби), за пилите со различен број заби и различните височини на режење се прикажани од слика 11 до слика 28.

Табела 2. Дијаметар на пилите, број на заби и височини на режење

	Дијаметар на пилите	Број на заби	Височина на режење
1	D=250mm	Z ₁ =40	h ₁ =15mm
2			h ₂ =30mm
3			h ₃ =45mm
4		Z ₂ =60	h ₁ =15mm
5			h ₂ =30mm
6			h ₃ =45mm
7		Z ₃ =80	h ₁ =15mm
8			h ₂ =30mm
9			h ₃ =45mm

Избрани се три брзини на поместувањето на пилата, односно $U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20$ m/min (mmmin^{-1}). Брзината на поместување на дисплејот од машината е прикажана во %, односно за $U_1=12 \text{ mmmin}^{-1}$ апроксимативно се добиваат 40%, за $U_2=16 \text{ mmmin}^{-1}$ се добиваат 66,5% и за $U_3=20 \text{ mmmin}^{-1}$ се добиваат 79,8%.

Должините на резозите за сите мерења изнесуваат 1,0m.



Слика 11. Проби од БУКА добиени при брзина на поместување $U_1=12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, број на заби од кружната пила $Z_1=40$, за височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$



Слика 12. Проби од БУКА добиени при брзина на поместување $U_1=12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, број на заби од кружната пила $Z_2=60$, за височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$



Слика 13. Проби од БУКА добиени при брзина на поместување $U_1=12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, број на заби од кружната пила $Z_3=80$, за височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$



Слика 14. Проби од БУКА добиени при брзина на поместување $U_2=16 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, број на заби од кружната пила $Z_1=40$, за височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$



Слика 15. Проби од БУКА добиени при брзина на поместување $U_2=16 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, број на заби од кружната пила $Z_2=60$, за височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$



Слика 16. Проби од БУКА добиени при брзина на поместување $U_2=16 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, број на заби од кружната пила $Z_3=80$, за височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$



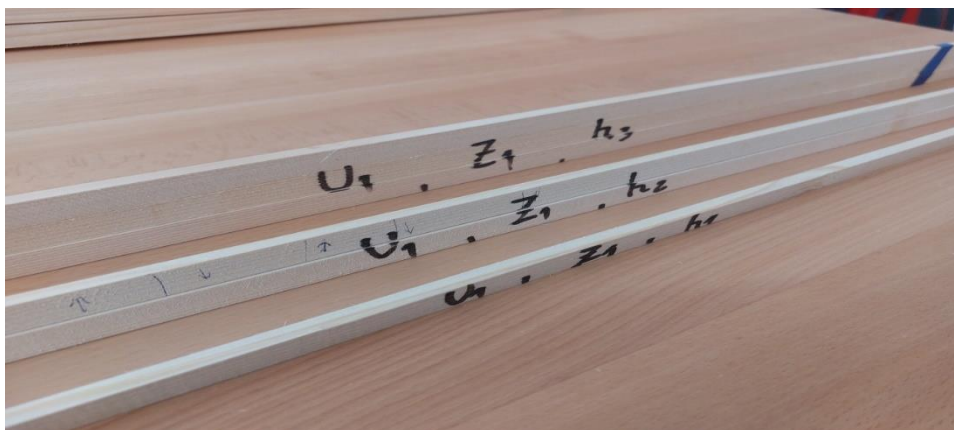
Слика 17. Проби од БУКА добиени при брзина на поместување $U_3=20 \text{ mm min}^{-1}$, број на заби од кружната пила $Z_1=40$, за височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$



Слика 18. Проби од БУКА добиени при брзина на поместување $U_3=20 \text{ mm min}^{-1}$, број на заби од кружната пила $Z_2=60$, за височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$



Слика 19. Проби од БУКА добиени при брзина на поместување $U_3=20 \text{ mm min}^{-1}$, број на заби од кружната пила $Z_3=80$, за височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$



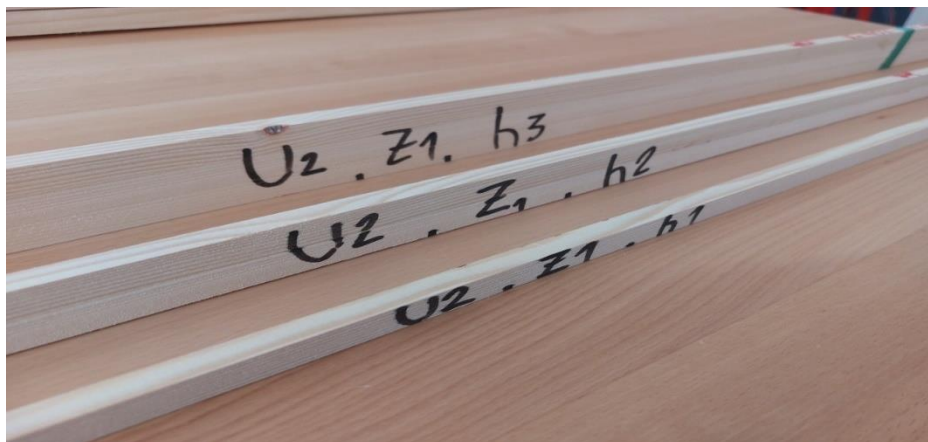
Слика 20. Проби од ЧАМ добиени при брзина на поместување $U_1=12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, број на заби од кружната пила $Z_1=40$, за височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$



Слика 21. Проби од ЧАМ добиени при брзина на поместување $U_1=12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, број на заби од кружната пила $Z_2=60$, за височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$



Слика 22. Проби од ЧАМ добиени при брзина на поместување $U_1=12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, број на заби од кружната пила $Z_3=80$, за височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$



Слика 23. Проби од ЧАМ добиени при брзина на поместување $U_2=16 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, број на заби од кружната пила $Z_1=40$, за височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$



Слика 24. Проби од ЧАМ добиени при брзина на поместување $U_2=16 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, број на заби од кружната пила $Z_2=60$, за височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$



Слика 25. Проби од ЧАМ добиени при брзина на поместување $U_2=16 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, број на заби од кружната пила $Z_3=80$, за височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$



Слика 26. Проби од ЧАМ добиени при брзина на поместување $U_3=20 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, број на заби од кружната пила $Z_1=40$, за височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$



Слика 27. Проби од ЧАМ добиени при брзина на поместување $U_3=20 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, број на заби од кружната пила $Z_2=60$, за височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$



Слика 28. Проби од ЧАМ добиени при брзина на поместување $U_3=20 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, број на заби од кружната пила $Z_3=80$, за височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$

5.5. Мерење и инструменти за мерење

5.5.1. Мерење на влажноста на дрвото



Слика 29. Влагомер тип NIGOS RVD-904

Влажноста на дрвото е мерена со влагомер тип NIGOS RVD-904. За секоја штица се направени по 5 мерења меѓусебно поставени на растојание од 20 до 25cm.

5.5.2. Мерење на рапавоста по критериум R_{max}

Податоците за рапавоста се мерени со дигитален компаратор, тип SHANE, по критериумот R_{max} . Кај секој примерок, на должина од 1,0m, со референтна фланша со должина од 100mm се земени по 100 мерења.



Слика 30. Дигитален компаратор тип SHANE

5.5.3. Мерење на јачината на електричната струја

Мерењето на јачината на струјата е извршено со напонска клешта клешта тип MASTECH MS 2008B, по 50 мерења на должина од 1m, за секој рез посебно.



Слика 31. Напонска клешта тип MASTECH MS 2008B

5.6. Статистичка обработка на податоците

Статистичката обработка на мерењата ги опфаќа: средната вредност или мерка на централната тенденција, стандардната грешка на средната вредност или само стандардна грешка, стандардната девијација, коефициентот на варијација и t-тестот за определување на значајноста на разликите меѓу испитуваните групи.

Средната вредност или мерката на централна тенденција го прикажува тежнението на податоците од збирот околу една централна вредност. Се одредува по формулата:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$\bar{x}(x_{sr})$ – средна вредност на добиените податоци,

x_i - вредности од мерењата,

n – број на мерењата.

Стандардната грешка на средната вредност или само стандардна грешка ја изразува променливоста на средната вредност и границите во која истата се наоѓа, односно таа ја претставува стандардната девијација на средната вредност. Се пресметува по формулата:

$$f_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$F_x(Sx)$ – грешка на средната вредност,

σ (SD)- стандардна девијација,

n – број на мерења.

Стандардната девијација ($\sigma=SD$), односно квадратното отстапување на податоците од средните вредности е пресметана според формулата:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2}{n}}$$

Симболите имаат исто значење како и претходно.

Коефициент на варијација (KV). Стандардната девијација има исти димензии како и членовите на статистичкиот низ за којшто се пресметува, па затоа со помош на стандардната девијација не може да се врши споредување на две или повеќе

статистички популации кои имаат различни димензии. За такво споредување се користи **коэффициент на варијација**, кој се изразува во проценти (%) а се пресметува по следната формула:

$$KV = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100$$

Статистичката маса кај која коэффициентот на варијација не преминува 30%, се смета за хомогена.

6. РЕЗУЛТАТИ

6.1. Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина и јачината на електричната струја кај бука (*Fagus sylvatica*)

6.1.1. Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$

Во Табела 3 прикажани се резултатите од мерењата на рапавоста по критериумот $R_{\max}$ на примероците од бука, за сите три височини на режење ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45$ mm) кај сите три брзини на поместување ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20$ mmmin⁻¹).

Средните вредности од мерењата покажуваат тренд на зголемување со зголемување на брзината на поместување.

За височина на режење $h_1=15$ mm, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува $0,0320 \pm 0,0007$ mm кај првата брзина на поместување $U_1=12$ mmmin⁻¹, со стандардна девијација $0,0067$ mm и коефициент на варијација **20,80%**, односно $0,0491 \pm 0,0009$ mm кај втората брзина на поместување $U_2=16$ mmmin⁻¹, со стандардна девијација $0,0093$ mm и коефициент на варијација **19,05%** и $0,0618 \pm 0,0011$ mm кај третата брзина на поместување $U_3=20$ mmmin⁻¹, со стандардна девијација $0,0112$ mm и коефициент на варијација **18,06%**.

За височина на режење $h_2=30$ mm, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува $0,0537 \pm 0,0011$ mm кај првата брзина на поместување $U_1=12$ mmmin⁻¹, со стандардна девијација $0,0114$ mm и коефициент на варијација **21,20%**, односно $0,0638 \pm 0,0012$ mm кај втората брзина на поместување $U_2=16$ mmmin⁻¹, со стандардна девијација $0,0117$ mm и коефициент на варијација **18,27%** и $0,0787 \pm 0,0014$ mm кај третата брзина на поместување $U_3=20$ mmmin⁻¹, со стандардна девијација $0,0142$ mm и коефициент на варијација **18,02%**.

За височина на режење $h_3=45$ mm, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува $0,0686 \pm 0,0016$ mm кај првата брзина на поместување $U_1=12$ mmmin⁻¹, со стандардна девијација $0,0164$ mm и коефициент на варијација **23,84%**, односно $0,0708 \pm 0,0014$ mm кај втората брзина на поместување $U_2=16$ mmmin⁻¹, со стандардна девијација $0,0143$ mm и коефициент на варијација **20,26%** и $0,0818 \pm 0,0012$ mm кај третата брзина на поместување $U_3=20$ mmmin⁻¹, со стандардна девијација $0,0116$ mm и коефициент на варијација **14,18%**. Стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат изедначеност на мерните податоци, кај сите мерења.

Грешката на средната вредност, стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат дека сите вредности од групата податоци се блиску до средната вредност.

Во графиконите **1,2,3,4,5,6,7,8** и **9** се прикажани вредностите од мерењата.

Регресионата анализа на средните вредности од мерењата покажа дека најдобро се приспособуваат на равенка на права. Во графиконите **10, 11, 12, 13, 14** и **15** е прикажана правата на регресија на средните вредности од мерните податоци. Во графиконите **10, 11** и **12** квадратната вредност од коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно кај првата брзина на поместување ($U_1=12$ mmmin⁻¹) изнесува $R^2=0,9888$, кај втората брзина на поместување ($U_2=16$ mmmin⁻¹) $R^2=0,9589$ и кај третата ($U_3=20$ mmmin⁻¹) $R^2=0,8624$, за сите три височини на режење.

Табела 3а: Резултати од испитувањето на рапавоста на примероците од бука при различни брзини на поместување $U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$, број на заби $Z=40$ и различни височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$, по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}$, const)

1	брзина на поместување (U), за број на заби $Z_1 = 40$ и дијаметар $D=250\text{mm}$									БУКА
	$U_1 = 12 \text{ m/min}$			$U_2 = 16 \text{ m/min}$			$U_3 = 20 \text{ m/min}$			
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	
	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	0.022	0.066	0.067	0.046	0.047	0.073	0.056	0.085	0.079	
2	0.033	0.067	0.061	0.054	0.049	0.100	0.049	0.068	0.069	
3	0.038	0.069	0.071	0.057	0.078	0.096	0.048	0.078	0.087	
4	0.040	0.065	0.052	0.044	0.055	0.103	0.059	0.057	0.092	
5	0.026	0.061	0.072	0.034	0.043	0.091	0.039	0.059	0.099	
6	0.030	0.079	0.067	0.047	0.051	0.094	0.039	0.056	0.068	
7	0.028	0.064	0.057	0.033	0.057	0.102	0.053	0.065	0.073	
8	0.023	0.077	0.055	0.035	0.048	0.108	0.043	0.065	0.083	
9	0.023	0.067	0.088	0.062	0.059	0.094	0.055	0.087	0.079	
10	0.028	0.062	0.075	0.052	0.049	0.107	0.047	0.077	0.086	
11	0.021	0.081	0.053	0.037	0.049	0.070	0.049	0.084	0.082	
12	0.033	0.052	0.056	0.062	0.068	0.061	0.037	0.073	0.093	
13	0.032	0.077	0.044	0.039	0.057	0.065	0.062	0.079	0.073	
14	0.038	0.054	0.057	0.059	0.065	0.060	0.048	0.082	0.102	
15	0.029	0.065	0.063	0.035	0.042	0.054	0.063	0.086	0.085	
16	0.046	0.070	0.054	0.050	0.048	0.056	0.071	0.101	0.099	
17	0.041	0.067	0.055	0.061	0.066	0.055	0.066	0.089	0.085	
18	0.035	0.062	0.054	0.047	0.057	0.048	0.067	0.089	0.089	
19	0.032	0.065	0.076	0.033	0.038	0.065	0.072	0.085	0.074	
20	0.040	0.056	0.063	0.062	0.062	0.063	0.062	0.071	0.068	
21	0.028	0.055	0.053	0.061	0.072	0.062	0.061	0.092	0.072	
22	0.020	0.068	0.069	0.057	0.058	0.069	0.057	0.082	0.081	
23	0.029	0.055	0.071	0.063	0.063	0.082	0.078	0.076	0.069	
24	0.033	0.058	0.059	0.050	0.057	0.069	0.084	0.080	0.103	
25	0.033	0.061	0.045	0.036	0.059	0.077	0.071	0.083	0.084	
26	0.029	0.038	0.051	0.039	0.052	0.056	0.056	0.081	0.076	
27	0.038	0.041	0.072	0.043	0.062	0.075	0.064	0.079	0.083	
28	0.035	0.038	0.080	0.054	0.060	0.069	0.059	0.089	0.074	
29	0.030	0.033	0.079	0.048	0.072	0.071	0.060	0.080	0.086	
30	0.025	0.028	0.072	0.046	0.059	0.085	0.066	0.084	0.074	
31	0.033	0.048	0.095	0.039	0.063	0.059	0.071	0.071	0.083	
32	0.033	0.050	0.084	0.040	0.065	0.075	0.061	0.068	0.100	
33	0.026	0.050	0.093	0.067	0.073	0.059	0.080	0.066	0.086	
34	0.027	0.041	0.084	0.045	0.076	0.069	0.068	0.073	0.077	
35	0.029	0.060	0.099	0.050	0.083	0.086	0.058	0.080	0.069	
36	0.040	0.036	0.118	0.041	0.077	0.079	0.056	0.078	0.067	
37	0.030	0.045	0.115	0.049	0.065	0.071	0.048	0.095	0.081	
38	0.026	0.067	0.116	0.060	0.069	0.078	0.045	0.092	0.097	
39	0.035	0.039	0.102	0.053	0.077	0.053	0.047	0.088	0.081	
40	0.037	0.050	0.092	0.046	0.068	0.077	0.042	0.115	0.091	

Табела 3б: Резултати од испитувањето на рапавоста на примероците од бука при различни брзини на поместување $U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$, број на заби $Z=40$ и различни височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$, по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}$, const) - **I продолжение**

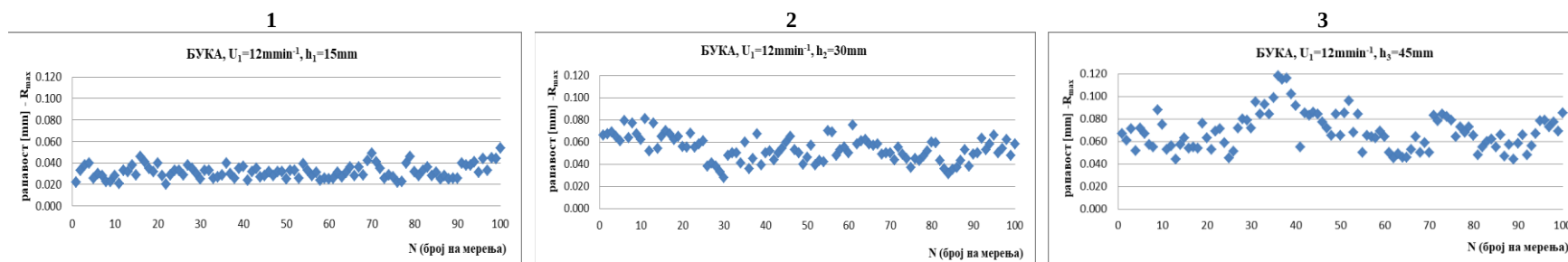
1	брзина на поместување (U), за број на заби $Z_1 = 40$ и дијаметар $D=250\text{mm}$								БУКА
	$U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$		
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
41	0.024	0.052	0.055	0.059	0.068	0.059	0.053	0.099	0.064
42	0.032	0.044	0.085	0.047	0.055	0.054	0.058	0.094	0.091
43	0.035	0.050	0.083	0.047	0.059	0.057	0.061	0.113	0.113
44	0.027	0.054	0.086	0.046	0.090	0.056	0.050	0.095	0.104
45	0.028	0.060	0.084	0.046	0.068	0.057	0.057	0.106	0.084
46	0.032	0.065	0.077	0.048	0.058	0.105	0.043	0.106	0.077
47	0.028	0.053	0.072	0.046	0.058	0.099	0.057	0.105	0.094
48	0.032	0.050	0.065	0.048	0.049	0.079	0.055	0.086	0.102
49	0.032	0.040	0.084	0.046	0.049	0.069	0.067	0.075	0.080
50	0.025	0.046	0.065	0.056	0.048	0.068	0.054	0.062	0.083
51	0.033	0.057	0.085	0.050	0.058	0.070	0.065	0.084	0.066
52	0.033	0.039	0.096	0.048	0.049	0.074	0.068	0.070	0.065
53	0.026	0.043	0.068	0.044	0.043	0.068	0.068	0.069	0.063
54	0.039	0.042	0.084	0.039	0.056	0.075	0.059	0.080	0.090
55	0.033	0.070	0.050	0.044	0.054	0.077	0.073	0.065	0.064
56	0.028	0.069	0.065	0.033	0.061	0.093	0.076	0.070	0.074
57	0.031	0.048	0.064	0.045	0.073	0.088	0.079	0.105	0.079
58	0.024	0.053	0.063	0.048	0.072	0.063	0.071	0.083	0.084
59	0.026	0.055	0.069	0.047	0.072	0.064	0.069	0.090	0.089
60	0.025	0.050	0.064	0.052	0.068	0.063	0.073	0.081	0.081
61	0.026	0.075	0.050	0.049	0.069	0.074	0.077	0.074	0.069
62	0.031	0.058	0.045	0.060	0.076	0.086	0.051	0.081	0.064
63	0.027	0.061	0.049	0.042	0.060	0.095	0.046	0.091	0.068
64	0.031	0.062	0.046	0.055	0.083	0.069	0.049	0.104	0.064
65	0.036	0.058	0.046	0.053	0.075	0.058	0.056	0.100	0.074
66	0.028	0.057	0.053	0.053	0.062	0.068	0.057	0.095	0.072
67	0.036	0.058	0.064	0.053	0.077	0.059	0.063	0.086	0.083
68	0.029	0.049	0.050	0.058	0.071	0.057	0.077	0.087	0.079
69	0.042	0.050	0.059	0.048	0.077	0.063	0.053	0.084	0.069
70	0.049	0.050	0.050	0.048	0.095	0.068	0.056	0.078	0.076
71	0.041	0.044	0.083	0.058	0.063	0.055	0.059	0.069	0.076
72	0.035	0.055	0.078	0.049	0.086	0.069	0.051	0.060	0.069
73	0.026	0.049	0.084	0.042	0.084	0.063	0.061	0.068	0.072
74	0.029	0.045	0.082	0.044	0.075	0.068	0.070	0.072	0.066
75	0.027	0.037	0.079	0.035	0.085	0.078	0.077	0.085	0.079
76	0.022	0.045	0.064	0.055	0.075	0.083	0.068	0.067	0.099
77	0.023	0.043	0.073	0.042	0.080	0.069	0.075	0.091	0.088
78	0.040	0.047	0.068	0.066	0.067	0.077	0.077	0.088	0.079
79	0.046	0.052	0.073	0.048	0.079	0.074	0.063	0.082	0.098
80	0.032	0.060	0.065	0.062	0.078	0.080	0.073	0.086	0.089

Табела 3с: Резултати од испитувањето на рапавоста на примероците од бука при различни брзини на поместување $U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, број на заби $Z=40$ и различни височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$, по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}$, const) - II продолжение

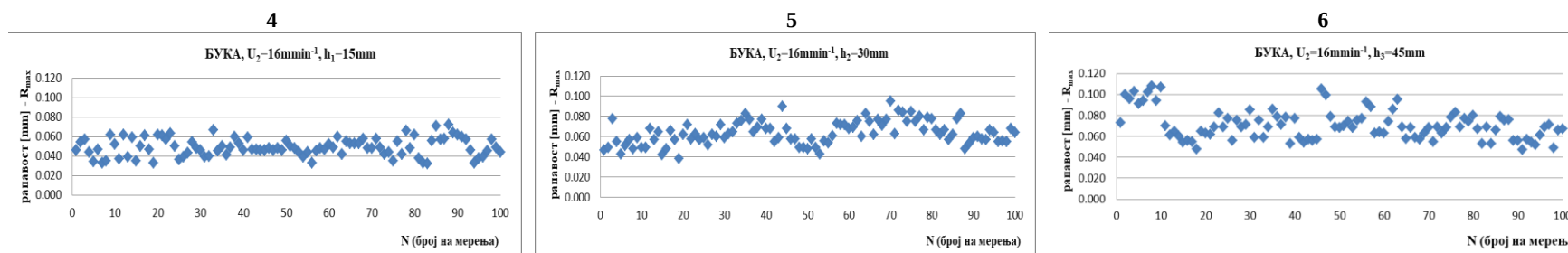
1	брзина на поместување (U), за број на заби $Z_1 = 40$ и дијаметар $D=250\text{mm}$									БУКА
	$U_1 = 12\text{mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{mmmin}^{-1}$			
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	
	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
81	0.028	0.059	0.048	0.038	0.067	0.067	0.064	0.067	0.089	
82	0.033	0.043	0.055	0.033	0.062	0.053	0.075	0.063	0.076	
83	0.036	0.036	0.060	0.032	0.067	0.069	0.078	0.064	0.068	
84	0.028	0.031	0.062	0.056	0.057	0.053	0.061	0.075	0.069	
85	0.031	0.035	0.055	0.071	0.062	0.066	0.069	0.076	0.071	
86	0.025	0.037	0.066	0.057	0.078	0.079	0.071	0.071	0.078	
87	0.028	0.043	0.047	0.058	0.083	0.075	0.074	0.075	0.068	
88	0.025	0.053	0.057	0.072	0.048	0.076	0.077	0.067	0.097	
89	0.026	0.038	0.044	0.064	0.053	0.056	0.078	0.047	0.088	
90	0.026	0.049	0.058	0.062	0.059	0.056	0.065	0.074	0.102	
91	0.040	0.050	0.066	0.060	0.060	0.047	0.072	0.076	0.097	
92	0.038	0.063	0.048	0.057	0.058	0.057	0.064	0.068	0.099	
93	0.038	0.053	0.056	0.046	0.057	0.054	0.061	0.069	0.101	
94	0.041	0.058	0.067	0.033	0.067	0.052	0.072	0.071	0.074	
95	0.031	0.066	0.078	0.038	0.064	0.061	0.076	0.061	0.081	
96	0.044	0.050	0.079	0.039	0.055	0.069	0.074	0.057	0.081	
97	0.033	0.054	0.073	0.045	0.056	0.071	0.066	0.065	0.079	
98	0.045	0.062	0.077	0.057	0.055	0.049	0.063	0.055	0.093	
99	0.044	0.048	0.069	0.049	0.068	0.066	0.038	0.052	0.091	
100	0.054	0.058	0.085	0.044	0.064	0.067	0.048	0.042	0.096	
$\bar{x}$	0.0320	0.0537	0.0686	0.0491	0.0638	0.0708	0.0618	0.0787	0.0818	
f_x	0.0007	0.0011	0.0016	0.0009	0.0012	0.0014	0.0011	0.0014	0.0012	
σ	0.0067	0.0114	0.0164	0.0093	0.0117	0.0143	0.0112	0.0142	0.0116	
KV	20.80	21.20	23.84	19.05	18.27	20.26	18.06	18.02	14.18	
min	0.020	0.028	0.044	0.032	0.038	0.047	0.037	0.042	0.063	
max	0.054	0.081	0.118	0.072	0.095	0.108	0.084	0.115	0.113	
t-тест	t-тест за колони 1-2	2.7E-29	t-тест за колони 4-5	1.4E-18	t-тест за колони 7-8	1.6E-14	t-тест за колони 1-3	5.5E-38	t-тест за колони 4-6	2.7E-21
тест	t-тест за колони 2-3	1.7E-09	t-тест за колони 5-6	2.7E-21	t-тест за колони 8-9	0.12646	t-тест за колони 1-4	2.2E-26	t-тест за колони 2-5	1.5E-07
t-тест	t-тест за колони 1-7	4.5E-40	t-тест за колони 2-8	1.9E-25	t-тест за колони 3-9	1.1E-09	t-тест за колони 4-7	5.5E-14	t-тест за колони 5-8	1.9E-14
тест	t-тест за колони 6-9	4.8E-07								

Во графиконите 13, 14 и 15 квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува, исто така висока зависност, односно кај височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9929$, кај височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9883$ и кај височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува $R^2=0,8695$, за сите три брзини на поместување.

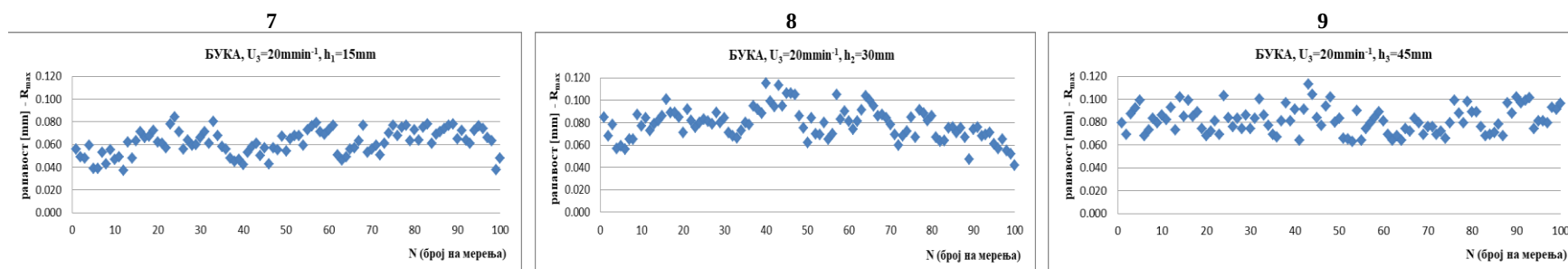
Од прикажаните резултати (Табела 3, графиконите од 1 до 15) можеме да констатираме дека со зголемување на брзината на поместување правопрпорционално се зголемува рапавоста на резната површина. Зависноста е математички искажана со правите на регресија и коефициентите на корелација.



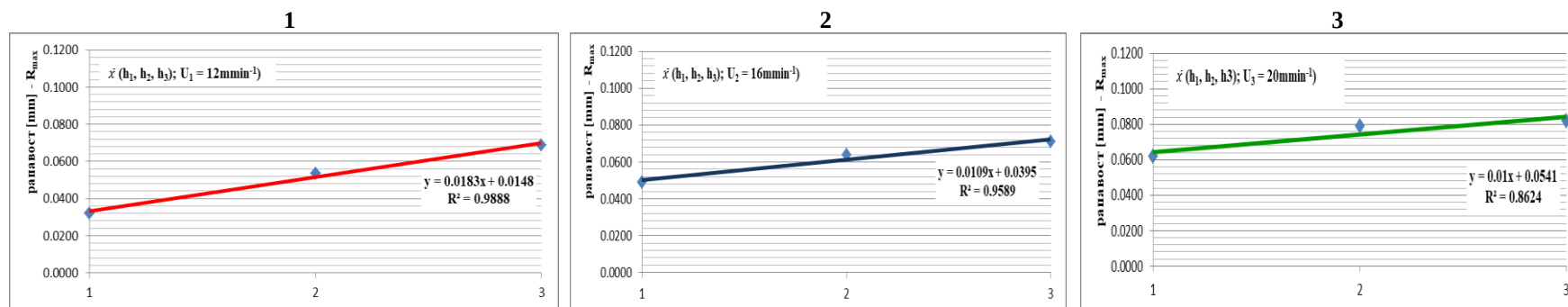
Графикон 1, 2, 3. Рапавост на резната површина на примероците од БУКА при брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење:
1) $h_1=15\text{mm}$, 2) $h_2=30\text{mm}$ и 3) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_1=40$)



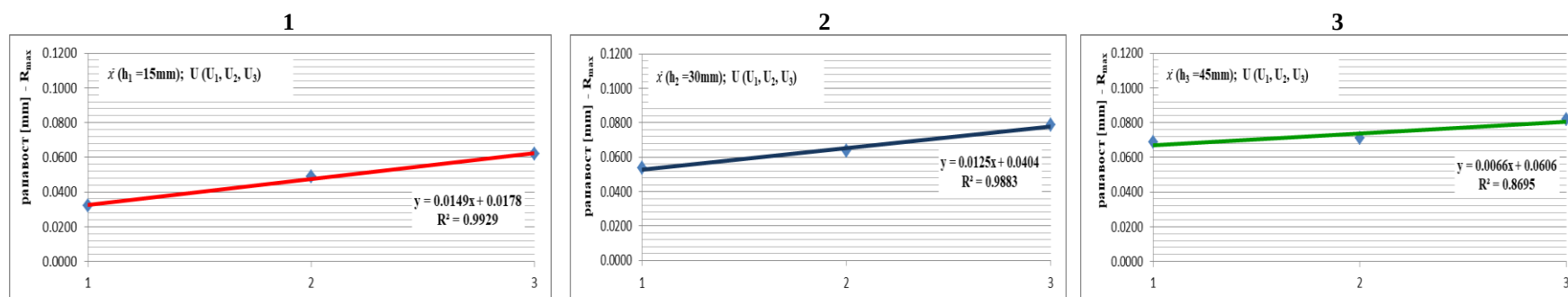
Графикон 4, 5, 6. Рапавост на резната површина на примероците од БУКА при брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење:
4) $h_1=15\text{mm}$, 5) $h_2=30\text{mm}$ и 6) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_1=40$)



Графикон 7, 8, 9. Рапавост на резната површина на примероците од БУКА при брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење:
7) $h_1=15\text{mm}$, 8) $h_2=30\text{mm}$ и 9) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_1=40$)



Графикон 10, 11 и 12: Регресиона анализа на средните вредности на рапавоста кај БУКА при различните височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$) и брзина на поместување: 1) $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, 2) $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и 3) $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ (број на заби $Z_1=40$)



Графикон 13, 14 и 15: Регресиона анализа на средните вредности на рапавоста кај БУКА при различните брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$) и височина на режење: 1) $h_1=15\text{mm}$, 2) $h_2=30\text{mm}$ и 3) $h_3=45\text{mm}$ (број на заби $Z_1=40$)

6.1.2. Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$

Во Табела 4 прикажани се резултатите од мерењата на рапавоста по критериумот $R_{\max}$, за сите три височини на режење ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$), кај сите три брзини на поместување ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$).

Средните вредности од мерењата покажуваат тренд на зголемување со зголемување на брзината на поместување.

За височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува $0,0310 \pm 0,0006\text{mm}$ кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0062\text{mm}$ и коефициент на варијација $20,07\%$, односно $0,0478 \pm 0,0007\text{mm}$ кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0067\text{mm}$ и коефициент на варијација $14,04\%$ и $0,0586 \pm 0,0007\text{mm}$ кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0073\text{mm}$ и коефициент на варијација $12,45\%$.

За височина на режење $h_2=30\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува $0,0507 \pm 0,0010\text{mm}$ кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0102\text{mm}$ и коефициент на варијација $20,14\%$, односно $0,0531 \pm 0,0007\text{mm}$ кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0073\text{mm}$ и коефициент на варијација $13,85\%$ и $0,0631 \pm 0,0008\text{mm}$ кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0082\text{mm}$ и коефициент на варијација $12,99\%$.

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува $0,0625 \pm 0,0011\text{mm}$ кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0114\text{mm}$ и коефициент на варијација $18,31\%$, односно $0,0534 \pm 0,0006\text{mm}$ кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0065\text{mm}$ и коефициент на варијација $12,15\%$ и $0,0656 \pm 0,0007\text{mm}$ кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0071\text{mm}$ и коефициент на варијација $10,81\%$. Стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат изедначеност на мерните податоци, кај сите мерења.

Грешката на средната вредност, стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат дека сите елементи од групата податоци се многу блиску до средната вредност.

Во графиконите 16,17,18,19,20,21,22,23 и 24 се прикажани мерните податоци од мерењата.

Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Во графиконите 25, 26, 27, 28, 29 и 30 е прикажана правата на регресија на средните вредности од мерните податоци. Во графиконите 25, 26 и 27 квадратната вредност од коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно кај првата брзина на поместување ($U_1=12\text{mmmin}^{-1}$) изнесува $R^2=0,9796$, кај втората брзина на поместување ($U_2=16\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=0,7929$ и кај третата ($U_3=20\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=0,9733$, за сите три височини на режење. Во графиконите 28, 29 и 30 квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува, исто така висока зависност, односно кај височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9841$, кај височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува $R^2=0,8877$ и кај височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува $R^2=0,0589$, за сите три брзини на поместување.

Табела 4а: Резултати од испитувањето на рапавоста на примероците од бука при различни брзини на поместување $U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, број на заби $Z_2=60$ и различни височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$, по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}$, const)

2	брзина на поместување (U), за број на заби $Z_2 = 60$ и дијаметар $D=250\text{mm}$									БУКА
	$U_1 = 12\text{mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{mmmin}^{-1}$			
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	
	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	0.029	0.046	0.050	0.058	0.073	0.057	0.068	0.049	0.057	
2	0.037	0.055	0.063	0.044	0.068	0.085	0.056	0.050	0.053	
3	0.041	0.061	0.045	0.028	0.077	0.074	0.061	0.057	0.044	
4	0.032	0.049	0.055	0.033	0.053	0.037	0.059	0.049	0.041	
5	0.032	0.047	0.050	0.050	0.079	0.055	0.060	0.058	0.055	
6	0.029	0.041	0.037	0.060	0.071	0.047	0.058	0.062	0.063	
7	0.025	0.035	0.042	0.057	0.070	0.062	0.060	0.050	0.071	
8	0.030	0.043	0.051	0.051	0.073	0.049	0.057	0.054	0.049	
9	0.041	0.037	0.054	0.061	0.082	0.063	0.067	0.059	0.047	
10	0.032	0.041	0.051	0.065	0.057	0.065	0.064	0.062	0.055	
11	0.029	0.042	0.064	0.047	0.056	0.067	0.050	0.059	0.065	
12	0.024	0.048	0.066	0.039	0.045	0.045	0.062	0.067	0.074	
13	0.019	0.054	0.069	0.051	0.036	0.039	0.053	0.064	0.071	
14	0.024	0.056	0.058	0.044	0.047	0.048	0.047	0.076	0.076	
15	0.041	0.052	0.059	0.035	0.055	0.048	0.057	0.066	0.082	
16	0.036	0.051	0.049	0.045	0.037	0.039	0.044	0.045	0.082	
17	0.033	0.059	0.052	0.057	0.033	0.046	0.040	0.050	0.093	
18	0.041	0.069	0.055	0.062	0.034	0.042	0.043	0.065	0.091	
19	0.047	0.071	0.053	0.059	0.047	0.039	0.040	0.062	0.069	
20	0.034	0.061	0.047	0.058	0.039	0.045	0.055	0.061	0.070	
21	0.027	0.066	0.059	0.066	0.048	0.051	0.058	0.069	0.087	
22	0.019	0.077	0.055	0.062	0.040	0.060	0.060	0.079	0.068	
23	0.015	0.070	0.058	0.054	0.045	0.044	0.052	0.067	0.054	
24	0.035	0.076	0.047	0.046	0.041	0.057	0.045	0.072	0.063	
25	0.023	0.054	0.055	0.053	0.040	0.067	0.050	0.076	0.069	
26	0.029	0.066	0.063	0.044	0.050	0.063	0.064	0.073	0.067	
27	0.022	0.062	0.058	0.041	0.057	0.066	0.071	0.080	0.074	
28	0.019	0.055	0.070	0.067	0.063	0.048	0.070	0.081	0.082	
29	0.022	0.048	0.066	0.062	0.057	0.046	0.073	0.086	0.096	
30	0.031	0.050	0.060	0.059	0.048	0.035	0.064	0.090	0.074	
31	0.027	0.056	0.059	0.053	0.058	0.047	0.058	0.072	0.077	
32	0.032	0.049	0.059	0.055	0.058	0.053	0.062	0.055	0.087	
33	0.037	0.038	0.066	0.059	0.067	0.060	0.056	0.066	0.075	
34	0.031	0.047	0.071	0.065	0.082	0.066	0.060	0.071	0.072	
35	0.032	0.054	0.066	0.062	0.091	0.072	0.064	0.064	0.073	
36	0.030	0.046	0.055	0.054	0.080	0.066	0.057	0.055	0.090	
37	0.033	0.052	0.065	0.045	0.090	0.074	0.047	0.055	0.075	
38	0.029	0.056	0.071	0.056	0.060	0.060	0.054	0.040	0.061	
39	0.024	0.048	0.058	0.060	0.071	0.076	0.057	0.052	0.060	
40	0.034	0.045	0.072	0.043	0.050	0.083	0.066	0.063	0.047	

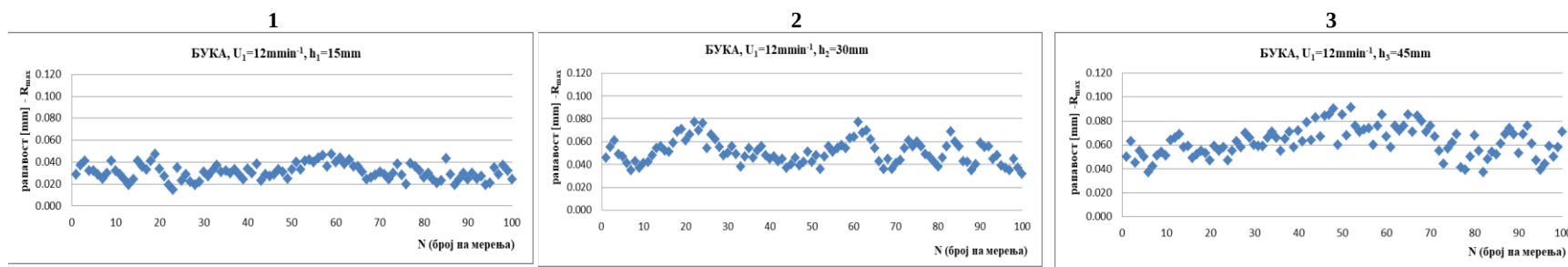
Табела 4b: Резултати од испитувањето на рапавоста на примероците од бука при различни брзини на поместување $U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, број на заби $Z_2=60$ и различни височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$, по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}$, const) - I продолжение

2	брзина на поместување (U), за број на заби $Z_2 = 60$ и дијаметар $D=250\text{mm}$									БУКА
	$U_1 = 12\text{mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{mmmin}^{-1}$			
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	
	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
41	0.030	0.047	0.063	0.055	0.049	0.066	0.049	0.074	0.062	
42	0.038	0.043	0.079	0.051	0.077	0.073	0.055	0.082	0.054	
43	0.023	0.045	0.064	0.047	0.066	0.065	0.066	0.086	0.067	
44	0.029	0.037	0.083	0.050	0.070	0.065	0.075	0.090	0.049	
45	0.027	0.040	0.067	0.052	0.065	0.078	0.065	0.073	0.065	
46	0.029	0.046	0.084	0.039	0.086	0.070	0.072	0.075	0.073	
47	0.033	0.039	0.085	0.042	0.065	0.061	0.059	0.050	0.083	
48	0.031	0.042	0.090	0.053	0.055	0.059	0.067	0.069	0.079	
49	0.025	0.051	0.060	0.056	0.048	0.047	0.061	0.074	0.091	
50	0.033	0.042	0.085	0.052	0.039	0.057	0.076	0.077	0.084	
51	0.040	0.048	0.068	0.055	0.043	0.062	0.068	0.074	0.070	
52	0.033	0.036	0.091	0.043	0.056	0.058	0.060	0.062	0.072	
53	0.041	0.047	0.076	0.062	0.055	0.067	0.066	0.069	0.064	
54	0.042	0.056	0.071	0.066	0.049	0.047	0.062	0.052	0.069	
55	0.040	0.051	0.073	0.054	0.043	0.050	0.073	0.061	0.069	
56	0.044	0.054	0.074	0.071	0.040	0.065	0.069	0.030	0.057	
57	0.046	0.057	0.060	0.062	0.038	0.057	0.065	0.047	0.053	
58	0.036	0.054	0.076	0.054	0.033	0.047	0.072	0.059	0.051	
59	0.047	0.063	0.085	0.044	0.044	0.052	0.077	0.048	0.053	
60	0.040	0.064	0.067	0.049	0.041	0.042	0.080	0.060	0.055	
61	0.044	0.077	0.058	0.041	0.039	0.047	0.075	0.065	0.060	
62	0.038	0.068	0.076	0.042	0.045	0.042	0.076	0.056	0.051	
63	0.042	0.070	0.072	0.052	0.056	0.046	0.061	0.067	0.062	
64	0.036	0.062	0.076	0.043	0.045	0.035	0.057	0.059	0.076	
65	0.036	0.054	0.085	0.041	0.048	0.056	0.065	0.062	0.075	
66	0.031	0.043	0.071	0.039	0.056	0.040	0.047	0.061	0.064	
67	0.024	0.036	0.084	0.051	0.065	0.032	0.044	0.056	0.057	
68	0.026	0.045	0.080	0.039	0.071	0.039	0.060	0.067	0.048	
69	0.028	0.036	0.071	0.042	0.047	0.041	0.047	0.070	0.055	
70	0.031	0.041	0.076	0.050	0.059	0.043	0.049	0.049	0.060	
71	0.029	0.044	0.067	0.046	0.042	0.051	0.064	0.051	0.058	
72	0.024	0.054	0.055	0.025	0.048	0.056	0.057	0.065	0.060	
73	0.030	0.061	0.044	0.033	0.045	0.062	0.060	0.073	0.053	
74	0.038	0.056	0.057	0.035	0.050	0.045	0.061	0.062	0.060	
75	0.028	0.060	0.062	0.028	0.051	0.037	0.063	0.074	0.046	
76	0.020	0.056	0.069	0.039	0.049	0.048	0.062	0.070	0.055	
77	0.039	0.049	0.041	0.040	0.054	0.045	0.058	0.085	0.062	
78	0.036	0.047	0.039	0.037	0.040	0.038	0.044	0.083	0.073	
79	0.032	0.042	0.050	0.041	0.035	0.051	0.039	0.069	0.082	
80	0.026	0.038	0.068	0.030	0.037	0.050	0.040	0.072	0.084	

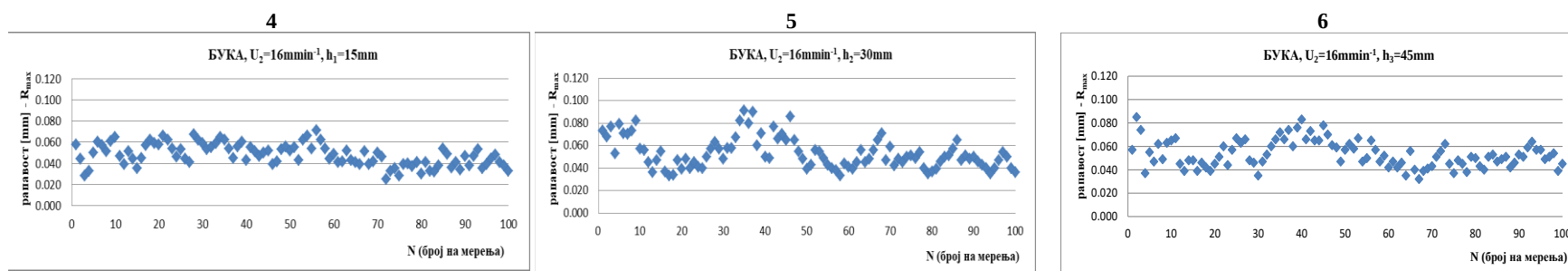
Табела 4с: Резултати од испитувањето на рапавоста на примероците од бука при различни брзини на поместување $U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, број на заби $Z_2=60$ и различни височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$, по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}$, const) - II продолжение

2	брзина на поместување (U), за број на заби $Z_2 = 60$ и дијаметар $D=250\text{mm}$									БУКА
	$U_1 = 12\text{mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{mmmin}^{-1}$			
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	
	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
81	0.030	0.046	0.055	0.041	0.039	0.043	0.055	0.070	0.061	
82	0.024	0.056	0.037	0.033	0.046	0.040	0.057	0.055	0.050	
83	0.021	0.069	0.048	0.032	0.050	0.051	0.059	0.048	0.064	
84	0.023	0.060	0.054	0.038	0.051	0.053	0.071	0.059	0.057	
85	0.043	0.056	0.052	0.054	0.057	0.047	0.058	0.047	0.073	
86	0.029	0.043	0.061	0.049	0.065	0.049	0.053	0.047	0.068	
87	0.019	0.042	0.069	0.036	0.047	0.051	0.060	0.044	0.070	
88	0.024	0.035	0.074	0.041	0.051	0.042	0.055	0.049	0.074	
89	0.030	0.040	0.069	0.034	0.048	0.046	0.060	0.053	0.072	
90	0.024	0.059	0.053	0.047	0.050	0.053	0.059	0.067	0.055	
91	0.030	0.055	0.069	0.038	0.046	0.051	0.051	0.058	0.062	
92	0.025	0.056	0.076	0.047	0.043	0.059	0.045	0.054	0.059	
93	0.027	0.045	0.061	0.053	0.040	0.064	0.038	0.064	0.062	
94	0.019	0.048	0.047	0.035	0.035	0.057	0.046	0.058	0.058	
95	0.021	0.039	0.039	0.039	0.040	0.057	0.047	0.063	0.070	
96	0.035	0.037	0.044	0.044	0.047	0.049	0.064	0.065	0.061	
97	0.029	0.035	0.059	0.048	0.054	0.051	0.056	0.068	0.057	
98	0.037	0.045	0.050	0.041	0.050	0.054	0.057	0.050	0.052	
99	0.032	0.037	0.058	0.038	0.040	0.039	0.059	0.066	0.056	
100	0.024	0.032	0.071	0.033	0.036	0.045	0.053	0.065	0.058	
$\bar{x}$	0.0310	0.0507	0.0625	0.0478	0.0531	0.0534	0.0586	0.0631	0.0656	
f_x	0.0006	0.0010	0.0011	0.0007	0.0007	0.0006	0.0007	0.0008	0.0007	
σ	0.0062	0.0102	0.0114	0.0067	0.0073	0.0065	0.0073	0.0082	0.0071	
KV	20.07	20.14	18.31	14.04	13.85	12.15	12.45	12.99	10.81	
min	0.015	0.032	0.037	0.025	0.033	0.032	0.038	0.030	0.041	
max	0.047	0.077	0.091	0.071	0.091	0.085	0.080	0.090	0.096	
t-	t-тест за колони 1-2	5.774E-31		t-тест за колони 4-5	0.001067		t-тест за колони 7-8	0.001848		
тест	t-тест за колони 1-3	5.313E-41		t-тест за колони 4-6	0.00011		t-тест за колони 7-9	5.62E-05		
	t-тест за колони 2-3	1.479E-09		t-тест за колони 5-6	0.00011		t-тест за колони 8-9	0.102839		
t-	t-тест за колони 1-4	1.087E-26		t-тест за колони 2-5	0.224317		t-тест за колони 3-6	1.61E-07		
тест	t-тест за колони 1-7	1.136E-45		t-тест за колони 2-8	2.3E-12		t-тест за колони 3-9	0.071045		
	t-тест за колони 4-7	5.089E-13		t-тест за колони 5-8	2.29E-07		t-тест за колони 6-9	2.35E-10		

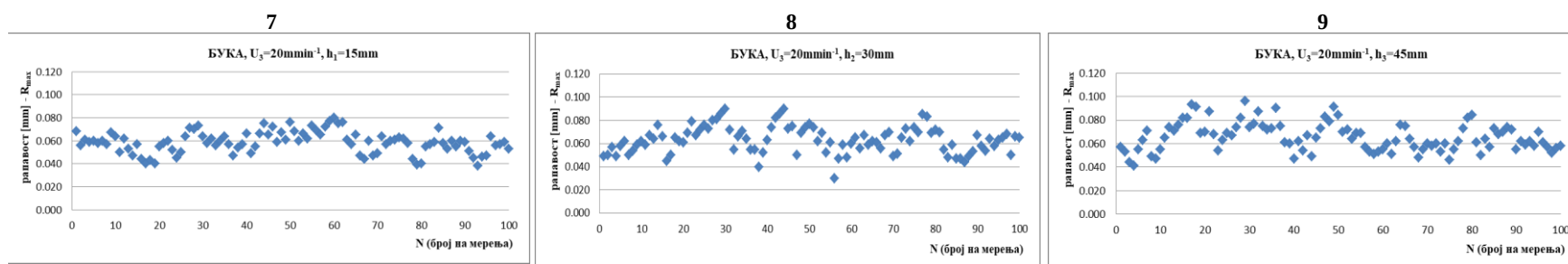
Од прикажаните резултати (Табела 4, графиконите од 16 до 30) можеме да констатираме дека со зголемување на брзината на поместување правопрпорционално се зголемува рапавоста на резната површина. Зависноста е математички искажана со правите на регресија и коефициентите на корелација.



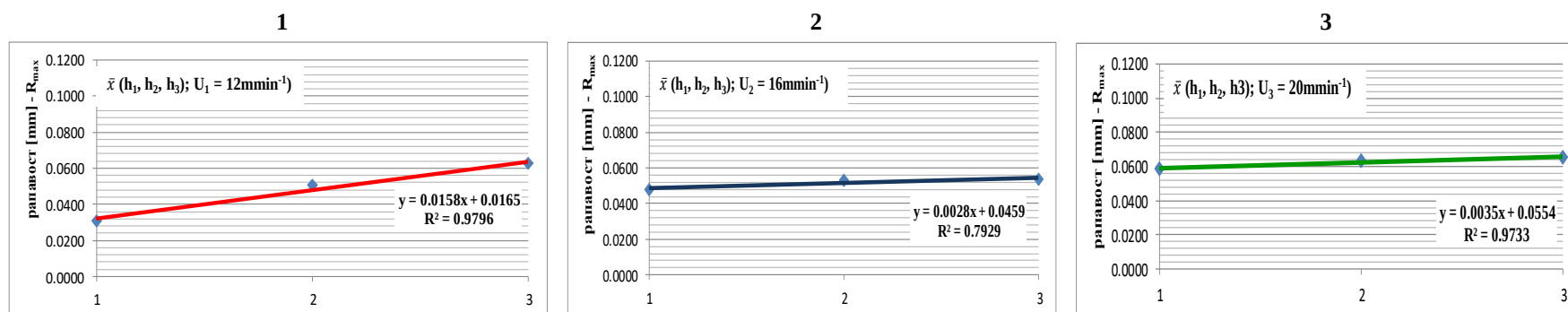
Графикон 16, 17, 18. Рапавост на резната површина на примероците од БУКА при брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 1) $h_1=15\text{mm}$, 2) $h_2=30\text{mm}$ и 3) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_2=60$)



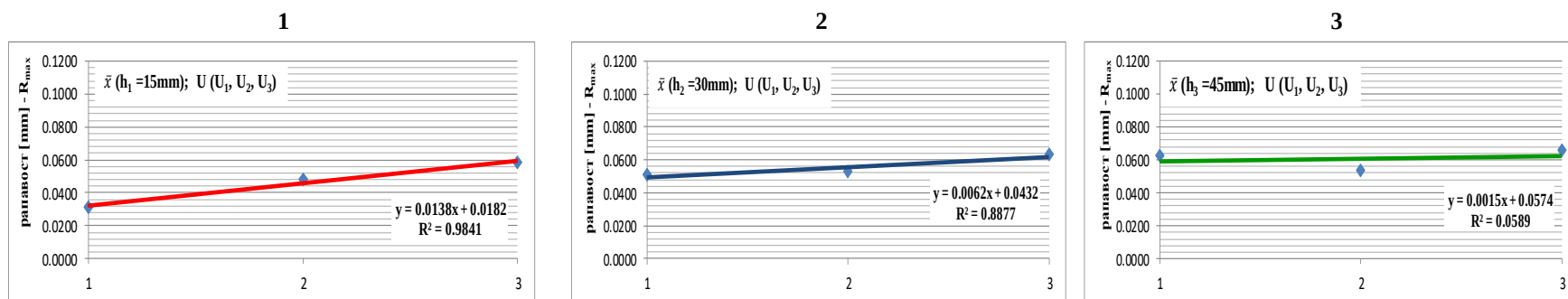
Графикон 19, 20, 21. Рапавост на резната површина на примероците од БУКА при брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 4) $h_1=15\text{mm}$, 5) $h_2=30\text{mm}$ и 6) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_2=60$)



Графикон 22, 23, 24. Рапавост на резната површина на примероците од БУКА при брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 7) $h_1=15\text{mm}$, 8) $h_2=30\text{mm}$ и 9) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_2=60$)



Графикон 25, 26 и 27: Регресиона анализа на средните вредности на рапавоста кај БУКА при различните височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45$ mm) и брзина на поместување: 1) $U_1=12 \text{ mmmin}^{-1}$, 2) $U_2=16 \text{ mmmin}^{-1}$ и 3) $U_3=20 \text{ mmmin}^{-1}$ (број на заби $Z_2=60$)



Графикон 28, 29 и 30: Регресиона анализа на средните вредности на рапавоста кај БУКА при различните брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20 \text{ mmmin}^{-1}$) и височина на режење: 1) $h_1=15$ mm, 2) $h_2=30$ mm и 3) $h_3=45$ mm (број на заби $Z_2=60$)

6.1.3. Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$

Во Табела 5 прикажани се резултатите од мерењата на рапавоста по критериумот $R_{\max}$ на примероците од бука, за сите три височини на режење ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$) кај сите три брзини на поместување ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$).

Средните вредности од мерењата покажуваат тренд на зголемување со зголемување на брзината на поместување.

За височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува $0,0296\pm0,0004\text{mm}$ кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0036\text{mm}$ и коефициент на варијација $12,25\%$, односно $0,0449\pm0,0009\text{mm}$ кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0090\text{mm}$ и коефициент на варијација $20,15\%$ и $0,0413\pm0,0009\text{mm}$ кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0089\text{mm}$ и коефициент на варијација $21,44\%$.

За височина на режење $h_2=30\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува $0,0350\pm0,0005\text{mm}$ кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0048\text{mm}$ и коефициент на варијација $13,78\%$, односно $0,0421\pm0,0004\text{mm}$ кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0040\text{mm}$ и коефициент на варијација $9,56\%$ и $0,0461\pm0,0006\text{mm}$ кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0063\text{mm}$ и коефициент на варијација $13,75\%$.

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува $0,0387\pm0,0007\text{mm}$ кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0066\text{mm}$ и коефициент на варијација $16,99\%$, односно $0,0414\pm0,0005\text{mm}$ кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0051\text{mm}$ и коефициент на варијација $12,38\%$ и $0,0515\pm0,0008\text{mm}$ кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0082\text{mm}$ и коефициент на варијација $15,96\%$. Стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат изедначеност на мерните податоци, кај сите мерења.

Грешката на средната вредност, стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат дека сите елементи од групата податоци се многу блиску до средната вредност.

Во графиконите 31,32,33,34,35,36,37,38 и 39 се прикажани мерните податоци од мерењата.

Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Во графиконите 40, 41, 42, 43, 44 и 45 е прикажана правата на регресија на средните вредности од мерните податоци. Во графиконите 40, 41 и 42 квадратната вредност од коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно кај првата брзина на поместување ($U_1=12\text{mmmin}^{-1}$) изнесува $R^2=0,9879$, кај втората брзина на поместување ($U_2=16\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=0,8873$ и кај третата ($U_3=20\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=0,9989$, за сите три височини на режење. Во графиконите 43, 44 и 45 квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува, исто така висока зависност, односно кај височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува $R^2=0,5389$, кај височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9764$ и кај височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува $R^2=0,8999$, за сите три брзини на поместување.

Табела 5а: Резултати од испитувањето на рапавоста на примероците од бука при различни брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$), број на заби $Z_3=80$ и различни височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$), по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}$, const)

3	брзина на поместување (U), за број на заби $Z_3 = 80$ и дијаметар $D=250\text{mm}$									БУКА
	$U_1 = 12\text{mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{mmmin}^{-1}$			
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	
	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	0.030	0.036	0.033	0.036	0.048	0.044	0.039	0.040	0.068	
2	0.027	0.027	0.026	0.035	0.034	0.039	0.038	0.041	0.055	
3	0.021	0.032	0.024	0.029	0.033	0.034	0.048	0.035	0.051	
4	0.028	0.029	0.036	0.031	0.035	0.036	0.050	0.043	0.041	
5	0.020	0.029	0.029	0.033	0.030	0.051	0.052	0.045	0.039	
6	0.024	0.031	0.034	0.035	0.036	0.047	0.049	0.048	0.052	
7	0.019	0.034	0.036	0.037	0.039	0.039	0.048	0.052	0.063	
8	0.034	0.029	0.035	0.040	0.042	0.046	0.060	0.043	0.057	
9	0.041	0.034	0.038	0.049	0.043	0.047	0.046	0.051	0.052	
10	0.032	0.033	0.049	0.041	0.044	0.039	0.045	0.049	0.053	
11	0.035	0.028	0.044	0.040	0.032	0.046	0.037	0.048	0.047	
12	0.038	0.029	0.047	0.045	0.029	0.041	0.035	0.054	0.051	
13	0.029	0.028	0.043	0.042	0.030	0.037	0.029	0.051	0.042	
14	0.026	0.035	0.028	0.048	0.030	0.036	0.032	0.046	0.053	
15	0.026	0.034	0.033	0.053	0.036	0.043	0.035	0.047	0.057	
16	0.030	0.038	0.037	0.047	0.029	0.039	0.038	0.052	0.041	
17	0.028	0.039	0.036	0.045	0.035	0.044	0.045	0.046	0.044	
18	0.029	0.045	0.041	0.040	0.037	0.041	0.050	0.044	0.042	
19	0.023	0.036	0.048	0.046	0.045	0.049	0.054	0.049	0.037	
20	0.032	0.035	0.040	0.036	0.036	0.035	0.049	0.051	0.039	
21	0.031	0.033	0.033	0.033	0.039	0.035	0.037	0.049	0.040	
22	0.034	0.035	0.031	0.038	0.041	0.033	0.050	0.056	0.043	
23	0.028	0.041	0.029	0.032	0.033	0.031	0.060	0.063	0.037	
24	0.029	0.037	0.031	0.030	0.027	0.040	0.056	0.058	0.039	
25	0.030	0.036	0.028	0.032	0.042	0.044	0.053	0.065	0.045	
26	0.033	0.029	0.033	0.041	0.036	0.041	0.048	0.057	0.051	
27	0.031	0.032	0.036	0.050	0.035	0.042	0.061	0.056	0.047	
28	0.037	0.039	0.037	0.046	0.043	0.036	0.059	0.049	0.042	
29	0.040	0.043	0.040	0.040	0.035	0.035	0.053	0.050	0.052	
30	0.035	0.053	0.048	0.039	0.041	0.039	0.047	0.047	0.058	
31	0.028	0.050	0.043	0.045	0.039	0.031	0.044	0.056	0.044	
32	0.032	0.052	0.046	0.043	0.044	0.029	0.038	0.061	0.050	
33	0.036	0.041	0.041	0.049	0.049	0.035	0.035	0.059	0.039	
34	0.041	0.038	0.040	0.056	0.051	0.043	0.032	0.068	0.032	
35	0.033	0.045	0.044	0.047	0.047	0.049	0.037	0.057	0.039	
36	0.030	0.037	0.051	0.052	0.058	0.054	0.034	0.062	0.040	
37	0.028	0.041	0.052	0.057	0.050	0.051	0.041	0.059	0.046	
38	0.020	0.036	0.042	0.054	0.061	0.044	0.040	0.063	0.053	
39	0.032	0.034	0.039	0.055	0.052	0.042	0.047	0.061	0.057	
40	0.040	0.029	0.034	0.048	0.054	0.041	0.051	0.063	0.060	

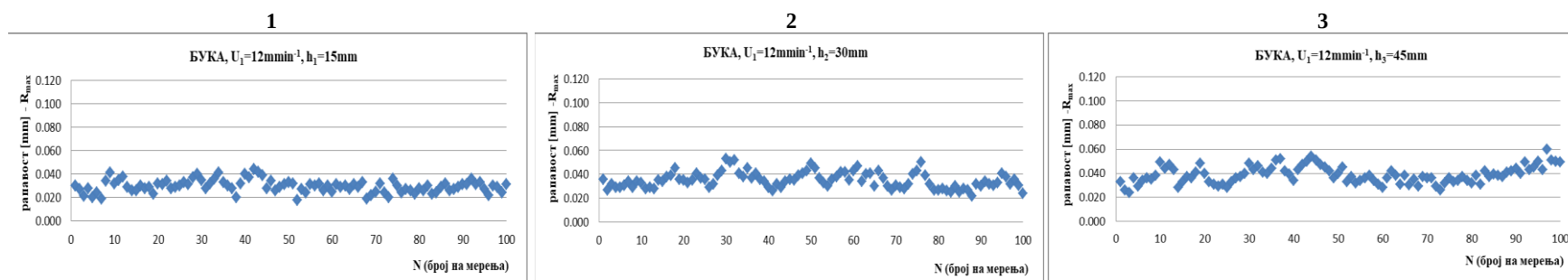
Табела 5b: Резултати од испитувањето на рапавоста на примероците од бука при различни брзини на поместување $U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, број на заби $Z_3=80$ и различни височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$, по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}$, const) - I продолжение

3	брзина на поместување (U), за број на заби $Z_3 = 80$ и дијаметар $D=250\text{mm}$									БУКА
	$U_1 = 12\text{mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{mmmin}^{-1}$			
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	
	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
41	0.037	0.026	0.043	0.047	0.047	0.038	0.046	0.053	0.064	
42	0.044	0.032	0.047	0.039	0.048	0.052	0.040	0.050	0.054	
43	0.042	0.029	0.050	0.033	0.047	0.050	0.041	0.053	0.050	
44	0.039	0.034	0.054	0.030	0.037	0.038	0.034	0.054	0.049	
45	0.028	0.036	0.051	0.035	0.042	0.036	0.037	0.050	0.045	
46	0.034	0.035	0.047	0.030	0.031	0.044	0.030	0.046	0.056	
47	0.026	0.039	0.045	0.035	0.037	0.049	0.029	0.044	0.060	
48	0.029	0.041	0.042	0.032	0.032	0.035	0.029	0.041	0.063	
49	0.031	0.043	0.036	0.037	0.036	0.037	0.032	0.044	0.066	
50	0.033	0.049	0.040	0.038	0.034	0.035	0.030	0.040	0.062	
51	0.032	0.045	0.045	0.045	0.043	0.043	0.033	0.037	0.066	
52	0.018	0.037	0.033	0.069	0.049	0.035	0.034	0.031	0.063	
53	0.027	0.033	0.037	0.071	0.036	0.032	0.027	0.045	0.077	
54	0.024	0.030	0.032	0.073	0.039	0.039	0.027	0.046	0.063	
55	0.031	0.036	0.034	0.063	0.034	0.041	0.036	0.037	0.054	
56	0.030	0.038	0.036	0.066	0.035	0.033	0.039	0.040	0.048	
57	0.032	0.042	0.038	0.071	0.039	0.038	0.048	0.033	0.052	
58	0.026	0.042	0.034	0.075	0.039	0.046	0.051	0.030	0.041	
59	0.030	0.035	0.031	0.071	0.038	0.043	0.050	0.029	0.044	
60	0.025	0.043	0.028	0.068	0.045	0.041	0.057	0.030	0.043	
61	0.031	0.047	0.036	0.055	0.042	0.041	0.058	0.034	0.047	
62	0.029	0.034	0.042	0.052	0.046	0.029	0.060	0.037	0.052	
63	0.030	0.040	0.038	0.062	0.043	0.033	0.063	0.030	0.055	
64	0.027	0.041	0.031	0.041	0.049	0.035	0.059	0.037	0.059	
65	0.031	0.030	0.038	0.041	0.041	0.030	0.049	0.029	0.053	
66	0.029	0.043	0.030	0.046	0.046	0.039	0.052	0.034	0.063	
67	0.033	0.037	0.035	0.032	0.039	0.043	0.033	0.032	0.054	
68	0.019	0.030	0.029	0.028	0.040	0.040	0.029	0.039	0.049	
69	0.022	0.027	0.037	0.035	0.046	0.037	0.031	0.035	0.045	
70	0.025	0.031	0.036	0.036	0.049	0.043	0.032	0.037	0.047	
71	0.032	0.029	0.036	0.040	0.054	0.041	0.039	0.036	0.046	
72	0.024	0.028	0.029	0.045	0.055	0.049	0.041	0.033	0.040	
73	0.020	0.032	0.026	0.040	0.048	0.042	0.052	0.038	0.047	
74	0.036	0.040	0.032	0.043	0.046	0.048	0.043	0.045	0.046	
75	0.030	0.043	0.036	0.046	0.041	0.049	0.036	0.042	0.050	
76	0.024	0.050	0.033	0.053	0.039	0.046	0.039	0.053	0.060	
77	0.027	0.039	0.034	0.051	0.042	0.045	0.030	0.055	0.056	
78	0.026	0.032	0.037	0.054	0.049	0.041	0.031	0.053	0.062	
79	0.023	0.027	0.034	0.059	0.045	0.047	0.031	0.046	0.059	
80	0.028	0.027	0.032	0.061	0.039	0.040	0.042	0.038	0.040	

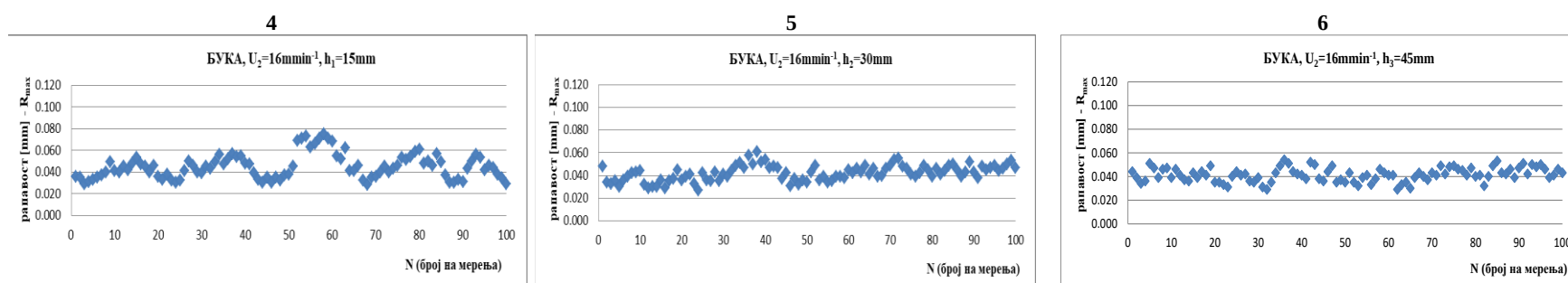
Табела 5с: Резултати од испитувањето на рапавоста на примероците од бука при различни брзини на поместување $U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, број на заби $Z_3=80$ и различни височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$, по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}$, const) - II продолжение

3	брзина на поместување (U), за број на заби $Z_3 = 80$ и дијаметар $D=250\text{mm}$						БУКА		
	$U_1 = 12\text{mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{mmmin}^{-1}$		
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
81	0.026	0.028	0.038	0.048	0.046	0.041	0.036	0.042	0.056
82	0.030	0.026	0.031	0.050	0.041	0.032	0.042	0.044	0.062
83	0.023	0.025	0.042	0.046	0.044	0.040	0.037	0.047	0.069
84	0.024	0.030	0.037	0.057	0.049	0.049	0.041	0.048	0.065
85	0.029	0.025	0.039	0.049	0.050	0.053	0.031	0.051	0.060
86	0.032	0.028	0.038	0.037	0.045	0.043	0.030	0.046	0.057
87	0.026	0.027	0.037	0.030	0.039	0.042	0.026	0.055	0.062
88	0.027	0.022	0.041	0.030	0.043	0.046	0.027	0.048	0.054
89	0.029	0.032	0.042	0.033	0.052	0.039	0.029	0.043	0.061
90	0.031	0.030	0.044	0.031	0.043	0.047	0.031	0.049	0.057
91	0.031	0.034	0.040	0.043	0.038	0.051	0.035	0.050	0.059
92	0.036	0.032	0.049	0.050	0.048	0.042	0.032	0.049	0.060
93	0.031	0.031	0.043	0.056	0.045	0.050	0.036	0.038	0.060
94	0.033	0.033	0.045	0.053	0.047	0.048	0.035	0.034	0.053
95	0.027	0.041	0.050	0.042	0.049	0.050	0.032	0.032	0.047
96	0.022	0.038	0.043	0.046	0.044	0.046	0.034	0.037	0.050
97	0.030	0.032	0.060	0.044	0.046	0.039	0.041	0.040	0.049
98	0.029	0.036	0.051	0.038	0.050	0.041	0.043	0.046	0.040
99	0.024	0.031	0.050	0.034	0.053	0.046	0.049	0.050	0.043
100	0.031	0.024	0.049	0.029	0.047	0.043	0.065	0.054	0.039
$\bar{x}$	0.0296	0.0350	0.0387	0.0449	0.0421	0.0414	0.0413	0.0461	0.0515
f_x	0.0004	0.0005	0.0007	0.0009	0.0004	0.0005	0.0009	0.0006	0.0008
σ	0.0036	0.0048	0.0066	0.0090	0.0040	0.0051	0.0089	0.0063	0.0082
KV	12.25	13.78	16.99	20.15	9.56	12.38	21.44	13.75	15.96
min	0.018	0.022	0.024	0.028	0.027	0.029	0.026	0.029	0.032
max	0.044	0.053	0.060	0.075	0.061	0.054	0.065	0.068	0.077
t-	t-тест за колони 1-2	9.4213E-10	t-тест за колони 4-5	0.02401	t-тест за колони 7-8	0.000659			
тест	t-тест за колони 1-3	3.5057E-22	t-тест за колони 4-6	0.007187	t-тест за колони 7-9	2.468E-09			
	t-тест за колони 2-3	0.00015462	t-тест за колони 5-6	0.007187	t-тест за колони 8-9	0.0001822			
t-	t-тест за колони 1-4	1.0053E-20	t-тест за колони 2-5	2.4E-10	t-тест за колони 3-6	0.0015365			
тест	t-тест за колони 1-7	1.5763E-18	t-тест за колони 2-8	3.36E-16	t-тест за колони 3-9	7.185E-19			
	t-тест за колони 4-7	0.01909143	t-тест за колони 5-8	0.000451	t-тест за колони 6-9	3.814E-15			

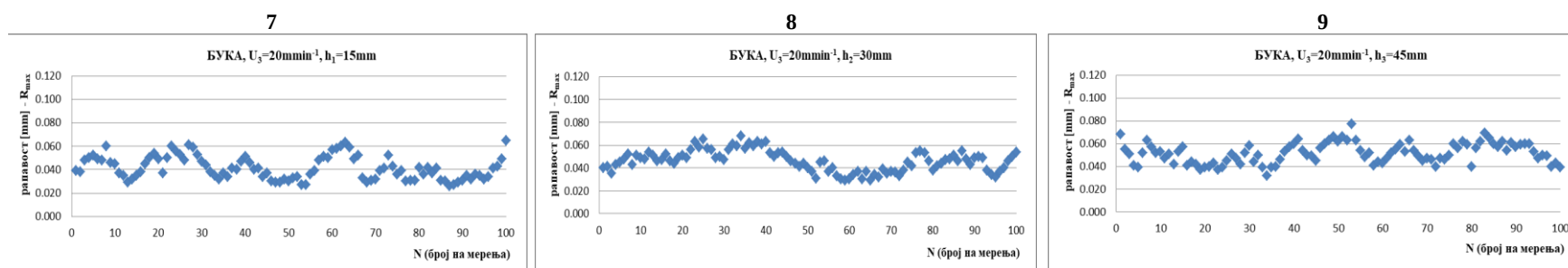
Од прикажаните резултати (Табела 5, графиконите од 31 до 45) можеме да констатираме дека со зголемување на брзината на поместување правопрпорционално се зголемува рапавоста на резната површина. Зависноста е математички искажана со правите на регресија и коефициентите на корелација. Многу мало отстапување се јавува кај графиконот 41, односно равенката на права има негативен предзнак.



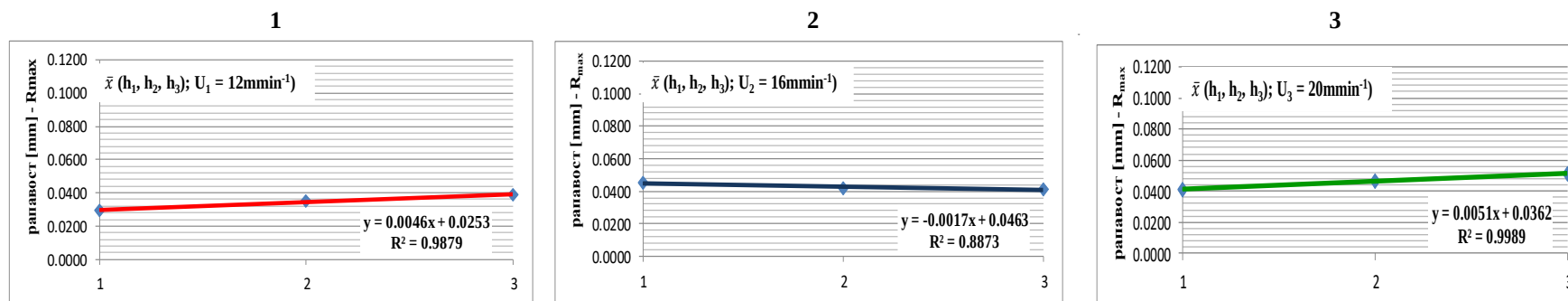
Графикон 31, 32, 33. Рапавост на резната површина на примероците од БУКА при брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 1) $h_1=15\text{mm}$, 2) $h_2=30\text{mm}$ и 3) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_3=80$)



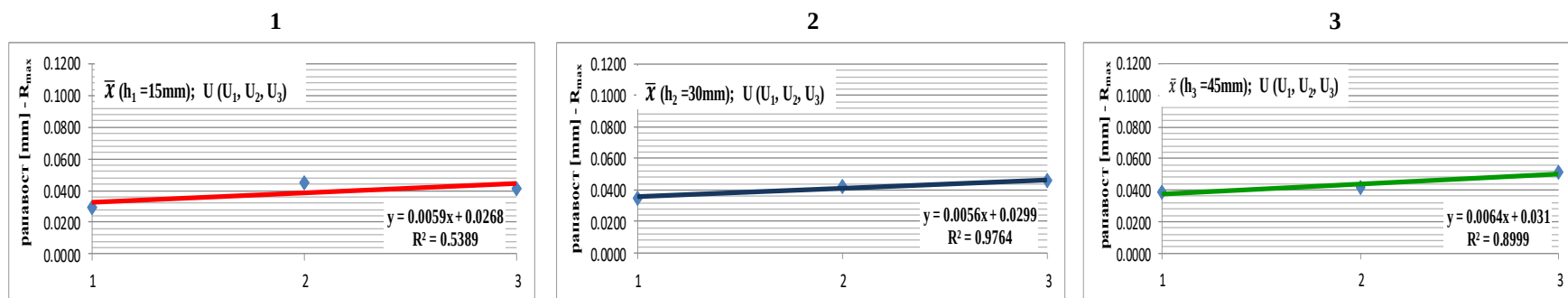
Графикон 34, 35, 36. Рапавост на резната површина на примероците од БУКА при брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 4) $h_1=15\text{mm}$, 5) $h_2=30\text{mm}$ и 6) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_3=80$)



Графикон 37, 38, 39. Рапавост на резната површина на примероците од БУКА при брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 7) $h_1=15\text{mm}$, 8) $h_2=30\text{mm}$ и 9) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_3=80$)



Графикон 40, 41 и 42: Регресиона анализа на средните вредности на рапавоста кај БУКА при различните височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45$ mm) и брзина на поместување: 1) $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, 2) $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и 3) $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ (број на заби $Z_3=80$)



Графикон 43, 44 и 45: Регресиона анализа на средните вредности на рапавоста кај БУКА при различните брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$) и височина на режење: 1) $h_1=15$ mm, 2) $h_2=30$ mm и 3) $h_3=45$ mm (број на заби $Z_3=80$)

6.1.4. Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА)

Во Табела 6 прикажани се средните вредности на рапавоста на резната површина за сите три височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$, кај кружните пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, кај БУКА.

Табела 6: Средни вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА)

	средни вредности на рапавоста при U (h_1 , h_2 и h_3) за Z_1 , Z_2 и Z_3						БУКА		
средна	$U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$		
вредност	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
од	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
мерењата	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
				$Z_1 = 40$					
$\bar{x}$	0,03197	0,05368	0,06864	0,04906	0,06383	0,07080	0,06178	0,07869	0,08177
				$Z_2 = 60$					
$\bar{x}$	0,03098	0,05069	0,06251	0,04782	0,05307	0,05339	0,05858	0,06309	0,06559
				$Z_3 = 80$					
$\bar{x}$	0,02955	0,03499	0,03868	0,04489	0,04206	0,04139	0,04134	0,04613	0,05151

Средните вредности од мерењата на рапавоста на резната површина покажуваат тренд на зголемување со зголемување на височината на режење, односно:

При режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,03197mm**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **0,05368** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **0,06864mm**. Зависноста е правопрпорционална.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,03098mm**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **0,05069mm** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **0,06251mm**. Зависноста е правопрпорционална.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,02955mm**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **0,03499mm** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **0,03868mm**. Зависноста е правопрпорционална.

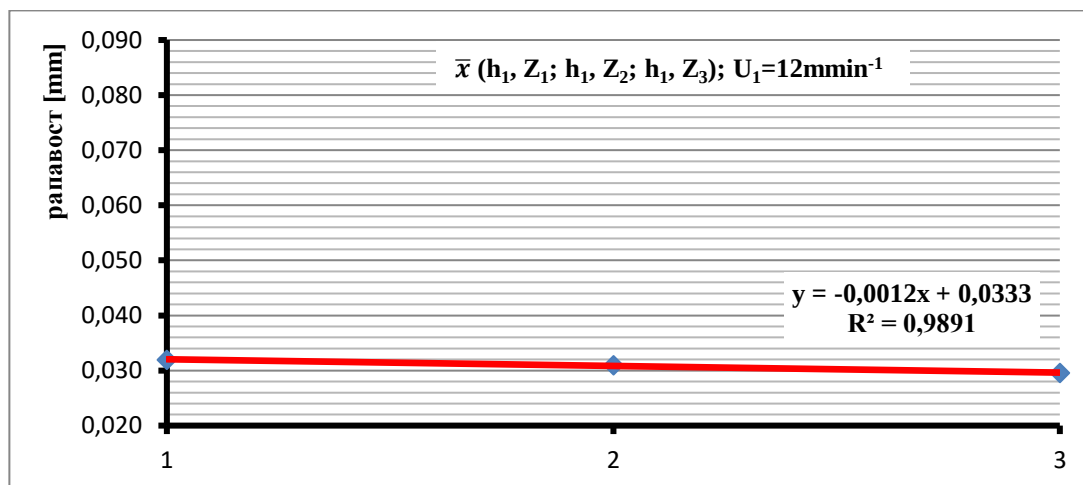
Средните вредности од мерењата на рапавоста на резната површина покажуваат тренд на намалување со зголемување на бројот на заби кај кружната пила, односно:

За височина на режење $h_1=15\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,03197mm**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **0,03098mm** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **0,02955mm**. Зависноста е обратнопропорционална.

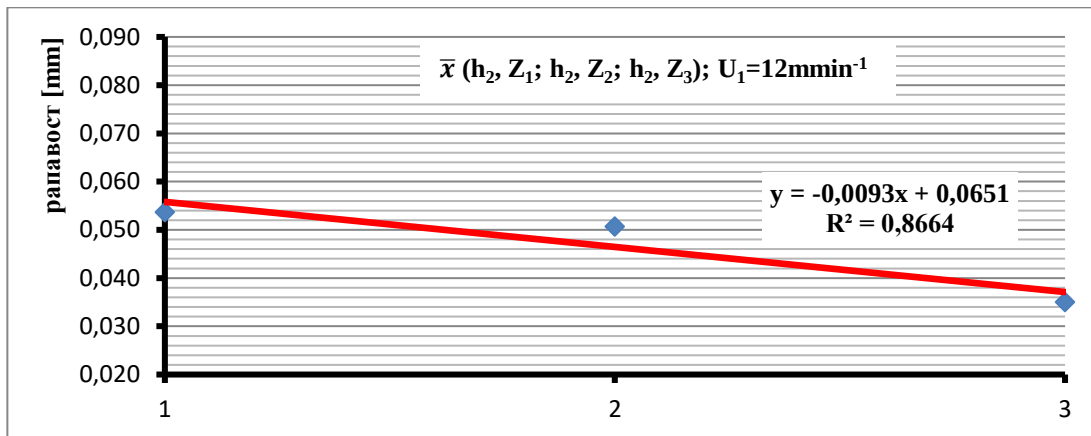
За височина на режење $h_2=30\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,05368mm**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **0,05069mm** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **0,03499mm**. Зависноста е обратнопропорционална.

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,06864mm**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **0,06251mm** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **0,03868mm**. Зависноста е обратнопропорционална.

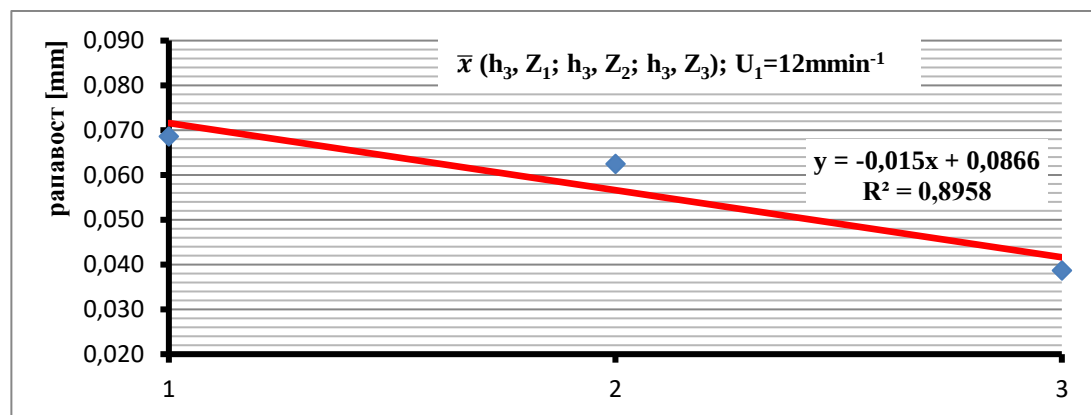
Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Прикажани се правите на регресија на средните вредности кај кружните пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$. Од графиконите можеме да констатираме дека квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9891$, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува $R^2=0,8664$ и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува $R^2=0,8958$.



Графикон 46: Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15\text{mm}$ (БУКА)



Графикон 47: Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_2=30\text{mm}$ (БУКА)



Графикон 48: Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_3=45\text{mm}$ (БУКА)

6.1.5. Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40, Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}, h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА)

Во Табела 7 прикажани се средните вредности на рапавоста на резната површина за сите три височини на режење $h_1=15, h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$, кај кружните пили со број на заби $Z_1=40, Z_2=60$ и $Z_3=80$, при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, кај БУКА.

Табела 7: Средни вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА)

	средни вредности на рапавоста при U (h_1 , h_2 и h_3) за Z_1 , Z_2 и Z_3						БУКА		
средна	$U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$		
вредност	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
од	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
мерењата	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
				$Z_1 = 40$					
$\bar{x}$	0.03197	0.05368	0.06864	0.04906	0.06383	0.07080	0.06178	0.07869	0.08177
				$Z_2 = 60$					
$\bar{x}$	0.03098	0.05069	0.06251	0.04782	0.05307	0.05339	0.05858	0.06309	0.06559
				$Z_3 = 80$					
$\bar{x}$	0.02955	0.03499	0.03868	0.04489	0.04206	0.04139	0.04134	0.04613	0.05151

Средните вредности од мерењата на рапавоста на резната површина покажуваат тренд на зголемување со зголемување на височината на режење, односно:

При режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,04906mm**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **0,06383** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **0,07080mm**. Зависноста е правопрпорционална.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,04782mm**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **0,05307mm** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **0,05339mm**. Зависноста е правопрпорционална.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,04489mm**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **0,04206mm** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **0,04139mm**. Зависноста е правопрпорционална.

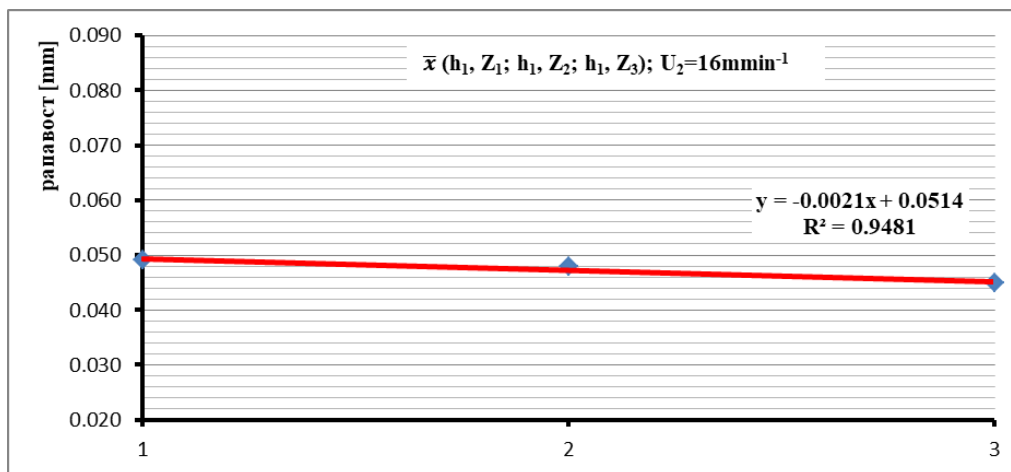
Средните вредности од мерењата на рапавоста на резната површина покажуваат тренд на намалување со зголемување на бројот на заби кај кружната пила, односно:

За височина на режење $h_1=15\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,04906mm**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **0,04782mm** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **0,04489mm**. Зависноста е обратнопрпорционална.

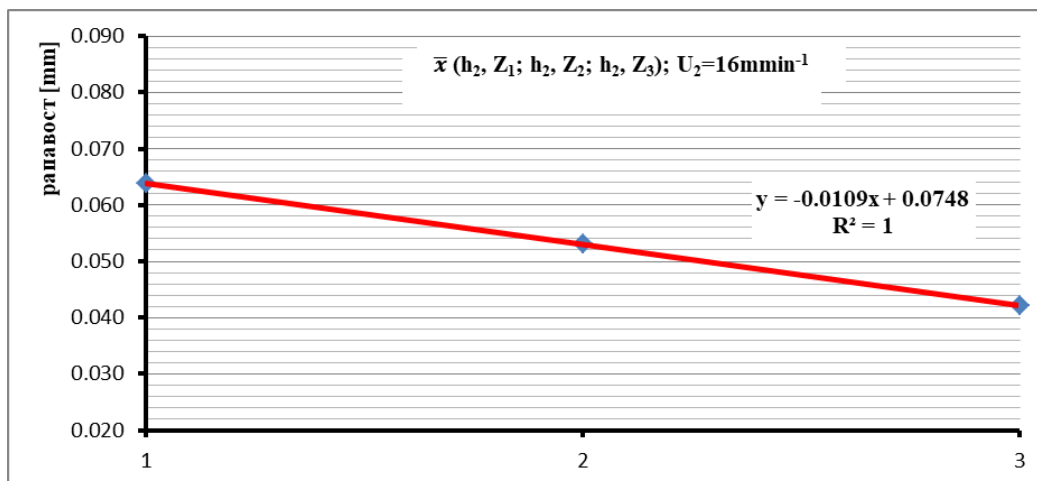
За височина на режење $h_2=30\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,06383mm**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **0,05307mm** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **0,04206mm**. Зависноста е обратнопрпорционална.

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,07080mm**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **0,05339mm** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **0,04139mm**. Зависноста е обратнопропорционална.

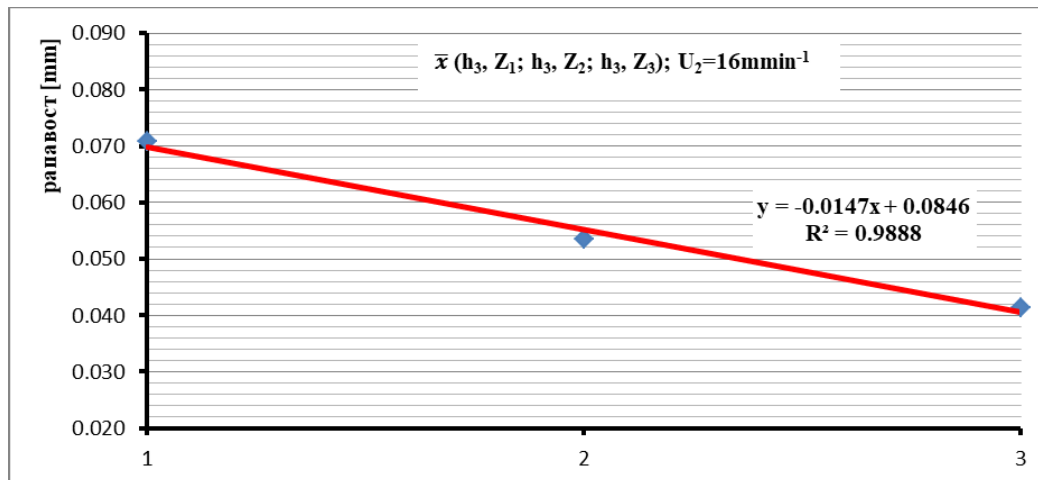
Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Прикажани се правите на регресија на средните вредности кај кружните пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$. Од графиконите можеме да констатираме дека квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува **$R^2=0,9481$** , за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **$R^2=1$** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **$R^2=0,9888$** .



Графикон 49: Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15\text{mm}$ (БУКА)



Графикон 50: Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_2=30\text{mm}$ (БУКА)



Графикон 51: Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_3=45\text{mm}$ (БУКА)

6.1.6. Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40, Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}, h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА)

Во Табела 8 прикажани се средните вредности на рапавоста на резната површина за сите три височини на режење $h_1=15, h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$, кај кружните пили со број на заби $Z_1=40, Z_2=60$ и $Z_3=80$, при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, кај БУКА.

Табела 8: Средни вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40, Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}, h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА)

средни вредности на рапавоста при U (h_1, h_2 и h_3) за Z_1, Z_2 и Z_3									БУКА
средна	$U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$		
вредност	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
од	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
мерењата	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	$Z_1 = 40$								
$\bar{x}$	0.03197	0.05368	0.06864	0.04906	0.06383	0.07080	0.06178	0.07869	0.08177
	$Z_2 = 60$								
$\bar{x}$	0.03098	0.05069	0.06251	0.04782	0.05307	0.05339	0.05858	0.06309	0.06559
	$Z_3 = 80$								
$\bar{x}$	0.02955	0.03499	0.03868	0.04489	0.04206	0.04139	0.04134	0.04613	0.05151

Средните вредности од мерењата на рапавоста на резната површина покажуваат тренд на зголемување со зголемување на височината на режење, односно:

При режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,06178mm**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **0,07869** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **0,08177mm**. Зависноста е правопрпорционална.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,05858mm**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **0,06309mm** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **0,06559mm**. Зависноста е правопрпорционална.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,04134mm**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **0,04613mm** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **0,05151mm**. Зависноста е правопрпорционална.

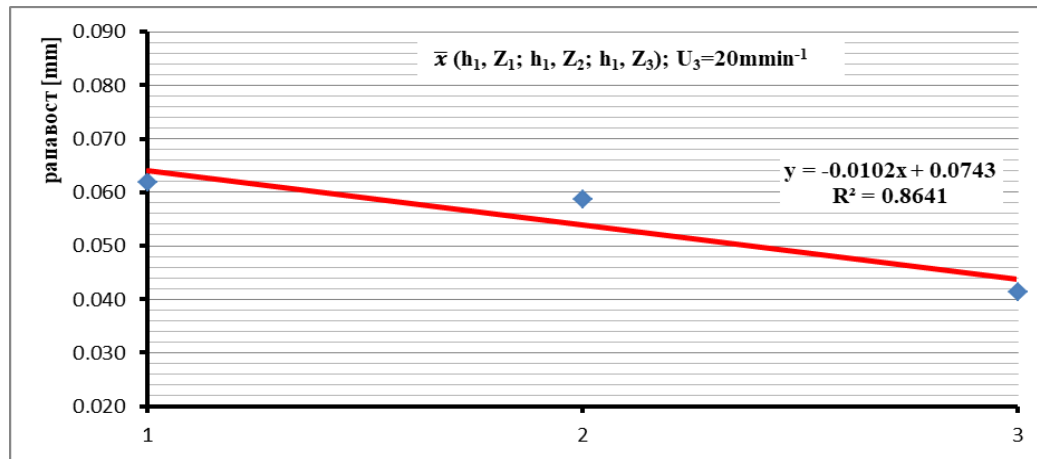
Средните вредности од мерењата на рапавоста на резната површина покажуваат тренд на намалување со зголемување на бројот на заби кај кружната пила, односно:

За височина на режење $h_1=15\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,06178mm**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **0,05858mm** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **0,04134mm**. Зависноста е обратнопрпорционална.

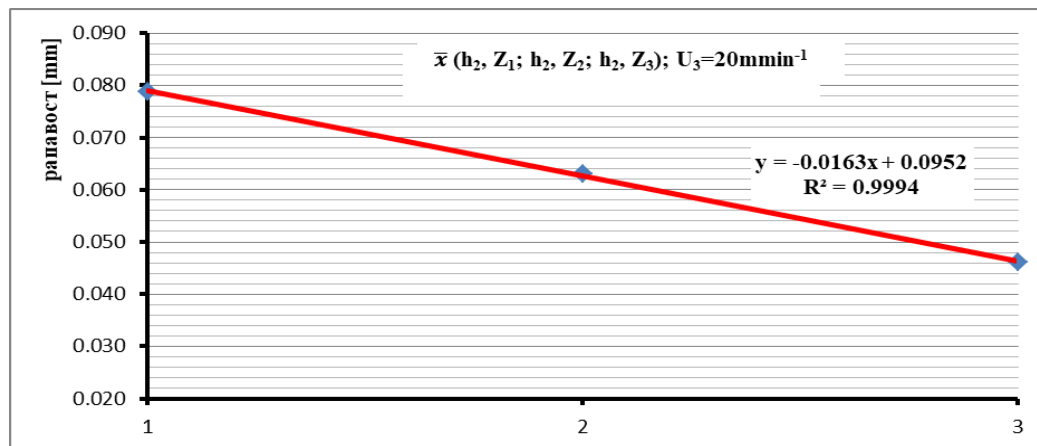
За височина на режење $h_2=30\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,07869mm**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **0,06309mm** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **0,04613mm**. Зависноста е обратнопрпорционална.

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,08177mm**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **0,06559mm** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **0,05151mm**. Зависноста е обратнопрпорционална.

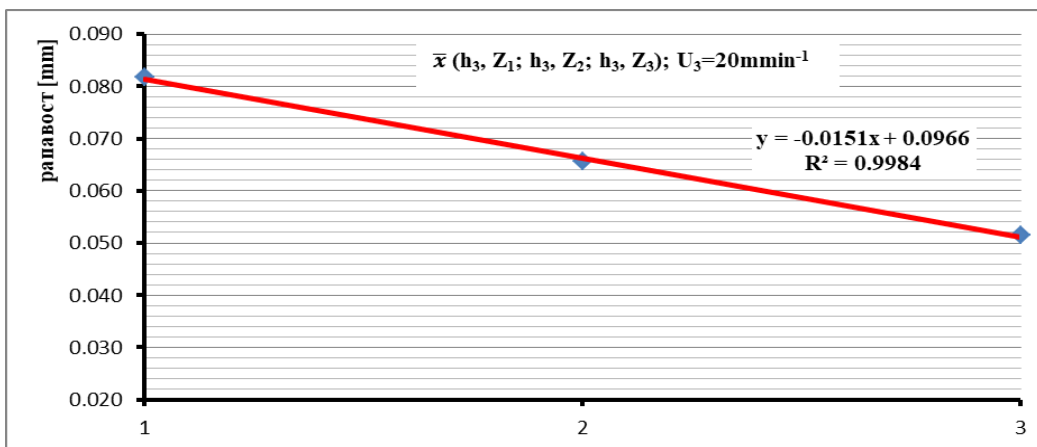
Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Прикажани се правите на регресија на средните вредности кај кружните пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$. Од графиконите можеме да констатираме дека квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува **$R^2=0,8641$** , за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **$R^2=0,9994$** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **$R^2=0,9984$** .



Графикон 52: Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резата површина кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15\text{mm}$ (БУКА)



Графикон 53: Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_2=30\text{mm}$ (БУКА)



Графикон 54: Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_3=45\text{mm}$ (БУКА)

6.1.7. Анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, брзина на поместување $U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ (БУКА)

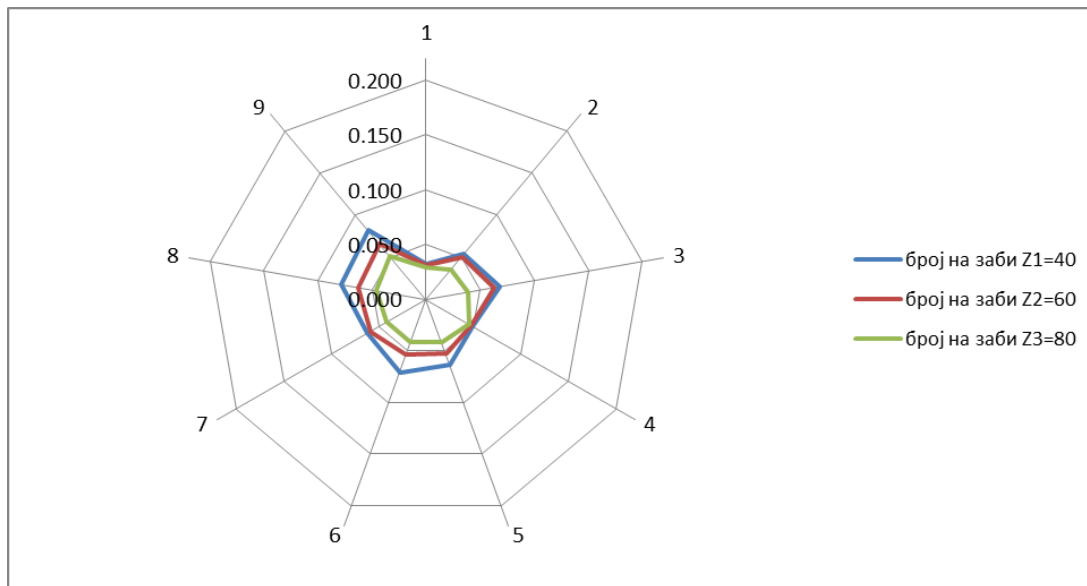
Претходно направените анализи според групи на податоци, не прикажуваат целосна слика на зависноста на сите добиени средни вредности. Генерално, тешко е севкупно да се прикажат во графикон средните вредности според различните помести (U_1 , U_2 и U_3), различните височини на режење (h_1 , h_2 и h_3) и различниот број на заби (Z_1 , Z_2 и Z_3) кај кружните пили (табела 9).

Табела 9: Анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ кај различни брзини на поместување $U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}$, const)

	средни вредности на рапавоста при U (h_1 , h_2 и h_3) за Z_1 , Z_2 и Z_3						БУКА		
средна	$U_1 = 12\text{mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{mmmin}^{-1}$		
вредност	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
од	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
мерењата	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
				$Z_1 = 40$					
$\bar{x}$	0.03197	0.05368	0.06864	0.04906	0.06383	0.07080	0.06178	0.07869	0.08177
				$Z_2 = 60$					
$\bar{x}$	0.03098	0.05069	0.06251	0.04782	0.05307	0.05339	0.05858	0.06309	0.06559
				$Z_3 = 80$					
$\bar{x}$	0.02955	0.03499	0.03868	0.04489	0.04206	0.04139	0.04134	0.04613	0.05151

Со цел за севкупно согледување на трендот на средните вредности, најдобро се приспособува графиконот т.н. „радар“.

Во Графиконот 55 прикажани се резултати од анализата на средните вредности од рапавоста на резната површина кај сите три вида на кружни пили (со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$), кај вкупно трите брзини на поместување ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$) и за сите три височини на режење ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$).



Графикон 55: Графички („радар“) приказ на средните вредности од рапавоста на резната површина кај сите три вида на кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, три брзини на поместување $U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$ и три височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$

Бројот на заби за $Z_1=40$ е прикажан со сина боја, за $Z_2=60$ со црвена и за $Z_3=80$ со зелена боја.

Секој број од 1 до 9 ги прикажува средните вредности и нивната поврзаност според боја на припадност (Z_1 , Z_2 и Z_3).

Групите од 1 до 3, од 4 до 6 и од 7 до 9, ги прикажуваат соодветно различните брзини на поместување (U_1 , U_2 и U_3).

Анализирајќи го графиконот 55, може да го констатираме следното:

- Со зголемување на брзината на поместување се зголемуваат средните вредности за рапавоста на резната површина. Јасно е забележлив трендот на правопрпорционалност;
- Со зголемување височината на режење растат средните вредности на рапавоста, односно зависноста е правопрпорционална;
- Со зголемување на бројот на заби се забележува тренд на обратнопрпорционалност, односно опаѓање на средните вредности на рапавоста.

6.1.8. Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$

Во Табела 10 прикажани се резултатите од мерењата на јачината на електрична струја на примероците од бука, за сите три височини на режење ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$) кај сите три брзини на поместување ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$).

Средните вредности од мерењата покажуваат тренд на зголемување со зголемување на брзината на поместување.

Кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на мерењата на јачината на електрична струја изнесува **$4,057\pm 0,027\text{A}$** , со стандардна девијација **$0,2724\text{A}$** и коефициент на варијација **$6,72\%$** , односно **$4,224\pm 0,029\text{A}$** кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,2898\text{A}$** и коефициент на варијација **$6,86\%$** и **$4,565\pm 0,031\text{A}$** и кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,3100\text{A}$** и коефициент на варијација **$6,79\%$** .

Кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$, средната вредност на мерењата на јачината на електрична струја изнесува **$5,824\pm 0,051\text{A}$** , со стандардна девијација **$0,5070\text{A}$** и коефициент на варијација **$8,71\%$** , односно **$6,436\pm 0,057\text{A}$** кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,5707\text{A}$** и коефициент на варијација **$8,87\%$** и **$7,035\pm 0,061\text{A}$** кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,6055\text{A}$** и коефициент на варијација **$8,61\%$** .

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, средната вредност на мерењата на јачината на електрична струја изнесува **$8,127\pm 0,087\text{A}$** , кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,8666\text{A}$** и коефициент на варијација **$10,66\%$** , односно **$8,918\pm 0,095\text{A}$** кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,9543\text{A}$** и коефициент на варијација **$10,70\%$** и **$10,667\pm 0,115\text{A}$** кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$1,1500\text{A}$** и коефициент на варијација **$10,78\%$** .

Стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат изедначеност на мерните податоци, кај сите мерења.

Грешката на средната вредност, стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат дека сите елементи од групата податоци се многу блиску до средната вредност.

Во графиконите **56,57,58,59,60,61,62,63** и **64** се прикажани мерните податоци од мерењата.

Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Во графиконите **65, 66, 67, 68, 69** и **70** е прикажана правата на регресија на средните вредности од мерните податоци. Во графиконите **65 66** и **67** квадратната вредност од коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно кај првата брзина на поместување ($U_1=12\text{mmmin}^{-1}$) изнесува $R^2=0,9942$, кај втората брзина на поместување ($U_2=16\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=0,9989$ и кај третата ($U_3=20\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=0,9881$, за сите три височини на режење. Во графиконите **68, 69** и **70** квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува, исто така висока зависност, односно кај височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9626$, кај височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува $R^2=1$ и кај височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9548$, за сите три брзини на поместување.

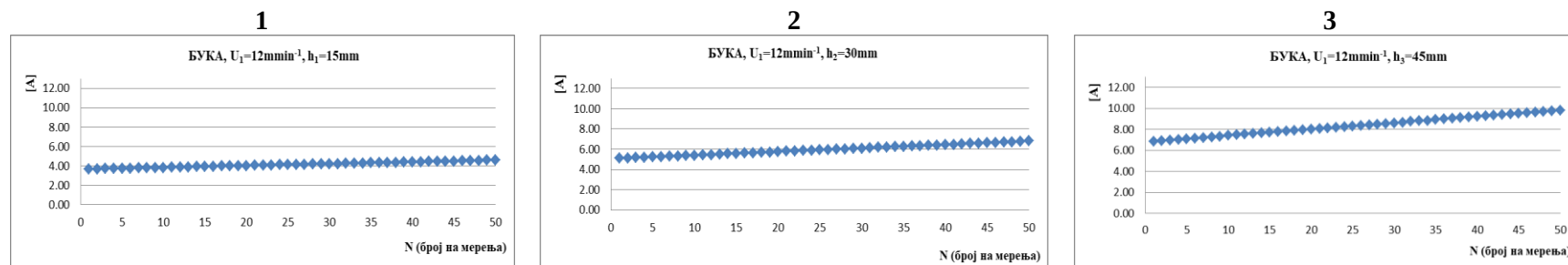
Табела 10а: Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (потрошувачка на енергија) на примероците од бука при различни брзини на поместување $U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, број на заби $Z_1=40$ и различни височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$, ($D=250\text{mm}$, const)

1	брзина на поместување (U), за број на заби $Z = 40$ и дијаметар $D=250\text{mm}$						БУКА		
	$U_1 = 12\text{mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{mmmin}^{-1}$		
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
	проток на електрична струја [A]			проток на електрична струја [A]			проток на електрична струја [A]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3.68	5.10	6.86	3.84	5.63	7.49	4.16	6.15	8.96
2	3.70	5.14	6.92	3.85	5.66	7.55	4.19	6.20	9.04
3	3.72	5.17	6.98	3.87	5.70	7.62	4.20	6.25	9.12
4	3.74	5.20	7.03	3.89	5.73	7.69	4.23	6.29	9.19
5	3.75	5.23	7.09	3.91	5.77	7.76	4.25	6.33	9.28
6	3.77	5.26	7.15	3.92	5.81	7.82	4.27	6.38	9.35
7	3.78	5.29	7.21	3.94	5.84	7.89	4.29	6.42	9.42
8	3.80	5.33	7.27	3.96	5.88	7.96	4.31	6.46	9.51
9	3.82	5.36	7.33	3.98	5.92	8.02	4.33	6.49	9.58
10	3.84	5.40	7.40	4.00	5.96	8.08	4.35	6.54	9.65
11	3.86	5.43	7.46	4.02	5.99	8.15	4.37	6.58	9.73
12	3.88	5.46	7.51	4.03	6.03	8.21	4.39	6.62	9.81
13	3.91	5.50	7.57	4.06	6.07	8.28	4.41	6.66	9.88
14	3.93	5.53	7.64	4.08	6.10	8.35	4.43	6.70	9.96
15	3.95	5.57	7.69	4.09	6.14	8.42	4.45	6.73	10.04
16	3.97	5.61	7.75	4.11	6.18	8.49	4.47	6.77	10.12
17	3.98	5.64	7.82	4.13	6.22	8.56	4.49	6.81	10.20
18	4.00	5.68	7.88	4.15	6.26	8.62	4.51	6.85	10.28
19	4.02	5.72	7.94	4.17	6.30	8.68	4.53	6.89	10.35
20	4.04	5.75	8.00	4.19	6.34	8.74	4.55	6.93	10.43
21	4.07	5.79	8.06	4.22	6.37	8.80	4.57	6.98	10.52
22	4.08	5.82	8.12	4.24	6.41	8.87	4.59	7.02	10.60
23	4.10	5.86	8.18	4.26	6.46	8.93	4.61	7.07	10.68
24	4.12	5.90	8.25	4.28	6.49	9.00	4.64	7.11	10.76
25	4.13	5.93	8.31	4.30	6.54	9.06	4.66	7.16	10.84
26	4.15	5.96	8.36	4.31	6.58	9.12	4.67	7.20	10.92
27	4.17	5.99	8.42	4.33	6.62	9.19	4.70	7.25	11.00
28	4.19	6.03	8.49	4.36	6.66	9.25	4.72	7.28	11.08
29	4.20	6.06	8.54	4.37	6.71	9.32	4.74	7.33	11.16
30	4.22	6.10	8.60	4.40	6.75	9.39	4.77	7.37	11.24
31	4.24	6.13	8.66	4.42	6.80	9.45	4.80	7.41	11.32
32	4.26	6.16	8.77	4.44	6.84	9.51	4.82	7.46	11.39
33	4.28	6.20	8.78	4.46	6.87	9.58	4.84	7.49	11.47
34	4.30	6.24	8.84	4.49	6.91	9.65	4.86	7.53	11.55
35	4.31	6.27	8.90	4.50	6.95	9.72	4.89	7.57	11.63
36	4.34	6.31	8.96	4.52	6.99	9.79	4.91	7.61	11.71
37	4.35	6.34	9.02	4.55	7.03	9.85	4.93	7.65	11.79
38	4.37	6.38	9.08	4.56	7.07	9.92	4.95	7.69	11.88
39	4.39	6.41	9.14	4.59	7.11	9.98	4.97	7.74	11.96
40	4.41	6.44	9.20	4.61	7.14	10.05	4.99	7.78	12.03

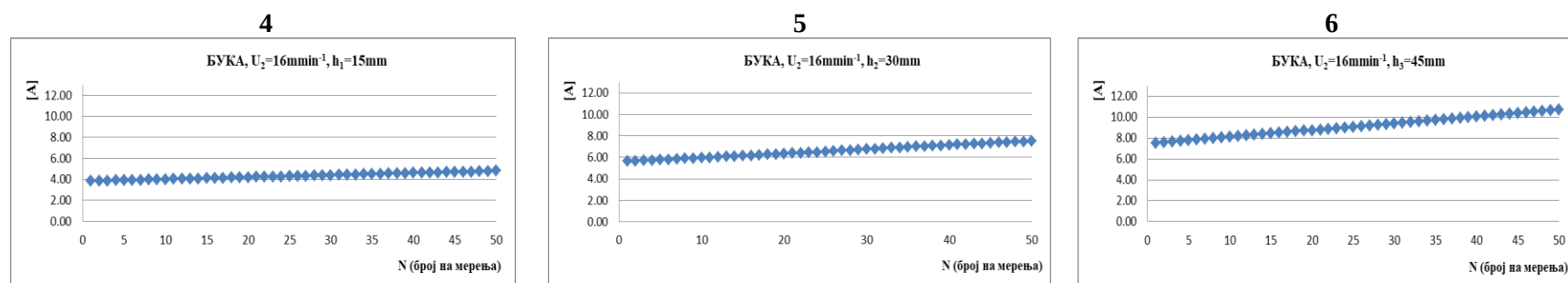
Табела 10b: Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (потрошувачка на енергија) на примероците од бука при различни брзини на поместување $U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20 \text{ mm min}^{-1}$, број на заби $Z_1=40$ и различни височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45 \text{ mm}$, ($D=250 \text{ mm}$, const)-*продолжение*

1	брзина на поместување (U), за број на заби Z = 40 и дијаметар D=250mm						БУКА		
	$U_1 = 12 \text{ mm min}^{-1}$			$U_2 = 16 \text{ mm min}^{-1}$			$U_3 = 20 \text{ mm min}^{-1}$		
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
	проток на електрична струја [A]			проток на електрична струја [A]			проток на електрична струја [A]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
41	4.43	6.47	9.27	4.62	7.18	10.11	5.01	7.82	12.11
42	4.45	6.51	9.32	4.64	7.22	10.17	5.03	7.86	12.19
43	4.46	6.55	9.39	4.66	7.26	10.24	5.05	7.90	12.27
44	4.48	6.58	9.45	4.68	7.29	10.31	5.07	7.94	12.34
45	4.49	6.62	9.50	4.70	7.33	10.38	5.09	7.98	12.42
46	4.52	6.65	7.56	4.71	7.37	10.44	5.12	8.02	12.50
47	4.53	6.69	9.62	4.73	7.40	10.51	5.13	8.07	12.58
48	4.56	6.72	9.68	4.75	7.43	10.57	5.16	8.11	12.65
49	4.58	6.76	9.74	4.78	7.47	10.64	4.18	8.16	12.73
50	4.60	6.80	9.80	4.80	7.50	10.70	5.20	8.20	12.80
$\bar{x}$	4.057	5.824	8.127	4.224	6.436	8.918	4.565	7.035	10.667
$\bar{f}_x$	0.027	0.051	0.087	0.029	0.057	0.095	0.031	0.061	0.115
σ	0.2724	0.5070	0.8666	0.2898	0.5707	0.9543	0.3100	0.6055	1.1500
KV	6.72	8.71	10.66	6.86	8.87	10.70	6.79	8.61	10.78
min	3.697	5.100	6.860	3.840	5.630	7.490	4.160	6.150	8.960
max	4.600	6.800	9.800	4.800	7.500	10.700	5.200	8.201	12.802
t-	t-тест за колони 1-2	2.25131E-45		t-тест за колони 4-5	2.24908E-46		t-тест за колони 7-8	1.73056E-47	
тест	t-тест за колони 1-3	3.12888E-43		t-тест за колони 4-6	6.0686E-46		t-тест за колони 7-9	4.38047E-47	
	t-тест за колони 2-3	9.54205E-42		t-тест за колони 5-6	1.6766E-45		t-тест за колони 8-9	1.13879E-46	
t-	t-тест за колони 1-4	6.63996E-48		t-тест за колони 2-5	3.46432E-50		t-тест за колони 3-6	6.29293E-51	
тест	t-тест за колони 1-7	2.39963E-47		t-тест за колони 2-8	1.11245E-55		t-тест за колони 3-9	1.23899E-49	
	t-тест за колони 4-7	2.49409E-46		t-тест за колони 5-8	1.32443E-61		t-тест за колони 6-9	5.54369E-49	

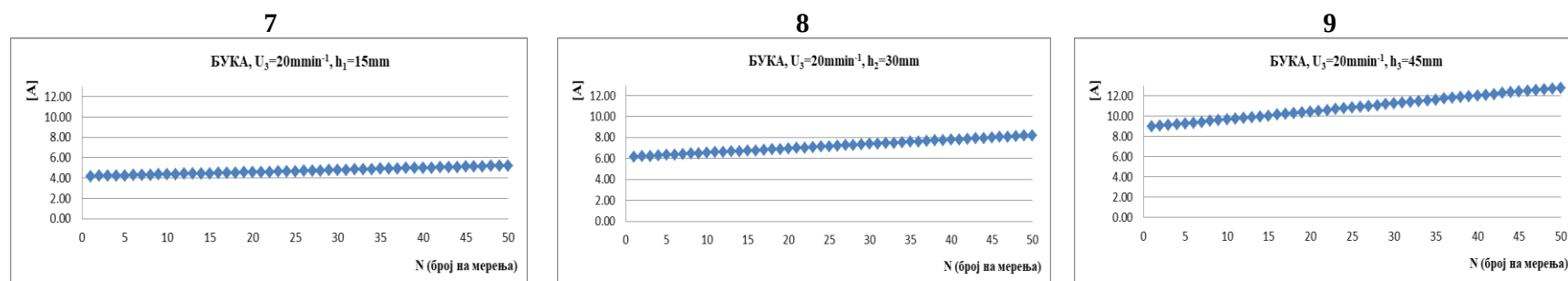
Од прикажаните резултати (Табела 10, графиконите од 56 до 70) можеме да констатираме дека со зголемување на брзината на поместување правопрпорционално се зголемува јачината на електрична струја. Зависноста е математички искажана со правите на регресија и коефициентите на корелација.



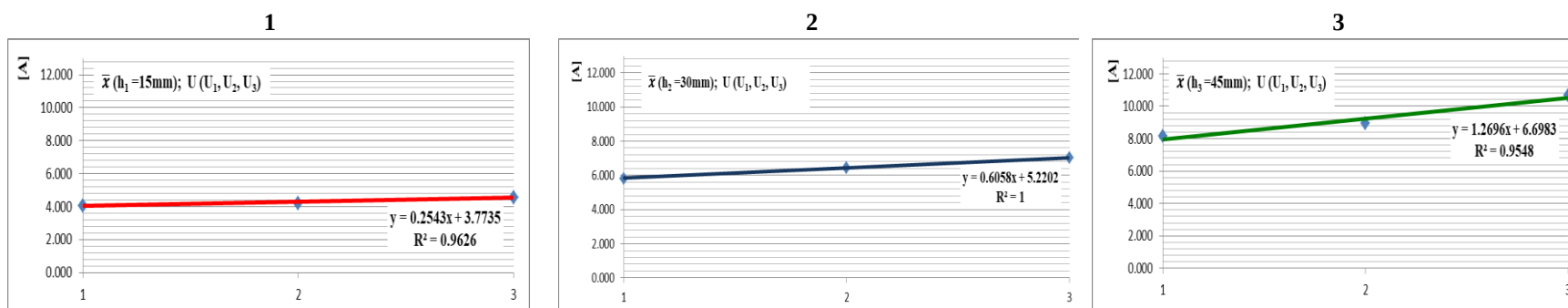
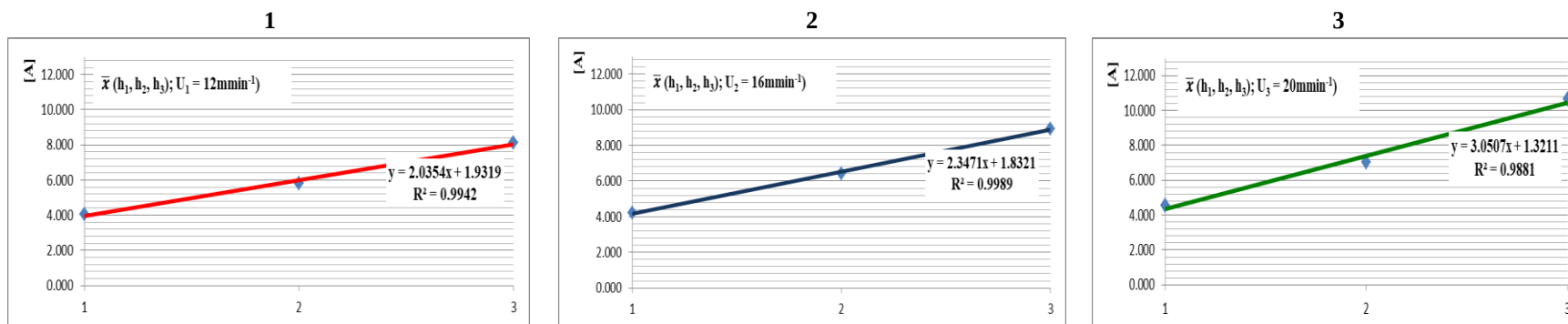
Графикон 56, 57, 58. Јачина на електричната струја на примероците од БУКА при брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење:
1) $h_1=15\text{mm}$, 2) $h_2=30\text{mm}$ и 3) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_1=40$)



Графикон 59, 60, 61. Јачина на електричната струја на примероците од БУКА при брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење:
4) $h_1=15\text{mm}$, 5) $h_2=30\text{mm}$ и 6) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_1=40$)



Графикон 62, 63, 64. Јачина на електричната струја на примероците од БУКА при брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење:
7) $h_1=15\text{mm}$, 8) $h_2=30\text{mm}$ и 9) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_1=40$)



6.1.9. Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$

Во Табела 11 прикажани се резултатите од мерењата на јачината на електрична струја на примероците од бука, за сите три височини на режење ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$) кај сите три брзини на поместување ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$).

Средните вредности од мерењата покажуваат тренд на зголемување со зголемување на брзината на поместување.

Кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на мерењата на јачината на електрична струја изнесува **$3,967\pm0,026\text{A}$** со стандардна девијација **$0,2596\text{A}$** и коефициент на варијација **$6,54\%$** , односно **$4,510\pm0,030\text{A}$** кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,3034\text{A}$** и коефициент на варијација **$6,73\%$** и **$4,759\pm0,032\text{A}$** кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,3224\text{A}$** и коефициент на варијација **$6,77\%$** .

Кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$, средната вредност на мерењата на јачината на електрична струја изнесува **$5,910\pm0,052\text{A}$** со стандардна девијација **$0,5197\text{A}$** и коефициент на варијација **$8,79\%$** , односно **$6,768\pm0,059\text{A}$** кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,5928\text{A}$** и коефициент на варијација **$8,76\%$** и **$7,711\pm0,068\text{A}$** кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,6753\text{A}$** и коефициент на варијација **$8,76\%$** .

Кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, за височина на режење $h_3=45\text{mm}$, средната вредност на мерењата на јачината на електрична струја изнесува **$8,491\pm0,091\text{A}$** со стандардна девијација **$0,9055\text{A}$** и коефициент на варијација **$10,66\%$** , односно **$10,164\pm0,109\text{A}$** кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$1,0931\text{A}$** и коефициент на варијација **$10,75\%$** и **$11,656\pm0,125\text{A}$** кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$1,2543\text{A}$** и коефициент на варијација **$10,76\%$** . Стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат изедначеност на мерните податоци, кај сите мерења.

Грешката на средната вредност, стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат дека сите елементи од групата податоци се многу блиску до средната вредност.

Во графиконите **71,72,73,74,75,76,77,78** и **79** се прикажани мерните податоци.

Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Во графиконите **80, 81, 82, 83, 84** и **85** е прикажана правата на регресија на средните вредности од мерните податоци. Во графиконите **80, 81** и **82** квадратната вредност од коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно кај првата брзина на поместување ($U_1=12\text{mmmin}^{-1}$) изнесува $R^2=0,9934$, кај втората брзина на поместување ($U_2=16\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=0,9867$ и кај третата ($U_3=20\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=0,9931$, за сите три височини на режење. Во графиконите **83, 84** и **85** квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува, исто така висока зависност, односно кај височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9562$, кај височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9993$ и кај височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9989$, за сите три брзини на поместување.

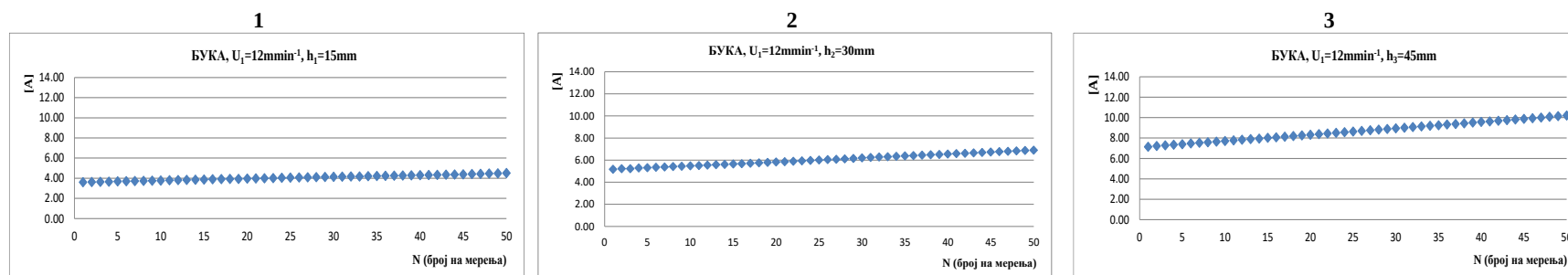
Табела 11а: Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (потрошувачка на енергија) на примероците од бука при различни брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$), број на заби $Z_2=60$ и различни височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$), ($D=250\text{mm}$, const)

1	брзина на поместување (U), за број на заби $Z_2 = 60$ и дијаметар $D=250\text{mm}$						БУКА		
	$U_1 = 12\text{mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{mmmin}^{-1}$		
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
	јачина на електрична струја [A]			јачина на електрична струја [A]			јачина на електрична струја [A]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3.60	5.18	7.14	4.08	5.92	8.54	4.32	6.75	9.80
2	3.61	5.22	7.21	4.10	5.96	8.61	4.34	6.79	9.88
3	3.64	5.22	7.27	4.12	6.00	8.68	4.36	6.83	9.96
4	3.65	5.28	7.34	4.15	6.04	8.75	4.38	6.88	10.04
5	3.68	5.31	7.39	4.17	6.07	8.82	4.40	6.92	10.13
6	3.69	5.35	7.46	4.19	6.12	8.90	4.42	6.96	10.21
7	3.71	5.38	7.52	4.21	6.16	8.97	4.44	7.01	10.30
8	3.73	5.41	7.58	4.24	6.20	9.05	4.47	7.05	10.38
9	3.75	5.44	7.64	4.26	6.23	9.12	4.49	7.10	10.47
10	3.77	5.47	7.70	4.28	6.28	9.20	4.51	7.14	10.56
11	3.79	5.51	7.76	4.30	6.31	9.27	4.53	7.19	10.64
12	3.81	5.54	7.83	4.32	6.35	9.35	4.56	7.23	10.72
13	3.83	5.58	7.88	4.35	6.39	9.43	4.58	7.29	10.81
14	3.85	5.61	7.94	4.37	6.44	9.50	4.61	7.34	10.90
15	3.87	5.64	8.01	4.39	6.47	9.57	4.62	7.39	10.99
16	3.89	5.67	8.06	4.40	6.51	9.65	4.65	7.43	11.07
17	3.91	5.71	8.13	4.43	6.55	9.73	4.67	7.48	11.16
18	3.92	5.75	8.19	4.45	6.59	9.81	4.69	7.52	11.24
19	3.93	5.79	8.26	4.47	6.63	9.88	4.71	7.56	11.33
20	3.95	5.82	8.31	4.49	6.67	9.96	4.73	7.60	11.41
21	3.97	5.85	8.37	4.51	6.71	10.03	4.75	7.65	11.50
22	3.99	5.89	8.43	4.53	6.75	10.11	4.77	7.70	11.58
23	4.01	5.93	8.50	4.55	6.80	10.19	4.80	7.74	11.67
24	4.03	5.96	8.56	4.57	6.84	10.26	4.81	7.78	11.75
25	4.05	6.00	8.62	4.59	6.87	10.34	4.84	7.83	11.84
26	4.07	6.04	8.68	4.62	6.92	10.42	4.87	7.87	11.93
27	4.08	6.07	8.75	4.64	6.96	10.49	4.88	7.92	12.02
28	4.10	6.11	8.81	4.66	7.00	10.56	4.91	7.97	12.10
29	4.11	6.15	8.88	4.68	7.05	10.64	4.93	8.02	12.18
30	4.13	6.20	8.94	4.70	7.09	10.71	4.96	8.07	12.27
31	4.14	6.24	9.00	4.72	7.13	10.79	4.97	8.11	12.35
32	4.16	6.28	9.07	4.73	7.17	10.86	5.00	8.16	12.44
33	4.17	6.31	9.12	4.76	7.21	10.94	5.02	8.21	12.52
34	4.19	6.34	9.19	4.77	7.26	11.01	5.04	8.25	12.61
35	4.21	6.38	9.25	4.80	7.30	11.09	5.06	8.30	12.70
36	4.22	6.41	9.31	4.82	7.33	11.16	5.09	8.35	12.79
37	4.24	6.44	9.37	4.84	7.37	11.23	5.11	8.40	12.88
38	4.26	6.48	9.43	4.86	7.41	11.31	5.13	8.44	12.97
39	4.28	6.51	9.50	4.89	7.46	11.38	5.15	8.49	13.06
40	4.29	6.55	9.57	4.91	7.49	11.45	5.17	8.53	13.15

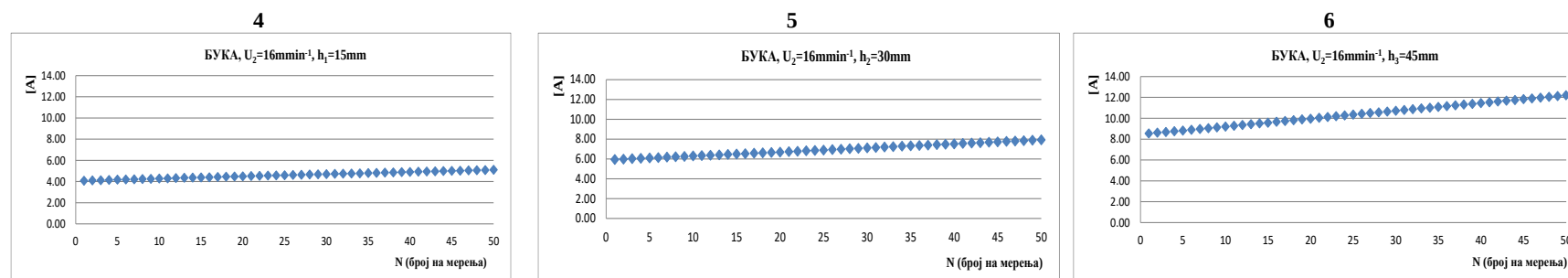
Табела 11b: Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (потрошувачка на енергија) на примероците од бука при различни брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$), број на заби $Z_2=60$ и различни височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$), ($D=250\text{mm}$, const)-**продолжение**

1	брзина на поместување (U), за број на заби $Z_2 = 60$ и дијаметар $D=250\text{mm}$						БУКА		
	$U_1 = 12\text{mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{mmmin}^{-1}$		
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
	јачина на електрична струја [A]			јачина на електрична струја [A]			јачина на електрична струја [A]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
41	4.31	6.59	9.62	4.93	7.54	11.53	5.20	8.58	13.23
42	4.33	6.62	9.68	4.94	7.58	11.60	5.22	8.64	13.31
43	4.35	6.65	9.75	4.96	7.61	11.68	5.24	8.69	13.40
44	4.36	6.69	9.81	4.98	7.66	11.75	5.27	8.74	13.48
45	4.38	6.73	9.87	5.00	7.70	11.82	5.29	8.79	13.57
46	4.41	6.76	9.93	5.02	7.74	11.90	5.31	8.83	13.66
47	4.43	6.80	10.00	5.04	7.78	11.97	5.34	8.87	13.75
48	4.46	6.84	10.07	5.06	7.82	12.05	5.36	8.91	13.84
49	4.48	6.87	10.13	5.08	7.86	12.12	5.38	8.96	13.92
50	4.50	6.90	10.20	5.10	7.90	12.20	5.40	9.00	14.00
$\bar{x}$	3.967	5.910	8.491	4.510	6.768	10.164	4.759	7.711	11.656
f_x	0.026	0.052	0.091	0.030	0.059	0.109	0.032	0.068	0.125
σ	0.2596	0.5197	0.9055	0.3034	0.5928	1.0931	0.3224	0.6753	1.2543
KV	6.54	8.79	10.66	6.73	8.76	10.75	6.77	8.76	10.76
min	3.600	5.175	7.140	4.080	5.920	8.540	4.320	6.750	9.800
max	4.500	6.900	10.200	5.101	7.900	12.200	5.400	9.000	14.000
t-	t-тест за колони 1-2	3.1E-45	t-тест за колони 4-5	3.5E-46	t-тест за колони 7-	1.202E-47			
тес	t-тест за колони 1-3	6.4E-44	t-тест за колони 4-6	1E-45	t-тест за колони 7-	3.567E-47			
	t-тест за колони 2-3	5.9E-43	t-тест за колони 5-6	3.2E-45	t-тест за колони 8-	1.07E-46			
t-	t-тест за колони 1-4	1.6E-55	t-тест за колони 2-5	1.1E-54	t-тест за колони 3-	5.884E-49			
тес	t-тест за колони 1-7	7E-55	t-тест за колони 2-8	2E-54	t-тест за колони 3-	2.344E-49			
	t-тест за колони 4-7	3.3E-54	t-тест за колони 5-8	3.7E-54	t-тест за колони 6-	1.019E-49			

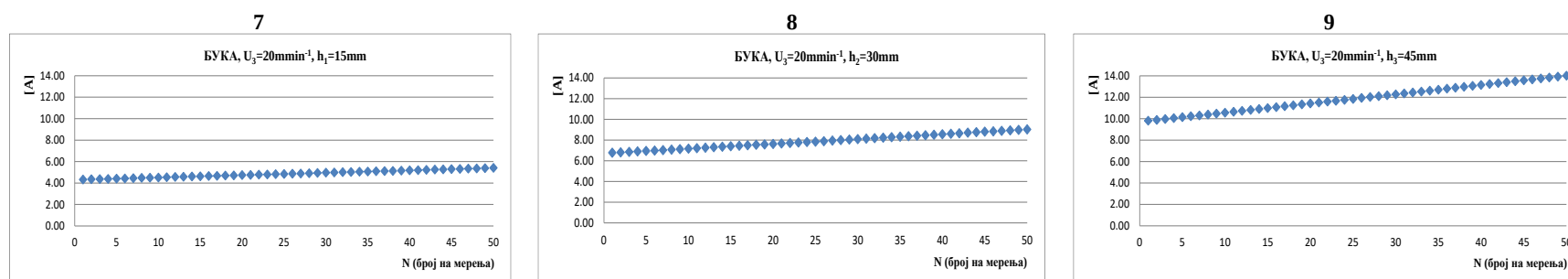
Од прикажаните резултати (Табела 11, графиконите од 71 до 85) можеме да констатираме дека со зголемување на брзината на поместување правопрпорционално се зголемува јачината на електрична струја (потрошувачка на енергија). Зависноста е математички искажана со правите на регресија и коефициентите на корелација.



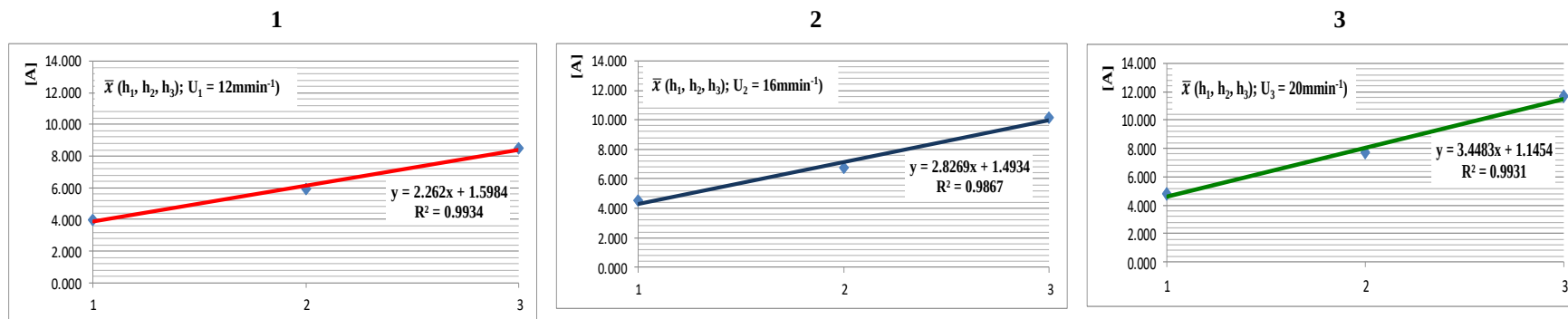
Графикон 71, 72, 73. Јачина на електричната струја на примероците од БУКА при брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 1) $h_1=15\text{mm}$, 2) $h_2=30\text{mm}$ и 3) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_2=60$)



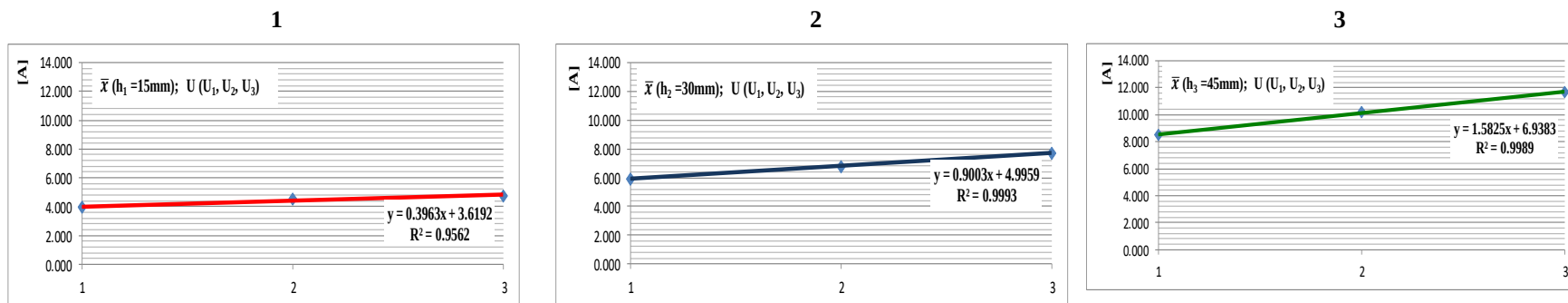
Графикон 74, 75, 76. Јачина на електричната струја на примероците од БУКА при брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 4) $h_1=15\text{mm}$, 5) $h_2=30\text{mm}$ и 6) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_2=60$)



Графикон 77, 78, 79. Јачина на електричната струја на примероците од БУКА при брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 7) $h_1=15\text{mm}$, 8) $h_2=30\text{mm}$ и 9) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_2=60$)



Графикон 80, 81 и 82: Регресиона анализа на средните вредности на јачината на електрична струја кај БУКА при различните височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45 \text{ mm}$) и брзина на поместување: 1) $U_1=12 \text{ mmmin}^{-1}$, 2) $U_2=16 \text{ mmmin}^{-1}$ и 3) $U_3=20 \text{ mmmin}^{-1}$ (број на заби $Z_2=60$)



Графикон 83, 84 и 85: Регресиона анализа на средните вредности на јачината на електрична струја кај БУКА при различните брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20 \text{ mmmin}^{-1}$) и височина на режење: 1) $h_1=15 \text{ mm}$, 2) $h_2=30 \text{ mm}$ и 3) $h_3=45 \text{ mm}$ (број на заби $Z_2=60$)

6.1.10. Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја на примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$

Во Табела 12 прикажани се резултатите од мерењата на јачината на електрична на примероците од бука, за сите три височини на режење ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$) кај сите три брзини на поместување ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$).

Средните вредности од мерењата покажуваат тренд на зголемување со зголемување на брзината на поместување.

За височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на мерењата на јачината на електрична струја изнесува **$4,765 \pm 0,032\text{A}$** кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,3215\text{A}$** и коефициент на варијација **$6,75\%$** , односно **$4,849 \pm 0,033\text{A}$** кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,3263\text{A}$** и коефициент на варијација **$6,73\%$** и **$5,653 \pm 0,038\text{A}$** кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,3841\text{A}$** и коефициент на варијација **$6,80\%$** .

За височина на режење $h_2=30\text{mm}$, средната вредност на мерењата на јачината на електрична струја изнесува **$7,125 \pm 0,062\text{A}$** кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,6201\text{A}$** и коефициент на варијација **$8,70\%$** , односно **$8,401 \pm 0,073\text{A}$** кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,7288\text{A}$** и коефициент на варијација **$8,67\%$** и **$9,694 \pm 0,085\text{A}$** кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,8484\text{A}$** и коефициент на варијација **$8,75\%$** .

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, средната вредност на мерењата на јачината на електрична струја изнесува **$10,495 \pm 0,113\text{A}$** кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$1,1253\text{A}$** и коефициент на варијација **$10,72\%$** , односно **$12,496 \pm 0,134\text{A}$** кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$1,3401\text{A}$** и коефициент на варијација **$10,72\%$** и **$16,700 \pm 0,181\text{A}$** кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$1,8116\text{A}$** и коефициент на варијација **$10,85\%$** . Стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат изедначеност на мерните податоци, кај сите мерења.

Грешката на средната вредност, стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат дека сите елементи од групата податоци се многу блиску до средната вредност.

Во графиконите **86,87,88,89,90,91,92,93** и **94** се прикажани мерните податоци од мерењата.

Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Во графиконите **95, 96, 97, 98, 99** и **100** е прикажана правата на регресија на средните вредности од мерните податоци. Во графиконите **95, 96** и **97** квадратната вредност од коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно кај првата брзина на поместување ($U_1=12\text{mmmin}^{-1}$) изнесува $R^2=0,9897$, кај втората брзина на поместување ($U_2=16\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=0,9983$ и кај третата ($U_3=20\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=0,9766$, за сите три височини на режење. Во графиконите **98, 99** и **100** квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува, исто така висока зависност, односно кај височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува $R^2=0,8202$, кај височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува $R^2=1$ и кај височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9597$, за сите три брзини на поместување.

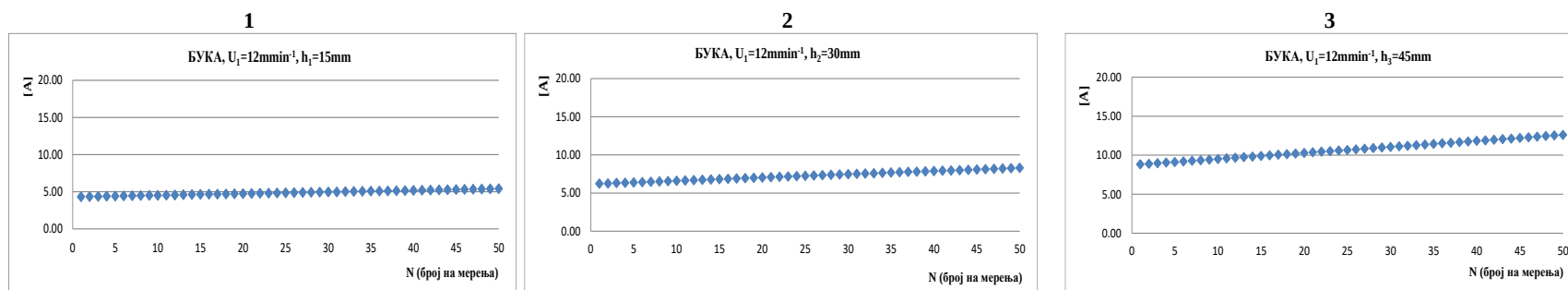
Табела 12а: Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја на примероците од бука при различни брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$), број на заби $Z=80$ и различни височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$), ($D=250\text{mm}$, const)

1	брзина на поместување (U), за број на заби $Z_3 = 80$ и дијаметар $D=250\text{mm}$									БУКА
	$U_1 = 12\text{mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{mmmin}^{-1}$			
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	
	јачина на електрична струја [A]			јачина на електрична струја [A]			јачина на електрична струја [A]			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	4.32	6.23	8.82	4.40	7.35	10.50	5.12	8.48	14.00	
2	4.34	6.26	8.89	4.42	7.40	10.60	5.15	8.53	14.10	
3	4.36	6.31	8.97	4.44	7.45	10.68	5.17	8.58	14.26	
4	4.38	6.35	9.04	4.46	7.51	10.77	5.19	8.64	14.34	
5	4.41	6.39	9.12	4.48	7.55	10.86	5.22	8.70	14.44	
6	4.43	6.43	9.19	4.50	7.60	10.96	5.24	8.76	14.56	
7	4.46	6.47	9.27	4.53	7.65	11.04	5.27	8.82	14.69	
8	4.48	6.51	9.35	4.55	7.70	11.13	5.31	8.87	14.80	
9	4.50	6.55	9.43	4.58	7.75	11.23	5.33	8.92	14.92	
10	4.52	6.60	9.50	4.60	7.79	11.32	5.36	8.98	15.09	
11	4.54	6.65	9.59	4.62	7.84	11.41	5.38	9.04	15.24	
12	4.56	6.69	9.67	4.65	7.89	11.50	5.41	9.10	15.41	
13	4.59	6.73	9.74	4.67	7.94	11.59	5.44	9.16	15.50	
14	4.62	6.78	9.81	4.69	7.99	11.69	5.47	9.21	15.65	
15	4.63	6.82	9.89	4.71	8.03	11.78	5.49	9.28	15.73	
16	4.66	6.87	9.97	4.73	8.09	11.87	5.51	9.33	15.82	
17	4.68	6.91	10.05	4.76	8.14	11.96	5.54	9.39	15.97	
18	4.69	6.95	10.13	4.78	8.19	12.05	5.57	9.45	16.04	
19	4.71	7.00	10.21	4.81	8.24	12.14	5.59	9.50	16.20	
20	4.73	7.04	10.29	4.82	8.29	12.23	5.62	9.56	16.31	
21	4.76	7.08	10.37	4.85	8.34	12.33	5.65	9.62	16.45	
22	4.78	7.12	10.44	4.87	8.39	12.42	5.68	9.68	16.57	
23	4.80	7.17	10.51	4.90	8.44	12.52	5.71	9.74	16.73	
24	4.83	7.21	10.59	4.92	8.49	12.61	5.73	9.79	16.87	
25	4.84	7.26	10.67	4.94	8.54	12.70	5.75	9.85	17.04	
26	4.87	7.30	10.75	4.96	8.59	12.79	5.78	9.91	17.19	
27	4.89	7.34	10.82	4.98	8.64	12.89	5.81	9.97	17.28	
28	4.92	7.38	10.90	5.00	8.70	12.99	5.84	10.03	17.38	
29	4.94	7.42	10.98	5.02	8.75	13.08	5.87	10.09	17.55	
30	4.96	7.46	11.05	5.04	8.80	13.17	5.89	10.15	17.71	
31	4.98	7.51	11.13	5.07	8.85	13.26	5.92	10.22	17.81	
32	5.01	7.55	11.20	5.09	8.90	13.35	5.95	10.28	17.94	
33	5.03	7.59	11.28	5.11	8.95	13.44	5.98	10.34	18.02	
34	5.05	7.64	11.36	5.13	9.00	13.52	6.00	10.40	18.14	
35	5.07	7.68	11.44	5.16	9.05	13.61	6.02	10.46	18.23	
36	5.10	7.72	11.51	5.18	9.10	13.71	6.04	10.52	18.34	
37	5.11	7.77	11.59	5.21	9.15	13.80	6.07	10.57	18.47	
38	5.14	7.80	11.67	5.23	9.20	13.89	6.09	10.63	18.56	
39	5.15	7.85	11.75	5.25	9.25	13.99	6.12	10.68	18.72	
40	5.18	7.88	11.83	5.27	9.30	14.07	6.15	10.74	18.84	

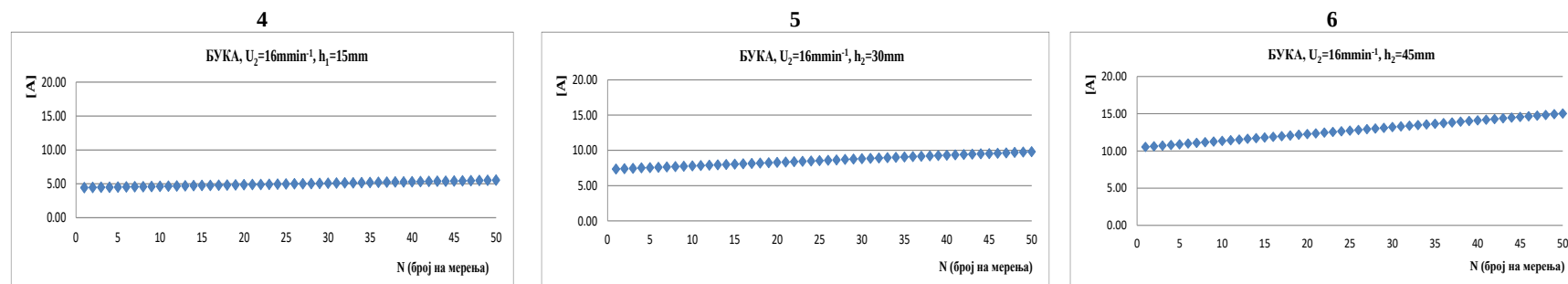
Табела 12b: Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (потрошувачка на енергија) на примероците од бука при различни брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$), број на заби $Z=80$ и различни височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$), ($D=250\text{mm}$, const)-*продолжение*

1	брзина на поместување (U), за број на заби $Z_3 = 80$ и дијаметар $D=250\text{mm}$									БУКА
	$U_1 = 12\text{mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{mmmin}^{-1}$			
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	
	јачина на електрична струја [A]			јачина на електрична струја [A]			јачина на електрична струја [A]			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
41	5.19	7.92	11.90	5.29	9.35	14.17	6.18	10.79	18.94	
42	5.22	7.96	11.98	5.31	9.40	14.26	6.20	10.85	19.05	
43	5.25	8.00	12.05	5.33	9.45	14.36	6.23	10.91	19.19	
44	5.27	8.04	12.13	5.35	9.49	14.45	6.25	10.97	19.35	
45	5.30	8.08	12.21	5.38	9.54	14.55	6.28	11.02	19.47	
46	5.31	8.13	12.29	5.40	9.59	14.63	6.30	11.08	19.55	
47	5.34	8.17	12.36	5.43	9.64	14.72	6.33	11.13	19.64	
48	5.36	8.22	12.44	5.45	9.69	14.81	6.35	11.19	19.77	
49	5.38	8.26	12.52	5.48	9.74	14.91	6.37	11.25	19.85	
50	5.40	8.30	12.60	5.50	9.80	15.00	6.40	11.30	20.00	
$\bar{x}$	4.765	7.125	10.495	4.849	8.401	12.496	5.653	9.694	16.700	
$\bar{f}_x$	0.032	0.062	0.113	0.033	0.073	0.134	0.038	0.085	0.181	
σ	0.3215	0.6201	1.1253	0.3263	0.7288	1.3401	0.3841	0.8484	1.8116	
KV	6.75	8.70	10.72	6.73	8.67	10.72	6.80	8.75	10.85	
min	4.320	6.225	8.820	4.400	7.350	10.500	5.120	8.475	14.000	
max	5.402	8.303	12.600	5.500	9.799	14.999	6.400	11.300	20.000	
t-	t-тест за колони 1-2			1.9E-46	t-тест за колони 4-5		8.9E-49	t-тест за колони 7-8		1.8E-48
тест	t-тест за колони 1-3			2.69E-44	t-тест за колони 4-6		2.7E-48	t-тест за колони 7-9		5.4E-48
	t-тест за колони 2-3			6.58E-43	t-тест за колони 5-6		8.4E-48	t-тест за колони 8-9		1.7E-47
t-	t-тест за колони 1-4			1.1E-52	t-тест за колони 2-5		1E-54	t-тест за колони 3-6		6.7E-50
тест	t-тест за колони 1-7			1.44E-51	t-тест за колони 2-8		6.9E-54	t-тест за колони 3-9		3E-49
	t-тест за колони 4-7			1.45E-50	t-тест за колони 5-8		5E-53	t-тест за колони 6-9		6.5E-49

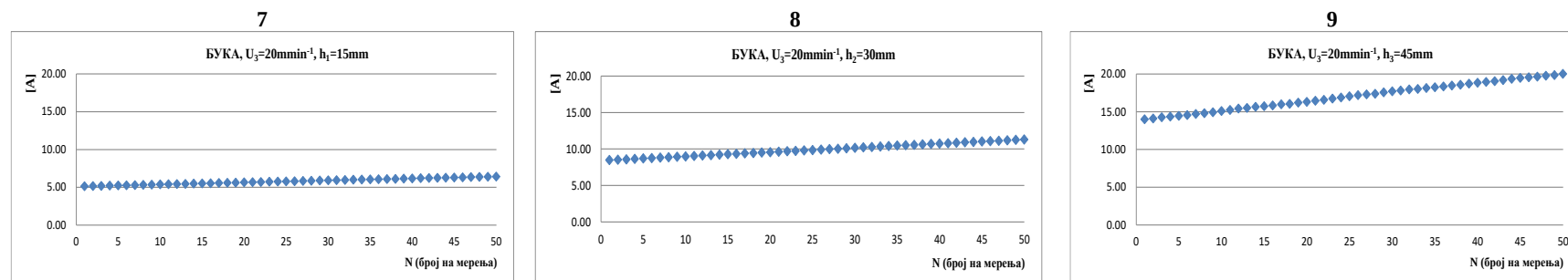
Од прикажаните резултати (Табела 12, графиконите од 86 до 100) можеме да констатираме дека со зголемување на брзината на поместување правопрпорционално се зголемува јачината на електрична струја. Зависноста е математички искажана со правите на регресија и коефициентите на корелација.



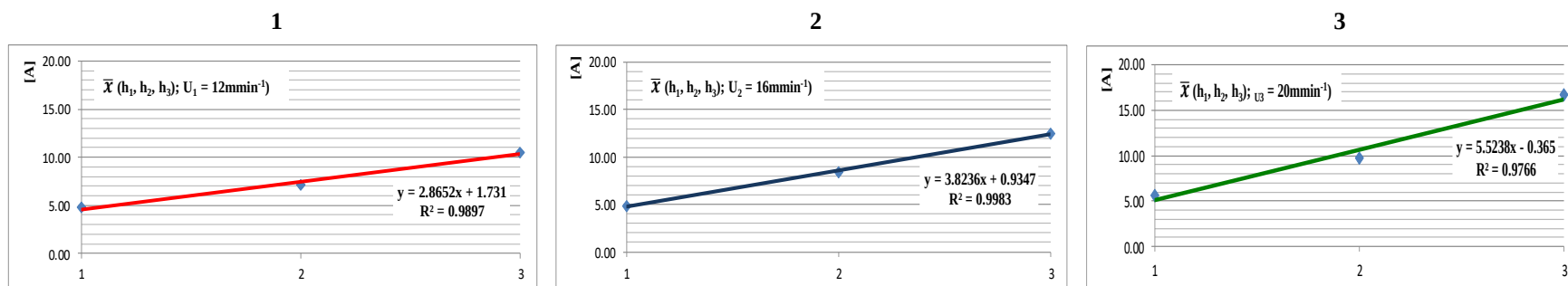
Графикон 86, 87, 88. Јачина на електричната струја на примероците од БУКА при брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 1) $h_1=15\text{mm}$, 2) $h_2=30\text{mm}$ и 3) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_3=80$)



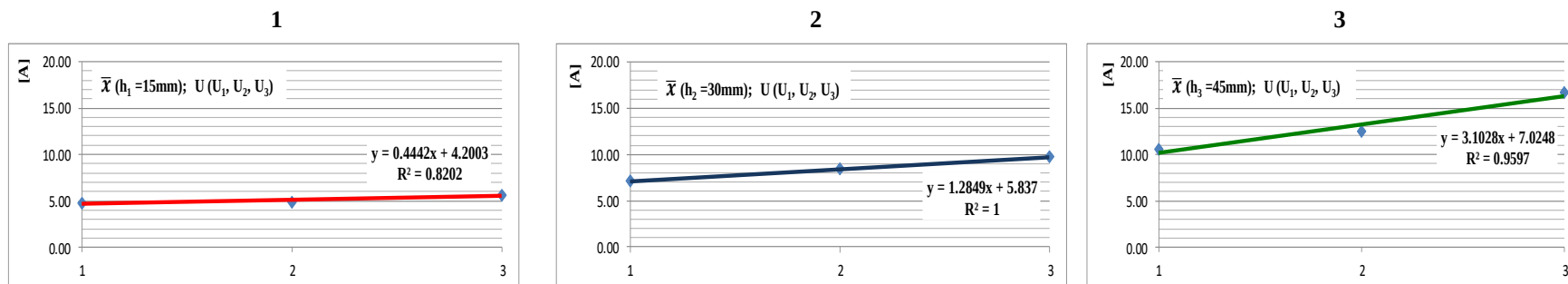
Графикон 89, 90, 91. Јачина на електричната струја на примероците од БУКА при брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 4) $h_1=15\text{mm}$, 5) $h_2=30\text{mm}$ и 6) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_3=80$)



Графикон 92, 93, 94. Јачина на електричната струја на примероците од БУКА при брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 7) $h_1=15\text{mm}$, 8) $h_2=30\text{mm}$ и 9) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_3=80$)



Графикон 95, 96 и 97: Регресиона анализа на средните вредности на јачината на електрична струја кај БУКА при различните височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45$ mm) и брзина на поместување: 1) $U_1=12 \text{ mmmin}^{-1}$, 2) $U_2=16 \text{ mmmin}^{-1}$ и 3) $U_3=20 \text{ mmmin}^{-1}$ (број на заби $Z_3=80$)



Графикон 98, 99 и 100: Регресиона анализа на средните вредности на јачината на електрична струја кај БУКА при различните брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20 \text{ mmmin}^{-1}$) и височина на режење: 1) $h_1=15$ mm, 2) $h_2=30$ mm и 3) $h_3=45$ mm (број на заби $Z_3=80$)

6.1.11. Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА)

Во Табела 13 прикажани се средните вредности од јачината на електрична струја за височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ и кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА).

Табела 13: Средни вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40$, 60 и 80 , кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ ($D=250\text{mm}$, const)

	средни вредности на јачината на ел. струја [A] при U (h_1 , h_2 и h_3) за Z_1 , Z_2 и Z_3									БУКА
средна	$U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$			
вредност	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			
од	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	
мерењата	јачина на ел. струја [A]			јачина на ел. струја [A]			јачина на ел. струја [A]			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
				$Z_1 = 40$						
$\bar{x}$	4.05671	5.82373	8.12747	4.22420	6.43627	8.91833	4.56533	7.03528	10.66665	
				$Z_2 = 60$						
$\bar{x}$	3.96653	5.91025	8.49063	4.50975	6.76835	10.16361	4.75912	7.71090	11.65565	
				$Z_3 = 80$						
$\bar{x}$	4.76451	7.12461	10.49486	4.84851	8.40149	12.49565	5.65286	9.69445	16.70039	

Средните вредности од мерењата на јачината на електрична струја покажуваат тренд на зголемување со зголемување на височината на режење, односно:

При режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на јачината на електрична струја изнесува **4,05671A**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **5,82373A** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **8,12747A**. Зависноста е правопрпорционална.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на јачината на електрична струја изнесува **3,96653A**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **5,91025A** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **8,49063A**. Зависноста е правопрпорционална.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$ за височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на јачината на електрична струја изнесува **4,76451A**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **7,12461A** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **10,49486A**. Зависноста е правопрпорционална.

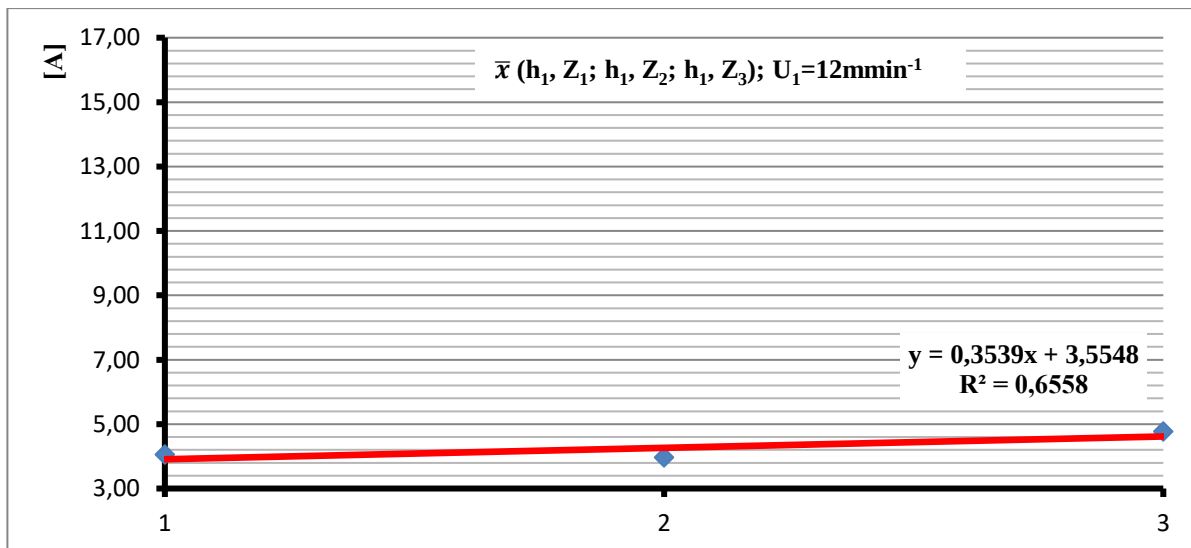
Средните вредности од мерењата на јачината на електричната струја покажуваат тренд на зголемување со зголемување на бројот на заби кај кружната пила, односно:

За височина на режење $h_1=15\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на јачината на електричната струја изнесува **4,05671A**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **3,96653A** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **4,76451A**. Зависноста е правопрпорционална.

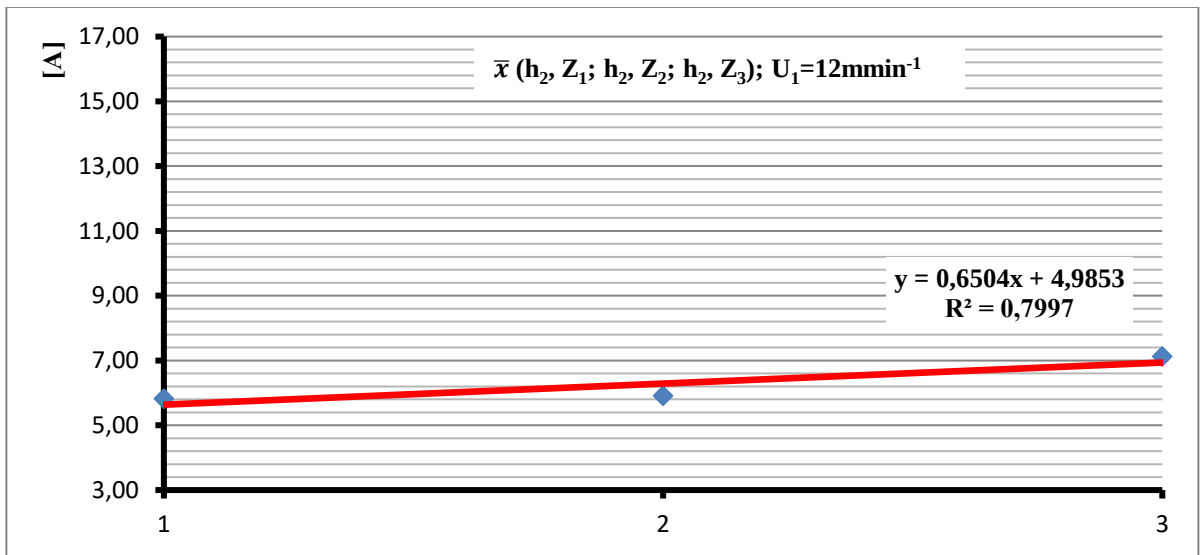
За височина на режење $h_2=30\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на јачината на електричната струја изнесува **5,82373A**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **5,91025A** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **7,12461A**. Зависноста е правопрпорционална.

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **8,12747A**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **8,49063A** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **10,49486A**. Зависноста е правопрпорционална.

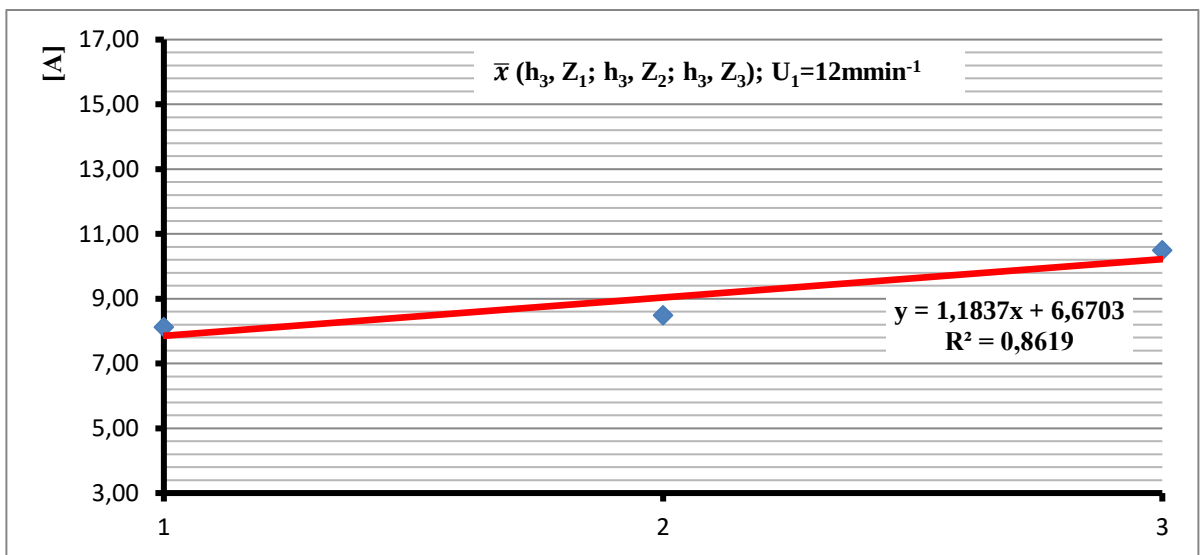
Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Прикажани се правите на регресија на средните вредности кај кружните пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, и височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$, при константна брзина на поместување $U_1=16\text{mmmin}^{-1}$. Од графиконите можеме да констатираме дека квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува $R^2=0,6558$, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува $R^2=0,7997$ и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува $R^2=0,8619$.



Графикон 101: Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15\text{mm}$ (БУКА)



Графикон 102: Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_2=30\text{mm}$ (БУКА)



Графикон 103: Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_3=45\text{mm}$ (БУКА)

6.1.12. Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40, Z_2=60$ и $Z_3=80$ кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}, h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА)

Во Табела 14 прикажани се средните вредности од јачината на електрична струја за височини на режење $h_1=15, h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$, кај кружни пили со број на заби $Z_1=40, Z_2=60$ и $Z_3=80$, при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА).

Табела14: Средни вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40$, 60 и 80 , кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ ($D=250\text{mm}$, const)

	средни вредности на јачината на ел. струја [A] при U (h_1 , h_2 и h_3) за Z_1 , Z_2 и Z_3									БУКА
средна	$U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$			
вредност	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			
од	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	
мерењата	јачина на ел. струја [A]			јачина на ел. струја[A]			јачина на ел. струја [A]			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
					$Z_1 = 40$					
$\bar{x}$	4.05671	5.82373	8.12747	4.22420	6.43627	8.91833	4.56533	7.03528	10.66665	
					$Z_2 = 60$					
$\bar{x}$	3.96653	5.91025	8.49063	4.50975	6.76835	10.16361	4.75912	7.71090	11.65565	
					$Z_3 = 80$					
$\bar{x}$	4.76451	7.12461	10.49486	4.84851	8.40149	12.49565	5.65286	9.69445	16.70039	

Средните вредности од мерењата на јачината на електрична струја покажуваат тренд на зголемување со зголемување на височината на режење, односно:

При режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на јачината на електрична струја изнесува **4,22420A**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **6,43627A** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **8,91833A**. Зависноста е правопропорционална.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_1=60$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на јачината на електрична струја изнесува **4,50975A**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **6,76835A** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **10,16361A**. Зависноста е правопропорционална.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_1=80$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на јачината на електрична струја изнесува **4,84851A**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **8,40149A** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **12,49565**. Зависноста е правопропорционална.

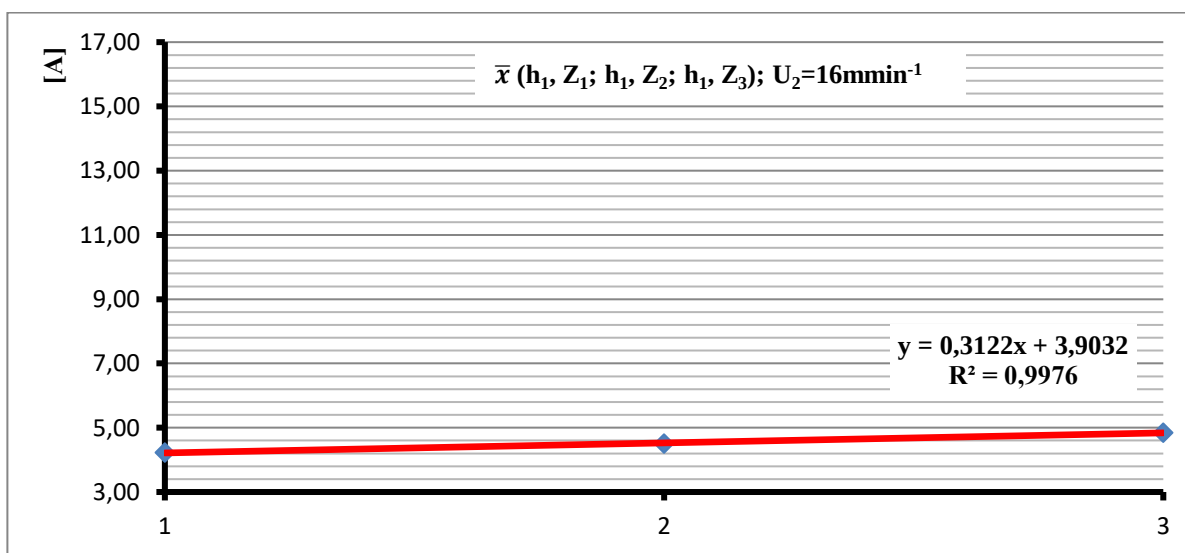
Средните вредности од мерењата на јачината на електричната струја покажуваат тренд на зголемување со зголемување на бројот на заби кај кружната пила, односно:

За височина на режење $h_1=15\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на јачината на електричната струја изнесува **4,22420A**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **4,50975A** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **4,84851A**. Зависноста е правопропорционална.

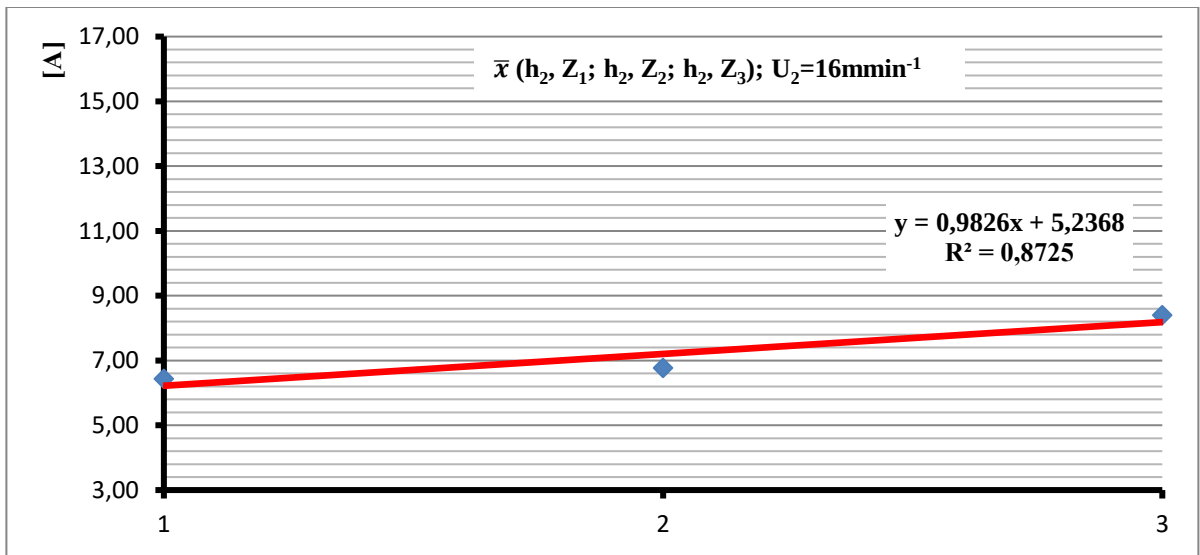
За височина на режење $h_2=30\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на јачината на електричната струја изнесува **6,43627A**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **6,76835A** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **8,40149A**. Зависноста е правопрпорционална.

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **8,91833A**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **10,16361A** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **12,49565A**. Зависноста е правопрпорционална.

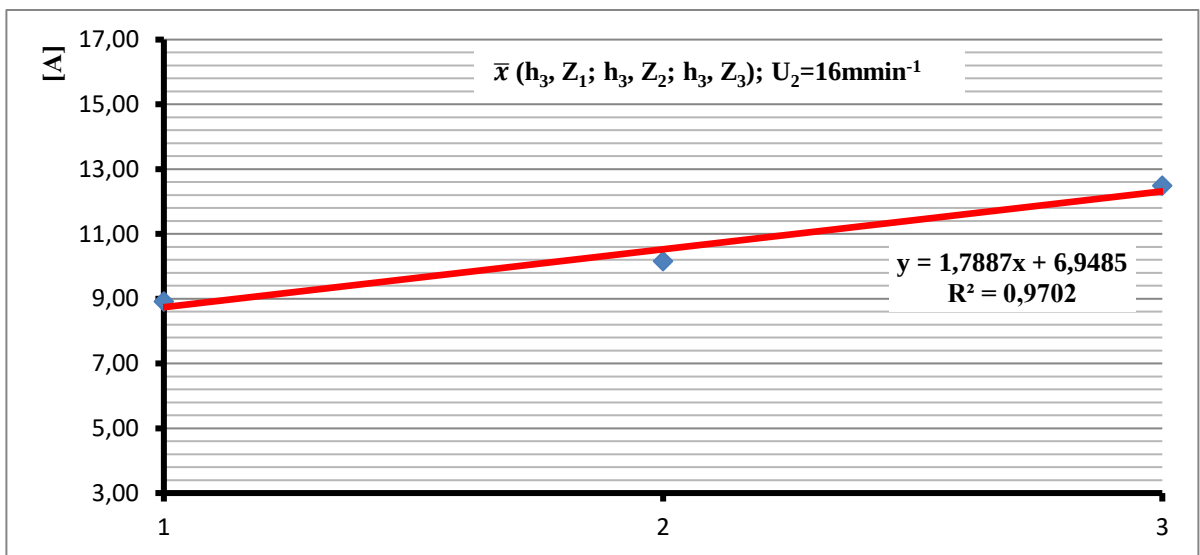
Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Прикажани се правите на регресија на средните вредности кај кружните пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, и височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$, при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$. Од графиконите можеме да констатираме дека квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9976$, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува $R^2=0,8725$ и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9702$.



Графикон 104: Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40$, 60 и 80 при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15\text{mm}$ (БУКА)



Графикон 105: Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_2=30\text{mm}$ (БУКА)



Графикон 106: Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_3=45\text{mm}$ (БУКА)

6.1.13. Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40, Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА)

Во Табела 15 прикажани се средните вредности од јачината на електрична струја за височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$, кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА).

Табела 15: Средни вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40$, 60 и 80 , кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ ($D=250\text{mm}$, const)

	средни вредности на јачината на ел. струја [A] при U (h_1 , h_2 и h_3) за Z_1 , Z_2 и Z_3									БУКА
средна	$U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$			
вредност	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			
од	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	
мерењата	јачина на ел. струја [A]			јачина на ел. струја [A]			јачина на ел. струја [A]			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
					$Z_1 = 40$					
$\bar{x}$	4.05671	5.82373	8.12747	4.22420	6.43627	8.91833	4.56533	7.03528	10.66665	
					$Z_2 = 60$					
$\bar{x}$	3.96653	5.91025	8.49063	4.50975	6.76835	10.16361	4.75912	7.71090	11.65565	
					$Z_3 = 80$					
$\bar{x}$	4.76451	7.12461	10.49486	4.84851	8.40149	12.49565	5.65286	9.69445	16.70039	

Средните вредности од мерењата на јачината на електрична струја покажуваат тренд на зголемување со зголемување на височината на режење, односно:

При режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на јачината на електрична струја изнесува **4,56533A**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **7,03528A** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **10,66665A**. Зависноста е правопрпорционална.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_1=60$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на јачината на електрична струја изнесува **4,75912A**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **7,71090A** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **11,65565A**. Зависноста е правопрпорционална.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_1=80$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на јачината на електрична струја изнесува **5,65286A**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **9,69445A** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **16,70039**. Зависноста е правопрпорционална.

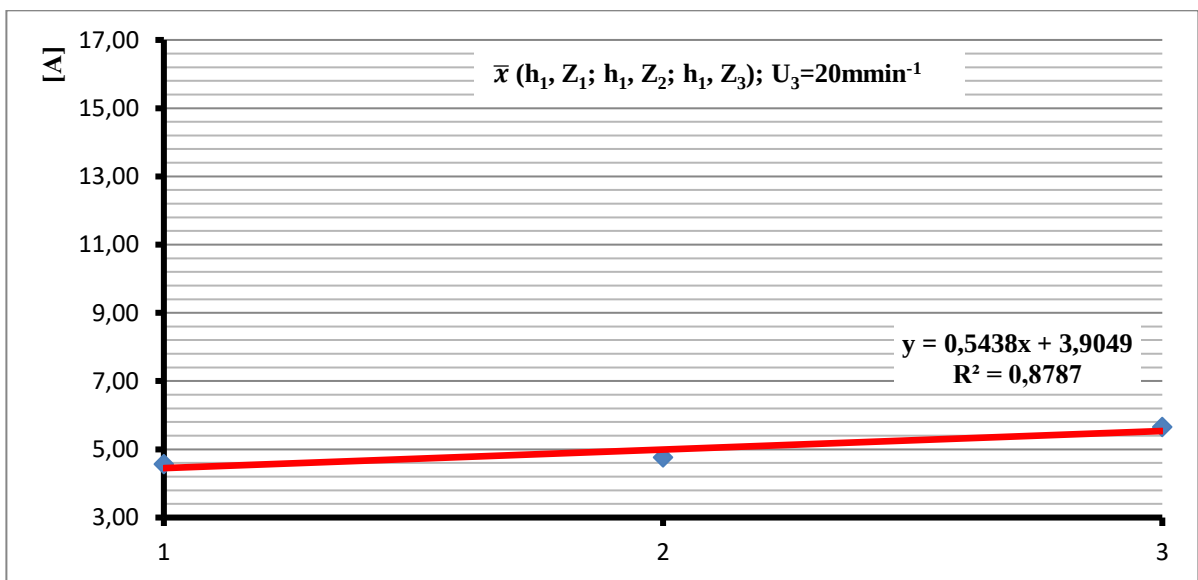
Средните вредности од мерењата на јачината на електричната струја покажуваат тренд на зголемување со зголемување на бројот на заби кај кружната пила, односно:

За височина на режење $h_1=15\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на јачината на електричната струја изнесува **4,56533A**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **4,75912A** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **5,65286A**. Зависноста е правопрпорционална.

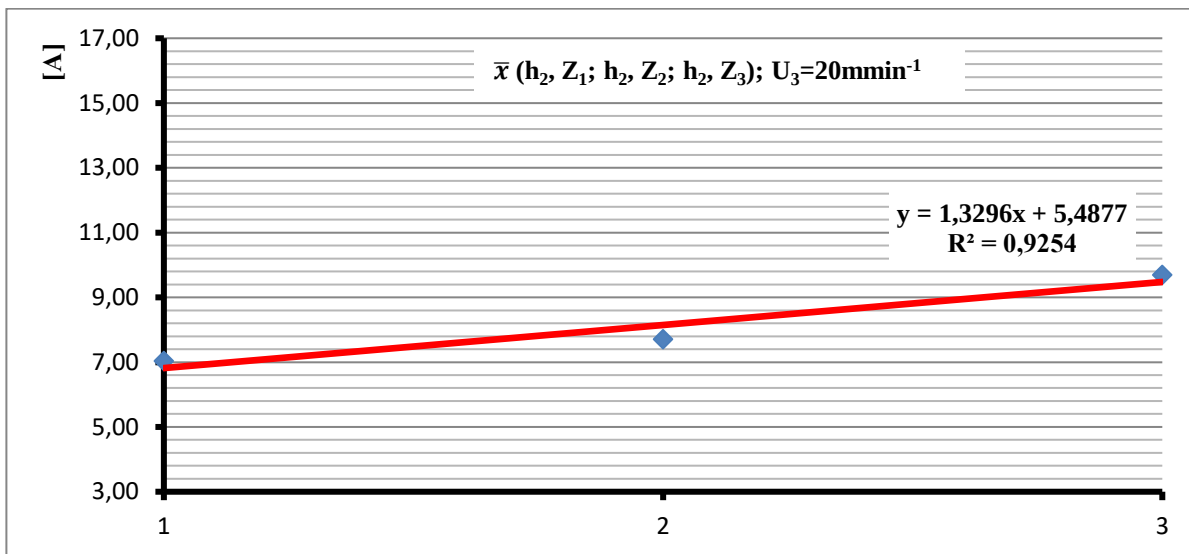
За височина на режење $h_2=30\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на јачината на електричната струја изнесува **7,03528A**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **7,71090A** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **9,69445A**. Зависноста е правопрпорционална.

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **10,66665A**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **11,65565A** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **16,70039A**. Зависноста е правопрпорционална.

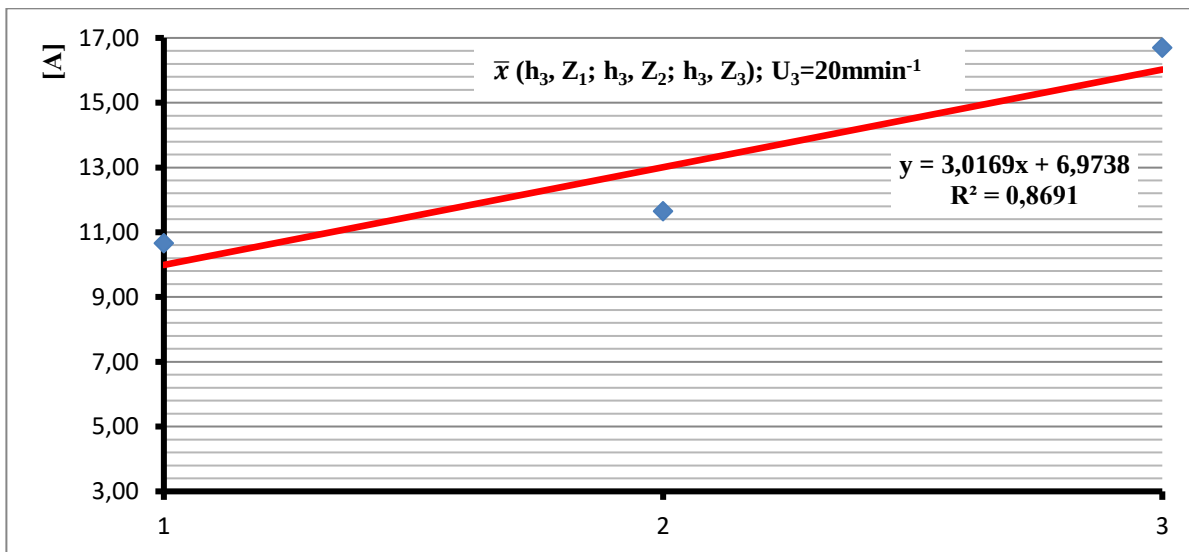
Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Прикажани се правите на регресија на средните вредности кај кружните пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, и височина на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$, при константна брзина на поместување $U_3=16\text{mmmin}^{-1}$. Од графиконите можеме да констатираме дека квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува $R^2=0,8787$, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9254$ и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува $R^2=0,8691$.



Графикон 107: Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40$, 60 и 80 при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15\text{mm}$ (БУКА)



Графикон 108: Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_2=30\text{mm}$ (БУКА)



Графикон 109: Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_3=45\text{mm}$ (БУКА)

6.1.14. Анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, брзина на поместување $U_1=12 \text{ mm min}^{-1}$, $U_2=16 \text{ mm min}^{-1}$ и $U_3=20 \text{ mm min}^{-1}$ и височини на режење $h_1=15 \text{ mm}$, $h_2=30 \text{ mm}$ и $h_3=45 \text{ mm}$ (БУКА)

Претходно направените анализи според групи на податоци, не прикажуваат целосна слика на зависноста на сите добиени средни вредности. Генерално, тешко е севкупно да се прикажат во графикон средните вредности според различните помести (U_1 , U_2 и U_3), различните височини на режење (h_1 , h_2 и h_3) и различниот број на заби (Z_1 , Z_2 и Z_3) кај кружните пили (табела 16).

Табела 16: Анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45 \text{ mm}$ кај различни брзини на поместување $U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20 \text{ mm min}^{-1}$, по критериумот $R_{\max}$ ($D=250 \text{ mm}$, const)

	средни вредности на јачината на ел. струја [A] при U (h_1 , h_2 и h_3) за Z_1 , Z_2 и Z_3									БУКА
средна	$U_1 = 12 \text{ mm min}^{-1}$			$U_2 = 16 \text{ mm min}^{-1}$			$U_3 = 20 \text{ mm min}^{-1}$			
вредност	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			
од	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	
мерењата	јачина на ел. струја [A]			јачина на ел. струја [A]			јачина на ел. струја [A]			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
				$Z_1 = 40$						
$\bar{x}$	4.05671	5.82373	8.12747	4.22420	6.43627	8.91833	4.56533	7.03528	10.66665	
				$Z_2 = 60$						
$\bar{x}$	3.96653	5.91025	8.49063	4.50975	6.76835	10.16361	4.75912	7.71090	11.65565	
				$Z_3 = 80$						
$\bar{x}$	4.76451	7.12461	10.49486	4.84851	8.40149	12.49565	5.65286	9.69445	16.70039	

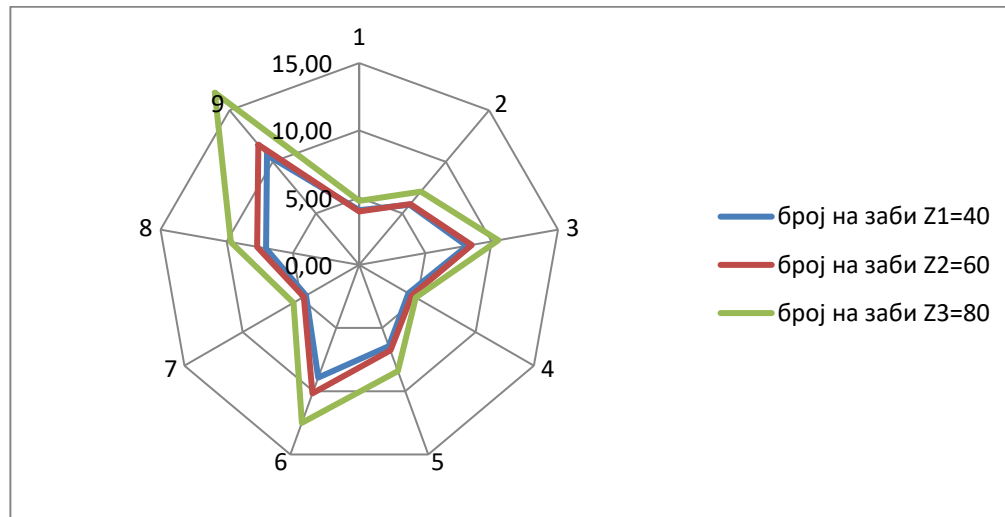
Со цел за севкупно согледување на трендот на средните вредности, најдобро се приспособува графиконот т.н. „радар“.

Во Графиконот 110 прикажани се резултати од анализата на средните вредности од јачината на електричната струја кај сите три вида на кружни пили (со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$), кај вкупно трите брзини на поместување ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20 \text{ mm min}^{-1}$) и за сите три височини на режење ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45 \text{ mm}$).

Бројот на заби за $Z_1=40$ е прикажан со сина боја, за $Z_2=60$ со црвена и за $Z_3=80$ со зелена боја.

Секој број од 1 до 9 ги прикажува средните вредности и нивната поврзаност според боја на припадност (Z_1 , Z_2 и Z_3).

Групите од 1 до 3, од 4 до 6 и од 7 до 9, ги прикажуваат соодветно различните брзини на поместување (U_1 , U_2 и U_3).



Графикон 110: Графички („радар“) приказ на средните вредности од јачината на електричната струја кај сите три вида на кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, три брзини на поместување $U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20 \text{ mm min}^{-1}$ и три височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45 \text{ mm}$

Анализирајќи го графиконот 110, може да го констатираме следното:

- Со зголемување на брзината на поместување се зголемуваат средните вредности за јачината на електричната струја. Јасно е забележлив трендот на право пропорционалност;
- Со зголемување височината на режење растат средните вредности на јачината на електричната струја, односно зависноста е право пропорционална;
- Со зголемување на бројот на заби се забележува тренд на право пропорционалност, односно зголемување на средните вредности на јачината на електричната струја.

6.2. Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина и јачината на електрична струја кај чам-смирча и ела (*Picea abies* Karst., *Abies alba*)

6.2.1. Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$

Во Табела 17 прикажани се резултатите од мерењата на рапавоста по критериумот $R_{\max}$ на примероците од чам, за сите три височини на режење ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$) кај сите три брзини на поместување ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$).

Средните вредности од мерењата покажуваат тренд на зголемување со зголемување на брзината на поместување.

За височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува $0,0865 \pm 0,0008\text{mm}$ кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0077\text{mm}$ и коефициент на варијација $8,93\%$, односно $0,1127 \pm 0,0010\text{mm}$ кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0095\text{mm}$ и коефициент на варијација $8,43\%$ и $0,1733 \pm 0,0012\text{mm}$ кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0123\text{mm}$ и коефициент на варијација $7,09\%$.

За височина на режење $h_2=30\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува $0,1046 \pm 0,0014\text{mm}$ кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0139\text{mm}$ и коефициент на варијација $13,30\%$, односно $0,1338 \pm 0,0009\text{mm}$ кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0091\text{mm}$ и коефициент на варијација $6,79\%$ и $0,2089 \pm 0,0015\text{mm}$ кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0153\text{mm}$ и коефициент на варијација $7,32\%$.

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува $0,1157 \pm 0,0009\text{mm}$ кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0095\text{mm}$ и коефициент на варијација $8,20\%$, односно $0,1534 \pm 0,0016\text{mm}$ кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0159\text{mm}$ и коефициент на варијација $10,35\%$ и $0,2241 \pm 0,0015\text{mm}$ кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0151\text{mm}$ и коефициент на варијација $6,73\%$. Стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат изедначеност на мерните податоци, кај сите мерења.

Грешката на средната вредност, стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат дека сите елементи од групата податоци се многу блиску до средната вредност.

Во графиконите 111,112,113,114,115,116,117,118 и 119 се прикажани мерењата.

Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Во графиконите 120, 121, 122, 123, 124 и 125 е прикажана правата на регресија на средните вредности од мерните податоци. Во графиконите 120, 121 и 122 квадратната вредност од коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно кај првата брзина на поместување ($U_1=12\text{mmmin}^{-1}$) изнесува $R^2=0,9818$, кај втората брзина на поместување ($U_2=16\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=0,9995$ и кај третата ($U_3=20\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=0,9495$, за сите три височини на режење. Во графиконите 123, 124 и 125 квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува, исто така висока зависност, односно кај височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9501$, кај височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9396$ и кај височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува $R^2=0,97$, за сите три брзини на поместување.

Табела 17а: Резултати од испитувањето на рапавоста на примероците од чам при различни брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$), број на заби $Z=40$ и различни височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$), по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}$, const)

1	брзина на поместување (U), за број на заби $Z=40$ и дијаметар $D=250\text{mm}$						ЧАМ		
	$U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$		
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.048	0.110	0.117	0.107	0.115	0.134	0.145	0.171	0.208
2	0.074	0.099	0.115	0.104	0.116	0.124	0.163	0.203	0.222
3	0.090	0.088	0.132	0.122	0.100	0.128	0.151	0.228	0.231
4	0.087	0.091	0.126	0.136	0.115	0.126	0.154	0.179	0.228
5	0.075	0.080	0.113	0.123	0.100	0.133	0.138	0.205	0.213
6	0.074	0.107	0.118	0.115	0.112	0.126	0.132	0.173	0.199
7	0.074	0.103	0.114	0.104	0.124	0.131	0.131	0.195	0.210
8	0.076	0.081	0.125	0.117	0.106	0.127	0.149	0.206	0.200
9	0.048	0.116	0.132	0.114	0.117	0.132	0.141	0.203	0.202
10	0.040	0.113	0.122	0.110	0.110	0.144	0.133	0.198	0.207
11	0.076	0.083	0.132	0.109	0.117	0.127	0.136	0.210	0.210
12	0.083	0.126	0.120	0.099	0.122	0.126	0.139	0.218	0.198
13	0.087	0.105	0.139	0.117	0.115	0.121	0.152	0.203	0.221
14	0.064	0.115	0.127	0.110	0.128	0.112	0.155	0.206	0.204
15	0.065	0.095	0.132	0.119	0.106	0.133	0.147	0.186	0.214
16	0.059	0.099	0.107	0.120	0.135	0.139	0.159	0.179	0.218
17	0.055	0.086	0.122	0.105	0.123	0.127	0.143	0.219	0.196
18	0.099	0.126	0.118	0.113	0.116	0.132	0.148	0.213	0.212
19	0.072	0.105	0.125	0.110	0.141	0.137	0.146	0.211	0.204
20	0.084	0.112	0.106	0.107	0.129	0.149	0.150	0.218	0.222
21	0.064	0.078	0.101	0.109	0.115	0.156	0.139	0.194	0.218
22	0.066	0.103	0.102	0.112	0.136	0.143	0.145	0.205	0.211
23	0.079	0.072	0.134	0.112	0.125	0.129	0.148	0.224	0.189
24	0.060	0.095	0.105	0.118	0.120	0.140	0.163	0.230	0.198
25	0.079	0.110	0.108	0.126	0.113	0.159	0.160	0.217	0.196
26	0.081	0.079	0.113	0.127	0.111	0.157	0.176	0.228	0.204
27	0.092	0.084	0.123	0.138	0.115	0.168	0.170	0.218	0.199
28	0.111	0.077	0.107	0.133	0.116	0.141	0.158	0.208	0.194
29	0.109	0.081	0.120	0.122	0.124	0.149	0.154	0.210	0.231
30	0.087	0.089	0.101	0.126	0.120	0.158	0.169	0.202	0.214
31	0.096	0.093	0.100	0.120	0.112	0.144	0.157	0.215	0.224
32	0.099	0.080	0.112	0.131	0.115	0.133	0.159	0.187	0.195
33	0.087	0.074	0.111	0.126	0.126	0.126	0.170	0.197	0.204
34	0.084	0.070	0.117	0.128	0.118	0.129	0.140	0.208	0.225
35	0.069	0.075	0.123	0.133	0.137	0.138	0.159	0.187	0.218
36	0.071	0.097	0.132	0.136	0.140	0.127	0.150	0.173	0.223
37	0.065	0.108	0.112	0.118	0.129	0.109	0.180	0.191	0.219
38	0.079	0.115	0.129	0.119	0.132	0.117	0.161	0.196	0.221
39	0.104	0.115	0.109	0.124	0.115	0.132	0.166	0.182	0.202
40	0.094	0.110	0.123	0.119	0.128	0.124	0.143	0.212	0.207

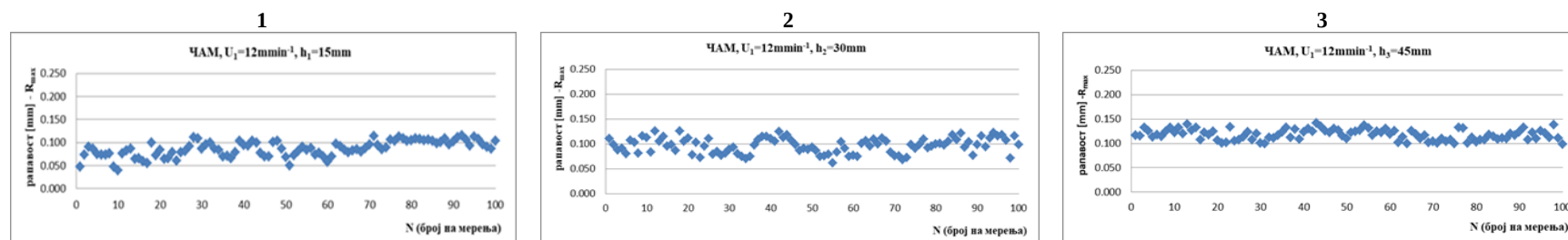
Табела 17b: Резултати од испитувањето на рапавоста на примероците од чам при различни брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20 \text{ mm min}^{-1}$), број на заби $Z=40$ и различни височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45 \text{ mm}$), по критериумот $R_{\max}$ ($D=250 \text{ mm}$, const) - I продолжение

1	брзина на поместување (U), за број на заби $Z = 40$ и дијаметар $D=250 \text{ mm}$						ЧАМ		
	$U_1 = 12 \text{ mm min}^{-1}$			$U_2 = 16 \text{ mm min}^{-1}$			$U_3 = 20 \text{ mm min}^{-1}$		
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
41	0.093	0.105	0.130	0.122	0.116	0.140	0.170	0.201	0.219
42	0.104	0.125	0.125	0.125	0.118	0.138	0.167	0.210	0.223
43	0.099	0.113	0.142	0.137	0.140	0.142	0.156	0.192	0.232
44	0.077	0.118	0.135	0.123	0.112	0.127	0.154	0.186	0.230
45	0.070	0.107	0.126	0.129	0.133	0.146	0.169	0.182	0.221
46	0.069	0.099	0.122	0.139	0.130	0.141	0.159	0.190	0.230
47	0.101	0.086	0.130	0.132	0.119	0.136	0.152	0.186	0.229
48	0.104	0.091	0.127	0.118	0.138	0.137	0.163	0.196	0.227
49	0.087	0.089	0.115	0.104	0.126	0.130	0.160	0.227	0.214
50	0.068	0.093	0.110	0.109	0.102	0.144	0.149	0.220	0.235
51	0.050	0.087	0.122	0.108	0.120	0.149	0.168	0.218	0.238
52	0.072	0.074	0.124	0.106	0.110	0.157	0.173	0.205	0.228
53	0.081	0.076	0.127	0.120	0.111	0.143	0.163	0.197	0.220
54	0.090	0.079	0.137	0.127	0.114	0.136	0.171	0.210	0.230
55	0.084	0.062	0.131	0.121	0.118	0.142	0.178	0.201	0.219
56	0.088	0.083	0.117	0.108	0.121	0.131	0.150	0.206	0.233
57	0.074	0.104	0.125	0.131	0.120	0.128	0.146	0.203	0.240
58	0.078	0.091	0.122	0.132	0.116	0.134	0.178	0.188	0.208
59	0.069	0.075	0.130	0.122	0.119	0.152	0.155	0.197	0.230
60	0.058	0.077	0.119	0.124	0.129	0.158	0.163	0.196	0.223
61	0.070	0.075	0.126	0.101	0.137	0.154	0.175	0.202	0.229
62	0.097	0.101	0.102	0.106	0.131	0.166	0.183	0.184	0.203
63	0.092	0.106	0.113	0.110	0.123	0.172	0.180	0.188	0.207
64	0.084	0.095	0.099	0.103	0.130	0.164	0.178	0.196	0.233
65	0.079	0.109	0.126	0.109	0.127	0.140	0.182	0.218	0.204
66	0.083	0.100	0.119	0.102	0.133	0.151	0.174	0.173	0.218
67	0.085	0.112	0.110	0.113	0.113	0.153	0.178	0.211	0.234
68	0.080	0.105	0.116	0.123	0.126	0.140	0.195	0.219	0.214
69	0.088	0.083	0.102	0.125	0.116	0.150	0.201	0.194	0.224
70	0.096	0.076	0.104	0.127	0.114	0.132	0.192	0.214	0.221
71	0.114	0.076	0.101	0.129	0.117	0.129	0.197	0.203	0.236
72	0.094	0.068	0.110	0.125	0.125	0.125	0.186	0.196	0.230
73	0.085	0.072	0.104	0.126	0.116	0.156	0.182	0.191	0.237
74	0.089	0.098	0.107	0.135	0.127	0.147	0.194	0.183	0.139
75	0.106	0.091	0.100	0.109	0.113	0.154	0.192	0.188	0.233
76	0.103	0.099	0.133	0.107	0.121	0.158	0.191	0.224	0.227
77	0.112	0.109	0.131	0.111	0.099	0.167	0.197	0.230	0.205
78	0.109	0.092	0.101	0.115	0.101	0.153	0.185	0.199	0.211
79	0.103	0.095	0.112	0.122	0.107	0.169	0.183	0.207	0.224
80	0.105	0.100	0.103	0.121	0.128	0.152	0.174	0.235	0.238

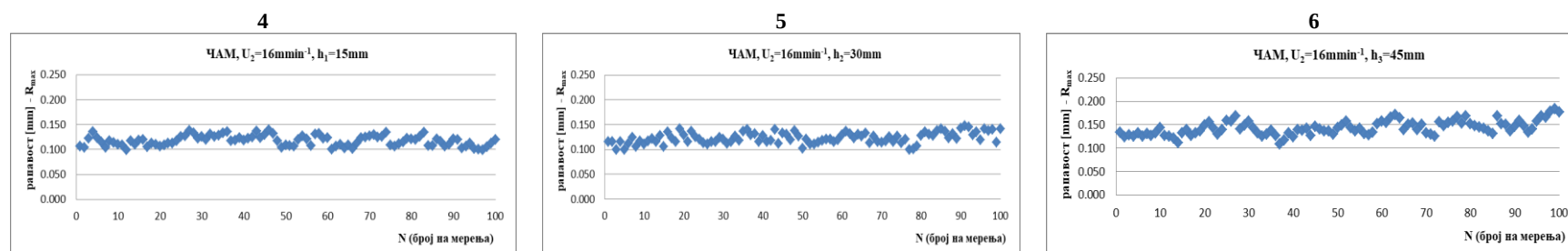
Табела 17с: Резултати од испитувањето на рапавоста на примероците од чам при различни брзини на поместување $U(U_1=12, U_2=16 \text{ и } U_3=20 \text{ mm min}^{-1})$, број на заби $Z=40$ и различни височини на режење h ($h_1=15, h_2=30 \text{ и } h_3=45 \text{ mm}$), по критериумот $R_{\max}$ ($D=250 \text{ mm, const}$) - II продолжение

1	брзина на поместување (U), за број на заби $Z = 40$ и дијаметар $D=250 \text{ mm}$						ЧАМ		
	$U_1 = 12 \text{ mm min}^{-1}$			$U_2 = 16 \text{ mm min}^{-1}$			$U_3 = 20 \text{ mm min}^{-1}$		
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
81	0.109	0.101	0.108	0.120	0.135	0.147	0.169	0.236	0.192
82	0.108	0.097	0.107	0.126	0.130	0.145	0.152	0.240	0.203
83	0.105	0.105	0.118	0.135	0.128	0.142	0.170	0.233	0.208
84	0.106	0.118	0.114	0.108	0.138	0.136	0.181	0.220	0.199
85	0.104	0.108	0.109	0.108	0.141	0.131	0.186	0.225	0.215
86	0.098	0.121	0.111	0.121	0.136	0.169	0.194	0.214	0.233
87	0.101	0.093	0.110	0.116	0.123	0.152	0.172	0.205	0.239
88	0.109	0.104	0.120	0.107	0.131	0.150	0.179	0.198	0.234
89	0.095	0.077	0.117	0.110	0.122	0.136	0.186	0.206	0.215
90	0.102	0.098	0.123	0.121	0.143	0.146	0.190	0.198	0.237
91	0.111	0.116	0.132	0.120	0.147	0.159	0.155	0.192	0.234
92	0.115	0.094	0.107	0.103	0.145	0.148	0.175	0.201	0.236
93	0.106	0.111	0.122	0.107	0.129	0.134	0.173	0.210	0.233
94	0.093	0.122	0.110	0.113	0.135	0.141	0.164	0.192	0.238
95	0.112	0.116	0.126	0.102	0.119	0.158	0.151	0.213	0.219
96	0.108	0.118	0.121	0.100	0.141	0.168	0.173	0.213	0.236
97	0.096	0.107	0.112	0.099	0.138	0.166	0.168	0.196	0.235
98	0.090	0.071	0.138	0.105	0.140	0.179	0.164	0.188	0.215
99	0.086	0.116	0.111	0.113	0.114	0.184	0.176	0.198	0.242
100	0.103	0.098	0.098	0.120	0.141	0.177	0.188	0.199	0.219
$\bar{x}$	0.0865	0.1046	0.1157	0.1127	0.1338	0.1534	0.1733	0.2089	0.2241
f_x	0.0008	0.0014	0.0009	0.0010	0.0009	0.0016	0.0012	0.0015	0.0015
σ	0.0077	0.0139	0.0095	0.0095	0.0091	0.0159	0.0123	0.0153	0.0151
KV	8.93	13.30	8.20	8.43	6.79	10.35	7.09	7.32	6.73
min	0.040	0.062	0.098	0.099	0.099	0.109	0.131	0.171	0.139
max	0.115	0.126	0.142	0.139	0.147	0.184	0.201	0.240	0.242
t-	t-тест за колони 1-2	2.385E-05	t-тест за колони 4-5	0.0011751	t-тест за колони 7-8	7.54E-32			
тест	t-тест за колони 1-3	7.185E-26	t-тест за колони 4-6	3.213E-23	t-тест за колони 7-9	7.23E-44			
	t-тест за колони 2-3	4.211E-20	t-тест за колони 5-6	3.213E-23	t-тест за колони 8-9	7.94E-09			
t-	t-тест за колони 1-4	2.485E-29	t-тест за колони 2-5	1.851E-28	t-тест за колони 3-6	2.03E-21			
тест	t-тест за колони 1-7	3.645E-67	t-тест за колони 2-8	3.58E-72	t-тест за колони 3-9	2.04E-75			
	t-тест за колони 4-7	5.24E-44	t-тест за колони 5-8	9.588E-64	t-тест за колони 6-9	8.58E-61			

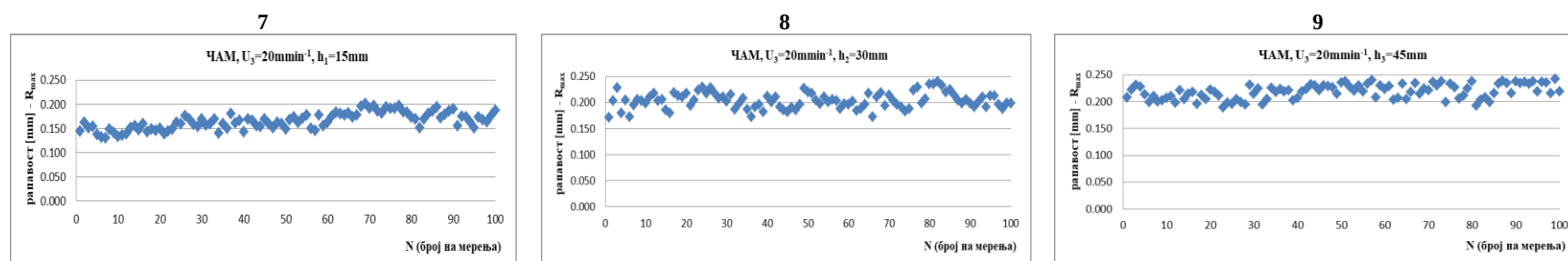
Од прикажаните резултати (Табела 17, графиконите од 111 до 125) можеме да констатираме дека со зголемување на брзината на поместување правопрпорционално се зголемува рапавоста на резната површина. Зависноста е математички искажана со правите на регресија и коефициентите на корелација.



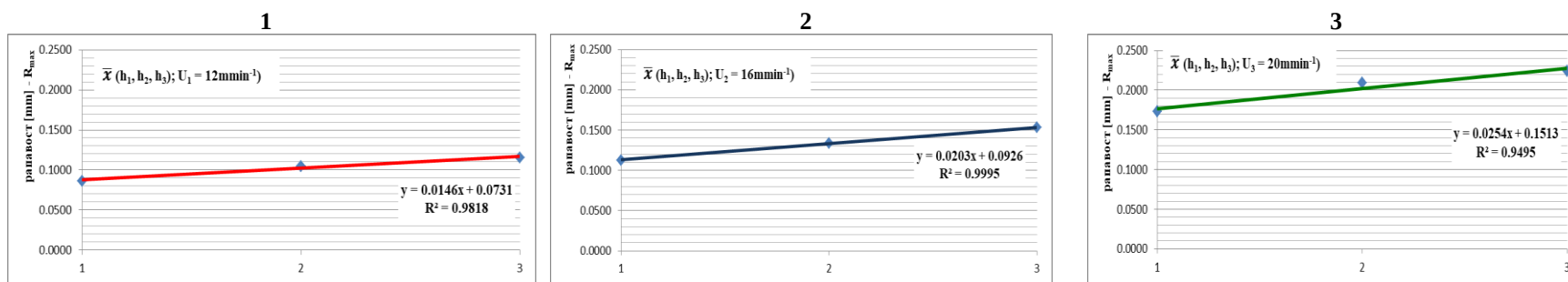
Графикон 111, 112, 113. Рапавост на резната површина на примероците од ЧАМ при брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 1) $h_1=15\text{mm}$, 2) $h_2=30\text{mm}$ и 3) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_1=40$)



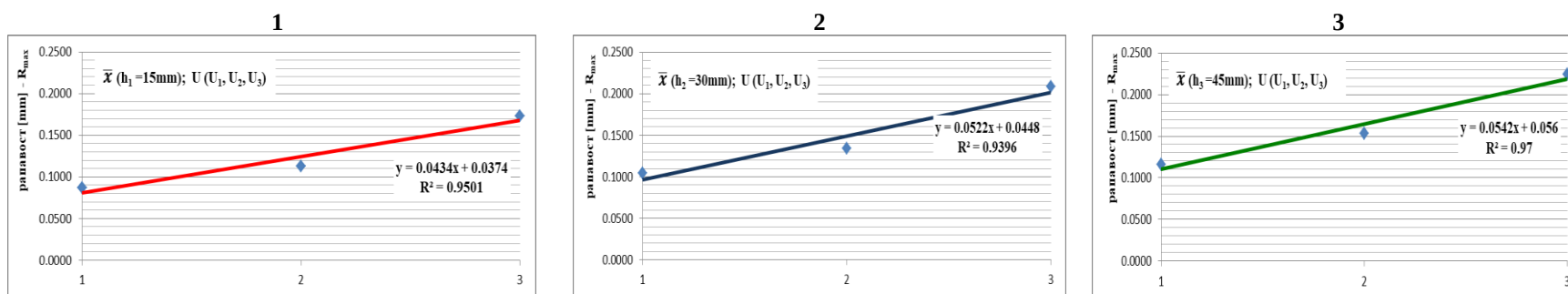
Графикон 113, 114, 115. Рапавост на резната површина на примероците од ЧАМ при брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 4) $h_1=15\text{mm}$, 5) $h_2=30\text{mm}$ и 6) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_1=40$)



Графикон 116, 117, 118. Рапавост на резната површина на примероците од ЧАМ при брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 7) $h_1=15\text{mm}$, 8) $h_2=30\text{mm}$ и 9) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_1=40$)



Графикон 120, 121 и 122: Регресиона анализа на средните вредности на рапавоста кај ЧАМ при различните височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45$ mm) и брзина на поместување: 1) $U_1=12 \text{ mmmin}^{-1}$, 2) $U_2=16 \text{ mmmin}^{-1}$ и 3) $U_3=20 \text{ mmmin}^{-1}$ (број на заби $Z_1=40$)



Графикон 123, 124 и 125: Регресиона анализа на средните вредности на рапавоста кај ЧАМ при различните брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20 \text{ mmmin}^{-1}$) и височина на режење: 1) $h_1=15$ mm, 2) $h_2=30$ mm и 3) $h_3=45$ mm - ЧАМ (број на заби $Z_1=40$)

6.2.2. Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$

Во Табела 18 прикажани се резултатите од мерењата на рапавоста по критериумот $R_{\max}$ на примероците од чам, за сите три височини на режење ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$) кај сите три брзини на поместување ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$).

Средните вредности од мерењата покажуваат тренд на зголемување со зголемување на брзината на поместување.

За височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува $0,0834 \pm 0,0009\text{mm}$ кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0088\text{mm}$ и коефициент на варијација $10,59\%$, односно $0,0932 \pm 0,0022\text{mm}$ кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0218\text{mm}$ и коефициент на варијација $23,43\%$ и $0,1407 \pm 0,0010\text{mm}$ кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0103\text{mm}$ и коефициент на варијација $7,34\%$.

За височина на режење $h_2=30\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува $0,0980 \pm 0,0009\text{mm}$ кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0088\text{mm}$ и коефициент на варијација $8,95\%$, односно $0,1036 \pm 0,0024\text{mm}$ кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0242\text{mm}$ и коефициент на варијација $23,38\%$ и $0,1651 \pm 0,0011\text{mm}$ кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0110\text{mm}$ и коефициент на варијација $6,69\%$.

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува $0,1074 \pm 0,0008\text{mm}$ кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0078\text{mm}$ и коефициент на варијација $7,26\%$, односно $0,1139 \pm 0,0008\text{mm}$ кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0078\text{mm}$ и коефициент на варијација $6,89\%$ и $0,1851 \pm 0,0012\text{mm}$ кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,0122\text{mm}$ и коефициент на варијација $6,60\%$. Стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат изедначеност на мерните податоци, кај сите мерења.

Грешката на средната вредност, стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат дека сите елементи од групата податоци се многу блиску до средната вредност.

Во графиконите 126,127,128,129,130,131,132,133 и 134 се прикажани мерните податоци од мерењата.

Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Во графиконите 135, 136, 137, 138, 139 и 140 е прикажана правата на регресија на средните вредности од мерните податоци. Во графиконите 135, 136 и 137 квадратната вредност од коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно кај првата брзина на поместување ($U_1=12\text{mmmin}^{-1}$) изнесува $R^2=0,985$, кај втората брзина на поместување ($U_2=16\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=1$ и кај третата ($U_3=20\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=0,9968$, за сите три височини на режење. Во графиконите 138, 139 и 140 квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува, исто така висока зависност, односно кај височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува $R^2=0,8729$, кај височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува $R^2=0,8127$ и кај височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува $R^2=0,8123$, за сите три брзини на поместување.

Табела 18а: Резултати од испитувањето на рапавоста на примероците од чам при различни брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$), број на заби $Z=60$ и различни височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$), по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}$, const)

2	брзина на поместување (U), за број на заби $Z = 60$ и дијаметар $D=250\text{mm}$						ЧАМ		
	$U_1 = 12\text{mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{mmmin}^{-1}$		
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.089	0.088	0.116	0.081	0.119	0.071	0.157	0.145	0.179
2	0.097	0.099	0.124	0.076	0.105	0.092	0.130	0.155	0.183
3	0.107	0.095	0.110	0.069	0.110	0.103	0.145	0.136	0.187
4	0.102	0.101	0.126	0.078	0.123	0.126	0.127	0.138	0.192
5	0.089	0.094	0.109	0.099	0.122	0.105	0.148	0.152	0.188
6	0.090	0.092	0.103	0.095	0.116	0.096	0.141	0.159	0.190
7	0.092	0.100	0.101	0.074	0.107	0.117	0.154	0.181	0.170
8	0.102	0.106	0.097	0.097	0.100	0.109	0.163	0.176	0.196
9	0.104	0.109	0.100	0.068	0.089	0.113	0.172	0.155	0.177
10	0.107	0.089	0.104	0.078	0.088	0.104	0.180	0.174	0.189
11	0.100	0.095	0.102	0.099	0.084	0.108	0.177	0.189	0.192
12	0.104	0.094	0.124	0.104	0.098	0.078	0.169	0.186	0.185
13	0.108	0.096	0.112	0.111	0.115	0.109	0.163	0.174	0.178
14	0.105	0.089	0.094	0.126	0.124	0.105	0.177	0.157	0.187
15	0.079	0.078	0.118	0.113	0.132	0.123	0.161	0.169	0.179
16	0.096	0.079	0.122	0.098	0.124	0.110	0.152	0.153	0.175
17	0.083	0.085	0.116	0.081	0.126	0.123	0.155	0.159	0.168
18	0.075	0.094	0.126	0.083	0.120	0.117	0.147	0.168	0.162
19	0.097	0.086	0.123	0.086	0.137	0.109	0.152	0.180	0.155
20	0.102	0.079	0.109	0.077	0.142	0.084	0.143	0.188	0.166
21	0.106	0.094	0.107	0.084	0.136	0.091	0.137	0.181	0.150
22	0.101	0.079	0.095	0.096	0.116	0.090	0.133	0.191	0.167
23	0.100	0.097	0.088	0.088	0.114	0.107	0.134	0.172	0.162
24	0.097	0.105	0.113	0.099	0.098	0.118	0.128	0.164	0.154
25	0.100	0.111	0.125	0.103	0.107	0.116	0.134	0.167	0.146
26	0.093	0.100	0.121	0.105	0.125	0.119	0.125	0.153	0.143
27	0.099	0.099	0.129	0.105	0.133	0.124	0.132	0.166	0.157
28	0.093	0.097	0.121	0.083	0.119	0.135	0.127	0.148	0.162
29	0.083	0.104	0.130	0.090	0.099	0.138	0.123	0.156	0.150
30	0.101	0.109	0.116	0.120	0.068	0.148	0.130	0.173	0.171
31	0.103	0.108	0.127	0.129	0.084	0.137	0.128	0.151	0.180
32	0.102	0.109	0.129	0.132	0.091	0.112	0.131	0.153	0.179
33	0.099	0.122	0.111	0.123	0.112	0.123	0.120	0.150	0.187
34	0.107	0.104	0.099	0.131	0.130	0.122	0.138	0.157	0.193
35	0.101	0.101	0.104	0.129	0.136	0.110	0.145	0.169	0.184
36	0.103	0.110	0.102	0.135	0.125	0.115	0.112	0.167	0.178
37	0.092	0.102	0.094	0.128	0.135	0.118	0.124	0.175	0.182
38	0.099	0.104	0.091	0.123	0.141	0.124	0.145	0.180	0.191
39	0.091	0.093	0.106	0.127	0.129	0.120	0.137	0.177	0.202
40	0.090	0.092	0.098	0.117	0.115	0.110	0.128	0.194	0.192

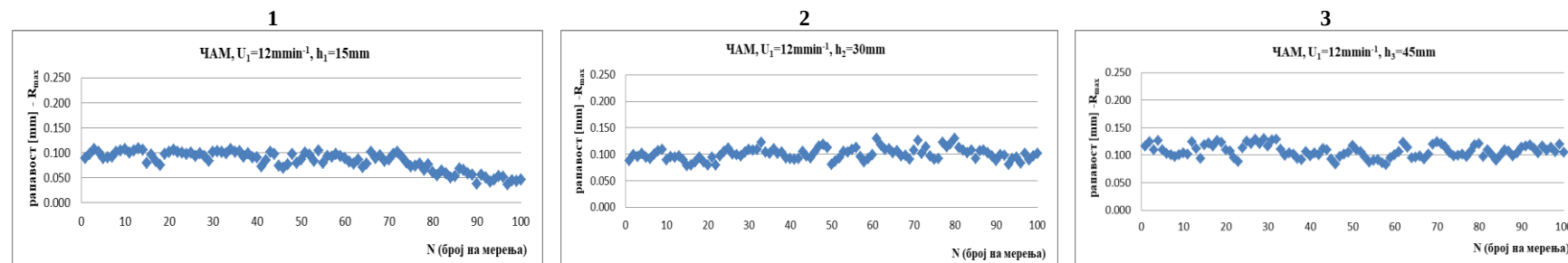
Табела 18b: Резултати од испитувањето на рапавоста на примероците од чам при различни брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$), број на заби $Z=60$ и различни височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$), по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}$, const) - I продолжение

2	брзина на поместување (U), за број на заби $Z = 60$ и дијаметар $D=250\text{mm}$						ЧАМ		
	$U_1 = 12\text{mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{mmmin}^{-1}$		
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
41	0.073	0.090	0.104	0.122	0.123	0.098	0.141	0.182	0.189
42	0.085	0.092	0.100	0.115	0.131	0.111	0.137	0.186	0.180
43	0.101	0.105	0.112	0.121	0.139	0.118	0.142	0.191	0.175
44	0.098	0.097	0.109	0.125	0.098	0.125	0.145	0.176	0.187
45	0.074	0.093	0.093	0.114	0.080	0.129	0.148	0.153	0.182
46	0.069	0.104	0.084	0.110	0.109	0.132	0.152	0.147	0.170
47	0.076	0.115	0.097	0.120	0.083	0.137	0.149	0.138	0.189
48	0.097	0.119	0.102	0.118	0.086	0.133	0.138	0.155	0.196
49	0.080	0.112	0.105	0.115	0.070	0.126	0.145	0.167	0.203
50	0.086	0.080	0.117	0.112	0.074	0.121	0.157	0.178	0.206
51	0.100	0.087	0.110	0.105	0.073	0.105	0.136	0.192	0.183
52	0.096	0.093	0.106	0.075	0.070	0.108	0.133	0.188	0.191
53	0.083	0.105	0.096	0.089	0.090	0.106	0.142	0.154	0.182
54	0.104	0.104	0.087	0.094	0.087	0.104	0.153	0.169	0.179
55	0.079	0.109	0.090	0.105	0.108	0.118	0.141	0.177	0.165
56	0.093	0.112	0.091	0.116	0.128	0.113	0.155	0.156	0.150
57	0.092	0.095	0.086	0.132	0.136	0.114	0.146	0.147	0.162
58	0.098	0.085	0.082	0.126	0.149	0.089	0.137	0.153	0.196
59	0.093	0.092	0.095	0.134	0.145	0.093	0.158	0.138	0.192
60	0.089	0.099	0.100	0.125	0.137	0.102	0.162	0.157	0.197
61	0.082	0.129	0.106	0.112	0.128	0.086	0.157	0.166	0.200
62	0.078	0.117	0.123	0.100	0.107	0.098	0.187	0.161	0.202
63	0.086	0.109	0.114	0.087	0.095	0.090	0.182	0.174	0.183
64	0.071	0.110	0.095	0.086	0.082	0.108	0.176	0.170	0.187
65	0.078	0.103	0.096	0.124	0.085	0.115	0.172	0.182	0.190
66	0.102	0.106	0.098	0.114	0.093	0.119	0.162	0.176	0.179
67	0.089	0.096	0.093	0.122	0.109	0.126	0.148	0.189	0.157
68	0.095	0.098	0.102	0.103	0.123	0.132	0.138	0.193	0.148
69	0.084	0.090	0.119	0.121	0.141	0.121	0.128	0.178	0.179
70	0.086	0.108	0.124	0.118	0.150	0.133	0.132	0.187	0.191
71	0.098	0.126	0.121	0.113	0.150	0.105	0.125	0.179	0.182
72	0.102	0.102	0.115	0.120	0.157	0.117	0.136	0.183	0.180
73	0.092	0.114	0.105	0.108	0.147	0.124	0.128	0.177	0.196
74	0.081	0.096	0.098	0.113	0.140	0.131	0.123	0.175	0.192
75	0.073	0.091	0.099	0.108	0.152	0.125	0.144	0.173	0.189
76	0.074	0.092	0.102	0.123	0.121	0.112	0.142	0.167	0.196
77	0.078	0.122	0.097	0.125	0.131	0.108	0.155	0.162	0.194
78	0.066	0.114	0.107	0.101	0.110	0.122	0.183	0.157	0.202
79	0.077	0.120	0.118	0.094	0.096	0.133	0.180	0.153	0.199
80	0.061	0.129	0.121	0.087	0.090	0.125	0.162	0.176	0.186

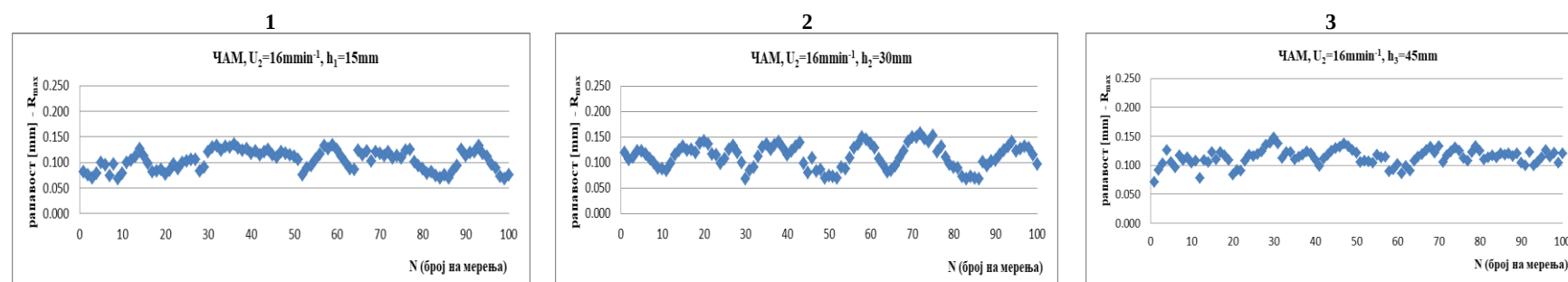
Табела 18с: Резултати од испитувањето на рапавоста на примероците од чам при различни брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$), број на заби $Z=60$ и различни височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$), по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}$, const) - II продолжение

2	брзина на поместување (U), за број на заби Z= 60 и дијаметар D=250mm								ЧАМ
	U ₁ = 12 mmmin ⁻¹			U ₂ = 16 mmmin ⁻¹			U ₃ = 20 mmmin ⁻¹		
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
	h ₁ =15	h ₂ =30	h ₃ =45	h ₁ =15	h ₂ =30	h ₃ =45	h ₁ =15	h ₂ =30	h ₃ =45
	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
81	0.055	0.112	0.097	0.078	0.089	0.110	0.147	0.169	0.180
82	0.064	0.108	0.109	0.082	0.072	0.113	0.139	0.174	0.177
83	0.059	0.103	0.101	0.074	0.068	0.117	0.132	0.165	0.195
84	0.050	0.108	0.090	0.069	0.073	0.113	0.135	0.153	0.190
85	0.053	0.092	0.099	0.075	0.070	0.120	0.150	0.169	0.198
86	0.068	0.106	0.110	0.069	0.068	0.118	0.158	0.155	0.196
87	0.066	0.108	0.107	0.083	0.101	0.120	0.155	0.162	0.188
88	0.058	0.103	0.098	0.093	0.093	0.116	0.147	0.170	0.202
89	0.056	0.096	0.104	0.125	0.102	0.120	0.132	0.186	0.197
90	0.038	0.088	0.114	0.113	0.104	0.104	0.128	0.172	0.200
91	0.056	0.099	0.116	0.119	0.115	0.100	0.134	0.187	0.183
92	0.051	0.098	0.118	0.121	0.124	0.123	0.124	0.165	0.187
93	0.042	0.080	0.112	0.132	0.132	0.099	0.134	0.174	0.185
94	0.046	0.092	0.104	0.117	0.141	0.105	0.137	0.161	0.190
95	0.053	0.094	0.116	0.112	0.123	0.113	0.140	0.170	0.187
96	0.052	0.083	0.108	0.097	0.127	0.126	0.139	0.156	0.168
97	0.036	0.101	0.114	0.089	0.131	0.115	0.137	0.158	0.154
98	0.045	0.089	0.106	0.072	0.128	0.121	0.134	0.145	0.169
99	0.043	0.097	0.119	0.068	0.115	0.104	0.149	0.148	0.179
100	0.046	0.102	0.105	0.075	0.096	0.120	0.163	0.162	0.176
$\bar{X}$	0.0834	0.0980	0.1074	0.0932	0.1036	0.1139	0.1407	0.1651	0.1851
$\bar{f}_x$	0.0009	0.0009	0.0008	0.0022	0.0024	0.0008	0.0010	0.0011	0.0012
σ	0.0088	0.0088	0.0078	0.0218	0.0242	0.0078	0.0103	0.0110	0.0122
KV	10.59	8.95	7.26	23.43	23.38	6.89	7.34	6.69	6.60
min	0.036	0.078	0.082	0.068	0.068	0.071	0.112	0.136	0.143
max	0.108	0.129	0.130	0.135	0.157	0.148	0.187	0.194	0.206
t-	t-тест за колони 1-2		2.02619E-11	t-тест за колони 4-5		0.000904347	t-тест за колони 7-8		8.51084E-17
тест	t-тест за колони 1-3		4.75964E-18	t-тест за колони 4-6		1.20353E-05	t-тест за колони 7-9		4.69776E-35
	t-тест за колони 2-3		2.82735E-05	t-тест за колони 5-6		1.20353E-05	t-тест за колони 8-9		6.09752E-10
t-	t-тест за колони 1-4		9.35831E-13	t-тест за колони 2-5		5.49048E-05	t-тест за колони 3-6		0.000215186
тест	t-тест за колони 1-7		2.92685E-44	t-тест за колони 2-8		2.98204E-57	t-тест за колони 3-9		1.17032E-59
	t-тест за колони 4-7		2.61995E-27	t-тест за колони 5-8		1.38322E-37	t-тест за колони 6-9		3.7894E-54

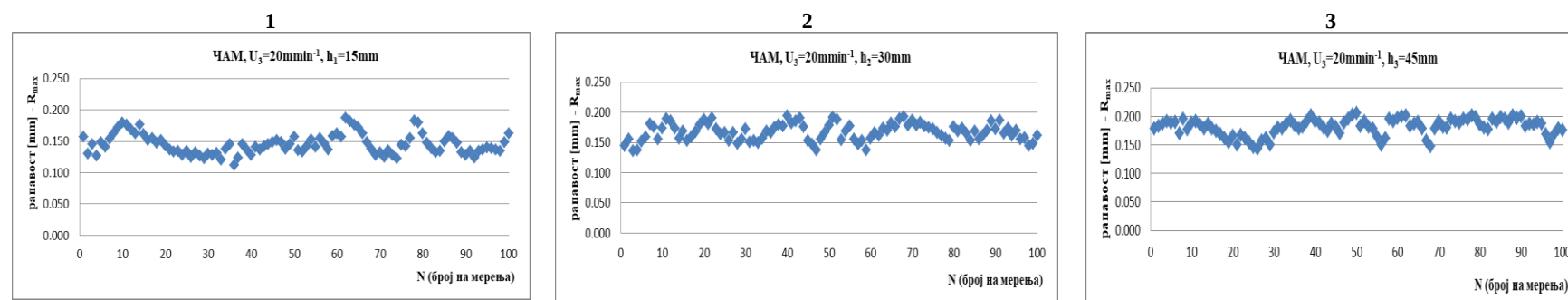
Од прикажаните резултати (Табела 18, графиконите од 126 до 120) можеме да констатираме дека со зголемување на брзината на поместување право пропорционално се зголемува рапавоста на резната површина. Зависноста е математички искажана со правите на регресија и коефициентите на корелација.



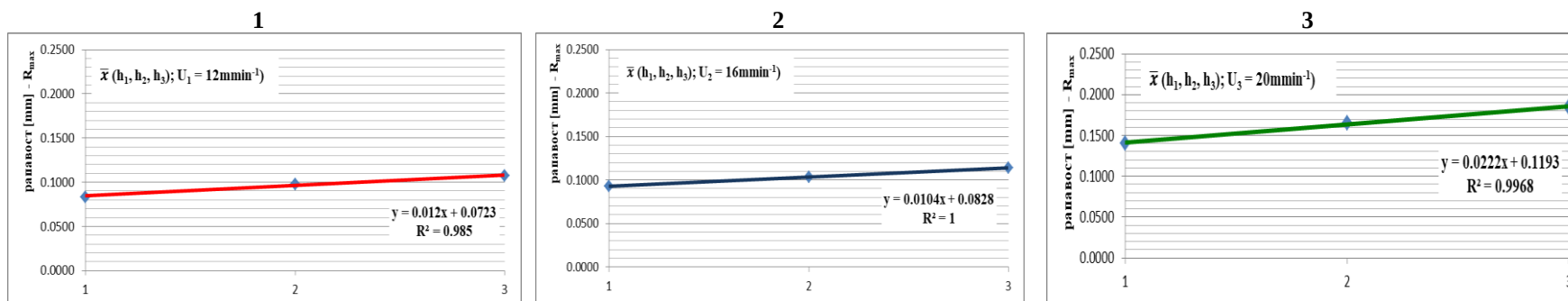
Графикон 126, 127, 128. Рапавост на резната површина на примероците од ЧАМ при брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење:
1) $h_1=15\text{mm}$, 2) $h_2=30\text{mm}$ и 3) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_2=60$)



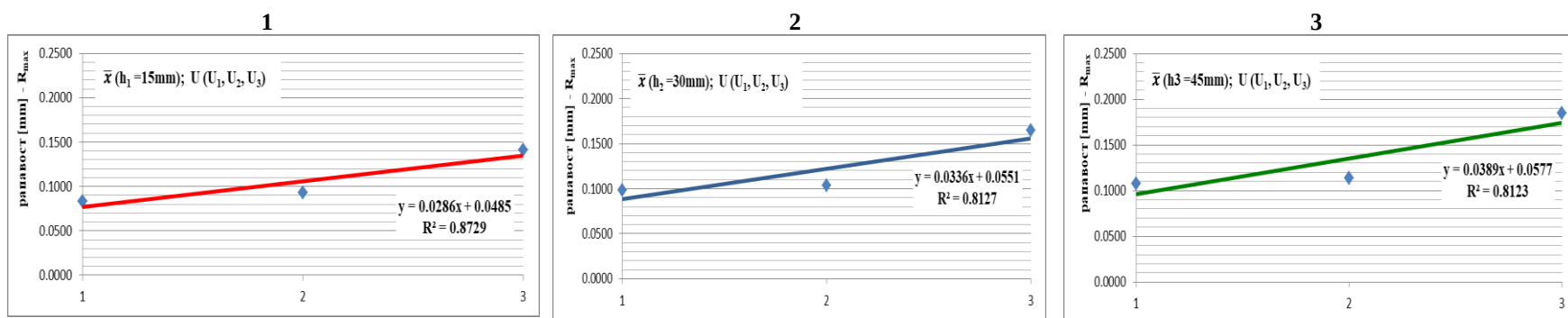
Графикон 129, 130, 131. Рапавост на резната површина на примероците од ЧАМ при брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење:
1) $h_1=15\text{mm}$, 2) $h_2=30\text{mm}$ и 3) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_2=60$)



Графикон 132, 133, 134. Рапавост на резната површина на примероците од ЧАМ при брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење:
1) $h_1=15\text{mm}$, 2) $h_2=30\text{mm}$ и 3) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_2=60$)



Графикон 135, 136 и 137: Регресиона анализа на средните вредности на рапавоста кај ЧАМ при различните височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45$ mm) и брзина на поместување: 1) $U_1=12 \text{ mmmin}^{-1}$, 2) $U_2=16 \text{ mmmin}^{-1}$ и 3) $U_3=20 \text{ mmmin}^{-1}$ (број на заби $Z_2=60$)



Графикон 138, 139 и 140: Регресиона анализа на средните вредности на рапавоста кај ЧАМ при различните брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20 \text{ mmmin}^{-1}$) и височина на режење: 1) $h_1=15$ mm, 2) $h_2=30$ mm и 3) $h_3=45$ mm - ЧАМ (број на заби $Z_2=60$)

6.2.3. Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$

Во Табела 19 прикажани се резултатите од мерењата на рапавоста по критериумот $R_{\max}$ на примероците од чам, за сите три височини на режење ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$) кај сите три брзини на поместување ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$).

Средните вредности од мерењата покажуваат тренд на зголемување со зголемување на брзината на поместување.

За височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **$0,0814 \pm 0,0013\text{mm}$** кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,0126\text{mm}$** и коефициент на варијација **$15,42\%$** , односно **$0,0891 \pm 0,0007\text{mm}$** кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,0074\text{mm}$** и коефициент на варијација **$8,33\%$** и **$0,1009 \pm 0,0006\text{mm}$** кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,0064\text{mm}$** и коефициент на варијација **$6,36\%$** .

За височина на режење $h_2=30\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **$0,0880 \pm 0,0010\text{mm}$** кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,0104\text{mm}$** и коефициент на варијација **$11,81\%$** , односно **$0,1028 \pm 0,0009\text{mm}$** кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,0089\text{mm}$** и коефициент на варијација **$8,63\%$** и **$0,1289 \pm 0,0008\text{mm}$** кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,0083\text{mm}$** и коефициент на варијација **$6,45\%$** .

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **$0,0987 \pm 0,0010\text{mm}$** кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,0097\text{mm}$** и коефициент на варијација **$9,86\%$** , односно **$0,1052 \pm 0,0008\text{mm}$** кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,0085\text{mm}$** и коефициент на варијација **$8,07\%$** и **$0,1468 \pm 0,0009\text{mm}$** кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,0088\text{mm}$** и коефициент на варијација **$6,01\%$** . Стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат изедначеност на мерните податоци, кај сите мерења.

Грешката на средната вредност, стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат дека сите елементи од групата податоци се многу блиску до средната вредност.

Во графиконите 141,142,143,144,145,146,147,148 и 149 се прикажани мерните податоци од мерењата.

Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Во графиконите 150, 151, 152, 153, 154 и 155 е прикажана правата на регресија на средните вредности од мерните податоци. Во графиконите 150, 151 и 152 квадратната вредност од коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно кај првата брзина на поместување ($U_1=12\text{mmmin}^{-1}$) изнесува $R^2=0,9818$, кај втората брзина на поместување ($U_2=16\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=0,8598$ и кај третата ($U_3=20\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=0,9841$, за сите три височини на режење. Во графиконите 153, 154 и 155 квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува, исто така висока зависност, односно кај височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9861$, кај височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9748$ и кај височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува $R^2=0,8492$, за сите три брзини на поместување.

Табела 19а: Резултати од испитувањето на рапавоста на примероците од чам при различни брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$), број на заби $Z=80$ и различни височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$), по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}$, const)

3	брзина на поместување (U), за број на заби $Z = 80$ и дијаметар $D=250\text{mm}$						ЧАМ		
	$U_1 = 12\text{mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{mmmin}^{-1}$		
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.088	0.095	0.101	0.094	0.104	0.118	0.114	0.120	0.134
2	0.059	0.108	0.111	0.083	0.108	0.116	0.106	0.111	0.142
3	0.075	0.109	0.114	0.078	0.113	0.121	0.101	0.116	0.152
4	0.091	0.096	0.106	0.082	0.101	0.106	0.107	0.106	0.148
5	0.101	0.081	0.108	0.079	0.093	0.110	0.117	0.119	0.137
6	0.098	0.077	0.101	0.086	0.097	0.119	0.108	0.126	0.142
7	0.083	0.080	0.118	0.069	0.092	0.121	0.114	0.131	0.138
8	0.105	0.072	0.108	0.061	0.090	0.115	0.105	0.136	0.145
9	0.103	0.082	0.116	0.065	0.070	0.114	0.115	0.132	0.152
10	0.111	0.090	0.120	0.071	0.083	0.112	0.120	0.121	0.139
11	0.109	0.096	0.114	0.067	0.079	0.104	0.122	0.129	0.154
12	0.098	0.103	0.109	0.073	0.080	0.126	0.116	0.117	0.161
13	0.080	0.094	0.098	0.082	0.090	0.123	0.109	0.111	0.144
14	0.089	0.082	0.086	0.089	0.095	0.116	0.103	0.118	0.143
15	0.090	0.083	0.090	0.092	0.084	0.107	0.098	0.122	0.132
16	0.082	0.076	0.103	0.096	0.103	0.117	0.093	0.125	0.130
17	0.076	0.063	0.111	0.103	0.100	0.119	0.089	0.133	0.134
18	0.065	0.074	0.105	0.104	0.111	0.116	0.087	0.140	0.130
19	0.069	0.069	0.104	0.101	0.108	0.110	0.093	0.146	0.126
20	0.080	0.079	0.085	0.099	0.102	0.105	0.101	0.152	0.119
21	0.072	0.091	0.081	0.102	0.113	0.107	0.106	0.124	0.134
22	0.069	0.107	0.102	0.109	0.119	0.108	0.093	0.117	0.132
23	0.096	0.111	0.108	0.101	0.106	0.103	0.088	0.119	0.137
24	0.064	0.106	0.093	0.099	0.108	0.100	0.104	0.129	0.150
25	0.081	0.096	0.087	0.091	0.118	0.102	0.098	0.136	0.142
26	0.080	0.088	0.075	0.097	0.109	0.106	0.106	0.141	0.128
27	0.078	0.102	0.084	0.092	0.112	0.112	0.104	0.140	0.128
28	0.066	0.089	0.072	0.089	0.115	0.116	0.091	0.129	0.132
29	0.077	0.095	0.078	0.090	0.118	0.116	0.100	0.117	0.138
30	0.085	0.083	0.084	0.089	0.102	0.120	0.097	0.108	0.145
31	0.093	0.077	0.074	0.092	0.111	0.113	0.106	0.116	0.145
32	0.101	0.082	0.079	0.097	0.113	0.110	0.092	0.123	0.154
33	0.080	0.088	0.093	0.105	0.116	0.110	0.089	0.127	0.137
34	0.073	0.089	0.115	0.084	0.113	0.104	0.093	0.129	0.116
35	0.072	0.094	0.122	0.080	0.110	0.099	0.088	0.124	0.133
36	0.077	0.102	0.100	0.096	0.111	0.101	0.090	0.130	0.151
37	0.069	0.109	0.109	0.088	0.103	0.107	0.101	0.135	0.156
38	0.057	0.096	0.129	0.112	0.103	0.099	0.097	0.125	0.170
39	0.077	0.099	0.117	0.106	0.101	0.096	0.102	0.133	0.168
40	0.089	0.087	0.108	0.089	0.105	0.111	0.108	0.126	0.159

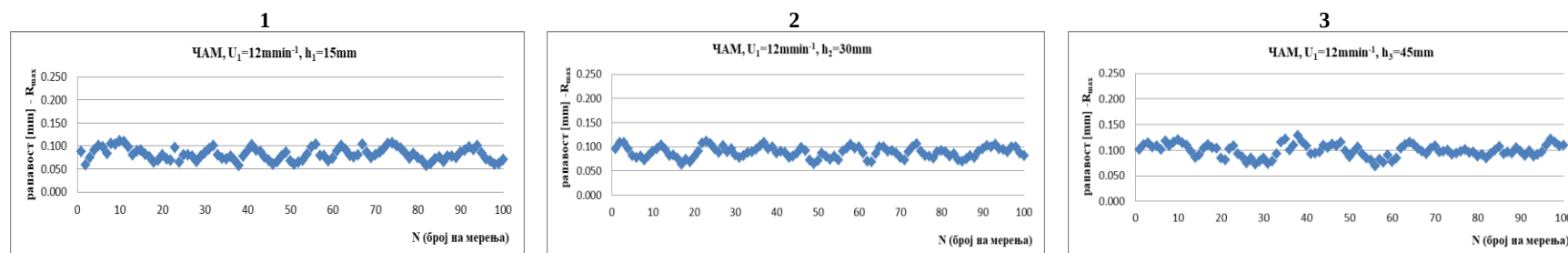
Табела 19b: Резултати од испитувањето на рапавоста на примероците од кам при различни брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$), број на заби $Z=80$ и различни височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$), по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}$, const) - I продолжение

3	брзина на поместување (U), за број на заби $Z = 80$ и дијаметар $D=250\text{mm}$						ЧАМ		
	$U_1 = 12\text{mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{mmmin}^{-1}$		
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
41	0.102	0.091	0.093	0.091	0.111	0.094	0.104	0.112	0.170
42	0.091	0.088	0.094	0.085	0.115	0.099	0.110	0.114	0.163
43	0.087	0.078	0.096	0.079	0.107	0.101	0.101	0.119	0.172
44	0.076	0.080	0.109	0.086	0.109	0.109	0.099	0.124	0.169
45	0.069	0.086	0.105	0.080	0.102	0.100	0.102	0.120	0.154
46	0.060	0.098	0.112	0.089	0.094	0.092	0.096	0.113	0.161
47	0.066	0.092	0.108	0.082	0.086	0.100	0.093	0.107	0.153
48	0.078	0.072	0.116	0.096	0.085	0.104	0.088	0.110	0.146
49	0.086	0.065	0.099	0.073	0.103	0.107	0.106	0.103	0.138
50	0.067	0.071	0.087	0.074	0.102	0.104	0.098	0.106	0.146
51	0.060	0.087	0.096	0.080	0.104	0.111	0.101	0.103	0.152
52	0.065	0.080	0.106	0.087	0.099	0.117	0.103	0.101	0.165
53	0.069	0.073	0.093	0.082	0.098	0.106	0.109	0.112	0.178
54	0.082	0.080	0.084	0.074	0.101	0.104	0.112	0.115	0.162
55	0.097	0.072	0.081	0.057	0.103	0.098	0.106	0.119	0.165
56	0.103	0.090	0.069	0.066	0.098	0.100	0.103	0.127	0.158
57	0.079	0.097	0.082	0.073	0.091	0.109	0.095	0.130	0.149
58	0.079	0.105	0.076	0.086	0.082	0.114	0.092	0.132	0.129
59	0.067	0.097	0.090	0.069	0.091	0.108	0.088	0.134	0.137
60	0.073	0.100	0.077	0.083	0.095	0.102	0.094	0.128	0.138
61	0.089	0.087	0.085	0.085	0.100	0.097	0.097	0.138	0.129
62	0.101	0.070	0.104	0.076	0.101	0.093	0.094	0.142	0.132
63	0.092	0.068	0.111	0.084	0.104	0.104	0.102	0.140	0.137
64	0.079	0.085	0.115	0.095	0.109	0.107	0.089	0.144	0.137
65	0.076	0.099	0.112	0.100	0.106	0.096	0.093	0.149	0.139
66	0.080	0.099	0.104	0.098	0.108	0.115	0.082	0.145	0.138
67	0.103	0.091	0.097	0.095	0.109	0.103	0.096	0.133	0.142
68	0.086	0.092	0.093	0.100	0.113	0.108	0.105	0.129	0.140
69	0.075	0.087	0.104	0.105	0.106	0.109	0.111	0.141	0.146
70	0.080	0.078	0.108	0.106	0.112	0.097	0.103	0.150	0.150
71	0.086	0.072	0.096	0.110	0.112	0.090	0.106	0.146	0.144
72	0.094	0.089	0.098	0.088	0.098	0.094	0.097	0.141	0.149
73	0.105	0.100	0.100	0.085	0.100	0.100	0.101	0.145	0.143
74	0.107	0.106	0.092	0.085	0.101	0.090	0.094	0.136	0.147
75	0.100	0.090	0.094	0.066	0.105	0.088	0.101	0.132	0.155
76	0.095	0.082	0.097	0.072	0.100	0.092	0.103	0.131	0.146
77	0.084	0.080	0.101	0.089	0.108	0.099	0.108	0.151	0.139
78	0.073	0.076	0.095	0.093	0.106	0.095	0.105	0.142	0.131
79	0.083	0.089	0.096	0.077	0.086	0.084	0.097	0.150	0.140
80	0.075	0.092	0.088	0.088	0.094	0.080	0.100	0.145	0.146

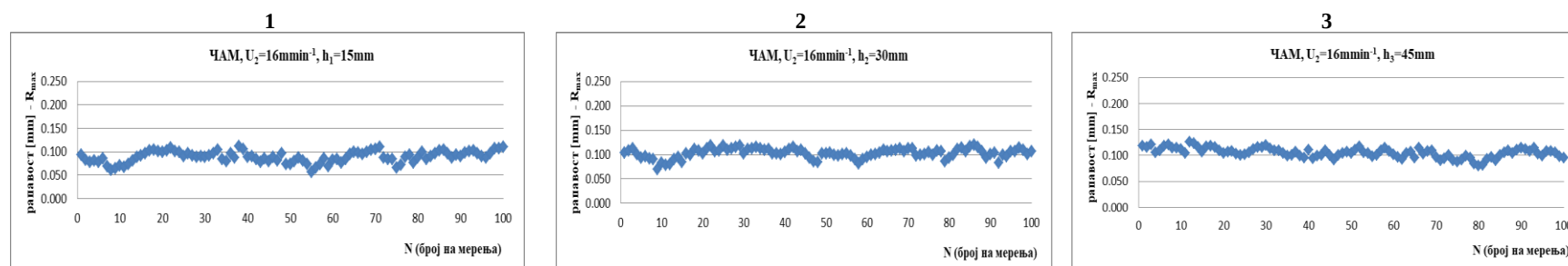
Табела 19с: Резултати од испитувањето на рапавоста на примероците од чам при различни брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$), број на заби $Z=80$ и различни височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$), по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}$, const) - II продолжение

3	брзина на поместување (U), за број на заби $Z=80$ и дијаметар $D=250\text{mm}$						ЧАМ		
	$U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$		
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
81	0.069	0.089	0.092	0.099	0.099	0.082	0.099	0.137	0.148
82	0.057	0.080	0.084	0.084	0.111	0.093	0.107	0.125	0.156
83	0.062	0.085	0.093	0.090	0.114	0.097	0.096	0.127	0.148
84	0.072	0.072	0.100	0.096	0.107	0.091	0.110	0.130	0.148
85	0.076	0.070	0.107	0.103	0.117	0.101	0.108	0.126	0.142
86	0.066	0.075	0.093	0.104	0.120	0.106	0.102	0.129	0.151
87	0.078	0.081	0.096	0.096	0.116	0.110	0.091	0.118	0.154
88	0.078	0.077	0.094	0.088	0.106	0.104	0.094	0.135	0.162
89	0.075	0.090	0.105	0.093	0.094	0.111	0.103	0.143	0.167
90	0.086	0.095	0.097	0.091	0.101	0.114	0.108	0.151	0.176
91	0.091	0.102	0.089	0.098	0.104	0.112	0.100	0.141	0.164
92	0.097	0.100	0.099	0.101	0.083	0.108	0.107	0.139	0.160
93	0.092	0.105	0.088	0.103	0.099	0.115	0.107	0.136	0.165
94	0.100	0.096	0.091	0.096	0.097	0.103	0.112	0.134	0.158
95	0.085	0.094	0.096	0.091	0.107	0.099	0.104	0.127	0.151
96	0.072	0.089	0.109	0.087	0.106	0.108	0.101	0.134	0.145
97	0.067	0.099	0.121	0.097	0.114	0.108	0.099	0.130	0.147
98	0.060	0.099	0.115	0.107	0.110	0.106	0.089	0.138	0.149
99	0.062	0.087	0.108	0.108	0.101	0.098	0.095	0.142	0.147
100	0.070	0.082	0.109	0.111	0.107	0.096	0.099	0.149	0.150
$\bar{x}$	0.0814	0.0880	0.0987	0.0891	0.1028	0.1052	0.1009	0.1289	0.1468
$\bar{f}_x$	0.0013	0.0010	0.0010	0.0007	0.0009	0.0008	0.0006	0.0008	0.0009
σ	0.0126	0.0104	0.0097	0.0074	0.0089	0.0085	0.0064	0.0083	0.0088
KV	15.42	11.81	9.86	8.33	8.63	8.07	6.36	6.45	6.01
min	0.057	0.063	0.069	0.057	0.070	0.080	0.082	0.101	0.116
max	0.111	0.111	0.129	0.112	0.120	0.126	0.122	0.152	0.178
t-	t-тест за колони 1-2		0.000335578	t-тест за колони 4-5		8.92211E-21	t-тест за колони 7-8		1.2217E-32
тест	t-тест за колони 1-3		2.53339E-14	t-тест за колони 4-6		2.76005E-17	t-тест за колони 7-9		2.5452E-58
	t-тест за колони 2-3		5.37078E-09	t-тест за колони 5-6		2.76005E-17	t-тест за колони 8-9		1.0171E-14
t-	t-тест за колони 1-4		0.000428745	t-тест за колони 2-5		8.64344E-16	t-тест за колони 3-6		4.1979E-05
тест	t-тест за колони 1-7		1.31707E-27	t-тест за колони 2-8		4.65592E-44	t-тест за колони 3-9		7.6159E-49
	t-тест за колони 4-7		1.68222E-10	t-тест за колони 5-8		1.27672E-30	t-тест за колони 6-9		4.9743E-45

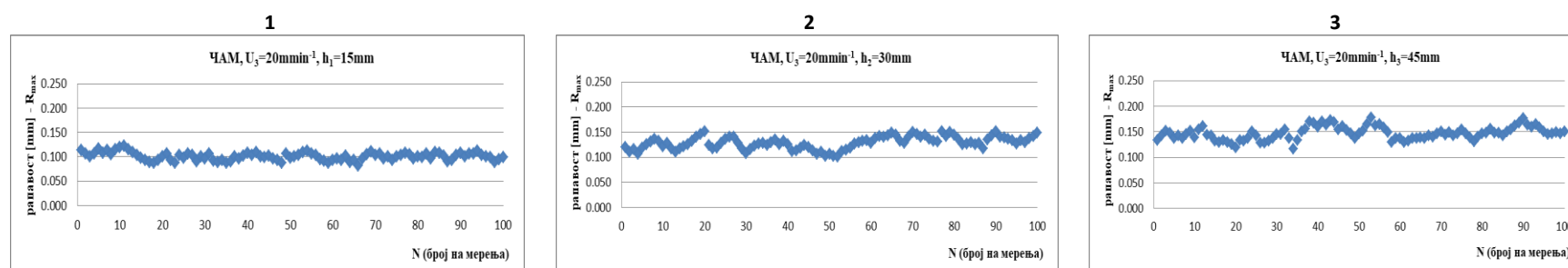
Од приказаните резултати (Табела 19, графиконите од 141 до 155) можеме да констатираме дека со зголемување на брзината на поместување правопрпорционално се зголемува рапавоста на резната површина. Зависноста е математички искажана со правите на регресија и коефициентите на корелација.



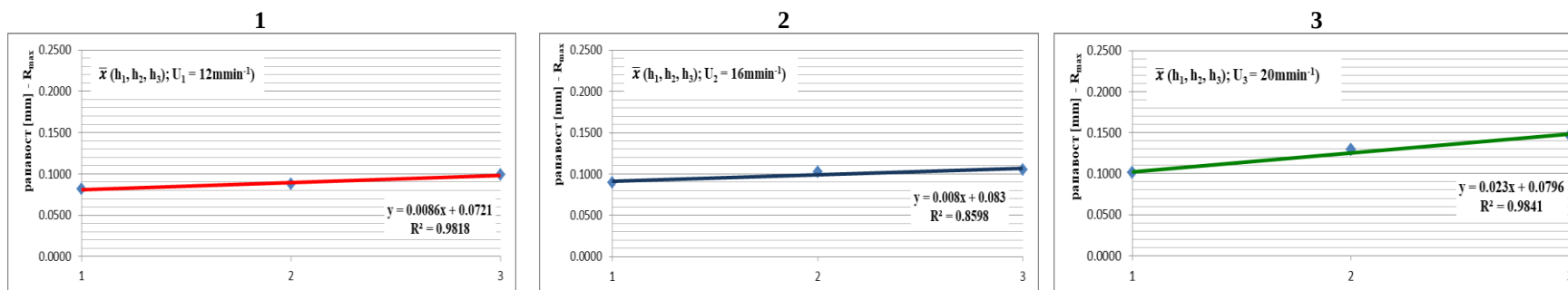
Графикон 141, 142, 143. Рапавост на резната површина на примероците од ЧАМ при брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 1) $h_1=15\text{mm}$, 2) $h_2=30\text{mm}$ и 3) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_3=80$)



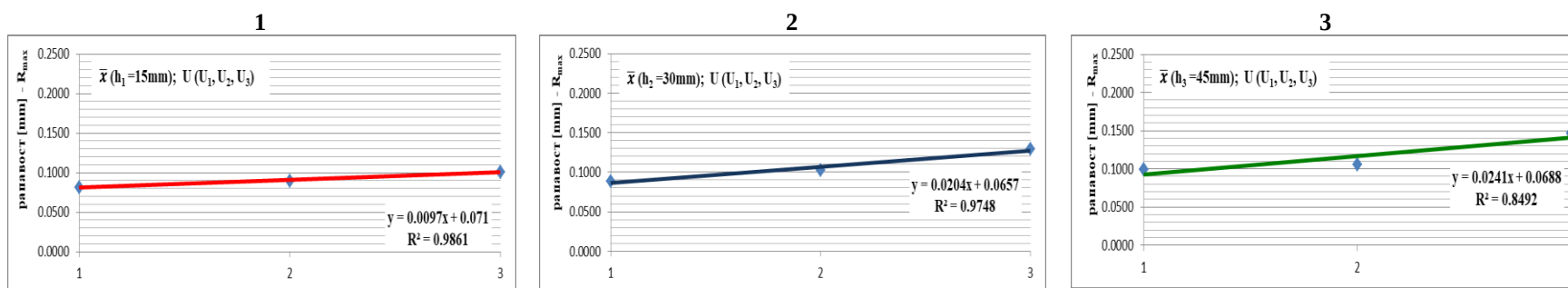
Графикон 144, 145, 146. Рапавост на резната површина на примероците од ЧАМ при брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 1) $h_1=15\text{mm}$, 2) $h_2=30\text{mm}$ и 3) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_3=80$)



Графикон 147, 148, 149. Рапавост на резната површина на примероците од ЧАМ при брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 1) $h_1=15\text{mm}$, 2) $h_2=30\text{mm}$ и 3) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_3=80$)



Графикон 150, 151 и 152: Регресиона анализа на средните вредности на рапавоста кај ЧАМ при различните височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45$ mm) и брзина на поместување: 1) $U_1=12$ mm/min⁻¹, 2) $U_2=16$ mm/min⁻¹ и 3) $U_3=20$ mm/min⁻¹ (број на заби $Z_3=80$)



Графикон 153, 154 и 155: Регресиона анализа на средните вредности на рапавоста кај ЧАМ при различните брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20$ mm/min⁻¹) и височина на режење: 1) $h_1=15$ mm, 2) $h_2=30$ mm и 3) $h_3=45$ mm - ЧАМ (број на заби $Z_3=80$)

6.2.4. Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)

Во Табела 20 прикажани се средните вредности на рапавоста на резната површина на примероците од чам, за сите три височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ и кај кружните пили со број на заби $Z=40$, 60 и 80 , при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, (ЧАМ).

Табела 20: Средни вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z=40$, 60 и 80 , кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}$, const)

	средни вредности на рапавоста при U (h_1 , h_2 и h_3) за Z_1 , Z_2 и Z_3						ЧАМ		
средна	$U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$		
вредност	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
од	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
мерењата	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
				$Z_1 = 40$					
$\bar{x}$	0.08653	0.10455	0.11570	0.11270	0.13380	0.15340	0.17330	0.20885	0.22410
				$Z_2 = 60$					
$\bar{x}$	0.08344	0.09795	0.10735	0.09315	0.10360	0.11385	0.14070	0.16505	0.18505
				$Z_3 = 80$					
$\bar{x}$	0.08142	0.08801	0.09867	0.08914	0.10276	0.10517	0.10086	0.12889	0.14680

Средните вредности од мерењата на рапавоста на резната површина покажуваат тренд на зголемување со зголемување на височината на режење, односно:

При режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,08653mm**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **0,10455mm** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **0,11570mm**.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,08344mm**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **0,09795mm** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **0,10735mm**.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$ за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,08142mm**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **0,08801mm** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **0,09867mm**.

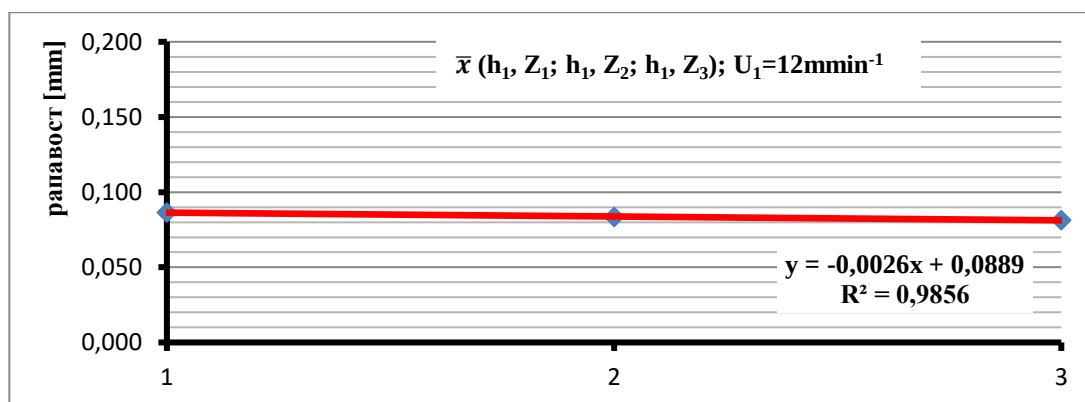
Средните вредности од мерењата на рапавоста на резната површина, покажуваат тренд на намалување со зголемување на бројот на заби на кружната пила, односно:

За височина на режење $h_1=15\text{mm}$, кај кружна пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,08653mm**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **0,08344mm** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **0,08142mm**.

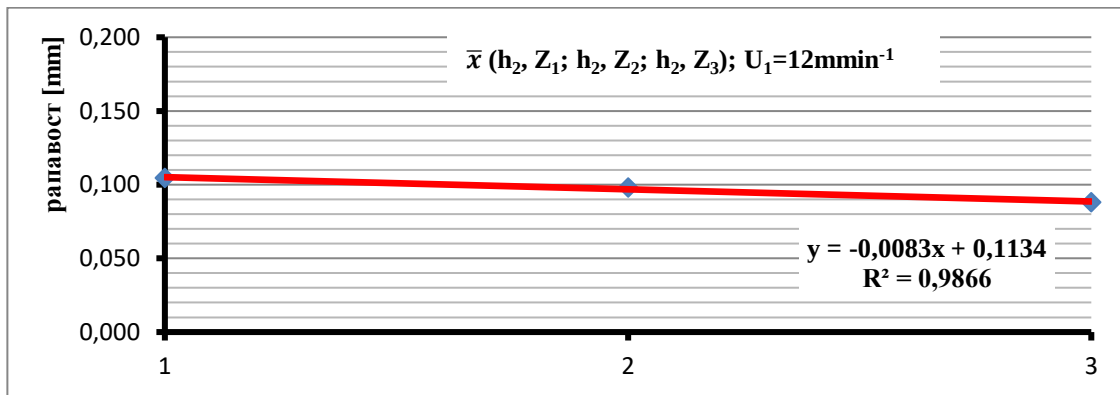
За височина на режење $h_2=30\text{mm}$, кај кружна пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,10455mm**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **0,09795mm** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **0,08801mm**.

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, кај кружна пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,11570mm**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **0,10735mm** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **0,09867mm**.

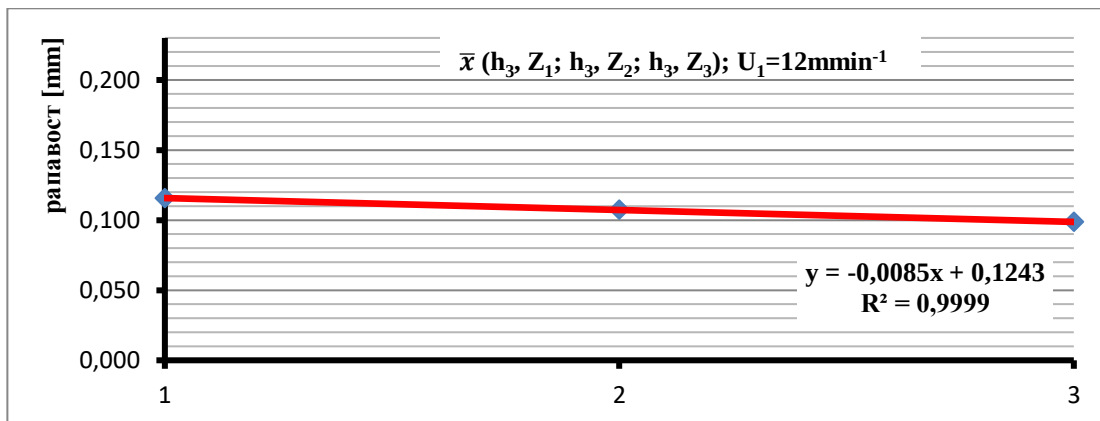
Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Прикажани се правите на регресија на средните вредности кај кружните пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$. Од графиконите можеме да констатираме дека квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9856$, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9866$ и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9999$.



Графикон 156: Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15\text{mm}$ (ЧАМ)



Графикон 157: Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_2=30\text{mm}$ (ЧАМ)



Графикон 158: Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_3=45\text{mm}$ (ЧАМ)

6.2.5. Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40, Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}, h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)

Во Табела 21 прикажани се средните вредности на рапавоста на резната површина на примероците од чам, за сите три височини на режење $h_1=15, h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ и кај кружните пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 , при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, (ЧАМ).

Табела 21: Средни вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z=40$, 60 и 80 , кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}$, const)

	средни вредности на рапавоста при U (h_1 , h_2 и h_3) за Z_1 , Z_2 и Z_3						ЧАМ		
средна	$U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$		
вредност	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
од	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
мерењата	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
				$Z_1 = 40$					
$\bar{x}$	0.08653	0.10455	0.11570	0.11270	0.13380	0.15340	0.17330	0.20885	0.22410
				$Z_2 = 60$					
$\bar{x}$	0.08344	0.09795	0.10735	0.09315	0.10360	0.11385	0.14070	0.16505	0.18505
				$Z_3 = 80$					
$\bar{x}$	0.08142	0.08801	0.09867	0.08914	0.10276	0.10517	0.10086	0.12889	0.14680

Средните вредности од мерењата на рапавоста на резната површина покажуваат тренд на зголемување со зголемување на височината на режење, односно:

При режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,11270mm**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **0,13380mm** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **0,15340mm**.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,09315mm**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **0,10360mm** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **0,11385mm**.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$ за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,08914mm**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **0,10276mm** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **0,10517mm**.

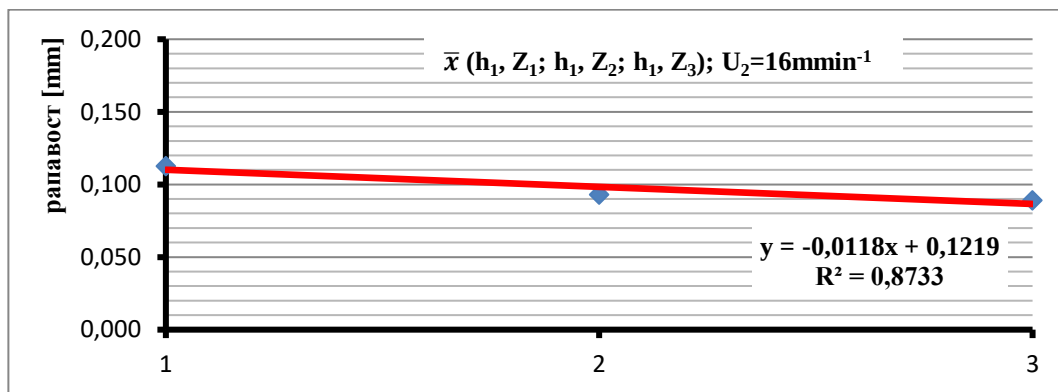
Средните вредности од мерењата на рапавоста на резната површина покажуваат тренд на намалување со зголемување на бројот на заби кај кружната пила, односно:

За височина на режење $h_1=15\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,11270mm**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **0,09315mm** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **0,08914mm**. Зависноста е обратнопропорционална.

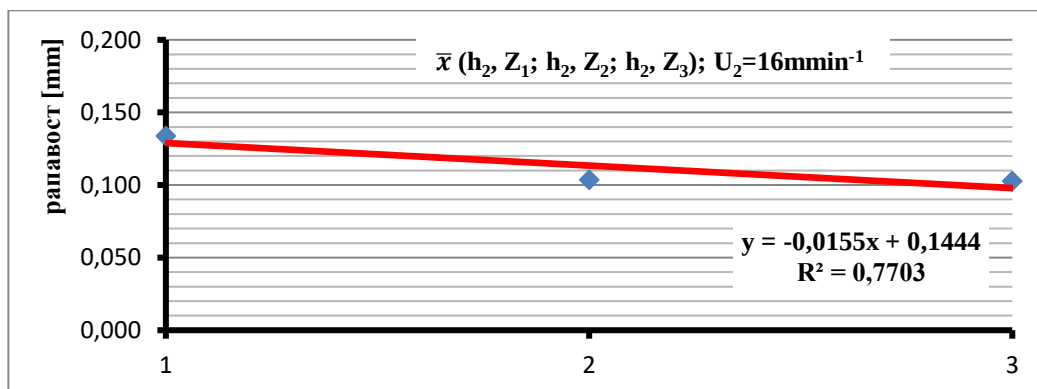
За височина на режење $h_2=30\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,13380mm**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **0,10360mm** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **0,10276mm**. Зависноста е обратнопропорционална.

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,15340mm**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **0,11385mm** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **0,10517mm**. Зависноста е обратнопропорционална.

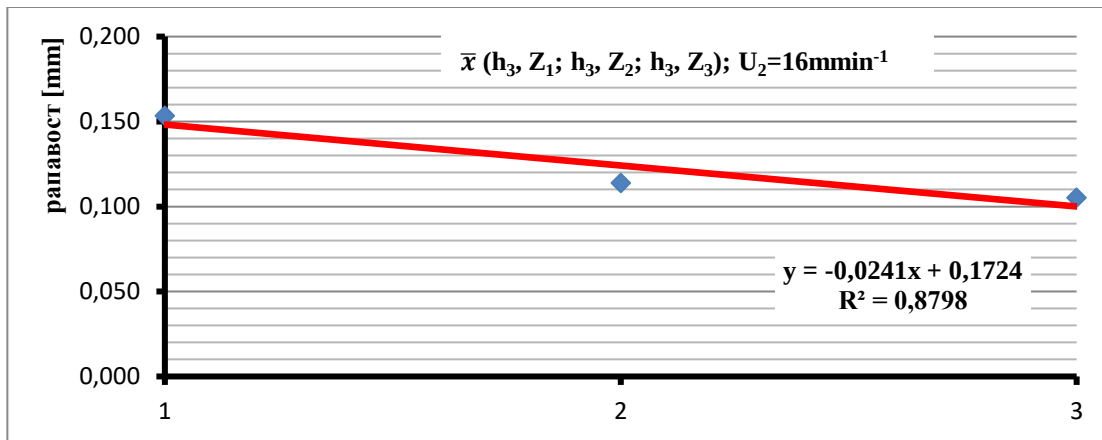
Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Прикажани се правите на регресија на средните вредности кај кружните пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, при константна брзина на поместување $U_1=16\text{mmmin}^{-1}$ и височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$. Од графиконите можеме да констатираме дека квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува **$R^2=0,8733$** , за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **$R^2=0,7703$** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **$R^2=0,8798$** .



Графикон 159: Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15\text{mm}$ (ЧАМ)



Графикон 160: Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_2=30\text{mm}$ (ЧАМ)



Графикон 161: Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_3=45\text{mm}$ (ЧАМ)

6.2.6. Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40, Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}, h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)

Во Табела 22, прикажани се средните вредности на рапавоста на резната површина на примероците од чам, за сите три височини на режење $h_1=15, h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ и кај кружните пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 , при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, (ЧАМ).

Табела 22: Средни вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 , кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}, h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}, \text{const}$)

	средни вредности на рапавоста при U (h_1, h_2 и h_3) за Z_1, Z_2 и Z_3						ЧАМ		
средна	$U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$		
вредност	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
од	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
мерењата	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
				$Z_1 = 40$					
$\bar{x}$	0.08653	0.10455	0.11570	0.11270	0.13380	0.15340	0.17330	0.20885	0.22410
				$Z_2 = 60$					
$\bar{x}$	0.08344	0.09795	0.10735	0.09315	0.10360	0.11385	0.14070	0.16505	0.18505
				$Z_3 = 80$					
$\bar{x}$	0.08142	0.08801	0.09867	0.08914	0.10276	0.10517	0.10086	0.12889	0.14680

Средните вредности од мерењата на рапавоста на резната површина покажуваат тренд на зголемување со зголемување на височината на режење, односно:

При режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,17330mm**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **0,20885mm** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **0,22410mm**.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,14070mm**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **0,16505mm** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **0,18505mm**.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$ за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,10086mm**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **0,12889mm** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **0,14680mm**.

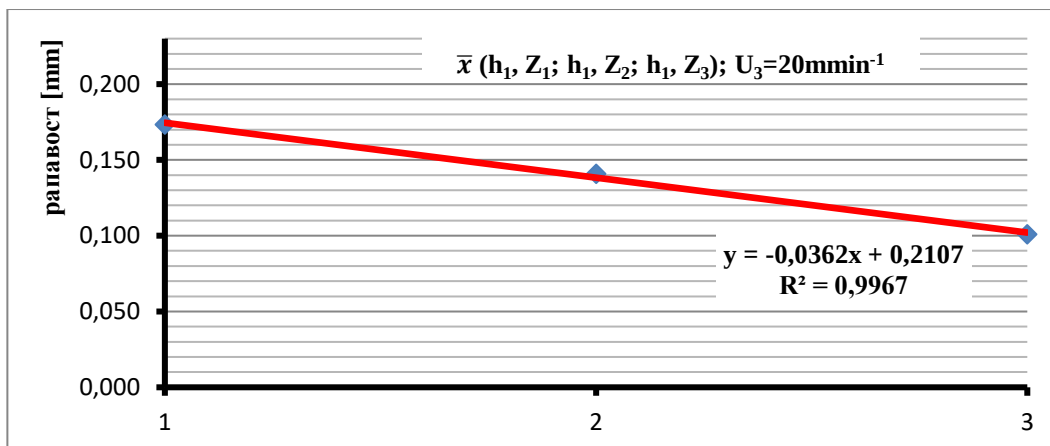
Средните вредности од мерењата на рапавоста на резната површина покажуваат тренд на намалување со зголемување на бројот на заби кај кружната пила, односно:

За височина на режење $h_1=15\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,17330mm**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува односно **0,14070mm** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **0,10086mm**. Зависноста е обратнопропорционална.

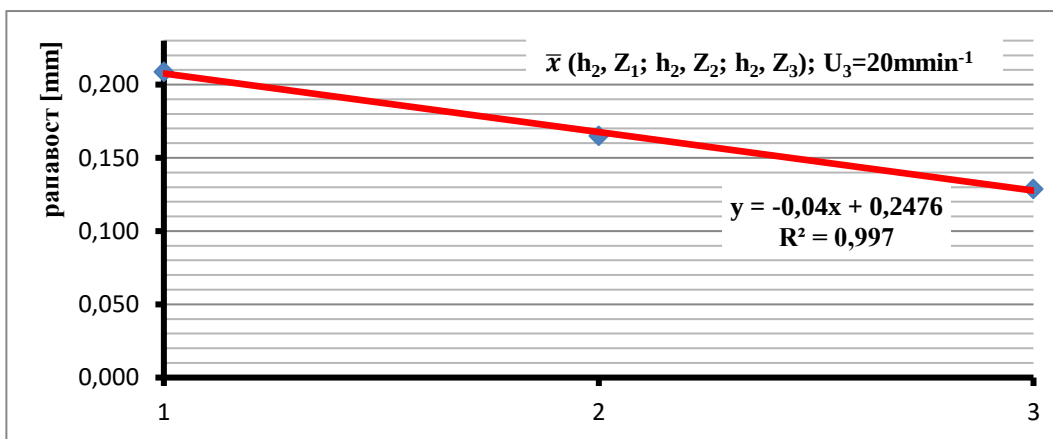
За височина на режење $h_2=30\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,20885mm**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **0,16505mm** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **0,12889mm**. Зависноста е обратнопропорционална.

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на рапавоста на резната површина изнесува **0,22410mm**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **0,18505mm** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **0,14680mm**. Зависноста е обратнопропорционална.

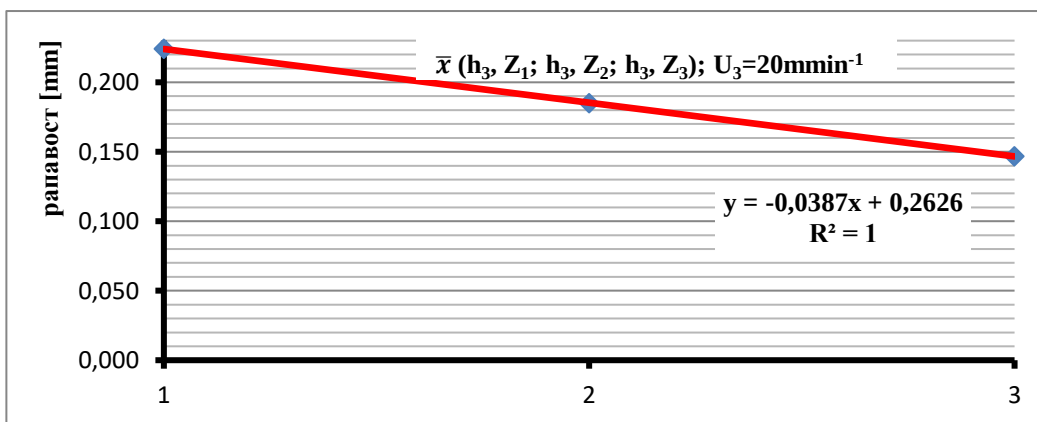
Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Прикажани се правите на регресија на средните вредности кај кружните пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, при константна брзина на поместување $U_1=20\text{mmmin}^{-1}$ и височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$. Од графиконите можеме да констатираме дека квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува **$R^2=0,9967$** , за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **$R^2=0,997$** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **$R^2=1$** .



Графикон 162: Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15\text{mm}$ (ЧАМ)



Графикон 163: Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_2=30\text{mm}$ (ЧАМ)



Графикон 164: Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_3=45\text{mm}$ (ЧАМ)

6.2.7. Анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, брзина на поместување $U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ (ЧАМ)

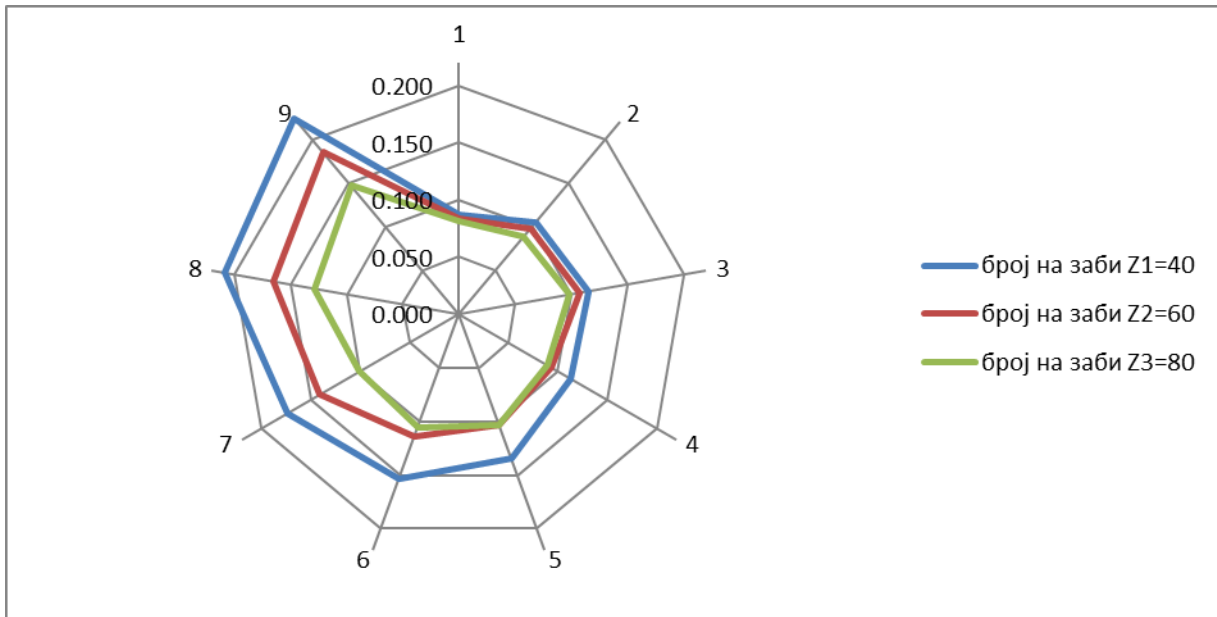
Претходно направените анализи според групи на податоци не даваат целосна слика на сите средни вредности заедно. Генерално, тешко е севкупно да се прикажат во графикон средните вредности според различните помести (U_1 , U_2 и U_3), различните височини на режење (h_1 , h_2 и h_3) и различниот број на заби (Z_1 , Z_2 и Z_3) кај кружните пили (табела 23).

Табела 23. Резултати од регресионата анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z=40$, 60 и 80 , кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ кај различни брзини на поместување U_1 , U_2 и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}$, const)

	средни вредности на рапавоста при U (h_1 , h_2 и h_3) за Z_1 , Z_2 и Z_3									ЧАМ
средна	$U_1 = 12\text{mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{mmmin}^{-1}$			
вредност	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			
од	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	
мерењата	рапавост [mm]			рапавост [mm]			рапавост [mm]			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
				$Z_1 = 40$						
$\bar{x}$	0.08653	0.10455	0.11570	0.11270	0.13380	0.15340	0.17330	0.20885	0.22410	
				$Z_2 = 60$						
$\bar{x}$	0.08344	0.09795	0.10735	0.09315	0.10360	0.11385	0.14070	0.16505	0.18505	
				$Z_3 = 80$						
$\bar{x}$	0.08142	0.08801	0.09867	0.08914	0.10276	0.10517	0.10086	0.12889	0.14680	

Со цел за севкупно согледување на трендот на средните вредности, најдобро се приспособува графиконот т.н. радар.

Во Графиконот 165 прикажани се резултати од анализата на средните вредности од рапавоста на резната површина кај сите три вида на кружни пили (со број на заби $Z=40$, 60 и 80), кај вкупно трите брзини на поместување ($U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$) и за сите три височини на режење ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$).



Графикон 165: Графички (радар) приказ на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$ заби (ЧАМ)

Бројот на заби за $Z_1=40$ е прикажан со сина боја, за $Z_2=60$ со црвена и за $Z_3=80$ со зелена боја.

Секој број од 1 до 9 ги прикажува средните вредности и нивната поврзаност според боја на припадност (Z_1 , Z_2 и Z_3).

Групите од 1 до 3, од 4 до 6 и од 7 до 9, ги прикажуваат соодветно различните брзини на поместување (U_1 , U_2 и U_3).

Од графиконот се забележува следното:

- Со зголемување на брзината на поместување растат средните вредности на рапавоста на резната површина. Зависноста е право пропорционална.
- Со зголемување на височината на режење, исто така растат средните вредности на рапавоста на резната површина. Зависноста е право пропорционална.
- Со зголемување на бројот на заби кај кружните пили се намалуваат средните вредности на рапавоста на резната површина. Зависноста е обратно пропорционална.

6.2.8. Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$

Во Табела 24 прикажани се резултатите од мерењата на јачината на електрична струја (I) на примероците од чам, за сите три височини на режење ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$) кај сите три брзини на поместување ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$).

Средните вредности од мерењата покажуваат тренд на зголемување со зголемување на брзината на поместување.

За височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на мерењата на јачината на електрична струја изнесува $3,638 \pm 0,025\text{A}$ кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,2485\text{A}$ и коефициент на варијација $6,83\%$, односно $3,974 \pm 0,027\text{A}$ кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,2703\text{A}$ и коефициент на варијација $6,80\%$ и $4,051 \pm 0,027\text{A}$ кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,2727\text{A}$ и коефициент на варијација $6,73\%$.

За височина на режење $h_2=30\text{mm}$, средната вредност на мерењата на јачината на електрична струја изнесува $4,577 \pm 0,040\text{A}$ кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,3988\text{A}$ и коефициент на варијација $8,71\%$, односно $5,048 \pm 0,043\text{A}$ кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,4328\text{A}$ и коефициент на варијација $8,57\%$ и $5,099 \pm 0,044\text{A}$ кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,4418\text{A}$ и коефициент на варијација $8,66\%$.

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, средната вредност на мерењата на јачината на електрична струја изнесува $6,376 \pm 0,068\text{A}$ кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,6834\text{A}$ и коефициент на варијација $10,72\%$, односно $6,997 \pm 0,075\text{A}$ кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,7540\text{A}$ и коефициент на варијација $10,78\%$ и $7,826 \pm 0,084\text{A}$ кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,8375\text{A}$ и коефициент на варијација $10,70\%$. Стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат изедначеност на мерните податоци, кај сите мерења.

Грешката на средната вредност, стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат дека сите елементи од групата податоци се многу блиску до средната вредност.

Во графиконите 166,167,168,169,170,171,172,173 и 174 се прикажани мерните податоци од мерењата.

Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Во графиконите 175, 176, 177, 178, 179 и 180 е прикажана правата на регресија на средните вредности од мерните податоци. Во графиконите 175, 176 и 177 квадратната вредност од коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно кај првата брзина на поместување ($U_1=12\text{mmmin}^{-1}$) изнесува $R^2=0,9682$, кај втората брзина на поместување ($U_2=16\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=0,9728$ и кај третата ($U_3=20\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=0,9382$, за сите три височини на режење. Во графиконите 178, 179 и 180 квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува, исто така висока зависност, односно кај височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува $R^2=0,8839$, кај височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува $R^2=0,8233$ и кај височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9932$, за сите три брзини на поместување.

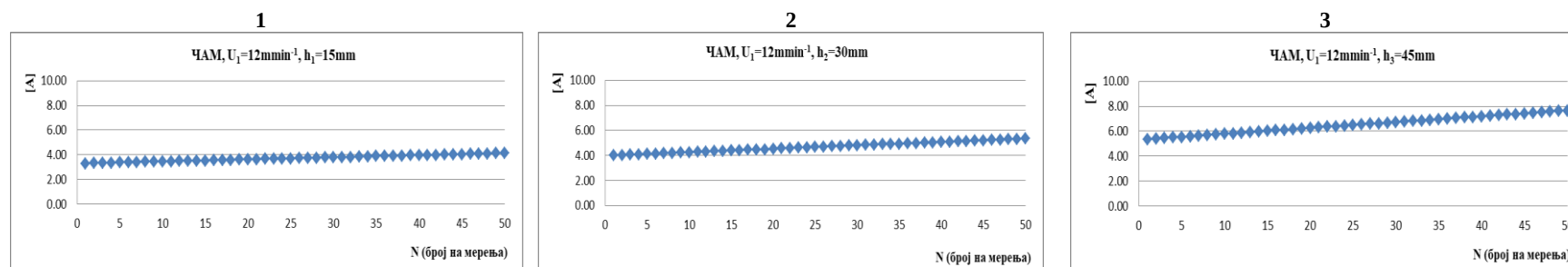
Табела 24а: Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од чам при различни брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$), број на заби $Z_1=40$ и различни височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$), ($D=250\text{mm}$, const)

1	брзина на поместување (U), за број на заби $Z = 40$ и дијаметар $D=250\text{mm}$						ЧАМ		
	$U_1 = 12\text{mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{mmmin}^{-1}$		
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
	јачина на електрична струја [A]			јачина на електрична струја [A]			јачина на електрична струја [A]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3.30	4.01	5.36	3.60	4.43	5.88	3.68	4.46	6.58
2	3.31	4.03	5.40	3.61	4.46	5.93	3.70	4.49	6.64
3	3.33	4.06	5.45	3.64	4.49	5.98	3.72	4.52	6.69
4	3.34	4.08	5.49	3.65	4.52	6.03	3.74	4.55	6.75
5	3.36	4.11	5.54	3.67	4.55	6.08	3.75	4.59	6.80
6	3.38	4.14	5.58	3.69	4.58	6.13	3.78	4.61	6.86
7	3.40	4.17	5.63	3.71	4.61	6.18	3.79	4.64	6.92
8	3.42	4.20	5.68	3.73	4.63	6.23	3.81	4.67	6.98
9	3.44	4.22	5.73	3.75	4.66	6.28	3.83	4.69	7.04
10	3.45	4.25	5.78	3.76	4.69	6.33	3.85	4.73	7.10
11	3.47	4.28	5.82	3.79	4.72	6.37	3.87	4.76	7.15
12	3.48	4.30	5.87	3.80	4.74	6.43	3.88	4.79	7.21
13	3.50	4.32	5.91	3.82	4.77	6.48	3.90	4.82	7.27
14	3.51	4.35	5.96	3.84	4.80	6.54	3.92	4.85	7.32
15	3.52	4.38	6.01	3.86	4.83	6.59	3.93	4.88	7.38
16	3.54	4.40	6.06	3.88	4.86	6.64	3.95	4.91	7.44
17	3.56	4.43	6.11	3.89	4.89	6.69	3.97	4.94	7.49
18	3.58	4.45	6.15	3.92	4.93	6.74	3.98	4.97	7.55
19	3.60	4.48	6.20	3.93	4.95	6.79	4.01	5.00	7.60
20	3.61	4.51	6.25	3.96	4.98	6.85	4.02	5.04	7.66
21	3.64	4.55	6.30	3.98	5.01	6.90	4.04	5.07	7.72
22	3.65	4.57	6.35	4.00	5.05	6.96	4.06	5.10	7.78
23	3.66	4.60	6.39	4.01	5.08	7.02	4.07	5.13	7.84
24	3.68	4.63	6.44	4.03	5.10	7.07	4.10	5.15	7.91
25	3.70	4.66	6.48	4.04	5.14	7.13	4.12	5.19	7.96
26	3.72	4.68	6.53	4.06	5.17	7.17	4.14	5.21	8.02
27	3.73	4.71	6.58	4.09	5.19	7.22	4.16	5.25	8.08
28	3.76	4.73	6.62	4.10	5.22	7.27	4.18	5.28	8.13
29	3.78	4.77	6.66	4.12	5.25	7.32	4.19	5.31	8.18
30	3.79	4.79	6.71	4.14	5.27	7.38	4.21	5.34	8.24
31	3.80	4.82	6.76	4.16	5.31	7.43	4.23	5.37	8.29
32	3.81	4.86	6.80	4.18	5.33	7.48	4.24	5.40	8.35
33	3.83	4.88	6.86	4.20	5.36	7.53	4.27	5.43	8.41
34	3.85	4.90	6.90	4.22	5.38	7.58	4.29	5.47	8.47
35	3.88	4.93	6.95	4.24	5.42	7.63	4.30	5.49	8.53
36	3.90	4.95	7.01	4.25	5.45	7.68	4.32	5.52	8.59
37	3.91	4.98	7.05	4.27	5.48	7.73	4.34	5.55	8.64
38	3.93	5.00	7.09	4.29	5.51	7.78	4.36	5.58	8.70
39	3.94	5.03	7.14	4.30	5.55	7.83	4.38	5.61	8.76
40	3.96	5.06	7.18	4.32	5.58	7.89	4.41	5.64	8.81

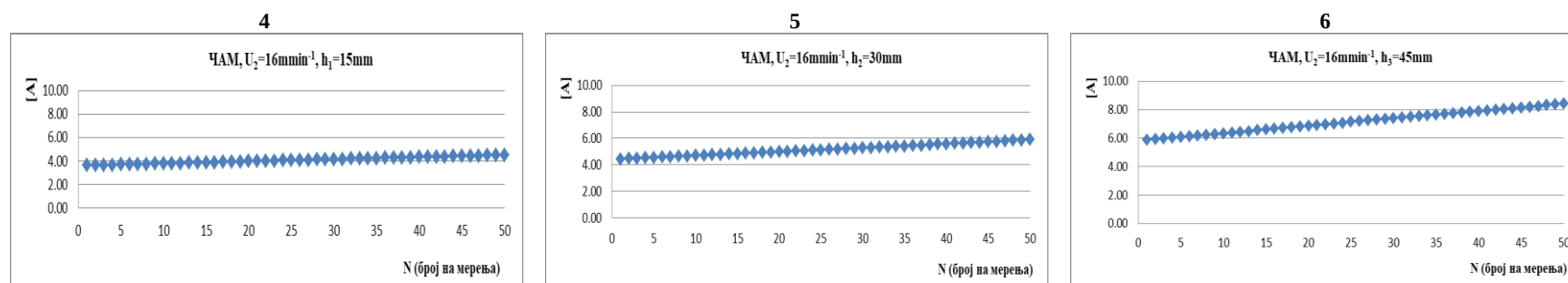
Табела 24b: Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од чам при различни брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$), број на заби $Z_1=40$ и различни височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$), ($D=250\text{mm}$, const)-*продолжение*

1	брзина на поместување (U), за број на заби $Z=40$ и дијаметар $D=250\text{mm}$						ЧАМ		
	$U_1 = 12\text{mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{mmmin}^{-1}$		
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
	јачина на електрична струја [A]			јачина на електрична струја [A]			јачина на електрична струја [A]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
41	3.97	5.09	7.23	4.34	5.61	7.94	4.43	5.67	8.87
42	3.99	5.12	7.27	4.36	5.64	7.99	4.44	5.71	8.93
43	4.01	5.15	7.32	4.37	5.67	8.04	4.46	5.74	8.98
44	4.03	5.18	7.37	4.40	5.71	8.09	4.49	5.76	9.04
45	4.04	5.21	7.41	4.41	5.73	8.14	4.50	5.79	9.10
46	4.07	5.24	7.46	4.43	5.76	8.20	4.53	5.82	9.16
47	4.08	5.26	7.51	4.45	5.80	8.25	4.54	5.85	9.22
48	4.09	5.29	7.55	4.47	5.83	8.30	4.56	5.88	9.28
49	4.11	5.32	7.61	4.49	5.87	8.35	4.59	5.91	9.34
50	4.13	5.35	7.65	4.50	5.90	8.40	4.60	5.95	9.40
$\bar{x}$	3.638	4.577	6.376	3.974	5.048	6.997	4.051	5.099	7.826
f_x	0.025	0.040	0.068	0.027	0.043	0.075	0.027	0.044	0.084
σ	0.2485	0.3988	0.6834	0.2703	0.4328	0.7540	0.2727	0.4418	0.8375
KV	6.83	8.71	10.72	6.80	8.57	10.78	6.73	8.66	10.70
min	3.300	4.010	5.360	3.600	4.430	5.880	3.680	4.460	6.580
max	4.130	5.346	7.653	4.504	5.897	8.401	4.602	5.946	9.403
t-	t-тест за	колони 1-2	1.555E-41	t-тест за	колони 4-5	1.146E-42	t-тест за	колони 7-8	2.417E-41
тест	t-тест за	колони 1-3	1.063E-41	t-тест за	колони 4-6	2.67E-42	t-тест за	колони 7-9	4.506E-41
	t-тест за	колони 2-3	8.982E-42	t-тест за	колони 5-6	6.673E-42	t-тест за	колони 8-9	8.766E-41
t-	t-тест за	колони 1-4	1.121E-59	t-тест за	колони 2-5	9.258E-58	t-тест за	колони 3-6	1.225E-48
тест	t-тест за	колони 1-7	3.961E-59	t-тест за	колони 2-8	2.892E-55	t-тест за	колони 3-9	4.048E-50
	t-тест за	колони 4-7	1.437E-58	t-тест за	колони 5-8	4.174E-31	t-тест за	колони 6-9	3.703E-51

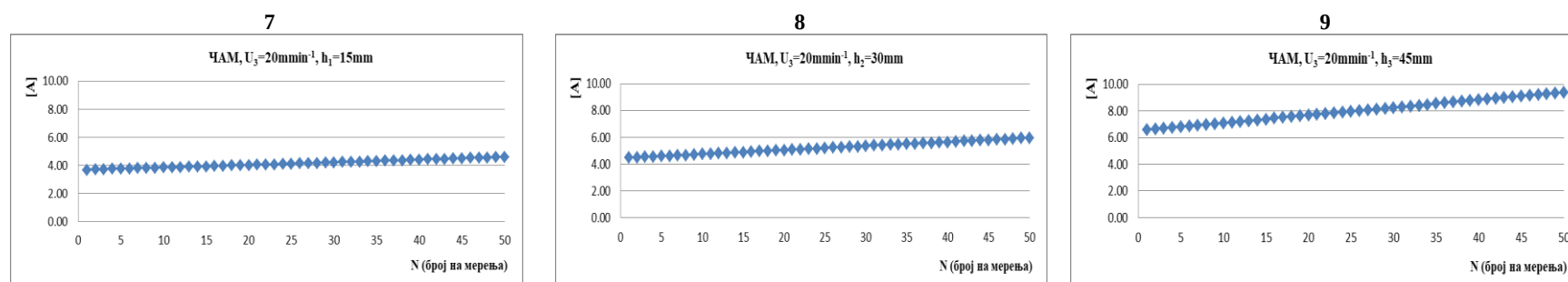
Од прикажаните резултати (Табела 24, графиконите од 166 до 180) можеме да констатираме дека со зголемување на брзината на поместување правопрпорционално се зголемува јачината на електрична струја (I). Зависноста е математички искажана со правите на регресија и коефициентите на корелација.



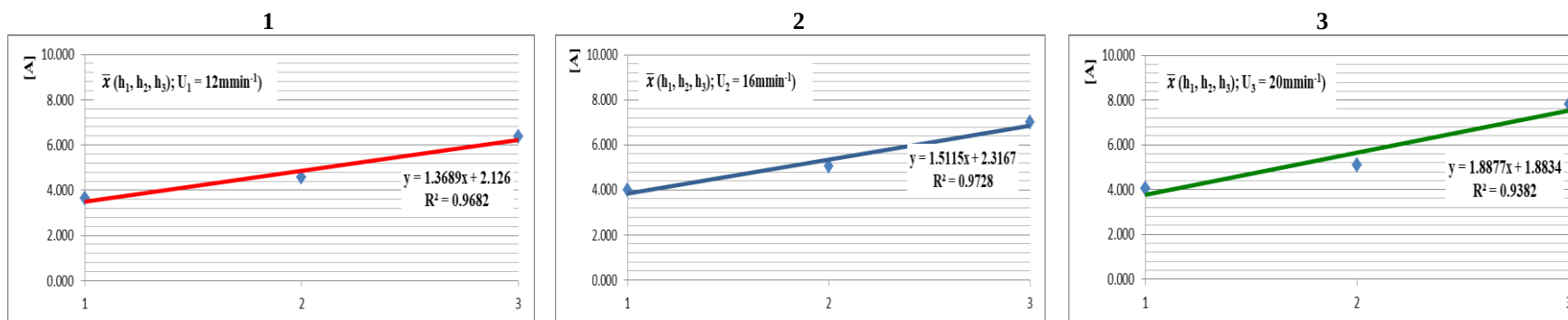
Графикон 166, 167, 168. Јачина на електричната струја на примероците од ЧАМ при брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 1) $h_1=15\text{mm}$, 2) $h_2=30\text{mm}$ и 3) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_1=40$)



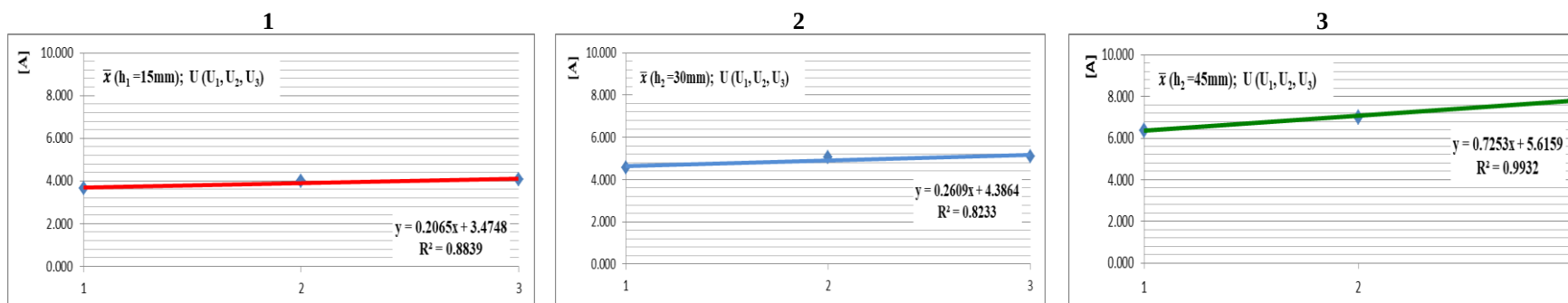
Графикон 169, 170, 171. Јачина на електричната струја на примероците од ЧАМ при брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 4) $h_1=15\text{mm}$, 5) $h_2=30\text{mm}$ и 6) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_1=40$)



Графикон 172, 173, 174. Јачина на електричната струја на примероците од ЧАМ при брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 7) $h_1=15\text{mm}$, 8) $h_2=30\text{mm}$ и 9) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_1=40$)



Графикон 175, 176 и 177: Регресиона анализа на средните вредности на јачината на електрична струја кај ЧАМ при различните височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$) и брзина на поместување: 1) $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, 2) $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и 3) $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ (број на заби $Z_1=40$)



Графикон 178, 179 и 180: Регресиона анализа на средните вредности на јачината на електрична струја кај ЧАМ при различните брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$) и височина на режење: 1) $h_1=15\text{mm}$, 2) $h_2=30\text{mm}$ и 3) $h_3=45\text{mm}$ - ЧАМ (број на заби $Z_1=40$)

6.2.9. Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$

Во Табела 25 прикажани се резултатите од мерењата на јачината на електрична струја (I) на примероците од чам, за сите три височини на режење ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$) кај сите три брзини на поместување ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$).

Средните вредности од мерењата покажуваат тренд на зголемување со зголемување на брзината на поместување.

За височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на мерењата на јачината на електрична струја изнесува **$4,138 \pm 0,028\text{A}$** кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,2809\text{A}$** и коефициент на варијација **$6,79\%$** , односно **$4,170 \pm 0,029\text{A}$** кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,2879\text{A}$** и коефициент на варијација **$6,90\%$** и **$4,253 \pm 0,029\text{A}$** кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,2872\text{A}$** и коефициент на варијација **$6,75\%$** .

За височина на режење $h_2=30\text{mm}$, средната вредност на мерењата на јачината на електрична струја изнесува **$5,484 \pm 0,048\text{A}$** кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,4815\text{A}$** и коефициент на варијација **$8,78\%$** , односно **$6,080 \pm 0,052\text{A}$** кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,5249\text{A}$** и коефициент на варијација **$8,63\%$** и **$7,106 \pm 0,061\text{A}$** кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,6124\text{A}$** и коефициент на варијација **$8,62\%$** .

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, средната вредност на мерењата на јачината на електрична струја изнесува **$7,746 \pm 0,083\text{A}$** кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,8300\text{A}$** и коефициент на варијација **$10,72\%$** , односно **$8,915 \pm 0,095\text{A}$** кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$0,9542\text{A}$** и коефициент на варијација **$10,70\%$** и **$10,822 \pm 0,115\text{A}$** кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација **$1,1543\text{A}$** и коефициент на варијација **$10,67\%$** . Стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат изедначеност на мерните податоци, кај сите мерења.

Грешката на средната вредност, стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат дека сите елементи од групата податоци се многу блиску до средната вредност.

Во графиконите **181,182,183,184,185,186,187,188** и **189** се прикажани мерните податоци од мерењата.

Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Во графиконите **190, 191, 192, 193, 194** и **195** е прикажана правата на регресија на средните вредности од мерните податоци. Во графиконите **190, 191** и **192** квадратната вредност од коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно кај првата брзина на поместување ($U_1=12\text{mmmin}^{-1}$) изнесува $R^2=0,979$, кај втората брзина на поместување ($U_2=16\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=0,9875$ и кај третата ($U_3=20\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=0,9943$, за сите три височини на режење. Во графиконите **193, 194** и **195** квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува, исто така висока зависност, односно кај височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9388$, кај височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува $R^2=0,977$ и кај височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9812$, за сите три брзини на поместување.

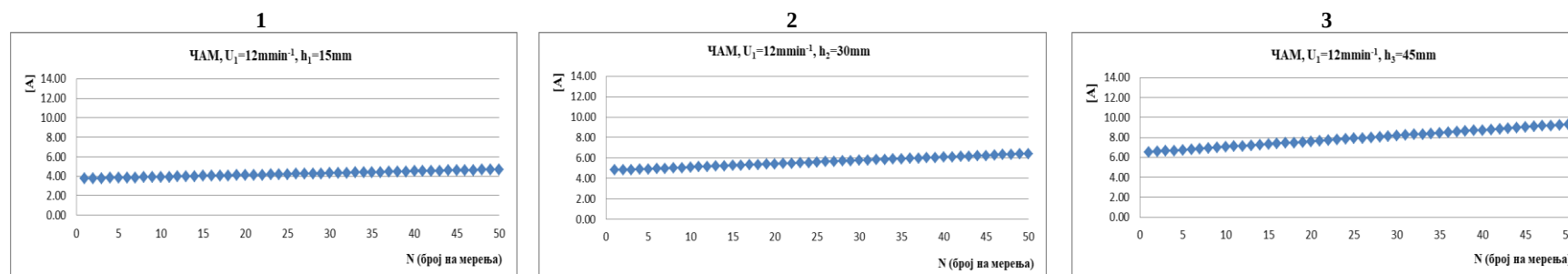
Табела 25а: Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од чам при различни брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$), број на заби $Z_2=60$ и различни височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$), ($D=250\text{mm}$, const)

1	брзина на поместување (U), за број на заби $Z = 60$ и дијаметар $D=250\text{mm}$						ЧАМ		
	$U_1 = 12\text{ mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{ mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{ mmmin}^{-1}$		
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
	проток на електрична струја [A]			проток на електрична струја [A]			проток на електрична струја [A]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3.76	4.80	6.51	3.79	5.33	7.49	3.86	6.23	9.10
2	3.78	4.83	6.56	3.80	5.36	7.56	3.88	6.28	9.18
3	3.79	4.85	6.62	3.82	5.39	7.62	3.90	6.32	9.26
4	3.81	4.88	6.67	3.83	5.44	7.69	3.92	6.36	9.34
5	3.83	4.91	6.74	3.85	5.48	7.75	3.93	6.40	9.41
6	3.85	4.95	6.79	3.87	5.51	7.81	3.96	6.44	9.49
7	3.86	4.98	6.85	3.89	5.54	7.87	3.97	6.48	9.58
8	3.88	5.01	6.91	3.91	5.57	7.93	3.99	6.52	9.65
9	3.90	5.04	6.96	3.92	5.61	8.00	4.01	6.56	9.73
10	3.92	5.08	7.02	3.94	5.64	8.07	4.03	6.60	9.81
11	3.94	5.11	7.08	3.96	5.68	8.14	4.05	6.64	9.89
12	3.96	5.15	7.13	3.98	5.71	8.20	4.07	6.68	9.97
13	3.99	5.18	7.19	4.00	5.75	8.27	4.09	6.73	10.06
14	4.01	5.21	7.24	4.03	5.78	8.34	4.11	6.77	10.13
15	4.02	5.24	7.30	4.05	5.81	8.41	4.13	6.81	10.21
16	4.04	5.27	7.35	4.08	5.85	8.48	4.15	6.84	10.28
17	4.05	5.31	7.41	4.09	5.89	8.54	4.17	6.89	10.37
18	4.07	5.34	7.46	4.11	5.93	8.61	4.19	6.93	10.44
19	4.09	5.37	7.53	4.13	5.96	8.67	4.21	6.97	10.53
20	4.11	5.41	7.59	4.15	6.00	8.74	4.23	7.01	10.60
21	4.12	5.45	7.64	4.16	6.04	8.80	4.25	7.05	10.68
22	4.15	5.48	7.70	4.18	6.08	8.86	4.27	7.09	10.75
23	4.16	5.51	7.76	4.20	6.12	8.93	4.28	7.12	10.84
24	4.19	5.54	7.81	4.22	6.15	9.00	4.30	7.17	10.92
25	4.21	5.58	7.87	4.24	6.19	9.07	4.33	7.21	11.00
26	4.23	5.62	7.93	4.26	6.22	9.13	4.35	7.25	11.08
27	4.25	5.66	7.99	4.28	6.26	9.20	4.37	7.30	11.16
28	4.27	5.68	8.04	4.30	6.29	9.27	4.39	7.34	11.24
29	4.29	5.72	8.10	4.32	6.33	9.32	4.40	7.38	11.31
30	4.30	5.75	8.16	4.34	6.36	9.39	4.43	7.43	11.40
31	4.33	5.78	8.22	4.36	6.39	9.46	4.44	7.48	11.48
32	4.34	5.82	8.27	4.37	6.43	9.53	4.46	7.52	11.56
33	4.36	5.84	8.33	4.40	6.46	9.60	4.48	7.56	11.63
34	4.38	5.88	8.39	4.41	6.49	9.65	4.50	7.61	11.70
35	4.40	5.91	8.44	4.44	6.53	9.72	4.52	7.65	11.78
36	4.42	5.95	8.50	4.46	6.57	9.79	4.54	7.69	11.86
37	4.45	5.98	8.55	4.49	6.61	9.85	4.56	7.73	11.94
38	4.46	6.01	8.61	4.50	6.65	9.91	4.59	7.77	12.03
39	4.49	6.04	8.67	4.53	6.69	9.97	4.61	7.82	12.10
40	4.50	6.08	8.72	4.54	6.72	10.04	4.63	7.86	12.18

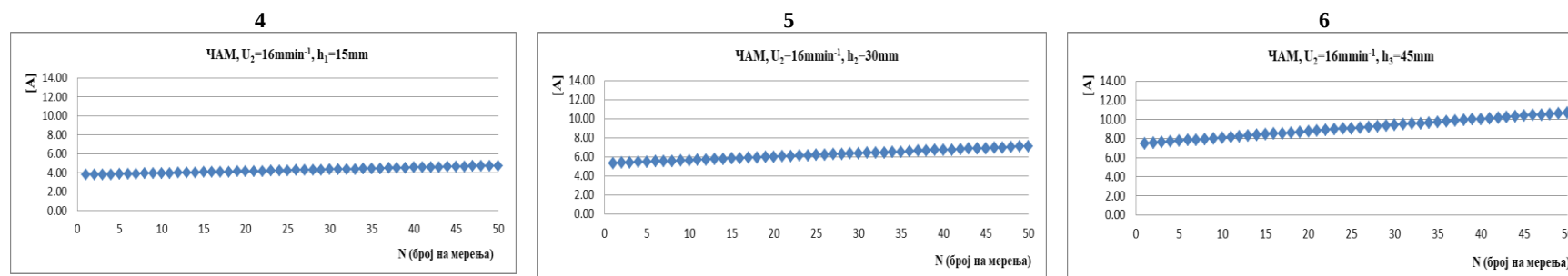
Табела 25b: Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од чам при различни брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$), број на заби $Z_2=60$ и различни височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$), ($D=250\text{mm}$, const)-продолжение

1	брзина на поместување (U), за број на заби $Z = 60$ и дијаметар $D=250\text{mm}$									ЧАМ
	$U_1 = 12\text{ mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{ mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{ mmmin}^{-1}$			
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	
	проток на електрична струја [A]			проток на електрична струја [A]			проток на електрична струја [A]			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
41	4.53	6.10	8.78	4.57	6.76	10.10	4.65	7.91	12.26	
42	4.54	6.13	8.84	4.58	6.80	10.16	4.66	7.94	12.34	
43	4.57	6.16	8.90	4.61	6.83	10.23	4.68	7.99	12.42	
44	4.58	6.20	8.95	4.62	6.87	10.30	4.70	8.03	12.50	
45	4.60	6.23	9.01	4.64	6.91	10.37	4.72	8.08	12.58	
46	4.62	6.27	9.07	4.66	6.95	10.43	4.74	8.12	12.66	
47	4.64	6.30	9.13	4.68	6.98	10.49	4.77	8.16	12.74	
48	4.66	6.34	9.18	4.70	7.02	10.56	4.78	8.20	12.83	
49	4.68	6.37	9.24	4.72	7.06	10.63	4.81	8.25	12.91	
50	4.70	6.40	9.30	4.74	7.10	10.70	4.82	8.30	13.00	
$\bar{x}$	4.138	5.484	7.746	4.170	6.080	8.915	4.253	7.106	10.822	
$\bar{f}_x$	0.028	0.048	0.083	0.029	0.052	0.095	0.029	0.061	0.115	
σ	0.2809	0.4815	0.8300	0.2879	0.5249	0.9542	0.2872	0.6124	1.1543	
KV	6.79	8.78	10.72	6.90	8.63	10.70	6.75	8.62	10.67	
min	3.760	4.800	6.510	3.790	5.330	7.490	3.860	6.230	9.100	
max	4.697	6.401	9.296	4.740	7.103	10.699	4.824	8.295	12.995	
t-	t-тест за колони 1-2			t-тест за колони 4-5			t-тест за колони 7-8			1.2087E-48
тест	t-тест за колони 1-3			t-тест за колони 4-6			t-тест за колони 7-9			3.6778E-48
	t-тест за колони 2-3			t-тест за колони 5-6			t-тест за колони 8-9			1.159E-47
t-	t-тест за колони 1-4			t-тест за колони 2-5			t-тест за колони 3-6			4.389E-50
тест	t-тест за колони 1-7			t-тест за колони 2-8			t-тест за колони 3-9			2.7197E-50
	t-тест за колони 4-7			t-тест за колони 5-8			t-тест за колони 6-9			2.2136E-50

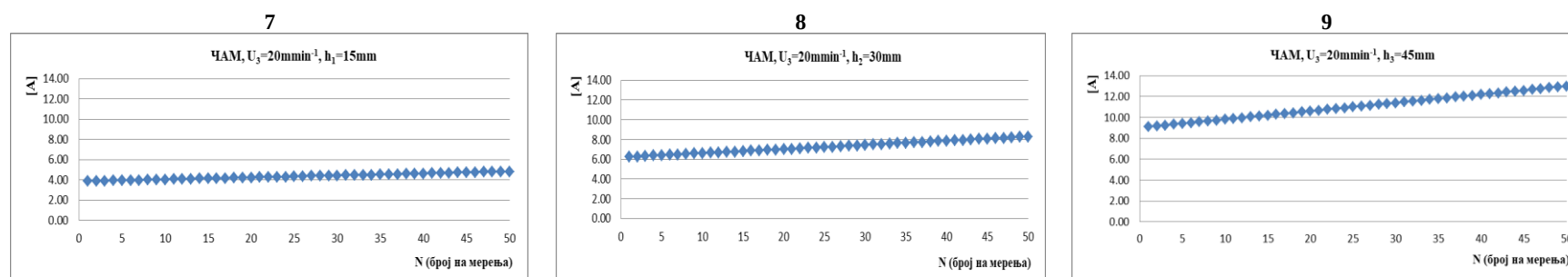
Од прикажаните резултати (Табела 25, графиконите од 181 до 195) можеме да констатираме дека со зголемување на брзината на поместување правопрпорционално се зголемува јачината на електрична струја. Зависноста е математички искажана со правите на регресија и коефициентите на корелација.



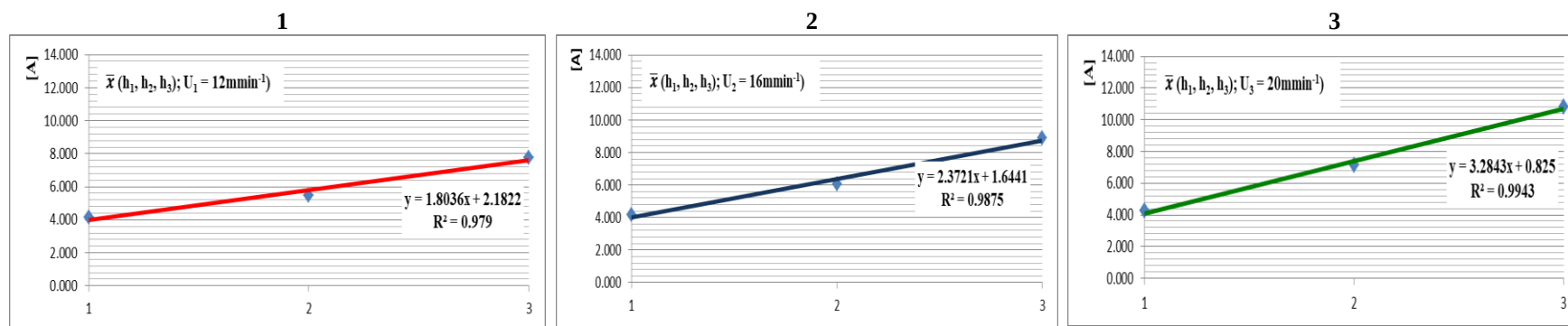
Графикон 181, 182, 183. Јачина на електричната струја на примероците од ЧАМ при брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 1) $h_1=15\text{mm}$, 2) $h_2=30\text{mm}$ и 3) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_2=60$)



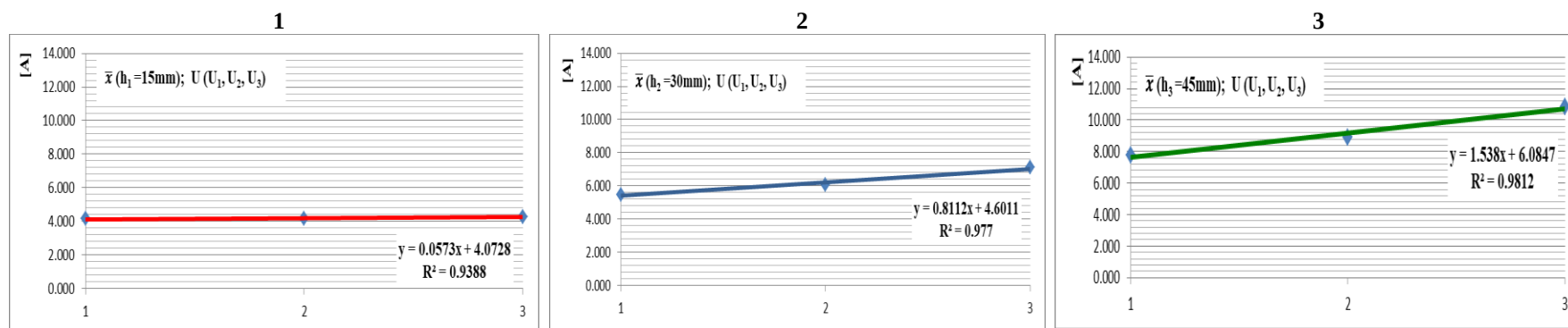
Графикон 184, 185, 186. Јачина на електричната струја на примероците од ЧАМ при брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 4) $h_1=15\text{mm}$, 5) $h_2=30\text{mm}$ и 6) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_2=60$)



Графикон 187, 188, 189. Јачина на електричната струја на примероците од ЧАМ при брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 7) $h_1=15\text{mm}$, 8) $h_2=30\text{mm}$ и 9) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_2=60$)



Графикон 190, 191 и 192: Регресиона анализа на средните вредности на јачината на електрична струја кај ЧАМ при различните височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45$ mm) и брзина на поместување: 1) $U_1=12 \text{ mm min}^{-1}$, 2) $U_2=16 \text{ mm min}^{-1}$ и 3) $U_3=20 \text{ mm min}^{-1}$ (број на заби $Z_2=60$)



Графикон 193, 194 и 195: Регресиона анализа на средните вредности на јачината на електрична струја кај ЧАМ при различните брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20 \text{ mm min}^{-1}$) и височина на режење: 1) $h_1=15$ mm, 2) $h_2=30$ mm и 3) $h_3=45$ mm - ЧАМ (број на заби $Z_2=60$)

6.2.10. Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$

Во Табела 26 прикажани се резултатите од мерењата на јачината на електрична струја (I) на примероците од чам, за сите три височини на режење ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$) кај сите три брзини на поместување ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$).

Средните вредности од мерењата покажуваат тренд на зголемување со зголемување на брзината на поместување.

За височина на режење $h_1=15\text{mm}$, средната вредност на мерењата на јачината на електрична струја изнесува $4,135\pm 0,028\text{A}$ кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,2802\text{A}$ и коефициент на варијација $6,78\%$, односно $4,314\pm 0,030\text{A}$ кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,2978\text{A}$ и коефициент на варијација $6,90\%$ и $4,585\pm 0,031\text{A}$ кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,3106\text{A}$ и коефициент на варијација $6,77\%$.

За височина на режење $h_2=30\text{mm}$, средната вредност на мерењата на јачината на електрична струја изнесува $6,263\pm 0,055\text{A}$ кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,5489\text{A}$ и коефициент на варијација $8,76\%$, односно $6,388\pm 0,063\text{A}$ кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,6330\text{A}$ и коефициент на варијација $9,91\%$ и $7,192\pm 0,062\text{A}$ кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,6227\text{A}$ и коефициент на варијација $8,66\%$.

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, средната вредност на мерењата на јачината на електрична струја изнесува $8,817\pm 0,095\text{A}$ кај првата брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $0,9478\text{A}$ и коефициент на варијација $10,75\%$, односно $9,998\pm 0,108\text{A}$ кај втората брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $1,0756\text{A}$ и коефициент на варијација $10,76\%$ и $11,657\pm 0,125\text{A}$ кај третата брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, со стандардна девијација $1,2504\text{A}$ и коефициент на варијација $10,73\%$. Стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат изедначеност на мерните податоци, кај сите мерења.

Грешката на средната вредност, стандардната девијација и коефициентот на варијација покажуваат дека сите елементи од групата податоци се многу блиску до средната вредност.

Во графиконите 196,197,198,199,200,201,202,203 и 204 се прикажани мерните податоци од мерењата.

Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Во графиконите 205, 206, 207, 208, 209 и 210 е прикажана правата на регресија на средните вредности од мерните податоци. Во графиконите 205, 206 и 207 квадратната вредност од коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно кај првата брзина на поместување ($U_1=12\text{mmmin}^{-1}$) изнесува $R^2=0,9973$, кај втората брзина на поместување ($U_2=16\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=0,9763$ и кај третата ($U_3=20\text{mmmin}^{-1}$) $R^2=0,9775$, за сите три височини на режење. Во графиконите 208, 209 и 210 квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува, исто така висока зависност, односно кај височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува $R^2=0,986$, кај височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува $R^2=0,8488$ и кај височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува $R^2=0,9906$, за сите три брзини на поместување.

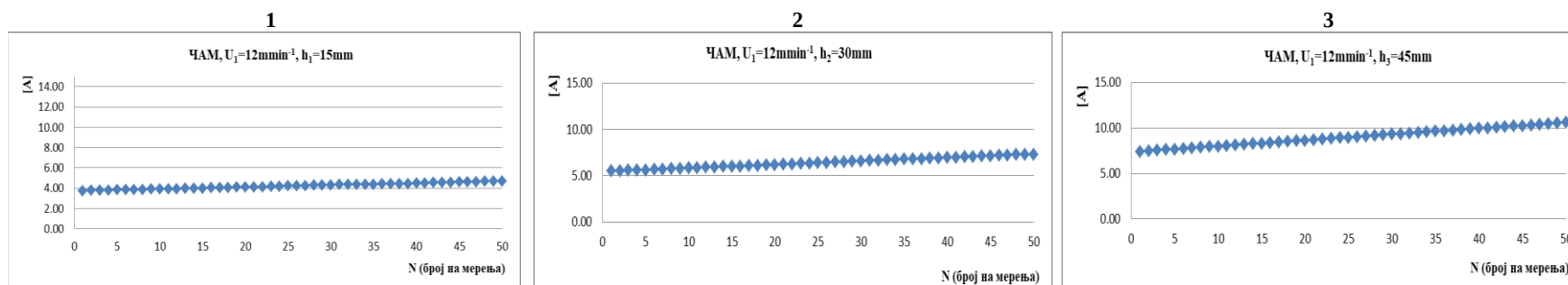
Табела 26а: Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (потрошувачка на енергија) на примероците од чам при различни брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$), број на заби $Z_3=80$ и различни височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$), ($D=250\text{mm}$, const)

1	брзина на поместување (U), за број на заби $Z = 80$ и дијаметар $D=250\text{mm}$						ЧАМ		
	$U_1 = 12\text{mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16\text{mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20\text{mmmin}^{-1}$		
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]		
	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$
	проток на електрична струја [A]			проток на електрична струја [A]			проток на електрична струја [A]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3.76	5.48	7.42	3.92	5.63	8.40	4.16	6.30	9.80
2	3.78	5.51	7.48	3.94	5.67	8.48	4.18	6.34	9.89
3	3.80	5.55	7.54	3.95	5.70	8.54	4.20	6.38	9.97
4	3.81	5.59	7.60	3.97	5.74	8.62	4.22	6.42	10.05
5	3.83	5.62	7.67	3.99	5.78	8.69	4.24	6.46	10.13
6	3.85	5.66	7.73	4.00	5.81	8.76	4.26	6.50	10.21
7	3.86	5.69	7.79	4.02	5.84	8.83	4.29	6.54	10.30
8	3.88	5.73	7.85	4.04	5.88	8.91	4.30	6.58	10.39
9	3.90	5.77	7.92	4.05	5.92	8.98	4.32	6.63	10.47
10	3.92	5.80	7.99	4.08	5.95	9.05	4.34	6.67	10.56
11	3.94	5.84	8.05	4.09	5.99	9.12	4.37	6.71	10.64
12	3.95	5.87	8.11	4.11	6.03	9.19	4.39	6.75	10.72
13	3.98	5.91	8.18	4.13	6.07	9.27	4.41	6.80	10.81
14	3.99	5.95	8.24	4.16	6.11	9.34	4.43	6.84	10.90
15	4.01	5.99	8.31	4.18	6.15	9.41	4.46	6.89	10.99
16	4.02	6.02	8.37	4.21	6.19	9.49	4.47	6.93	11.07
17	4.05	6.06	8.43	4.23	6.22	9.57	4.50	6.97	11.16
18	4.07	6.10	8.50	4.25	6.26	9.64	4.51	7.02	11.24
19	4.09	6.13	8.56	4.26	6.31	9.71	4.54	7.06	11.33
20	4.11	6.17	8.63	4.28	6.35	9.79	4.56	7.10	11.42
21	4.13	6.20	8.69	4.31	6.38	9.86	4.58	7.15	11.51
22	4.14	6.25	8.75	4.32	6.43	9.94	4.60	7.19	11.59
23	4.17	6.29	8.82	4.35	6.46	10.02	4.63	7.24	11.68
24	4.19	6.33	8.89	4.37	6.51	10.09	4.64	7.28	11.78
25	4.21	6.36	8.95	4.39	6.55	10.16	4.66	7.32	11.85
26	4.23	6.41	9.02	4.41	6.58	10.24	4.68	7.36	11.94
27	4.25	6.44	9.08	4.43	6.62	10.31	4.70	7.40	12.03
28	4.27	6.48	9.15	4.45	6.66	10.39	4.72	7.45	12.11
29	4.30	6.53	9.22	4.47	6.69	10.46	4.74	7.49	12.19
30	4.31	6.57	9.29	4.50	6.72	10.53	4.77	7.53	12.27
31	4.34	6.61	9.36	4.52	6.77	10.60	4.80	7.57	12.36
32	4.35	6.64	9.43	4.54	6.81	10.68	4.82	7.62	12.45
33	4.36	6.69	9.50	4.57	6.84	10.75	4.84	7.65	12.53
34	4.38	6.72	9.56	4.58	6.88	10.83	4.86	7.70	12.61
35	4.40	6.76	9.62	4.60	6.91	10.90	4.88	7.73	12.70
36	4.41	6.79	9.69	4.63	6.96	10.97	4.90	7.77	12.79
37	4.43	6.83	9.75	4.64	6.99	11.04	4.92	7.82	12.88
38	4.45	6.87	9.81	4.66	7.03	11.12	4.95	7.86	12.96
39	4.46	6.91	9.88	4.68	7.07	11.19	4.97	7.90	13.05
40	4.49	6.94	9.94	4.70	7.11	11.27	4.99	7.94	13.14

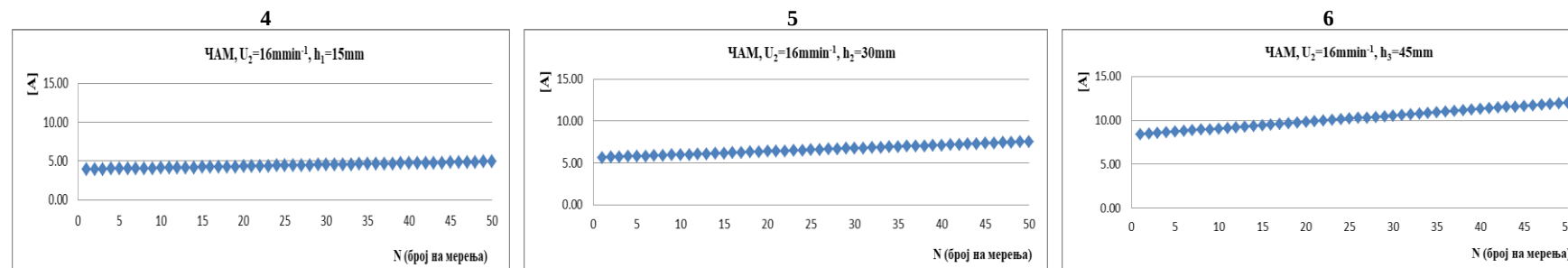
Табела 26b: Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (потрошувачка на енергија) на примероците од ЧАМ при различни брзини на поместување U ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$), број на заби $Z_3=80$ и различни височини на режење h ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$), ($D=250\text{mm}$, const)-*продолжение*

1	брзина на поместување (U), за број на заби Z= 80 и дијаметар D=250mm								ЧАМ			
	U ₁ = 12 mmmin ⁻¹			U ₂ = 16 mmmin ⁻¹			U ₃ = 20 mmmin ⁻¹					
	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]					
	h ₁ =15	h ₂ =30	h ₃ =45	h ₁ =15	h ₂ =30	h ₃ =45	h ₁ =15	h ₂ =30	h ₃ =45			
	проток на електрична струја [A]			проток на електрична струја [A]			проток на електрична струја [A]					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
41	4.51	6.97	10.00	4.71	7.15	11.34	5.01	7.99	13.22			
42	4.53	7.00	10.07	4.73	7.19	11.42	5.04	8.03	13.30			
43	4.55	7.04	10.13	4.76	7.22	11.50	5.05	8.08	13.39			
44	4.58	7.09	10.19	4.77	7.26	11.57	5.07	8.13	13.48			
45	4.60	7.12	10.25	4.80	7.31	11.64	5.10	8.17	13.56			
46	4.62	7.16	10.32	4.82	7.35	11.72	5.11	8.22	13.65			
47	4.63	7.20	10.39	4.83	7.39	11.79	5.13	8.26	13.73			
48	4.66	7.24	10.46	4.85	7.43	11.86	5.16	8.31	13.82			
49	4.68	7.27	10.53	4.88	7.47	11.92	5.18	8.35	13.91			
50	4.70	7.30	10.60	4.90	7.50	12.00	5.20	8.40	14.00			
$\bar{x}$	4.135	6.263	8.817	4.314	6.388	9.998	4.585	7.192	11.657			
$\bar{f}_x$	0.028	0.055	0.095	0.030	0.063	0.108	0.031	0.062	0.125			
σ	0.2802	0.5489	0.9478	0.2978	0.6330	1.0756	0.3106	0.6227	1.2504			
KV	6.78	8.76	10.75	6.90	9.91	10.76	6.77	8.66	10.73			
min	3.760	5.480	7.420	3.920	5.630	8.400	4.160	6.300	9.800			
max	4.703	7.304	10.596	4.901	7.504	11.997	5.199	8.397	13.996			
t-	t-тест за колони 1-2	1.74012E-46	t-тест за колони 4-5	6.54362E-47	t-тест за колони 7-8	1.30959E-47	t-тест за колони 1-3	5.96745E-44	t-тест за колони 4-6	1.67346E-46	t-тест за колони 7-9	3.76728E-47
гест	t-тест за колони 2-3	4.74187E-42	t-тест за колони 5-6	4.55698E-46	t-тест за колони 8-9	1.07561E-46	t-тест за колони 1-4	2.25231E-49	t-тест за колони 2-5	1.91816E-54	t-тест за колони 3-6	1.10917E-49
t-	t-тест за колони 1-7	1.63673E-48	t-тест за колони 2-8	4.92419E-56	t-тест за колони 3-9	4.70061E-50	t-тест за колони 1-7	1.63673E-48	t-тест за колони 2-8	4.92419E-56	t-тест за колони 3-9	4.70061E-50
гест	t-тест за колони 4-7	1.15755E-47	t-тест за колони 5-8	2.69462E-55	t-тест за колони 6-9	2.71472E-50	t-тест за колони 4-7	1.15755E-47	t-тест за колони 5-8	2.69462E-55	t-тест за колони 6-9	2.71472E-50

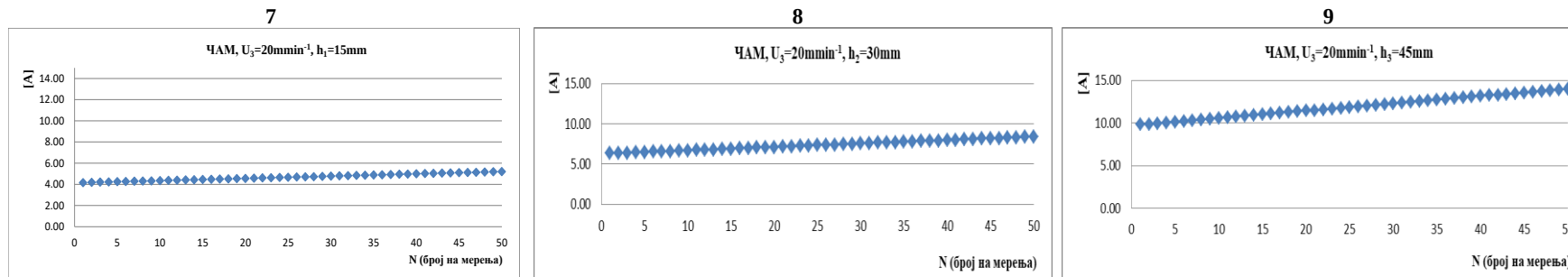
Од прикажаните резултати (Табела 26, графиконите од 196 до 210) можеме да констатираме дека со зголемување на брзината на поместување правопрпорционално се зголемува јачината на електрична струја (I). Зависноста е математички искажана со правите на регресија и коефициентите на корелација.



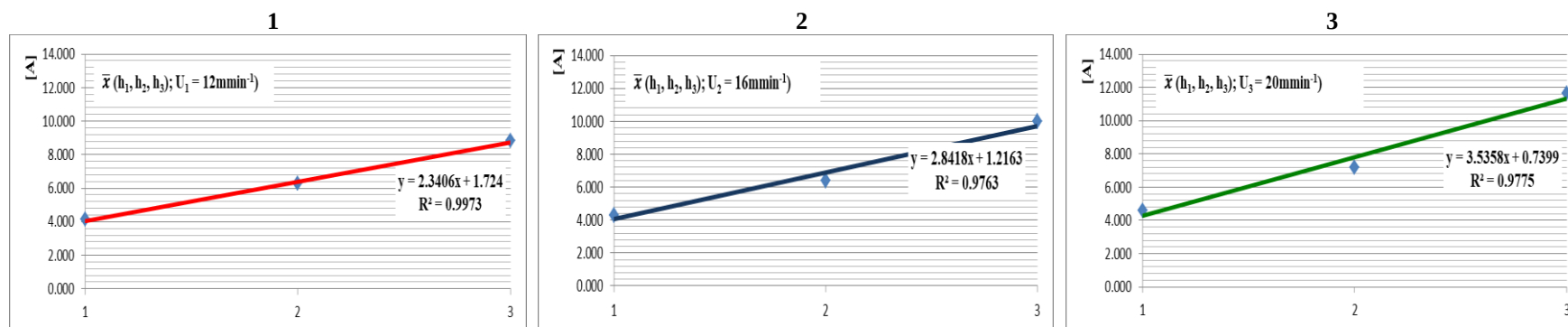
Графикон 196, 197, 198. Јачина на електричната струја на примероците од ЧАМ при брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 1) $h_1=15\text{mm}$, 2) $h_2=30\text{mm}$ и 3) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_3=80$)



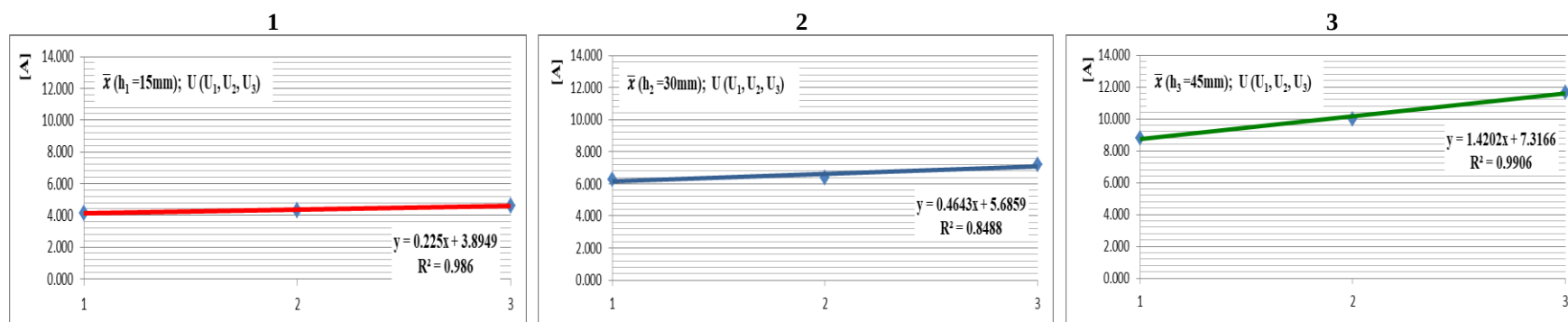
Графикон 199, 200, 201. Јачина на електричната струја на примероците од ЧАМ при брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 4) $h_1=15\text{mm}$, 5) $h_2=30\text{mm}$ и 6) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_3=80$)



Графикон 202, 203, 204. Јачина на електричната струја на примероците од ЧАМ при брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење: 7) $h_1=15\text{mm}$, 8) $h_2=30\text{mm}$ и 9) $h_3=45\text{mm}$, (број на заби $Z_3=80$)



Графикон 205, 206 и 207: Регресиона анализа на средните вредности на јачината на електрична струја кај ЧАМ при различните височини на режење h ($h_1=15, h_2=30$ и $h_3=45 \text{ mm}$) и брзина на поместување: 1) $U_1=12 \text{ mmmin}^{-1}$, 2) $U_2=16 \text{ mmmin}^{-1}$ и 3) $U_3=20 \text{ mmmin}^{-1}$ (број на заби $Z_3=80$)



Графикон 208, 209 и 210: Регресиона анализа на средните вредности на јачината на електрична струја кај ЧАМ при различните брзини на поместување U ($U_1=12, U_2=16$ и $U_3=20 \text{ mmmin}^{-1}$) и височина на режење: 1) $h_1=15 \text{ mm}$, 2) $h_2=30 \text{ mm}$ и 3) $h_3=45 \text{ mm}$ - ЧАМ (број на заби $Z_3=80$)

6.2.11. Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)

Во Табела 27, прикажани се средните вредности од јачината на електрична струја за височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ и кај кружните пили со број на заби $Z=40$, 60 и 80 , при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, (ЧАМ).

Табела 27: Средни вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40$, 60 и 80 , кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ ($D=250\text{mm}$, const)

	средни вредности на јачината на ел. струја [A] при U (h_1 , h_2 и h_3) за Z_1 , Z_2 и Z_3									ЧАМ
средна	$U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$			
вредност	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			
од	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	
мерењата	јачина на ел. струја [A]			јачина на ел. струја [A]			јачина на ел. струја [A]			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
					$Z_1 = 40$					
$\bar{x}$	3.63804	4.57747	6.37584	3.97414	5.04767	6.99712	4.05100	5.09924	7.82645	
					$Z_2 = 60$					
$\bar{x}$	4.13845	5.48410	7.74569	4.17039	6.07980	8.91459	4.25296	7.10647	10.82161	
					$Z_3 = 80$					
$\bar{x}$	4.13543	6.26337	8.81657	4.31392	6.38831	9.99757	4.58545	7.19200	11.65698	

Средните вредности од мерењата на јачината на електрична енергија покажуваат тренд на зголемување со зголемување на височината на режење, односно:

При режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ средната вредност на јачината на електрична енергија изнесува **3,63804A**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **4,57747A** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **6,37584A**.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ средната вредност на јачината на електрична енергија изнесува **4,13845A**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **5,48410A** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **7,74569A**.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$ за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ средната вредност на јачината на електрична енергија изнесува **4,13543A**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **6,26337A** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **8,81657A**.

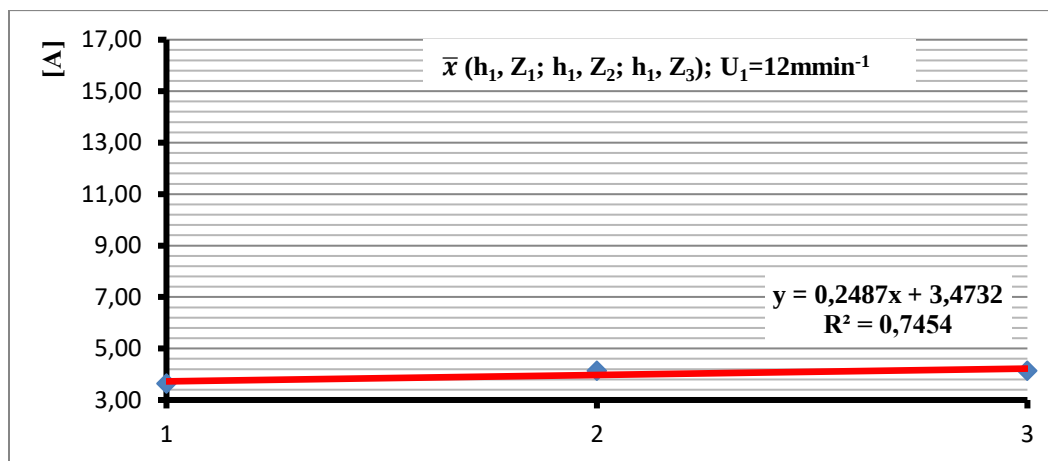
Средните вредности од мерењата на јачината на електричната струја покажуваат тренд на зголемување со зголемување на бројот на заби кај кружната пила, односно:

За височина на режење $h_1=15\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на јачината на електричната струја изнесува **3,63804A**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **4,13845A** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **4,13543A**. Зависноста е правопропорционална.

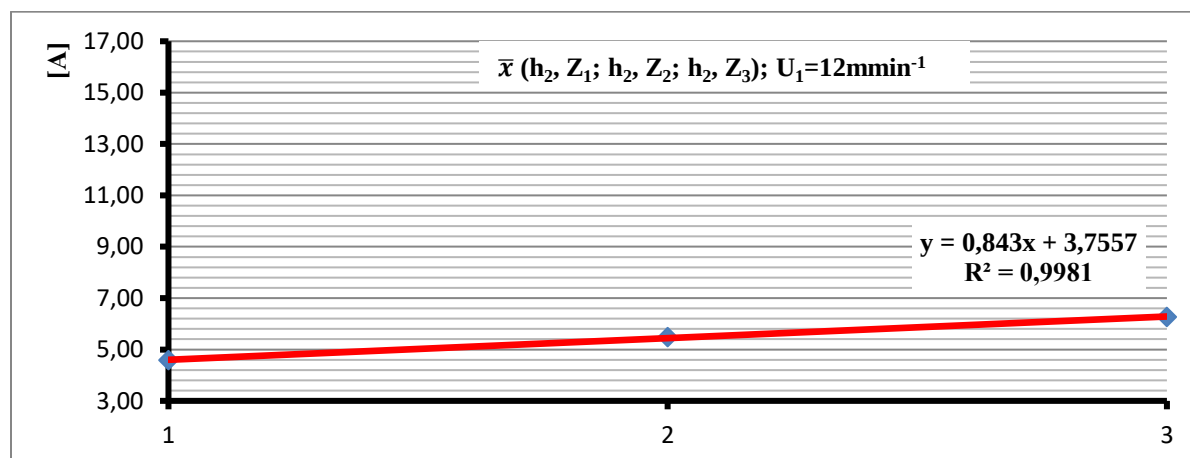
За височина на режење $h_2=30\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на јачината на електричната струја изнесува **4,57747A**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **5,48410A** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **6,26337A**. Зависноста е правопропорционална.

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на јачината на електричната струја изнесува **6,37584A**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **7,74569A** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **8,81657A**. Зависноста е правопропорционална.

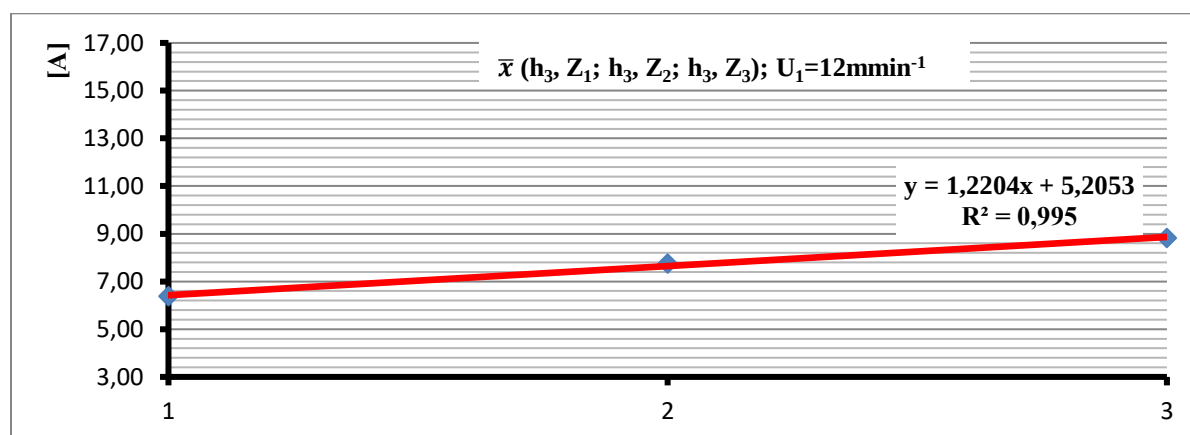
Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Прикажани се правите на регресија на средните вредности кај кружните пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, и височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$, при константна брзина на поместување $U_1=16\text{mmmin}^{-1}$. Од графиконите можеме да констатираме дека квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува **$R^2=0,7454$** , за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **$R^2=0,9981$** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **$R^2=0,995$** .



Графикон 211: Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40$, 60 и 80 при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15\text{mm}$ (ЧАМ)



Графикон 212: Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_2=30\text{mm}$ (ЧАМ)



Графикон 213: Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_3=45\text{mm}$ (ЧАМ)

6.2.12. Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z_1=40, Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)

Во Табела 28, прикажани се средните вредности од јачината на електрична струја за височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ и кај кружните пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 , при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$, (ЧАМ).

Табела 28: Средни вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 , кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ ($D=250\text{mm}$, const)

	средни вредности на јачината на ел. струја [A] при U (h_1, h_2 и h_3) за Z_1, Z_2 и Z_3									ЧАМ
средна	$U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$			
вредност	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			
од	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	
мерењата	јачина на ел. струја [A]			јачина на ел. струја [A]			јачина на ел. струја [A]			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
				$Z_1 = 40$						
$\bar{x}$	3.63804	4.57747	6.37584	3.97414	5.04767	6.99712	4.05100	5.09924	7.82645	
				$Z_2 = 60$						
$\bar{x}$	4.13845	5.48410	7.74569	4.17039	6.07980	8.91459	4.25296	7.10647	10.82161	
				$Z_3 = 80$						
$\bar{x}$	4.13543	6.26337	8.81657	4.31392	6.38831	9.99757	4.58545	7.19200	11.65698	

Средните вредности од мерењата на јачината на електрична енергија покажуваат тренд на зголемување со зголемување на височината на режење, односно:

При режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ средната вредност на јачината на електрична енергија изнесува **3,97414A**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **5,04767A** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **6,99712A**.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ средната вредност на јачината на електрична енергија изнесува **4,17039A**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **6,07980A** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **8,91459A**.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$ за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ средната вредност на јачината на електрична енергија изнесува **4,31392A**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **6,38831A** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **9,99757A**.

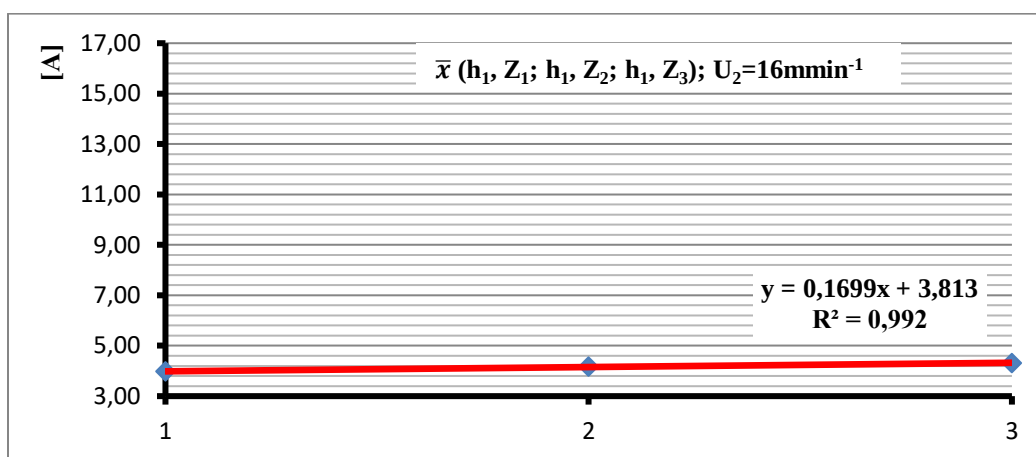
Средните вредности од мерењата на јачината на електричната струја покажуваат тренд на зголемување со зголемување на бројот на заби кај кружната пила, односно:

За височина на режење $h_1=15\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на јачината на електричната струја изнесува **3,97414A**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **4,17039A** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **4,31392A**. Зависноста е правопрпорционална.

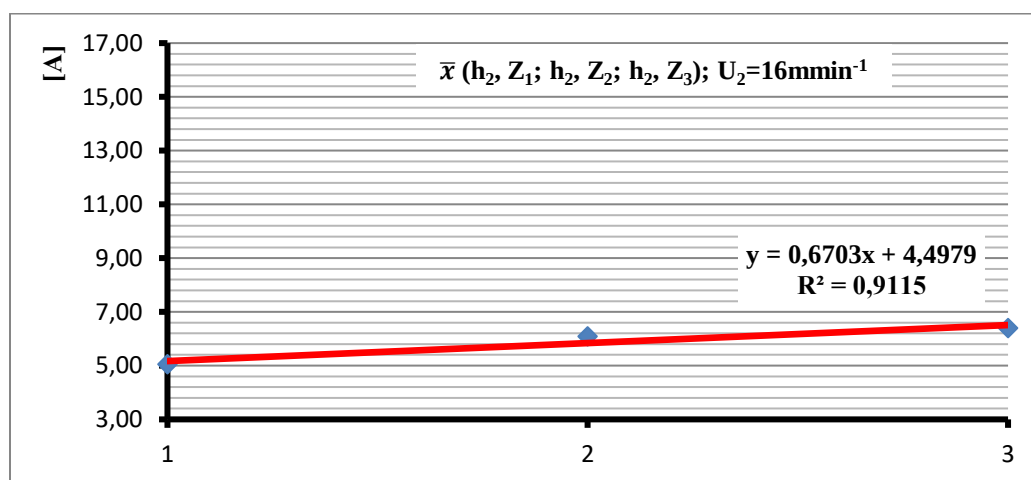
За височина на режење $h_2=30\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на јачината на електричната струја изнесува **5,04767A**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **6,07980A** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **6,38831A**. Зависноста е правопрпорционална.

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на јачината на електричната струја изнесува **6,99712A**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **8,91459A** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **9,99757A**. Зависноста е правопрпорционална.

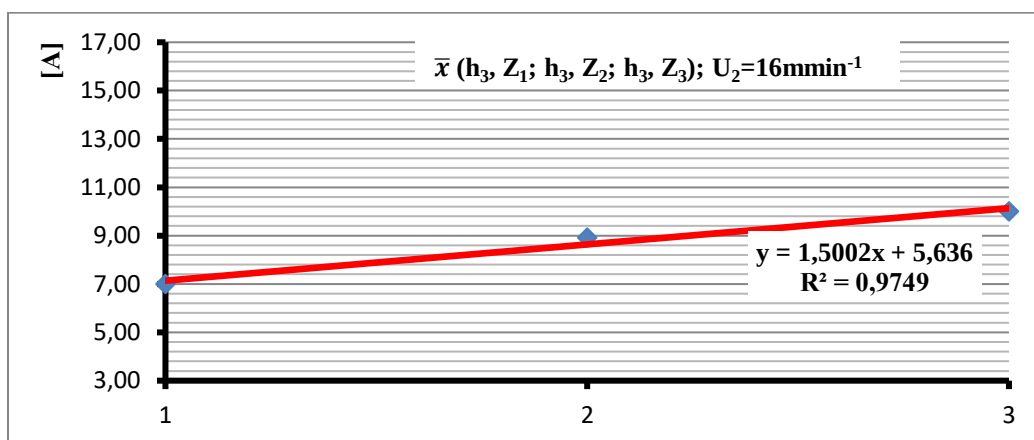
Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Прикажани се правите на регресија на средните вредности кај кружните пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, и височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$, при константна брзина на поместување $U_1=16\text{mmmin}^{-1}$. Од графиконите можеме да констатираме дека квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува **$R^2=0,992$** , за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **$R^2=0,9115$** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **$R^2=0,9749$** .



Графикон 214: Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15\text{mm}$ (ЧАМ)



Графикон 215: Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_2=30\text{mm}$ (ЧАМ)



Графикон 216: Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_3=45\text{mm}$ (ЧАМ)

6.2.13. Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z_1=40, Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}, h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)

Во Табела 29, прикажани се средните вредности од јачината на електрична струја за височини на режење $h_1=15, h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ и кај кружните пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 , при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, (ЧАМ).

Табела 29: Средни вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 , кај различните височини на режење $h_1=15\text{mm}, h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ ($D=250\text{mm}, \text{const}$)

	средни вредности на јачината на ел. струја [A] при $U(h_1, h_2 \text{ и } h_3)$ за Z_1, Z_2 и Z_3									ЧАМ
средна	$U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$			
вредност	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			
од	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	
мерењата	јачина на ел. струја [A]			јачина на ел. струја [A]			јачина на ел. струја [A]			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$\bar{x}$				$Z_1 = 40$						
	3.63804	4.57747	6.37584	3.97414	5.04767	6.99712	4.05100	5.09924	7.82645	
$\bar{x}$				$Z_2 = 60$						
	4.13845	5.48410	7.74569	4.17039	6.07980	8.91459	4.25296	7.10647	10.82161	
$\bar{x}$				$Z_3 = 80$						
	4.13543	6.26337	8.81657	4.31392	6.38831	9.99757	4.58545	7.19200	11.65698	

Средните вредности од мерењата на јачината на електрична струја покажуваат тренд на зголемување со зголемување на височината на режење, односно:

При режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ средната вредност на јачината на електрична струја изнесува **4,05100A**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **5,09924A** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **7,82645A**.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$, за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ средната вредност на јачината на електрична струја изнесува **4,25296A**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **7,10647A** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **10,82161A**.

При режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$ за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ средната вредност на јачината на електрична струја изнесува **4,58545A**, за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **7,19200A** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **11,65698A**.

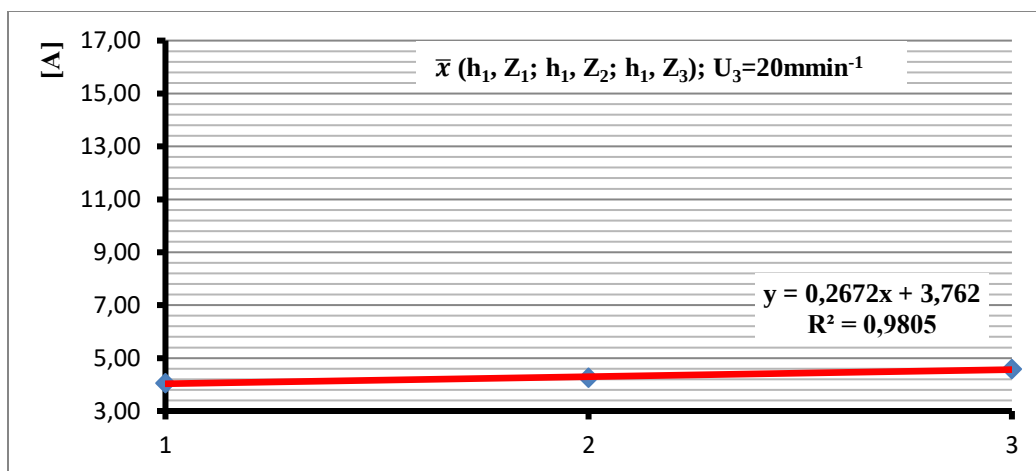
Средните вредности од мерењата на јачината на електричната струја покажуваат тренд на зголемување со зголемување на бројот на заби кај кружната пила, односно:

За височина на режење $h_1=15\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на јачината на електричната струја изнесува **4,05100A**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **4,25296A** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **4,58545A**. Зависноста е правопрпорционална.

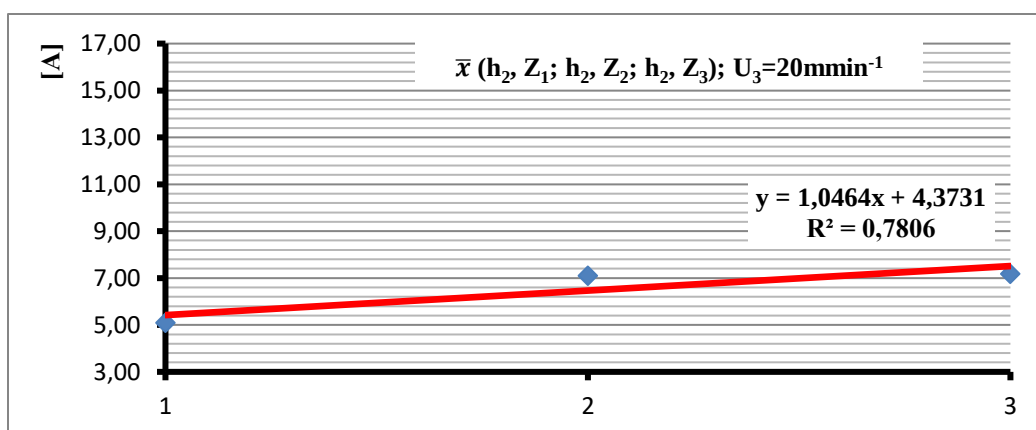
За височина на режење $h_2=30\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на јачината на електричната струја изнесува **5,09924A**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **7,10647A** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **7,19200A**. Зависноста е правопрпорционална.

За височина на режење $h_3=45\text{mm}$, кај кружната пила со број на заби $Z_1=40$, средната вредност на јачината на електричната струја изнесува **7,82645A**, кај кружната пила со број на заби $Z_2=60$ изнесува **10,82161A** и кај кружната пила со број на заби $Z_3=80$ изнесува **11,65698A**. Зависноста е правопрпорционална.

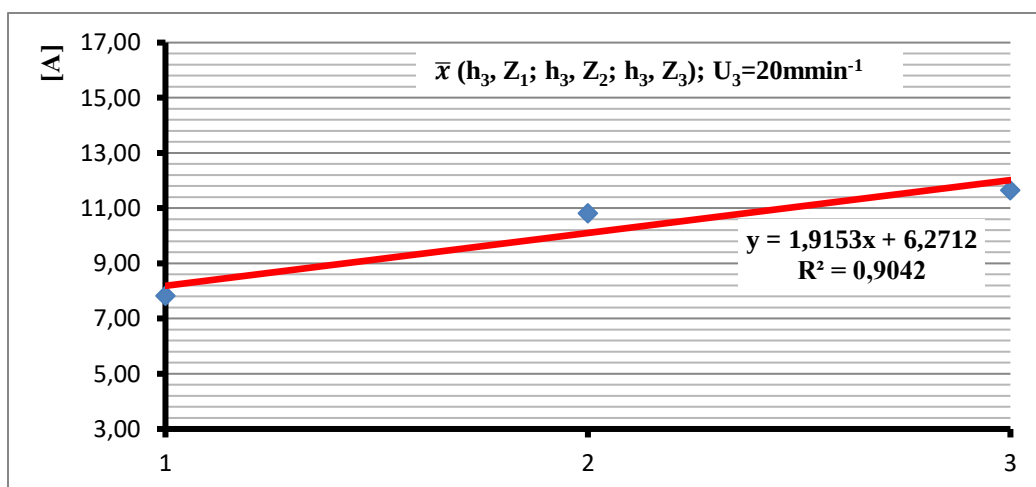
Регресионата анализа покажа дека мерењата најдобро се приспособуваат на равенка на права. Прикажани се правите на регресија на средните вредности кај кружните пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, и височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$, при константна брзина на поместување $U_1=16\text{mmmin}^{-1}$. Од графиконите можеме да констатираме дека квадратната вредност на коефициентот на корелација покажува висока зависност, односно за височина на режење $h_1=15\text{mm}$ изнесува **$R^2=0,9805$** , за височина на режење $h_2=30\text{mm}$ изнесува **$R^2=0,7806$** и за височина на режење $h_3=45\text{mm}$ изнесува **$R^2=0,9042$** .



Графикон 217: Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15\text{mm}$ (ЧАМ)



Графикон 218: Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_2=30\text{mm}$ (ЧАМ)



Графикон 219: Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40, 60$ и 80 при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_3=45\text{mm}$ (ЧАМ)

6.2.14. *Анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ (ЧАМ)*

Претходно направените анализи според групи на податоци, не прикажуваат целосна слика на зависноста на сите добиени средни вредности. Генерално, тешко е севкупно да се прикажат во графикон средните вредности според различните помести (U_1 , U_2 и U_3), различните височини на режење (h_1 , h_2 и h_3) и различниот број на заби (Z_1 , Z_2 и Z_3) кај кружните пили (табела 30).

Табела 30: *Анализа на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ кај различни брзини на поместување $U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$, по критериумот $R_{\max}$ ($D=250\text{mm}$, const)*

	средни вредности на јачината на ел. струја [A] при U (h_1 , h_2 и h_3) за Z_1 , Z_2 и Z_3									ЧАМ
средна	$U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_2 = 16 \text{ mmmin}^{-1}$			$U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$			
вредност	височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			височина на режење [mm]			
од	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	$h_1=15$	$h_2=30$	$h_3=45$	
мерењата	јачина на ел. струја [A]			јачина на ел. струја [A]			јачина на ел. струја [A]			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
				$Z_1 = 40$						
$\bar{x}$	3.63804	4.57747	6.37584	3.97414	5.04767	6.99712	4.05100	5.09924	7.82645	
				$Z_2 = 60$						
$\bar{x}$	4.13845	5.48410	7.74569	4.17039	6.07980	8.91459	4.25296	7.10647	10.82161	
				$Z_3 = 80$						
$\bar{x}$	4.13543	6.26337	8.81657	4.31392	6.38831	9.99757	4.58545	7.19200	11.65698	

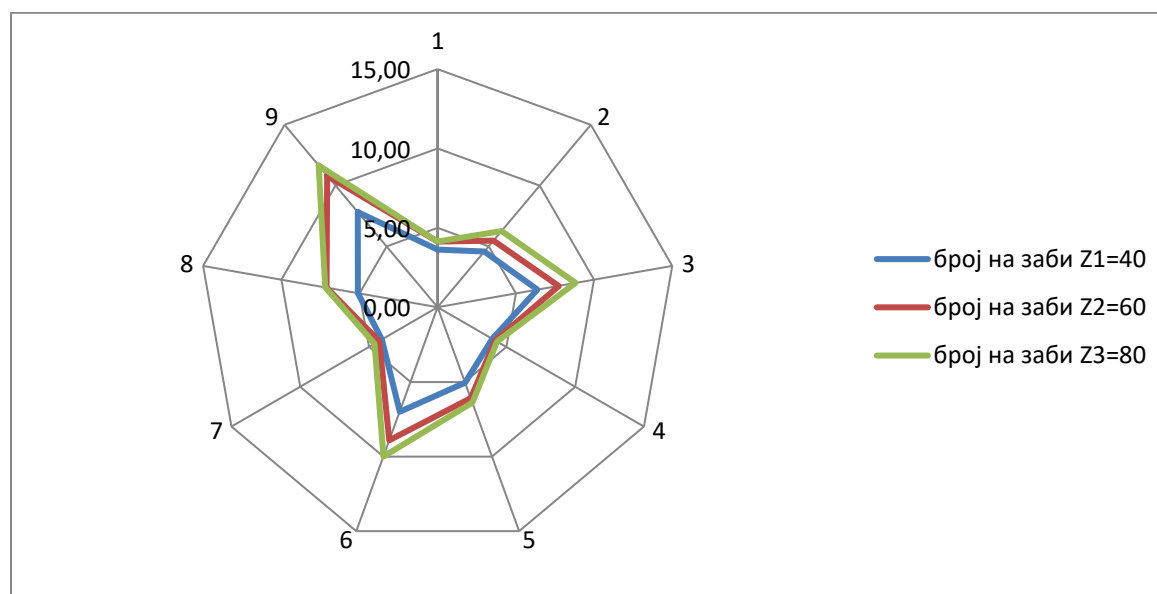
Со цел за севкупно согледување на трендот на средните вредности, најдобро се приспособува графиконот т.н. „радар“.

Во Графиконот 220 прикажани се резултати од анализата на средните вредности од јачината на електричната струја кај сите три вида на кружни пили (со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$), кај вкупно трите брзини на поместување ($U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$) и за сите три височини на режење ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$).

Бројот на заби за $Z_1=40$ е прикажан со сина боја, за $Z_2=60$ со црвена и за $Z_3=80$ со зелена боја.

Секој број од 1 до 9 ги прикажува средните вредности и нивната поврзаност според боја на припадност (Z_1 , Z_2 и Z_3).

Групите од 1 до 3, од 4 до 6 и од 7 до 9, ги прикажуваат соодветно различните брзини на поместување (U_1 , U_2 и U_3).



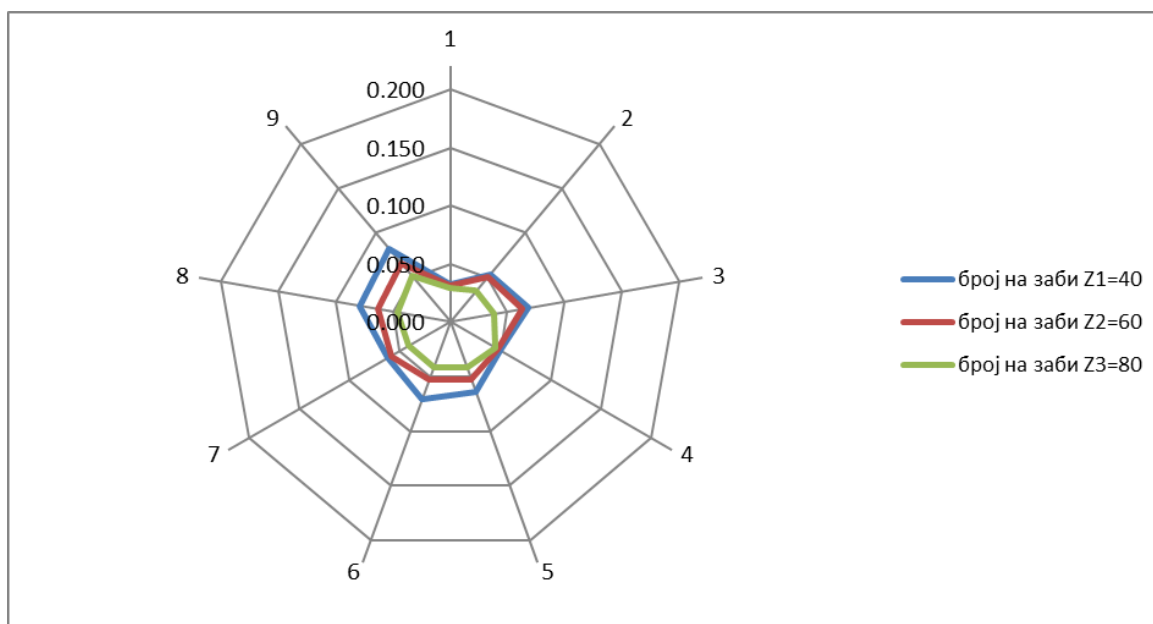
Графикон 220: Графички (радар) приказ на средните вредности од протокот на енергија кај кружни пили со $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$ заби (ЧАМ)

Анализирајќи го графиконот 220, може да го констатираме следното:

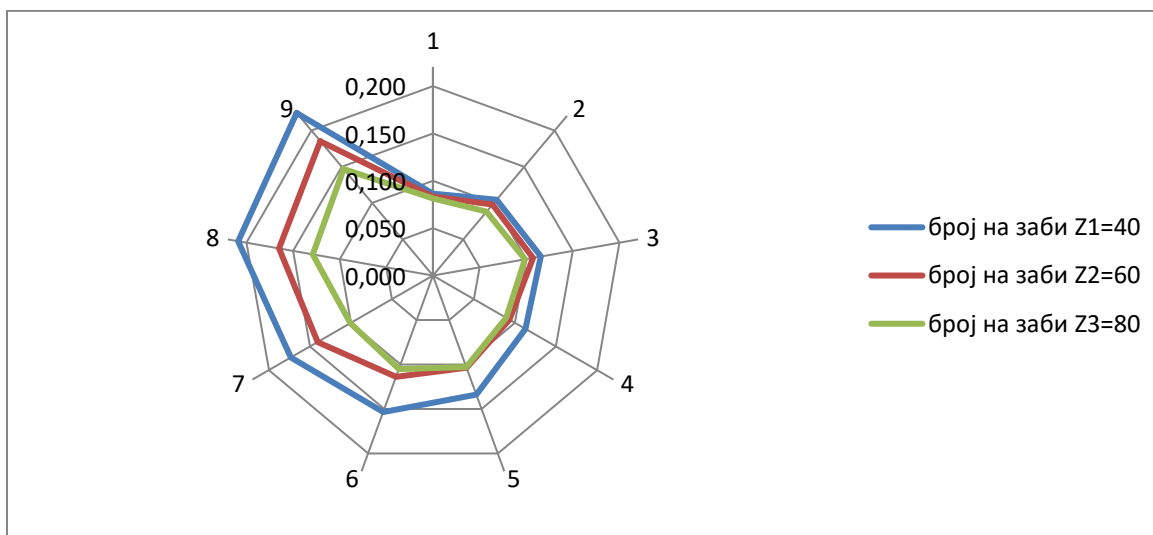
- Со зголемување на брзината на поместување се зголемуваат средните вредности за јачината на електричната струја. Јасно е забележлив трендот на право пропорционалност;
- Со зголемување височината на режење растат средните вредности на јачината на електричната струја, односно зависноста е право пропорционална;
- Со зголемување на бројот на заби се забележува тренд на право пропорционалност, односно зголемување на средните вредности на јачината на електричната струја

6.3. Анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина и јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40$, 60 и 80 , брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ кај примероците од БУКА и ЧАМ

Во Графиконите 221 и 222 прикажани се резултати од анализата на средните вредности од рапавоста на резната површина за двата дрвни вида (бука и чам) кај сите три вида на кружни пили (со број на заби $Z=40$, 60 и 80), кај вкупно трите брзини на поместување ($U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$) и за сите три височини на режење ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$).



Графикон 221: Графички (радар) приказ на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$ заби (БУКА)

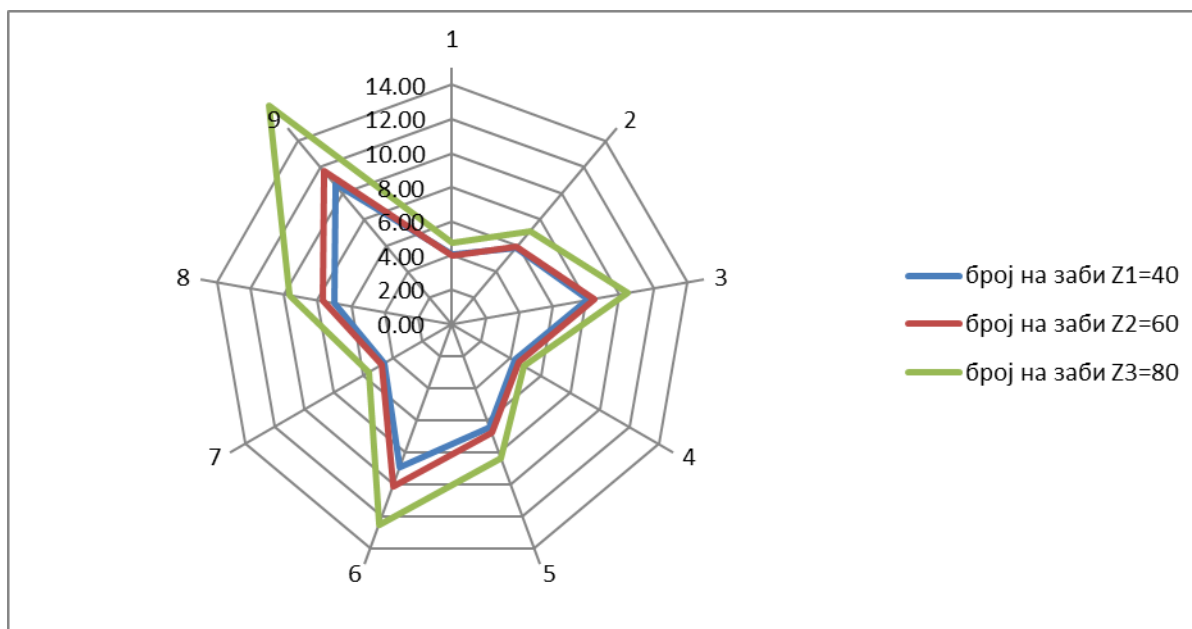


Графикон 222: Графички (радар) приказ на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$ заби (ЧАМ)

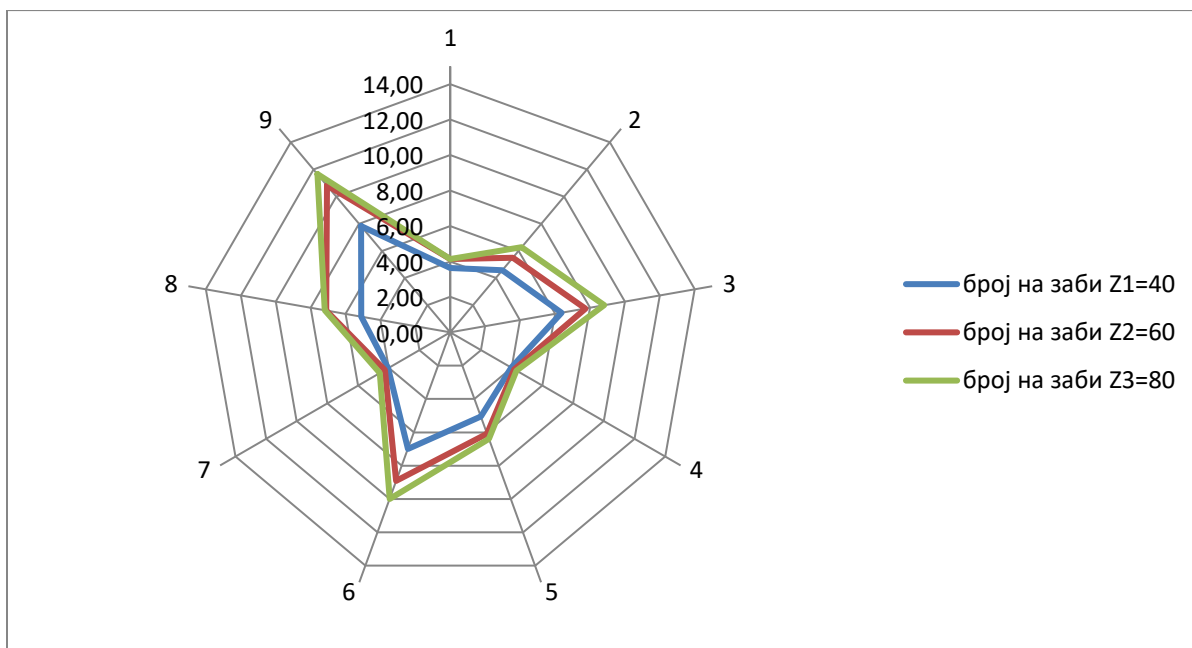
Од прикажаните графикони можеме да забележиме еднаква констатација, односно и кај примероците од бука и кај примероците од чам со зголемување на височината на режење пропорционално се зголемува рапавоста на резната површина, а со зголемување на бројот на заби на кружните пили обратнопропорционално се намалува рапавоста на резната површина.

Споредувајќи ги истите, забележуваме дека кај буката во однос на чамот средните вредностите на рапавоста на резната површина по критериумот $R_{\max}$ се значајно помали.

Во Графиконите 223 и 224 прикажани се резултати од анализата на средните вредности од јачината на електрична струја за двата дрвни вида (бука и чам) кај сите три вида на кружни пили (со број на заби $Z=40$, 60 и 80), кај вкупно трите брзини на поместување ($U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$) и за сите три височини на режење ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$).



Графикон 223: Графички (радар) приказ на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$ заби (БУКА)



Графикон 224: Графички (радар) приказ на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$ заби (ЧАМ)

Од прикажаните графикони можеме да забележиме еднаква констатација, односно и кај примероците од бука и кај примероците од чам со зголемување на височината на режење и бројот на заби на кружната пила право пропорционално се зголемува јачината на електрична струја.

Споредувајќи ги истите, забележуваме дека кај буката во однос на чамот средните вредностите на јачината на електричната струја се значајно поголеми.

7. АНАЛИЗА И ДИСКУСИЈА НА РЕЗУЛТАТИТЕ

Од добиените резултати прикажани во табелите и графиконите за рапавоста на резната површина се гледа дека вредностите за измерената рапавост покажуваат тенденција на пораст во однос на зголемување на **височината на режење** и тоа кај двата дрвни вида. **Највисока рапавост** на резната површина е добиена при режење на **чамово дрво** на височина на режење од $h_3 = 45 \text{ mm}$, со кружна пила со број на заби $Z_1 = 40$ и брзина на помест $U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$, и истата изнесува **0,2241 mm**. **Најниска рапавост** на резната површина е добиена при режење на **буково дрво** на височина на режење од $h_1 = 15 \text{ mm}$, со кружна пила со број на заби $Z_3 = 80$ и брзина на помест $U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$, и истата изнесува **0,02955 mm**.

Од прикажаните резултати во табелите и графиконите за рапавоста на резната површина се гледа дека вредностите за измерената рапавост покажуваат тенденција на пораст во однос на зголемување на **брзината на поместување** и тоа кај двата дрвни вида. **Највисока рапавост** на резната површина е добиена при режење на **чамово дрво** на височина на режење од $h_3 = 45 \text{ mm}$, со кружна пила со број на заби $Z_1 = 40$ и брзина на помест $U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$, и истата изнесува **0,2241 mm**. **Најниска рапавост** на резната површина е добиена при режење на **буково дрво** на височина на режење од $h_1 = 15 \text{ mm}$, со кружна пила со број на заби $Z_3 = 80$ и брзина на помест $U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$, и истата изнесува **0,02955 mm**.

Од резултатите прикажани во табелите и графиконите за рапавоста на резната површина се гледа дека вредностите за измерената рапавост покажуваат тенденција на опаѓање во однос на зголемување на **бројот на заби** на кружната пила и тоа кај двата дрвни вида. **Највисока рапавост** на резната површина е добиена при режење на **чамово дрво** на височина на режење од $h_3 = 45 \text{ mm}$, со кружна пила со број на заби $Z_1 = 40$ и брзина на помест $U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$, и истата изнесува **0,2241 mm**. **Најниска рапавост** на резната површина е добиена при режење на **буково дрво** на височина на режење од $h_1 = 15 \text{ mm}$, со кружна пила со број на заби $Z_3 = 80$ и брзина на помест $U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$, и истата изнесува **0,02955 mm**.

Од добиените резултати прикажани во табелите и графиконите за потрошувачката на електрична енергија се гледа дека вредностите покажуваат тенденција на пораст во однос на зголемување на **височината на режење** и тоа кај двата дрвни вида. **Најголема потрошувачка на електрична енергија** е забележана при режење на **буково дрво** на височина на режење од $h_3 = 45 \text{ mm}$, со кружна пила со број на заби $Z_3 = 80$ и брзина на помест $U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$, и истата изнесува **16,70 [A]**. **Најмала потрошувачка на електрична енергија** е добиена при режење на **чамово дрво** на височина на режење од $h_1 = 15 \text{ mm}$, со кружна пила со број на заби $Z_1 = 40$ и брзина на помест $U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$, и истата изнесува **3,63804 [A]**.

Од прикажаните резултати во табелите и графиконите за потрошувачката на електрична енергија се гледа дека вредностите покажуваат тенденција на пораст во однос на зголемување на **брзината на поместување** и тоа кај двата дрвни вида. **Најголема потрошувачка на електрична енергија** е забележана при режење на **буково дрво** на височина на режење од $h_3 = 45 \text{ mm}$, со кружна пила со број на заби $Z_3 = 80$ и брзина на помест $U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$, и истата изнесува **16,70 [A]**. **Најмала потрошувачка на електрична енергија** е добиена при режење на **чамово дрво** на височина на режење од

$h_1 = 15 \text{ mm}$, со кружна пила со број на заби $Z_1 = 40$ и брзина на помест $U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$, и истата изнесува **3,63804 [A]**.

Од резултатите прикажани во табелите и графиконите за потрошувачката на електрична енергија се гледа дека вредностите покажуваат тенденција на пораст во однос на зголемување на **бројот на заби** на кружната пила и тоа кај двата дрвни вида. **Најголема потрошувачка на електрична енергија** е забележана при режење на **буково дрво** на височина на режење од $h_3 = 45 \text{ mm}$, со кружна пила со број на заби $Z_3 = 80$ и брзина на помест $U_3 = 20 \text{ mmmin}^{-1}$, и истата изнесува **16,70 [A]**. **Најмала потрошувачка на електрична енергија** е добиена при режење на **чамово дрво** на височина на режење од $h_1 = 15 \text{ mm}$, со кружна пила со број на заби $Z_1 = 40$ и брзина на помест $U_1 = 12 \text{ mmmin}^{-1}$, и истата изнесува **3,63804 [A]**.

Со оваа проблематика се занимавале повеќе автори. Авторите (Mandic, Svrđic, Danon, [91]) во своето истражување го анализираат резултатите за потрошувачката на енергија и акустичната емисија. Тие сметаат дека понапредниот пристап во обработката на дрво бара постојано следење на режењето во вистинско време. Таквите техники можат да се обезбедат со мерење на различни излезни процеси. Количината на топлина генерирана за време на режењето, силите на режење, потрошената моќност се вообичаени примери за излез од процесот на режење. Специфичната конструкција и карактеристиките на обликот на кружната пила укажува на можна врска помеѓу потрошувачката на енергија, акустичната емисија и напредокот на процесот на сечење.

Во своето истражување авторот (Трпоски, [92]) го испитувал влијанието на промената на кинематиката на режење кај лентовидни пили со цел да се подобри квантитетот и квалитетот при режењето. Мерењата се вршени на вибрацијата на алатот, рапавоста на резната површина и потрошувачката на енергија на главниот и помошниот електромотор. Во експериментот се користени два вида на дрво (бука и црн бор) и три брзини на поместување $3,6$ и 9 mmmin^{-1} . Со споредба на резултатите, дошол до заклучок дека со зголемување на поместот се зголемуваат и вредностите за за вибрирањето на резниот алат, рапавоста на резната површина и потрошувачката на електрична енергија на двата електромотора, кај двата дрвни вида.

Во истражувањето кое го вршеле авторите (Koljozov, Trposki, Rabadziski, Zlateski, [93]) заклучиле дека протокот на електрична струја при големи брзини на поместување предизвикува и зголемена вибрација на резниот алат со што широчината на резот непотребно се зголемува. Тоа предизвикува додатно оптеретување на електромоторот, негово загревање, но и намалување на бројот на вртежи.

Авторот (Паралидов, [77]) ја анализира потрошувачката на енергија при режење на медијапан со различни височини на режење ($h=16/32/48\text{mm}$), со кружни пили со дијаметар од $D=250\text{mm}$ и дебелина од $3,2\text{mm}$, со различен број на заби ($Z=40/60/80$). Вредностите за јачината на струјата покажуваат правопрпорционална зависност со зголемување на височината на режење и бројот на заби на кружната пила. Посебно е тоа забележително кај поголемите височини на режење, на пример кај пила со број на заби $Z=80$, кај првиот рез, почетните вредности изнесуваат $3,1\text{A}$ а крајните $5,1\text{A}$. Тенденцијата на пораст е забележителна и кај помалите височини на режење, само што тука разликите на вредностите се помали.

Авторите (Mikuláš, Mišura, [94]) ги анализирале резултатите од експерименталните мерења на моќта на режење на меко дрво - смрека (*Picea abies*) со кружна пила со променлив испон на листот на пилата над обработуваното парче и со различни брзини на поместување 5,10,15,20 и 30mm^{min}⁻¹. Во истражувањето се користени два вида на кружни пили (со сечило од челик и сечило од карбид) со дијаметар од D=400mm и дебелина од 2,0 mm и 2,5 mm со број на заби Z=36. Резултатите покажале дека брзината на поместување се покажала како највлијателен фактор на енергетските барања во процесот на режење и вториот влијателен фактор е испонот на кружната пила над работното парче. Типот на кружната пила со иста геометрија има најмало влијание врз моќноста на режењето.

Авторите (Krilek, Ľavodová, Kováč, Tichý, [95]) го анализирале влијанието на променливиот чекор на забите на кружните пили на потрошувачката на енергија при попречно режење на дрвото на смрека (*Picea abies*), бор (*Pinus sylvestris*) и бука (*Fagus sylvatica*). Го анализирале влијанието на брзината на поместување, параметрите на листот на пилата и видот на дрвото на снагата на режење. Во истражувањето се користени два листа кружна пила од кои едниот има променлив чекор на забите. Двата листа на кружна пила се со дијаметар D=350mm, со еднаков број на заби со сечила од синтерирани карбидни уметоци. Користени се три брзини на поместување од 4,8 и 12mm^{min}⁻¹. Резултатите покажале дека потрошувачката на енергија кај кружни пили со променлив чекор на забите е поголема кај потрошувачката на енергија кај кружни пили со еднаков чекор на забите. Најголема снага на режење е забележена при режење на буката. Воочено е дека потрошувачката на енергија линеарно се зголемува со зголемувањето на брзината на поместување.

Кај истражувањата на авторите (Svrzic, Djurkovic, Danon, Furtula, Stanojevic, [96]), анализата на потрошувачката на енергија покажала силна врска помеѓу брзината на поместувањето и потрошената енергија. Разгледувањето на рапавоста на површината укажала на значајно влијание на брзината на поместување врз зголемувањето на рапавоста.

Авторите (Stanojević, Danon, [97]) ја истражувале моќта на режење со кружни пили, при режење на плочи од иверки со различни својства, при што заклучиле дека со зголемување на содржината на влажноста на предметот за обработка снагата на режење опаѓа, а со зголемување на брзината на поместување, густината и јакоста на свиткување на плочите потребната моќност на режење се зголемува.

Авторите (Siklienka, Mišura, [5]) ја истражувале зависноста на моќноста на режење од истуреноста на кружната пила и брзината на поместување, при што резултатите покажале дека брзината на поместување се покажала како највлијателен фактор на енергетските барања во процесот на режење, а втор по ред влијателен фактор бил истуреноста на кружната пила над предметот на обработка.

Авторите (Kovač, Mikleš, [14]) заклучиле дека постојат многу фактори кои влијаат на потрошувачката на енергија, како што е материјалот на алатот за режење, неговата геометрија и оптималните сили на режење (брзината на режење, брзината на помест). Моќноста на режење е многу важен фактор за потрошувачката на енергија. Користењето на кружни пили со несоодветни технички и технолошки параметри во дадени услови на работа може да се изрази со следниве недостатоци: брзо затапување на кружната пила и лош квалитет на резот, поголема потрошувачка на енергија, поголема потрошувачка на

дрво во процесот на производство бидејќи треба да се зададе поголем надмер на обработка.

(Škaljić, Beljo Lučić, Čavlović, Obućina, [32]) го испитувале квалитетот површината на буково, дабово и елово дрво. Експериментот е извршен на четиристрана рамналка со алат со две острици со брзина на поместување 6, 12, 18 и 24m/min. Од добиените резултати заклучиле дека со зголемување на брзината на поместување се зголемува рапавоста на површината. Најмала рапавост имале примероците од даб, а најголема рапавост примероците од ела.

Резултатите јасно покажуваат дека физичките и механичките својства, како и анатомската структура на дрвото влијаат на површинската рапавост. Генерално, подобри резултати при механичката обработка на дрвото се добиени со помала брзина на поместување. Во литературата е забележано дека зголемувањето на брзината на поместување предизвикува изразени машински дефекти.

8. ЗАКЛУЧОЦИ

Со испитувањето на влијанието на кинематските параметри на надолжното режење со кружна пила добиени се резултати врз основа на кои можеме да ги донесеме следните заклучоци:

1. Со зголемување на поместот се зголемуваат вредностите за рапавоста на резната површина и потрошувачката на електричната енергија, кај двата дрвни вида.
2. Со зголемување на височината на режење се зголемуваат вредностите за рапавоста на резната површина и потрошувачката на електрична енергија, кај двата дрвни вида.
3. Со зголемување на бројот на заби на резниот алат – кружна пила се намалуваат вредностите за рапавоста на резната површина, кај двата дрвни вида.
4. Со зголемување на бројот на заби на резниот алат – кружна пила се зголемува потрошувачката на енергија, и кај двата дрвни вида.
5. Најниски вредности за рапавоста на резната површина се добиени кај најмалата височина на режење, од вкупно три во ова истражување, и тоа кај двата дрвни вида.
6. При најмалата брзина на помест, добиени се најниски вредности за рапавоста на резната површина, од истражуваните три брзини на помест во истражувањето, и кај двата дрвни видови.
7. Од сите три типа на кружни пили користени како резен алат, најниски вредности за рапавоста на резната површина се добиени при режењето со кружна пила со најголем број на заби.
8. Во однос на височината на режење, од сите три применети височини на режење во ова истражување, најмала потрошувачка на електрична енергија е добиена кај најмалата височина на режење.
9. Во однос на брзината на помест, од сите три применети брзини на помест во ова истражување, најмала потрошувачка на енергија е добиена кај најмалата брзина на помест.
10. Во однос на бројот на заби на кружната пила, од вкупно три кружни пили користени во ова истражување со различен број на заби, најмала потрошувачка на енергија е добиена кај кружната пила со најмал број на заби.
11. Од аспект на дрвните видови кои се користени во ова истражување како предмет за обработка, буката и чамот, можеме да забележиме разлика во добиените вредности. Имено, пониски вредности за рапавоста на резната површина се добиени кај буката, додека кај чамот се добиени повисоки вредности за рапавоста на резната површина, што се должи на анатомската структура на дрвото.
12. Кај потрошувачката на енергија имаме обратнопропорционален процес, односно помали вредности се добиени кај чамот, а поголеми кај буката, што се должи на големата тврдина на буката.

Од изнесените заклучоци можеме да констатираме дека со зголемување на височината на режење и со зголемување на брзината на поместот **правопропорционално се зголемуваат рапавоста на резната површина и потрошувачката на енергија**, и кај двата дрвни вида. Додека, со зголемување на бројот на заби на кружната пила **правопропорционално се зголемува**

потрошувачката на енергија, меѓутоа бројот на заби влијае обратно пропорционално на рапавоста на резната површина, односно со **зголемување на бројот на забите на кружната пила рапавоста на резната површина се намалува**.

Со ова се потврдени појдовните тези, односно:

1. Потрошувачката на енергија е помала при режење на меко во однос на тврдо дрво.
2. Височината на режење пропорционално ја зголемува потрошувачката на енергија;
3. Брзината на поместување пропорционално ја зголемува потрошувачката на енергија;
4. Бројот на заби влијае обратнопропорционално на рапавоста на резната површина.

Исто така се потврдени и појдовните хипотези, односно:

1. При режење со многу мала брзина на поместување (зона на создавање на микрострушка), се зголемуваат отпорите на режење, спротивно на очекувањата.
2. Квалитетот на резната површина (рапавоста) при режење со различен број на заби ќе покаже изразена сигнификантност.

Буката и чамот целосно ги задоволуваат условите за избор на дрвни видови. Со споредување на добиените резултати ги увидовме предностите и недостатоците во процесот на режењето со кружна пила од аспект на квалитетот на обработка на резната површина и потрошувачката на електрична енергија.

Сметаме дека овој експериментален докторски труд со наслов „Влијание на кинематските параметри при надолжно режење со кружна пила“ ќе има практично и научно значење, и истиот ќе претставува научен придонес во областа која ги опфаќа проблемите со режењето на дрвото со кружна пила, квалитетот на обработката при режењето, како и потрошувачката на енергијата како значаен економски фактор.

9. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Stanojevic, D., (2016), Basis of maximum qualitative utilized sawing in cutting beech, Tenth International Scientific Conference The Power of knowledge 7-9.10.2016 Greece, pp 1205-1212
- [2] Клинчаров, Р., (1990), Компаративни проучувања на квалитетот на режењето на бор и бука во однос на некои кинематски параметри на примарните машини во пиланското производство во Македонија, Докторска дисертација, Скопје.
- [3] Jones, P.D.A., and Simons, E.N. (1961). *Story of the saw*, Spear and Jackson, Ltd, Sheffield, England.
- [4] Lisičan, J. 1996: Teória a technika spracovania dreva (Theory and technique of woodworking), Matcentrum, p.625.
- [5] Siklienka M., Mišura L., (2006), Investigations of cutting power versus clearance of a circular saw blade over the workpiece and feed speed, *Drvna industrija* 57 (1) 13-17.
- [6] Mikleš, M.; Kováč, J.; Krilek, J., (2010), Výskum rezných podmienok priečného pílenia dreva. Vedecká studia. VydanieI. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, pp. 69. ISBN 978-80228-2147-6.
- [7] Aknouche H., Outathyon A., Nouveau C., Marchal R., Zerizer A., J.C. Butaud, (2009), Tool wear effect on cutting forces: In routing process of Aleppo pine wood, *Journal of materials processing technology* 209 2918-2922.
- [8] Đurković M., Danon G., Svrzić S., Trposki Z., Koljozov V., (2017), A justification of the use of specialized circular saws for wood, 3rd International Scientific Conference "Wood Technology & Product Design, Ohrid, 11–14 September, pg. 61-66.
- [9] Stanojević D., (2016), Analysis of Technology Optimization Process of Cutting Boards in Order to Increase Profit, 13th International Scientific Conference, Sofia, Bulgaria.
- [10] Veselý P., Kopecký Z., Hejmal Z., Pokorný P., (2012), Diagnostics of Circular Sawblade Vibration by Displacement Sensors, *DRVNA INDUSTRIJA* 63 (2) 81-86.
- [11] Kopecký Z., Novák V., Hlásková L., J. Rak, (2022), Impact of Circular Saw Blade Design on Forces During Cross-Cutting of Wood, *Drvna industrija* 73 (4) 475-483.
- [12] Клинчаров, Р., Трпоски, З., Кољозов, В., (2002), Машини за финална обработка на дрвото, Шумарски факултет, Скопје.
- [13] Marko J., Holik J.,(2000), Theory of wood cutting, Zvolen, Tehnická univerzita vo Zvolene (in Slovak)
- [14] Kováč, J., Mikleš, M.,(2010), Research on individual parameters for cutting power of wood cutting process by circular saws, *JOURNAL OF FOREST SCIENCE*, 56, (6): 271-277.
- [15] Kršljak, B., (1996), *Mašine i alati za obradu drveta I*, Beograd.
- [16] Клинчаров, Р., Трпоски, З., Кољозов, В., (2000), Теорија на режење на дрвото, Шумарски факултет, Скопје.
- [17] Prokeš, S., (1978), *Obrabeni dreva a novych hmot ze dreva* (Processing of wood and new wood materials). Praha: SNTL. 583 p.
- [18] Goglia, V., (1994), *Strojevi i alati za obradu drva I*. Zagreb: GRAFA. 235p.

- [19] Lisičan J., (1996), *Teorija a tehnika spracovanja dreva* (Theory and engineering of processing of wood). Zvolen: Matcentrum. 626 p.
- [20] Dzurenda, L., (2007), *Sypka drevna hmota, Vzduchotechnická doprava a odlučovanie*. (Bulk wood mass, air transport and separation). Zvolen: V-TU. 182p.
- [21] Hubbard, R.; Lewis, S.; Richards, K.; Britton, J.; Johnston, I., (1996), Occupational exposure to metal or wood dust and aetiology of cryptogenic fibrosing alveolitis. *Lancet*, 347: 284-289.
- [22] Beljo Lučić, R., Čavlović, A. O.; Jug, M., (2011), Definitions and relation of airborne wood dust fractions. 14th international Scientific Conference – Woodworking Technique, Prague, 25-32.
- [23] Čavlović, A. O.; Beljo Lučić, R.; Jug, M.; Radmanović, K.; Bešlić, I., (2013), Side-by-side determination of workers' exposure to wood dust with IOM and open-faced samplers. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 64: 379-384.
- [24] Hlásková, L., Rogoziński, T., Kopecký, Z., (2016), Influence of feed speed on the content of fine dust during cutting of two-side-laminated particleboards, *Drvna Industrija* 67 (1) 9-15.
- [25] Schajer, G. S.; Mote, C. D., (1983), Analysis of roll tensioning and its influence on circular saw stability. *Wood Science and Technology*, 17 (4): 287-302.
- [26] Merhar M., Gornik Bučar D., (2017), The influence of radial slots on dynamic stability of thermally stressed circular saw blade, *Drvna Industrija* 68 (4) 341-349.
- [27] Krilov, A., (1980), Toward the re-appraisal of the influence of basic wood characteristic on sawblade potential. *Holz als Roh-und Werkstoff* 38: 145-149.
- [28] Postnikov, A., (1965), *Mašine za mehaničku obradu drva I dio, teorija rezanja*, Univerzitet u Srajevu, p.60-61.
- [29] Рабациски, Б., Златески, Г., (2007), Хидротермичка обработка на дрвото – I дел, Универзитетски учебник, УКИМ – Скопје, Шумарски факултет, Скопје.
- [30] Рабациски, Б., Златески, Г., (2011), Хидротермичка обработка на дрвото – II дел, Пластификација на дрвото, Универзитетски учебник, УКИМ – Скопје, Шумарски факултет, Скопје.
- [31] Richter, K.; Feist, W.C.; Knabe, M.T. (1995), The effect of surface roughness on the performance of finishes. Part 1 Roughness characterization and strain performance. *Forest Prod. J.* 45(7/8): 91-97.
- [32] Škaljić, N., Beljo Lučić, R., Čavlović, A., Obućina, M., (2009), Effect of feed speed and wood species on roughness of machined surface, *Drvna Industrija* 60 (4) 229-234.
- [33] Budakçi, M., Gürleyen, L., Çinar, H. And Korkut, S. (2007), Effect of wood finishing and planning on surface smoothness of finished wood, *Journal of Applied Sciences*, 7 (16), 2300-2306.
- [34] Stumbo, D.A. (1960), Surface texture measurement for quality and production control, *Forest Products Journal* 10 (12), 122-124.
- [35] Budakçi, M., Cemil ilçe, A., Sevim Korkut, D. and Gürleyen, T., (2011), Evaluating the surface roughness of heat-treated wood cut with different circular saws, *Bioresources* 6 (4), 4247-4258.
- [36] Sandak, J, Negri, M., (2005), Wood surface roughness – What is it? In: *Proceedings of the 17th International Wood Machining Seminar*. Rosenheim, Germany, 1: 242-250

- [37] M. T. Alam, N. Kinoshita, C. Tanaka, M. Yoshinobu, (2002), Circular saw lateral stability by optimization of feed speed, *Holz als Roh- und Werkstoff* 60 207–209.
- [38] Ratnasingam J, Ma TP, Perkins MC (1999) Productivity in wood machining processes – a question of simple economics? *HolzRoh- Werkstoff* 57(1): 51–56.
- [39] Đukić, I., Merhar, M., Jovanović, J., Herceg, D., (2022), Analysis of circular saw tooth marks profile on material machined surface after filtering with fast fourier transform (FFT), *Drvena Industrija* 73 (2) 151-162.
- [40] Gottlöber, C., (2014), *Machining of wood and wood-based materials*. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag (in German).
- [41] Đukić, I., Jovanović, J., Župčić I., Jug M., (2023), Criterion for objective determination of threshold value in filtering surface roughness signal of solid wood after machining with fast fourier transform (FFT) based filter, *Drvena industrija* 74 (3) 337-346.
- [42] Hendarto, B., Shayan, E., Ozarska, B., Carr, R., (2006), Analysis of roughness of a sanded wood surface. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28: 775-780. <https://doi.org/10.1007/s00170-004-2414-y>
- [43] Sinn, G., Sandak, J., Ramanantoandro, T., (2009): Properties of wood surfaces – characterisation and measurement. A review COST Action E35 2004 – 2008: Wood machining micromechanics and fracture. *Holzforschung*, 63:196-203. <https://doi.org/10.1515/HF.2009.016>
- [44] Stanojevic, D., Mandic, M., Danon, G., Svrzic, S., (2017), *Prediction of the surface roughness of wood for machining*, Northeast Forestry University and Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [45] Koch, P., (1964), *Wood machining process*, Ronald press Co, New York.
- [46] Stanojevic, D., Stefanovic, S., (2014), Influence of Physical and Mechanic Properties of Panels of the Cutting Power, International Conference “Knowledge”, Bansko, Bulgaria, 509-516.
- [47] Aquilera, A., Martin, P., (2001), Machining qualification of solid wood of *Fagus silvicata* L. and *Picea excelsa* L, Cutting forces: power requirements and surface roughness, *Holz als Roh – und Werkstoff* 59 (6), 483-488.
- [48] Goglia, V., Risović, S., Beljo-Lučić, R., Đukić, I., (2002), *Mehanika kružnih pila*, I. dio: Izbor položaja lista pile. *Drvena industrija* 53 (2): 93-98.
- [49] Palubicki, B., Szulc, M., Sandak, J., Sinn, G., Orlowski, K., (2014), A Method and Device for 3D Recognition of Cutting Edge Micro Geometry, *Drvena Industrija* 65 (1) 11-19.
- [50] Stanojević, D., (2023), Investigation of the dependence of cutting power and surface roughness on the processing mode, 6th International Scientific Conference “Wood Technology & Product Design”, Ohrid, Republic of North Macedonia, 19-26.
- [51] Stanojević, D., Kocić, M., (2022), STABILITY ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF MECHANICAL WOOD PROCESSING USING CONTROL CHARTS, 38th International Scientific Conference The Power of Knowledge, Greece, 493-498.
- [52] Očkajová, A., Beljo Lučić, R., Čavlović, A., Tereňová, J., (2006), Reduction of dustiness in sawing wood by universal circular saw, *Drvena industrija* 57 (3) 119-126.

- [53] Gottlöber, Ch, Hemmilä, P., (2003), Analysis and modelling of human and environmental aspects on the example of peripheral 160lanning. In: Proceedings of the 16 th International wood machining seminar. Matsue, Japan, pp.742-754.
- [54] Obucina, M., Smajic, S., Skaljic, N. & Beljo-Lucic, R., (2010), Effect of rotational speed and wood species on roughness of machined surface, Annals of DAAAM for 2010 & Proceedings of the 21st International DAAAM Symposium, Volume 21, No. 1, ISSN 1726-9679 ISBN 978-3-901509-73-5, Editor B. Katalinic, Published by DAAAM International, Vienna, Austria, EU.
- [55] Keturakis, G., Juodeikiene, I., (2007): Investigation of MilledWood Surface Roughness. Materials Science (Medžiagotyra), 13 (1).
- [56] Marian, J.E., Stumbo, D.A., Maxey, C.W., (1958), Surface texture of wood as related to glue-joint strenght. Forest Prod. J. 12: 345-351.
- [57] Malkoçoğlu, A., (2007), Machining properties and surface roughness of various wood species planed in different conditions. Building and Environment, 42 (7): 2562-2567.
- [58] Krilek, J., Ťavodová, M., Kováč, J., Tichý, B., (2020), Impact of Irregular Tooth Pitch of Circular Saw Blades on Power for Wood Cross-Cutting, Drvna industrija 71 (1) 3-11.
- [59] J. Kovaáč, J Krilek, (2011), The possibilities for measurement of saw blades wearing, Acta univ.agric. et silvic. Mendel Brun., LIX, No. 5, pp. 137-144.
- [60] Mandic M, Svrzic S, Danon G, (2015): The comparative analysis of two methods for the power consumption measurement in circular saw cutting of laminated particle board, wood research 60 (1), 125-136.
- [61] Orłowski, K., Sandak, J., Tanaka, C., (2007): The critical rotational speed of circular saw: simple mesurement method and its practical implementations. J. Wood Sci. 53(5): 388-393.
- [62] Stakhiev, Y.M., (2003): Research on circular saw disc problems: Several of results. Holz als Roh- und Werkstoff 61(1): 13-22
- [63] Tian, J.F. Hutton, S.G., (2001): Cutting-induced vibrations in circular saws. Journal of Sound and Vibration 242(5): 907-922.
- [64] Ukvalbergiene, K., Vobolis, J., (2007): Research of inter-impact of wood circular saws vibration modes. Wood Research 52(3): 89-100.
- [65] Eyma, F., Méausoone, P.L., and Martin, P. (2004). “Strains and cutting forces involved in the solid wood rotating cutting process,” *J Mater. Process. Technol.* 148(2), 220-225
- [66] Méausoone, P.J. (2001). “Choice of optimal cutting conditions in wood machining using the coupled tool-material method,” *Proceedings of the 15th International Wood Machining Seminar*, pp. 37-47.
- [67] Jozef Krilek, Ján Kováč, and Marián Kučera, (2014): Wood Crosscutting Process Analysis for Circular Saws, “Crosscutting analysis”, BioResources 9 (1), 1417-1429.
- [68] J. Nordström, J. Bergström,(2001): Wear testing of saw teeth in timber cutting, Wear 250 19-27.
- [69] Andrew Naylor and Phil Hackney (2013), A review of wood machining literature with a special focus on sawing, Bioresources 8 (2) 3122-3155
- [70] ZDENĚK KOPECKÝ, MIROSLAV ROUSEK, LUŽKA HLÁSKOVÁ, PŘEMYSL VESELÝ, EMIL SVOBODA, (2011), Quality of the workpiece surface at cutting by a circular-saw blade with the irregular

- tooth pitch, Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW, Forestry and Wood Technology No 74,: 192-198.
- [71] Ružica Beljo-Lučić, Vlado Goglia, (2001), Some possibilities for reducing circular saw idling noise, The Japan Wood Research Society, J wood Sci (2001) 47: 389-393.
- [72] Mote, C.D., Jr. (1979), Overview of saw design and operations research: results and priorities. Sixth Wood Machining Seminar, University of California, Forest Product Laboratory, Richmond, October 15-17, 11-25.
- [73] Leu, M.C., Mote, C.D., Jr. (1979), Noise generation by circular saws. Wood machining seminar, University of California, Forest Product Laboratory, Richmond, October 15-17, 169-188.
- [74] Rhemrev, J., Cano, T. (1989), Noise studies of various damped circular crosscut saws. Forest Product Journal 39 (11/12): 69-69.
- [75] Cheng, W., Yokochi, H., Kimura, S. (1995), Vibration characteristics of circular sawblade with step thickness. The 12th International Wood Machining Seminar, Kyoto, Japan, October 2-4, 179-188.
- [76] Milaszewski, S., Grobelny, T. (1995), Sound power determination of two circular saws with different construction of blades. I. Međunarodna konferencija „Stroj-nastroj-obrobok“, 4-6. Oktober 1995, Nitra, Slovensko.
- [77] Паралидов, К., (2014), Истражување на влијанието на бројот на заби и височината на режење врз отпорот на режење со кружна пила, Магистерска работа, Скопје.
- [78] Paralidov K., Koljozov V., Trposki Z., Karanakov V., (2015), „Research on kerf number influence on cutting power during woodprocessing on circular saw“, Second International Scientific Conference ”Wood Technology & Product Design”, Ohrid, 30th August – 2 nd September, pg. 221-225,
- [79] Koljozov V., Trposki Z., Rabadjiski B., Zlateski G., Karanakov V. , (2019), „Research on the effects of the cutting speed on cutting force and the cutting power in the process of milling“, 4th International Scientific Conference ”Wood Technology & Product Design”, Ohrid, 4–7 September, pg. 278-283,
- [80] Đurković M., Milosavljević Miric M., Mihailović V., Danon G., (2019), „Tool wear impacts on cutting power and surface quality in peripheral wood milling“, 4th International Scientific Conference ”Wood Technology & Product Design”, Ohrid, 4–7 September, pg. 110-118,.
- [81] Trposki Z., Klincarov R., Koljozov V., (1999), „The influence of cutting kinematics of bandsaw on production effects“, 2-nd International conference "Machine-Tool-Workpiece", Technical University of Zvolen, Nitra,.
- [82] Георгиевски, Ж., (1994), Анатомија и технички својства на дрвото, II дел Технички својства на дрвото, Скопје
- [83] Георгиевски, Ж., (1993), Анатомија и технички својства на дрвото, Скопје
- [84] Jevtić, P., (2005), Površinska obrada masivnog drveta uljima i voskovima, Magistarski rad, Šumarski fakultet, Beograd,
- [85] Ugrenović, A., (1950) Tehnologija drveta, Zagreb
- [86] Манева, А., (2012), Утицај примењеног система површинске обраде на квалитет обрађене површине, магистарски рад, Шумарски факултет, Београд.

- [87] Manev, T., (1991), Istraživanje utjecaja močenja na kvalitetu površinske obrade namještaja, Doktorska disertacija, Zagreb.
- [88] Ljuljka B., (1990), Površinska obrada drva, Zagreb.
- [89] Jaić, M., Živanović, R. (1993), Površinska obrada drveta – Svojstva materijala, kvalitet obrade, SITZAMS, Beograd,.
- [90] Jaić, M., Živanović-Trbojević, R. (2000), Površinska obrada drveta - Teorijske osnove, tehnološki procesi, Autorsko izdanje, Beograd,.
- [91] Mandić, M; Svrđić, S; Danon, G, (2013): The comparative analysis of two methods for the power consumption measurement in circular saw cutting of laminated particle board, wood research 60 (1) 125-136.
- [92] Трпоски, З., (1996), Влијание на промена на кинематиката на режење кај лентовидни пили, Докторска дисертација, Скопје.
- [93] Koljozov V., Trposki Z., Rabadziski B., Zlateski G., (2012): „Influence of feed rate on cutting force and cutting power during woodprocessing on band saw“, Wood - Design and Technology, Journal of wood science, design and technology, Skopje, Vol.1 No.1, Pg.52-56,
- [94] Mikuláš,S., Mišura, L., (2006): Investigations of cutting power versus clearance of a circular saw blade over the workpiece and feed speed, Drvna industrija 57 (1) 13-17.
- [95] Krilek, J., Ťavodová, M, Kováč, J.,Tichý, B. (2020): Impact of irregular tooth pitch of circular saw blades on power for wood cross-cutting, Drvna industrija 71 (1) 3-11.
- [96] Svrđić, S.; Djurković, M.; Danon, G; Furtula, M; Stanojević, D., (2021): On acoustic emission analysis in circular saw cutting beech wood with respect to power consumption and surface roughness, BioResources 16(4) 8239-8257.
- [97] Stanojević M.D, Danon J. G., (2015): Istraživanje snage rezanja na kružnim testerama pri rezanju ploča od iverice različitih svojstava, Tehnika-Mašinstvo 64 4, pp. 638-643.

СПИСОК НА ОБЈАВЕНИ НАУЧНИ ТРУДОВИ

1. Манев Т., Бахчевандчиев К., Манева А.: Компаративни проучувања на квалитетните својства на лакирани површини на некои поважни лисјарски дрвни видови, Шумарски факултет, Скопје, 2002
2. Манев Т., Бахчевандчиев К., Манева А.: Влијание на течни агенци врз површини од јасен лакирани со полиестерски лак, Годишен зборник, Шумарски факултет, Скопје, 2002
3. Манев Т., Бахчевандчиев К., Манева А.: Атхезија на површини од бука лакирани со нитроцелулозен лак, Годишен зборник, Шумарски факултет, Скопје, 2002
4. Manev T., Bahcevandziev K., Maneva A.: Steadiness of the polished surfaces of ash tree with polyester polish, Les wood revija za lesno gospodarstvo, Letnik 55, st.3, oktober, 2003
5. Manev T., Bahcevandziev K., Maneva A.: Adhesion of varnished beech wood surfaces, International conference, trends in design, construction and technology of wooden products, Zagreb, R.Hrvatska, October, 15th, 2004
6. Манева А., Манев Т.: Влијание на брусење и бајцување врз квалитетот на фурнирани површини, Меѓународен симпозиум, Зборник на трудови, Охрид, 24-26 октомври, 2007
7. Манева А., Манев Т.: Рапавост и сјај на лакирани површини, Меѓународен симпозиум, Зборник на трудови, Охрид, 24-26 октомври, 2007
8. Манева Т. Анастасија: Утицај примењеног система површинске обраде на квалитет обраѓене површине, Магистарски рад, Београд, 2012
9. Temelkova A., Jaić M.: Resistance of surfaces treated with 2K polyurethane and 2K acryl-izocyanate coatings to dry heat, International Scientific Conference „Wood Technology & Product Design”, Ohrid, 16th-18th May, 2013
10. Jevtić P., Temelkova A.: Influence of roughness of wood on adhesion of polyurethane wood finish, 3rd International Scientific Conference „Wood Technology & Product Design”, Ohrid, 11th-14th September, 2017
11. Temelkova A., Jevtić P.: Resistance of wooden lacquered surface to scratching, „Wood, Design & Technology”, Volume 8. No.1, Faculty of Design and Technologies of furniture and Interior, Skopje, North Macedonia 2019
12. Temelkova A.: Resistance of wooden lacquered surface to abrasion, 5th International Scientific Conference „Wood Technology & Product Design Proceedings”, Ohrid, 14th-17th September, North Macedonia 2021
13. Temelkova A.: Impact of feed rate on roughness of the cut surface, during cutting dry spruce wood with a circular saw „ 6th International Scientific Conference „Wood Technology & Product Design Proceedings”, Ohrid, 13th-15th September, North Macedonia 2023
14. Temelkova A.: Impact of feed rate on roughness of the cut surface, during cutting dry beech wood with a circular saw, 6th International Scientific Conference „Wood

Technology & Product Design Proceedings”, Ohrid, 13th-15th September, North Macedonia 2023

15. Temelkova A., Trposki Z.: Impact of feed rate on energy consumption during cutting dry beech wood with a circular saw, 32nd International Conference on Wood Science and Technology – ICWST 2023 „UNLEASHING THE POTENTIAL OF WOOD-BASED MATERIALS”, Zagreb, 7th-8th December, Croatia, 2023.

БИОГРАФИЈА

Анастасија Трајче Темелкова е родена на 09.04.1976 година во Скопје. Основно и средно образование завршила во Скопје. Во академската 1994/95 се запишала на Шумарскиот факултет при Универзитетот „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје, на студиската програма Дрвна индустрија. Првиот циклус студии го завршила во 1999 година со просечна оценка 9,02. Со одбрана на дипломската работа под наслов „Испитување на атхезијата на лакирани букови површини со полиуретански лак“ се стекнала со стручниот назив дипломиран инженер.

Во академската 1999/2000 година се запишала на втор циклус студии на Шумарскиот факултет во Скопје, на студиската програма од областа на финална обработка на дрвото. Во учебната 2005/2006 се префрлила на магистерски студии од областа на Финална преработка на дрвото на Универзитетот во Белград на Шумарскиот Факултет. Предвидените испити ги положила со просечна оценка 9,60. Магистерскиот труд, насловен „Утицај примењеног система површинске обраде на квалитет обраѓене површине“, го работела под менторство на проф. д-р Милан Јајић и успешно го одбрала на 17.12.2012 година, со што се стекнала со академски назив магистер на науки од областа на преработка на дрво.

Во академската 2020/2021 година се запишала на трет циклус докторски студии на Факултетот за дизајн и технологии на мебел и ентериер во Скопје, на студиската програма Дизајн и технологии на мебел и ентериер. Докторскиот труд со прифатен наслов „Влијание на кинематските параметри при надолжно режење со кружна пила“ го работи под менторство на проф. д-р Зоран Трпоски.

BIOGRAPHY

Anastasija Trajce Temelkova was born on April 9, 1976, in Skopje. She completed her primary and secondary education in Skopje. In the 1994/1995 academic year, she enrolled at the Faculty of Forestry, University "Ss. Cyril and Methodius" in Skopje, in the study programme Wood Industry. She completed her bachelor studies in 1999 with a GPA of 9.02. By defending her thesis titled "Examination of Adhesion of Lacquered Beech Surfaces with Polyurethane Varnish," she earned the professional title of an Engineer.

In the 1999/2000 academic year, she enrolled in the master programme at the Faculty of Forestry in Skopje, in the study program Wood Processing. In the 2005/2006 academic year, she transferred to the master programme Wood Processing at the Faculty of Forestry, University of Belgrade. She passed the required exams with a GPA of 9.60. Her master's thesis, titled "The Influence of the Applied Surface Treatment System on the Quality of the Processed Surface," was completed under the mentorship of Prof. Dr. Milan Jaić. She successfully defended her thesis on December 17, 2012, earning the academic title of Master of Science in Wood Processing.

In the 2020/2021 academic year, she enrolled in the doctoral studies at the Faculty of Design and Technologies of Furniture and Interior - Skopje, in the study program Design and Technologies of Furniture and Interior. Her doctoral dissertation, titled "Impact of kinematic parameters during longitudinal cutting with a circular saw," is being developed under the mentorship of Prof. Dr. Zoran Trposki.



**УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“
ВО СКОПЈЕ
ФАКУЛТЕТ ЗА ДИЗАЈН И ТЕХНОЛОГИИ НА
МЕБЕЛ И ЕНТЕРИЕР – СКОПЈЕ**



М-р Анастасија Трајче Темелкова

**ВЛИЈАНИЕ НА КИНЕМАТСКИТЕ ПАРАМЕТРИ ПРИ НАДОЛЖНО
РЕЖЕЊЕ СО КРУЖНА ПИЛА**

Авторезиме на докторска дисертација

Скопје, 2024

1. ВОВЕД

Употребата на кружните сечила во развојот на дрвната индустрија е многу честа и важна. Воглавно се работи за извршување на операциите на обработката на дрвото: кретење, пилење, отсекување до големина, окрјачување, распилување, жлебување (Lisičan). Сите овие операции се реализираат со машини чиј алат за режење е кружно сечило. (Siklienka, Mišura).

Изборот на бројот на заби на кружната пила е прилично важен чекор за квалитетот на режење. Тоа не влијае само на енергетскиот аспект, туку и на абеењето на забите и на квалитетот на режењето. (Mikleš, Kováč, Krilek). Абеењето може да се дефинира како губење на материјал од резната острица поради механички или хемиски фактори поврзани со процесот на режење. (Akrouche, Outathyon, Nouveau, Marchal, Zerizer, Butaud)

Процесот на режење на дрвото е сочинет од четири нераздвојни целини (Marko, Holik,). Првата е материјалот кој се обработува (вид на дрво, влажност, густина, температура, димензии, цврстина итн). Другата целина ја сочинуваат условите на режење (тие претставуваат збир на фактори кои непосредно влијаат на материјалот кој се обработува, алатот и уредот, и тие се неопходни за изведување на процесот на режење). Третата целина е механизмот на режење (главно движење, помошно движење, моќноста на режење, перформансите на моторот итн.). Четвртата целина ја претставува алатот (бројот на сечива, видот на материјалот, геометрија на алатот итн.). Познавањето на секој од овие подсистеми придонесува за намалување на трошоците на производство и заштеда на енергијата (Kováč, Mikleš).

Покрај физичките, механичките и анатомските својства на дрвото, квалитетот на површината на деталите и финалните производи се под влијание на бројни фактори како: насоката на режење, геометријата на забите и неговата острица, дебелината на изрежаниот дел, недостаток на прецизноста на остриот алат, технолошките параметри (брзина на режење, брзина на движење итн.) (Richter, Feist, Knabe).

Квалитетот на обработката вклучува прецизноста на обработка и квалитетот на обработената површина. Овие два меѓусебно зависни показатели на квалитетот на обработка, зависат од бројни фактори, претставуваат најважните услови за постигнување на бараниот квалитет на производот (Škaljić, Beljo Lučić, Čavlović, Obućina,)

Параметрите кои обично се користат во истражувањата при обработка на тврдо дрво, како репрезентивни параметри за квантифицирање на рапавоста на површината или брановидноста базирани на мерењата се: $R_a (W_a)$, $R_q (W_q)$ и $R_z (W_z)$ кои според ISO 4287:1997 година претставуваат аритметичка средина на апсолутните ординатни вредности во рамките на испитуваната должина, корен на средните квадратни вредности на ординатите во рамките на испитуваната должина и просекот на збирот на висината на најголемиот профил на висината на врвот и најголемата длабочина на долината на профилот во рамките на испитуваната должина соодветно. Тие параметри се користат за одредување на рапавоста на површината која е збир од:

- структурна рапавост поради анатомските карактеристики на дрвото, што не е во функција од машинската обработка,
- машинска рапавост предизвикана од обработката кои не може да се претстават како некои периодични сигнали и
- кинематска рапавост поради трагите на забите и страничните движења на забите (сечилото) на пилата, што може да се претстави како комплекс од периодични сигнали. (Đukić, Merhar, Jovanović, Herceg).

Ефектот на структурната рапавост на обработката на цврстото дрво може да има големо влијание врз целокупната рапавост на површината во зависност од видот на дрвото, и може да биде тешко да се направи разлика помеѓу структурната рапавост и рапавоста од обработката. (Gottlöber).

Одредувањето на квалитетот на површината е комплексен процес зависен од хетерогената структура на дрвото, кинематиката на процесот на режење и условите за обработка. (Stanojevic, Mandic, Danon, Svrzic; Koch,)

Постојат многу различни влијателни фактори од кои зависи потрошувачката на енергија. Тоа се: материјалот кој се обработува, материјалот од кој е изработен алатот, геометријата на алатот, брзината на главното движење, брзината на поместот и сл. (Stanojevic, Stefanovic,)

Според некои автори моќноста на режење е исклучиво во функција од механичките својства на материјалот (Aquilera, Martin). Други автори наведуваат дека моќноста на режење е под влијание на параметрите на режење (Goglia, Risović, Beljo-Lučić, Đukić).

Конечниот квалитет на обработка на дрвото и композитите од дрво (WBC) зависат од многу фактори, кои можат да се групираат во четири категории: материјалот кој се обработува (вклучувајќи ја неговата ориентација), условите на режење (ситуација на режење, брзина на режење, брзина на поместување, помест по заб, дебелина на струготината), машината и алатот. Сите овие фактори (вклучувајќи го и квалитетот на алатот) треба да бидат оптимални со цел да се добие задоволувачка површина и рабови на материјалот. (Palubicki, Szulc, Sandak, Sinn, Orłowski).

Дрвото како материјал, според тврдината се дели на меко и тврдо дрво, па затоа во ова истражување ќе се врши споредба на резултатите кај меко (бор) и тврдо (бука) дрво. Разликите во тврдината ќе покажат и разлики во:

- потрошувачката на енергија по единица резна површина;
- квалитетот на режење;
- брзина на затапување на остриците од резниот алат;
- структура на струготината (струшка, пилевина) и
- друго

Од друга страна, од брзината на поместување на предметот на обработка, исто така влијаат врз:

- дебелината на струготината (струшката);
- потрошувачката на енергија по единица резна површина;
- квалитетот на режење;
- брзина на затапување на остриците од резниот алат;
- структура на струготината (струшка, пилевина).

- и друго.

Од трета страна, бројот на заби за ист дијаметар и број на вртежи на резниот алат, имаат влијание врз:

- дебелината на струготината (струшката);
- потрошувачката на енергија по единица резна површина;
- брзина на затапување на остриците од резниот алат;
- квалитетот на режење;
- структура на струготината (струшка, пилевина).
- и др.

Од четврта страна, височината на режење има влијание врз:

- потрошувачката на енергија по единица резна површина;
- брзина на затапување на остриците од резниот алат;
- квалитетот на режење;
- структура на струготината (струшка, пилевина).
- и др.

Врз основа на претходното констатираме дека видот на дрвото, брзината на поместување, бројот на заби и височината влијаат на исти параметри. Нивното поединечно влијание ќе биде истражено во овој труд.

Врз основа на предметот на истражување си поставивме за цел да го истражime влијанието на видот на дрвото (меко и тврдо), височината на режење, потрошувачката на енергија, квалитетот на режење, односно рапавоста на површината при режење со кружна пила.

Ќе бидат истражени меѓусебните влијанија на влезните и излезните параметри.

Се очекува, добиените вредности од мерењата, заклучоците и препораките секако ќе бидат од голема корист за праксата, но ќе придонесат и за збогатување на стручната литература. Влезните параметри, излезните мерења и нивните вредности ќе дадат точно дефинирани зависимости коишто ќе ја потврдат теоријата и обратно. Материјата од ова истражување може да се искористи за практикуми (збирки задачи), во кои ќе се потврдат теоретските сознанија. Според досегашните сознанија за истражувањата во оваа област, ја приложуваме следната:

СОДРЖИНА

1. **ВОВЕД**
 - 1.1. Предмет на трудот
2. **ДОСЕГАШНИ ИСТРАЖУВАЊА**
3. **ЦЕЛ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО**
4. **КАРАКТЕРИСТИКИ НА СУРОВИНАТА**
 - 4.1. Градба и хемиски состав на буката (*Fagus sylvatica*)
 - 4.2. Градба и хемиски состав на чамот- смрчата (*Picea abies* Karst.) и елата (*Abies alba*)
 - 4.3. Геометрија на површината на дрвото
5. **МЕТОД НА РАБОТА**
 - 5.1. Објект на работа
 - 5.2. Машина користена за експериментот
 - 5.3. Карактеристики на штиците
 - 5.4. Начин и режим на режење
 - 5.5. Мерење и инструменти за мерење
 - 5.5.1. Мерење на влажноста на дрвото
 - 5.5.2. Мерење на рапавоста по критериум R_{max}
 - 5.5.3. Мерење на јачината на електричната струја
 - 5.6. Статистичка обработка на податоци
6. **РЕЗУЛТАТИ**
 - 6.1. Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина и јачината на електричната струја кај бука (*Fagus sylvatica*)
 - 6.1.1. Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$
 - 6.1.2. Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$
 - 6.1.3. Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$
 - 6.1.4. Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА)
 - 6.1.5. Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$

(БУКА)

- 6.1.6. Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА)
 - 6.1.7. Анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ (БУКА)
 - 6.1.8. Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$
 - 6.1.9. Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$
 - 6.1.10. Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$
 - 6.1.11. Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА)
 - 6.1.12. Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА)
 - 6.1.13. Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА)
 - 6.1.14. Анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ (БУКА)
- 6.2. Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина и јачината на електричната струја кај чам-сморча и ела (*Picea abies* Karst., *Abies alba*)
- 6.2.1. Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$
 - 6.2.2. Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$
 - 6.2.3. Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од чам при режење со кружна пила со

број на заби $Z_3=80$

- 6.2.4. Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)
 - 6.2.5. Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)
 - 6.2.6. Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)
 - 6.2.7. Анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ (ЧАМ)
 - 6.2.8. Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$
 - 6.2.9. Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$
 - 6.2.10. Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$
 - 6.2.11. Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)
 - 6.2.12. Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)
 - 6.2.13. Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)
 - 6.2.14. Анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ (ЧАМ)
- 6.3. Анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина и јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$,

$Z_2=60$ и $Z_3=80$, брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ кај примероците од БУКА и ЧАМ

7. АНАЛИЗА И ДИСКУСИЈА НА РЕЗУЛТАТИТЕ

8. ЗАКЛУЧОЦИ

9. ЛИТЕРАТУРА

2. ПРИМЕНЕТИ НАУЧНИ МЕТОДИ И НАЧИН НА РАБОТА

2.1. Геометрија на површината на дрвото

Дрвото е атрактивен материјал чија убавина е незаменлива. (Manev, T.). Технолошки дрвото е анизотропен, нехомоген, порозен и хигроскопен материјал. (Ljuljka, B.). Механички обработената површина и нејзината геометрија, можеме да ја анализираме како:

- Точност на мерките
- Точност на формата
- Точност на положбата
- Квалитет на обработените површини (брановидност и рапавост).

Отстапувањето на формата и брановидноста спаѓаат во макрогеометрија, а рапавоста во микрогеометрија на површината. Отстапувањето од формата е една од геометриските карактеристики на деталот, додека брановидноста и рапавоста претставуваат квалитет на обработената површина. (Манева, А.)

Влијанието на квалитетот на површинската обработка се огледува во хемискиот состав и геометриската состојба на површината. Освен тоа, треба да се има во предвид дека и некои механички својства на подлогата, како на пр. тврдината и еластичноста можат да влијаат на квалитетот на обработената површина. (Jaić, M., Živanović, R.). Рапавоста во себе вклучува структурна рапавост и рапавост од механичка обработка.

Во современото производство на мебел се поголемо внимание се посветува на квалитетот на површината. Употребната вредност на готовиот производ не зависи само од применетиот материјал и точноста на обработка, туку и од квалитетот на површината. Еден од квалитетните показатели на површината е нејзината геометриска состојба, односно рапавоста на површината. Невозможно е да се даде општа и егзактна дефиниција за рапавоста на површината. Постојат низа параметри кои ја дефинираат рапавоста, а основниот проблем претставува правилниот избор на параметрите со кои за одредена намена верно се опишува површината чија рапавост се мери. (Манева, А.).

Квалитетот на површината се дефинира со оценка, односно со мерење на својствата кои воопшто можат да се поделат во пет групи: (Jaić, M., Živanović-Trbojević, R.)

1. Физички својства (густина, распоред на густината, оптички, топлински, електрични и акустични константи, апсорпција, рефлексија);
2. Механички својства (цврстина, тврдина, еластичност, отпорност на абегење, способност на преработка, обработка и формирање, карактеристики на напрегањето после обработка и др.);
3. Хемиски, односно физичко-хемиски својства (реагирање на површината при влијание на воздух, вода, масло, хемикалии, температура, светлосни зраци и др.);
4. Естетски својства (боја, сјај, текстура, едноличност и општ поим за убавина);
5. Геометриска состојба на површината (сите форми на нерамнини и отстапувања).

Повеќето физички, механички и хемиски својства не се однесуваат само на површината која има две димензии, туку претставува карактеристика на површинскиот слој кој е тродимензионален. Отстранувањето на рапавоста од површината на дрвото се извршува со разни постапки во механичката обработка на дрвото. Една од тие постапки е и брусеење со брусни ленти. Меѓутоа, грубата рапавост добиена после бичењето во пиланската преработка не може да се отстрани директно со брусеење. Тие дрвни површини после сушење најпрво механички се обработуваат со рамнење, глодање при што површината на дрвото се прилагодува на операцијата брусеење. При обработка на дрвото со режење доаѓа до разорување на врската помеѓу честичките на дрвото по зададената рамнина и предметот за обработка се дели на делови со појава на струготина или без неа. (Манева, А.)

2.2. Машина користена за експериментот

Истражувањата се извршени на форматна кружна пила од грчко потекло: NIKOLAIDIS TEMA 3800 (слика 1). Основна карактеристика на оваа машина е што главното и помошното движење го изведува резниот алат. За време на режењето предметот за обработка е притиснат со пневматска притисна греда.

Најважните технички карактеристики за ова истражување се: димензијата на кружната пила (250mm*3,2mm), моќноста на главниот електромотор (4,5kW), бројот на вртежи на кружната пила (5500min^{-1}) и брзината на поместување ($5\text{-}30\text{mmmin}^{-1}$).



Слика 1. Изглед на основната машина-форматна кружна пила од грчко потекло: NIKOLAIDIS TEMA 3800

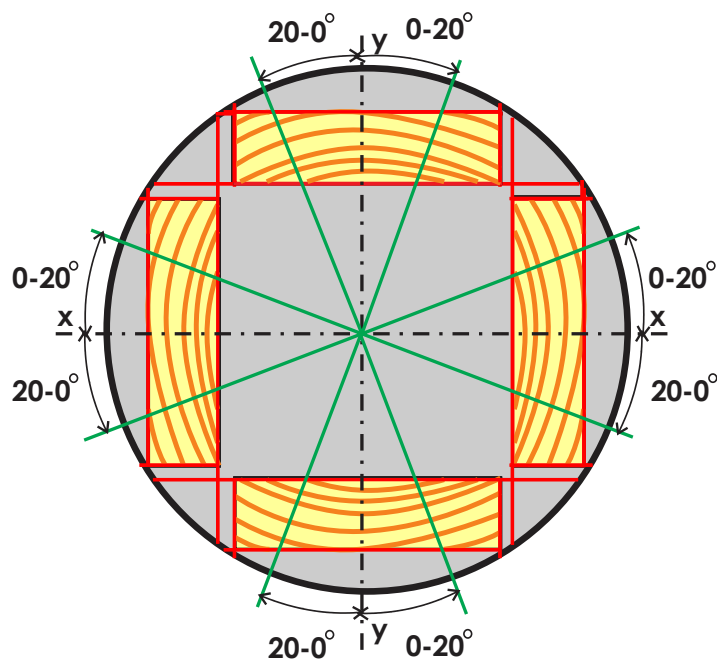
2.3. Карактеристики на штиците

Во ова истражување, подготвени се штици од бука (*Fagus Sylvatica*) и чам (*Picea abies* Karst., *Abies alba*), со точна дебелина од 15mm. Штиците се избрани од строго тангенцијални резони, така што за време на опитот, остриците го изведуваат режењето под агол од $70-90^\circ$ во однос на годовите (слика 2). На овој начин се избегнува поголемо влијание врз резултатите од доцното или раното дрво. Точната дебелина на штиците е постигната со рамнење и деблање. Значи, двете поголеми површини се мазни и паралелни меѓу себе. Штиците се со влажност:

За БУКА: 9,6; 8,5; 10,3; 10,1 и 9,0%, средно 9,5% влажност.

За СМРЧА: 10,8; 9,0; 9,5; 11,4 и 10,6%, средно 10,26% влажност.

Влажноста на штиците има мала разлика која нема влијание на излезните резултати.



Слика 2 . Местоположба на штиците во трупецот (тангенцијални штици)



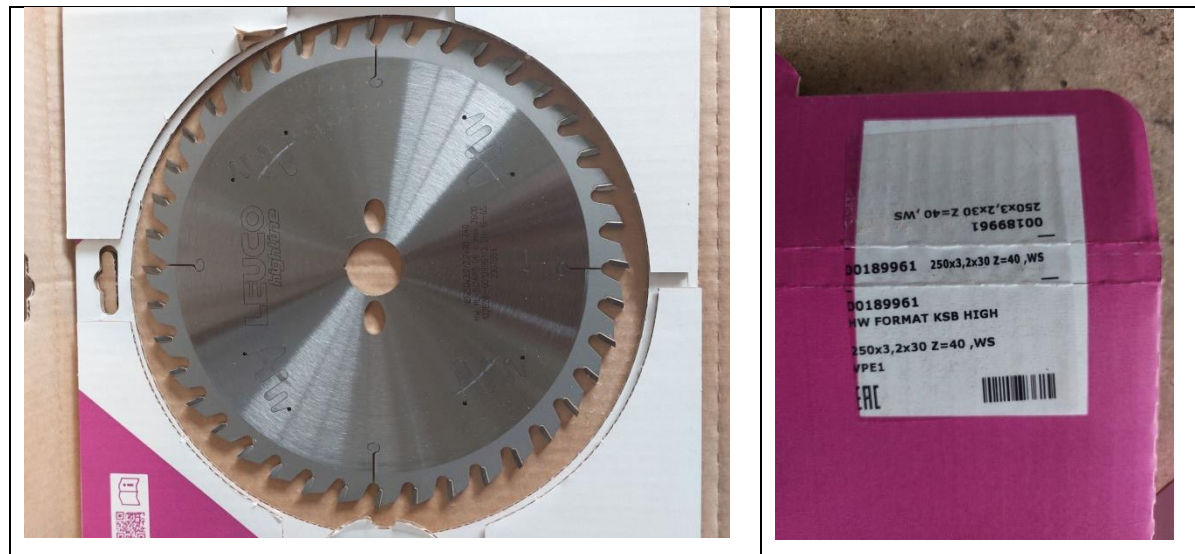
Слика 3. Подготвени штици од БУКА со дебелина од 15 mm



Слика 4. Подготвени штици од ЧАМ со дебелина од 15 mm

2.4. Начин и режим на режење

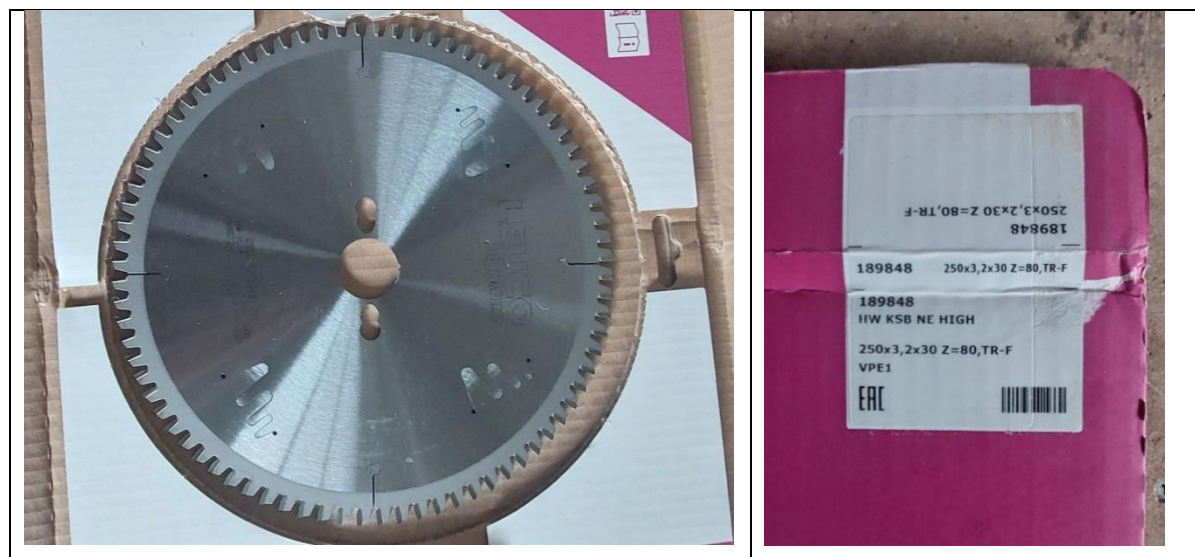
Набавени се три кружни пили со дијаметар од $D=250\text{mm}$, дебелина од $3,2\text{mm}$ и со различен број на заби ($Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$), од фирмата LEUCO. Забите се со плочки од тврд метал со идентични геометриски параметри, наменети за надолжно режење на тврдо и меко дрво (слики 5,6,7).



Слика 5. Кружна пила со дијаметар $D=250\text{mm}$, дебелина $3,2\text{mm}$ и број на заби $Z_1=40$



Слика 6. Кружна пила со дијаметар $D=250\text{mm}$, дебелина $3,2\text{mm}$ и број на заби $Z_2=60$



Слика 7. Кружна пила со дијаметар $D=250\text{mm}$, дебелина $3,2\text{mm}$ и број на заби $Z_3=80$

Избраните височини на режење (дебелини) од 15, 30 и 45mm се добиваат со мултиплицирање на дебелината од 15 mm. За првата височина на режење се користи една штица од 15mm (1x15mm), две штици (2x15mm) за височина на режење од 30mm и три штици (3x15mm) за височина на режење од 45mm. (Табела 1)

Добиените пробни тела (проби), за пилите со различен број заби и различните височини на режење се прикажани на слика 8 и 9.

Табела 1. Дијаметар на пилите, број на заби и височини на режење

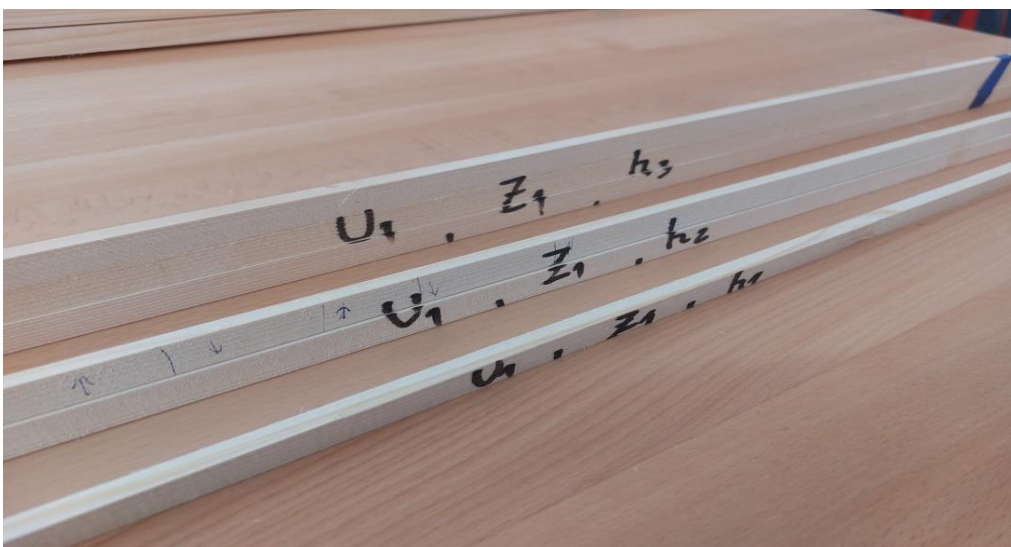
	Дијаметар на пилите	Број на заби	Височина на режење
1	D=250mm	$Z_1=40$	$h_1=15\text{mm}$
2			$h_2=30\text{mm}$
3			$h_3=45\text{mm}$
4		$Z_2=60$	$h_1=15\text{mm}$
5			$h_2=30\text{mm}$
6			$h_3=45\text{mm}$
7		$Z_3=80$	$h_1=15\text{mm}$
8			$h_2=30\text{mm}$
9			$h_3=45\text{mm}$

Избрани се три брзини на поместувањето на пилата, односно $U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{m/min}$ (mmmin^{-1}). Брзината на поместување на дисплејот од машината е прикажана во %, односно за $U_1=12\text{ mmmin}^{-1}$ апроксимативно се добиваат 40%, за $U_2=16\text{ mmmin}^{-1}$ се добиваат 66,5% и за $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ се добиваат 79,8%.

Должините на резевите за сите мерења изнесуваат 1,0m.



Слика 8. Проби од БУКА добиени при брзина на поместување $U_1=12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, број на заби од кружната пила $Z_1=40$, за височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$



Слика 9. Проби од ЧАМ добиени при брзина на поместување $U_1=12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, број на заби од кружната пила $Z_1=40$, за височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$

2.5. Мерење и инструменти за мерење

2.5.1. Мерење на влажноста на дрвото



Слика 10. Влагомер тип NIGOS RVD-904

Влажноста на дрвото е мерена со влагомер тип NIGOS RVD-904. За секоја штица се направени по 5 мерења меѓусебно поставени на растојание од 20 до 25cm (слика 10).

2.5.2. Мерење на рапавоста по критериум $R_{\max}$

Податоците за рапавоста се мерени со дигитален компаратор, тип Shahe (слика 11), по критериумот $R_{\max}$. Кај секој примерок, на должина од 1,0m, со референтна фланша со должина од 100mm се земени по 100 мерења.



Слика 11. Дигитален компаратор тип SHAHE

2.5.3. Мерење на јачината на електричната струја

Мерењето на јачината на струјата е извршено со напонска клешта клешта тип MASTECH MS 2008В, по 50 мерења на должина од 1m, за секој рез посебно (слика 12).



Слика 12. Напонска клешта тип MASTECH MS 2008В

3. РЕЗУЛТАТИ

Согласно истражувањата добиените резултати се поделени како што следува:

I. Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина и јачината на електричната струја кај бука (*Fagus sylvatica*)

- Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$
- Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$
- Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$
- Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА)
- Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА)
- Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА)
- Анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ (БУКА)
- Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$
- Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$
- Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од бука при режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$
- Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА)
- Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА)
- Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на

режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ (БУКА)

- Анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ (БУКА)

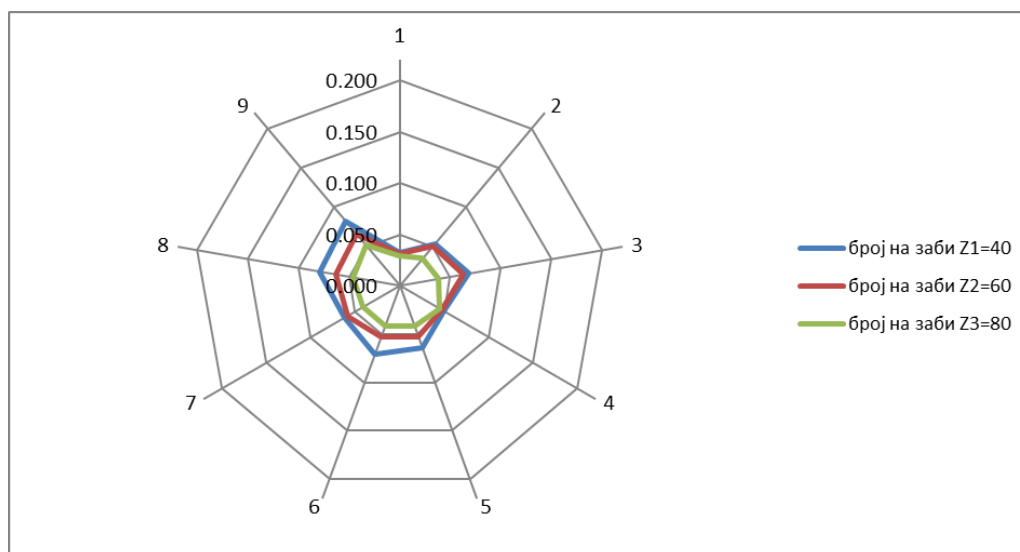
II. Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина и јачината на електричната струја кај чам-смрча и ела (*Picea abies* Karst., *Abies alba*)

- Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$
- Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$
- Резултати од истражувањето на рапавоста на резната површина кај примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$
- Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)
- Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)
- Регресиона анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_3=16\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)
- Анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ (ЧАМ)
- Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби $Z_1=40$
- Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби $Z_2=60$
- Резултати од испитувањето на јачината на електрична струја (I) на примероците од чам при режење со кружна пила со број на заби $Z_3=80$
- Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)
- Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)

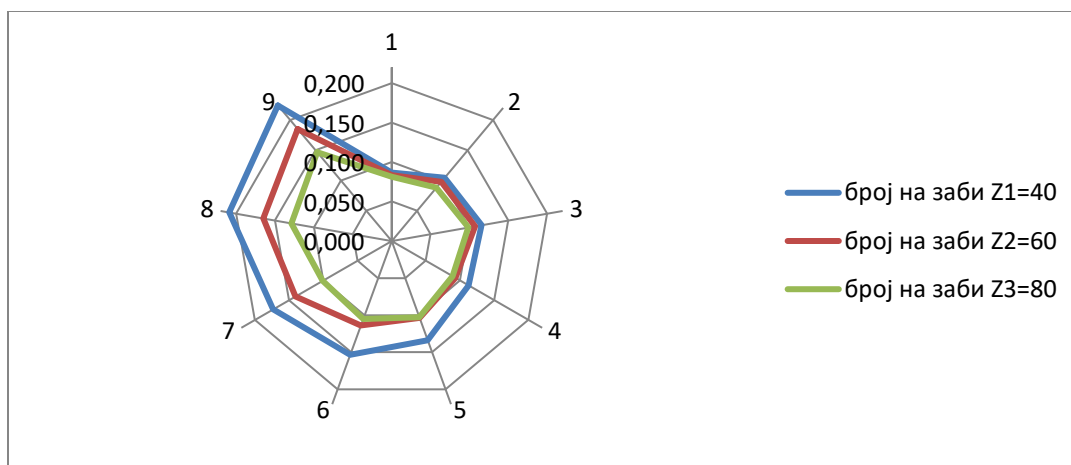
- Регресиона анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, кај различните височини на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ при константна брзина на поместување $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ (ЧАМ)
- Анализа на средните вредности од јачината на електрична струја (I) кај кружни пили со број на заби $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$, брзина на поместување $U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височина на режење $h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$ (ЧАМ)
- Анализа на средните вредности од рапавоста на резната површина и јачината на електрична струја кај кружни пили со број на заби $Z=40$, 60 и 80 , брзина на поместување $U_1=12$, $U_2=16$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$ и височини на режење $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ и $h_3=45\text{mm}$ кај примероците од БУКА и ЧАМ

Поради големиот број на табели и графикони изложени на преку 120 страници се задржуваме на најважните, прикажани во наредниот текст.

Во Графиконите 1 и 2 прикажани се резултати од анализата на средните вредности од рапавоста на резната површина за двата дрвни вида (бука и чам) кај сите три вида на кружни пили (со број на заби $Z=40$, 60 и 80), кај вкупно трите брзини на поместување ($U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$) и за сите три височини на режење ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$).



Графикон 1: Графички (радар) приказ на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$ заби (БУКА)

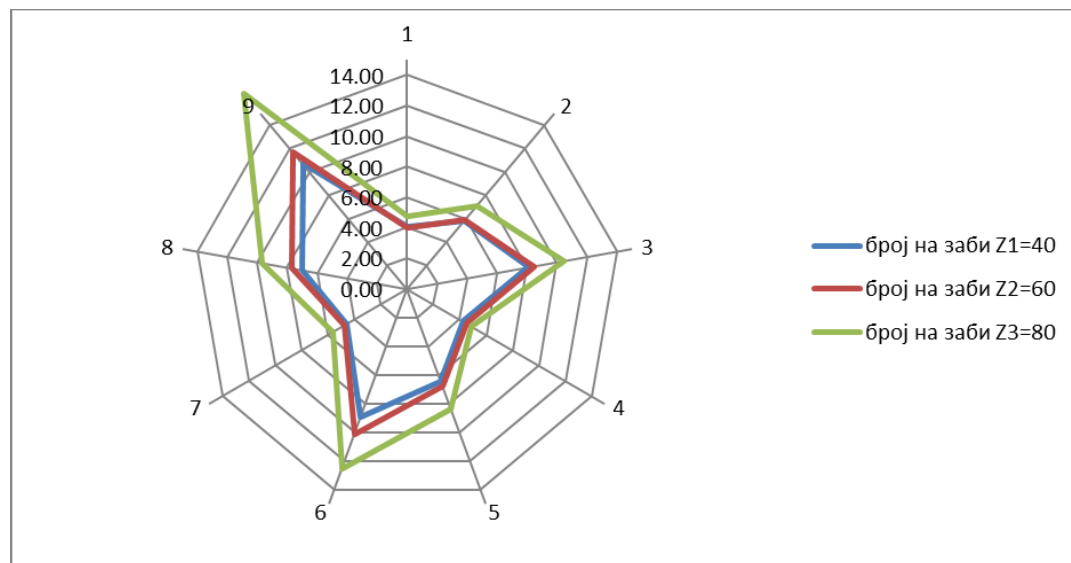


Графикон 2: Графички (радар) приказ на средните вредности од рапавоста на резната површина кај кружни пили со $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$ заби (ЧАМ)

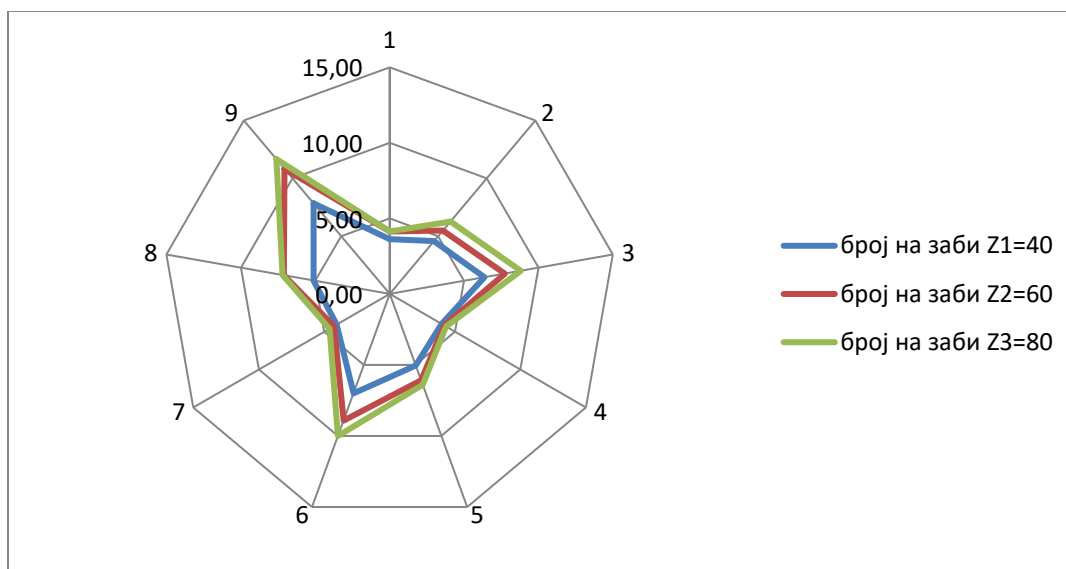
Од прикажаните графикони можеме да забележиме еднаква констатација, односно и кај примероците од бука и кај примероците од чам со зголемување на височината на режење пропорционално се зголемува рапавоста на резната површина, а со зголемување на бројот на заби на кружните пили обратнопропорционално се намалува рапавоста на резната површина.

Споредувајќи ги истите, забележуваме дека кај буката во однос на чамот средните вредностите на рапавоста на резната површина по критериумот $R_{\max}$ се значајно помали.

Во Графиконите 3 и 4 прикажани се резултати од анализата на средните вредности од јачината на електрична струја за двата дрвни вида (бука и чам) кај сите три вида на кружни пили (со број на заби $Z=40$, 60 и 80), кај вкупно трите брзини на поместување ($U_1=12\text{mmmin}^{-1}$, $U_2=16\text{mmmin}^{-1}$ и $U_3=20\text{mmmin}^{-1}$) и за сите три височини на режење ($h_1=15$, $h_2=30$ и $h_3=45\text{mm}$).



Графикон 3: Графички (радар) приказ на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$ заби (БУКА)



Графикон 4: Графички (радар) приказ на средните вредности од јачината на електрична струја кај кружни пили со $Z_1=40$, $Z_2=60$ и $Z_3=80$ заби (ЧАМ)

Од прикажаните графикони можеме да забележиме еднаква констатација, односно и кај примероците од бука и кај примероците од чам со зголемување на височината на режење и бројот на заби на кружната пила пропорционално се зголемува јачината на електрична струја.

Споредувајќи ги истите, забележуваме дека кај буката во однос на чамот средните вредностите на јачината на електричната струја се значајно поголеми.

4. ЗАКЛУЧОЦИ

Со испитувањето на влијанието на кинематските параметри при надолжното режење со кружна пила добиени се резултати врз основа на кои можеме да ги донесеме следните заклучоци:

1. Со зголемување на поместот се зголемуваат вредностите за рапавоста на резната површина и потрошувачката на електричната енергија, кај двата дрвни вида.
2. Со зголемување на височината на режење се зголемуваат вредностите за рапавоста на резната површина и потрошувачката на електрична енергија, кај двата дрвни вида.
3. Со зголемување на бројот на заби на резниот алат – кружна пила се намалуваат вредностите за рапавоста на резната површина, кај двата дрвни вида.
4. Со зголемување на бројот на заби на резниот алат – кружна пила се зголемува потрошувачката на енергија, и кај двата дрвни вида.
5. Најниски вредности за рапавоста на резната површина се добиени кај најмалата височина на режење, од вкупно три во ова истражување, и тоа кај двата дрвни вида.
6. При најмалата брзина на помест, добиени се најниски вредности за рапавоста на резната површина, од истражуваните три брзини на помест во истражувањето, и кај двата дрвни видови.
7. Од сите три типа на кружни пили користени како резен алат, најниски вредности за рапавоста на резната површина се добиени при режењето со кружна пила со најголем број на заби.
8. Во однос на височината на режење, од сите три применети височини на режење во ова истражување, најмала потрошувачка на електрична енергија е добиена кај најмалата височина на режење.
9. Во однос на брзината на помест, од сите три применети брзини на помест во ова истражување, најмала потрошувачка на енергија е добиена кај најмалата брзина на помест.
10. Во однос на бројот на заби на кружната пила, од вкупно три кружни пили користени во ова истражување со различен број на заби, најмала потрошувачка на енергија е добиена кај кружната пила со најмал број на заби.
11. Од аспект на дрвните видови кои се користени во ова истражување како предмет за обработка, буката и чамот, можеме да забележиме разлика во добиените вредности. Имено, пониски вредности за рапавоста на резната површина се добиени кај буката, додека кај чамот се добиени повисоки вредности за рапавоста на резната површина, што се должи на анатомската структура на дрвото.
12. Кај потрошувачката на енергија имаме обратнопропорционален процес, односно помали вредности се добиени кај чамот, а поголеми кај буката, што се должи на големата тврдина на буката.

Од изнесените заклучоци можеме да констатираме дека со зголемување на височината на режење и со зголемување на брзината на поместот **правопропорционално се зголемуваат рапавоста на резната површина и потрошувачката на енергија**, и кај двата дрвни вида. Додека, со зголемување на бројот на заби на кружната пила **правопропорционално се зголемува**

потрошувачката на енергија, меѓутоа бројот на заби влијае обратно пропорционално на рапавоста на резната површина, односно со **зголемување на бројот на забите на кружната пила рапавоста на резната површина се намалува**.

Со ова се потврдени појдовните тези, односно:

1. Потрошувачката на енергија е помала при режење на меко во однос на тврдо дрво.
2. Височината на режење пропорционално ја зголемува потрошувачката на енергија;
3. Брзината на поместување на обработуваниот предмет пропорционално ја зголемува потрошувачката на енергија;
4. Бројот на заби влијае обратнопропорционално на рапавоста на резната површина.

Исто така се потврдени и појдовните хипотези, односно:

1. При режење со многу мала брзина на поместување (зона на создавање на микрострушка), се зголемуваат отпорите на режење, спротивно на очекувањата.
2. Квалитетот на резната површина (рапавоста) при режење со различен број на заби ќе покаже изразена сигнификантност.

Буката и чамот целосно ги задоволуваат условите за избор на дрвни видови. Со споредување на добиените резултати ги увидовме предностите и недостатоците во процесот на режењето со кружна пила од аспект на квалитетот на обработка на резната површина и потрошувачката на електрична енергија.

Сметаме дека овој експериментален докторски труд со наслов „Влијание на кинематските параметри при надолжно режење со кружна пила“ ќе има практично и научно значење, и истиот ќе претставува научен придонес во областа која ги опфаќа проблемите со режењето на дрвото со кружна пила, квалитетот на обработката при режењето, како и потрошувачката на енергијата како значаен економски фактор.



Ss. Cyril and Methodius University in Skopje
Faculty of Design and Technologies of Furniture and
Interior - Skopje



Anastasija Trajče Temelkova, MSc

**IMPACT OF KINEMATIC PARAMETERS DURING LONGITUDINAL
CUTTING WITH A CIRCULAR SAW**

Doctoral dissertation short summary

Skopje, 2024

1. INTRODUCTION

The use of circular blades in the development of the wood industry is very common and significant. These are mainly used for performing wood processing operations such as cutting, sawing, sizing, trimming, ripping, and grooving (Lisičan). All these operations are carried out using machines where the cutting tool is a circular blade (Siklienka, Mišura).

The selection of the number of teeth on a circular saw is a crucial step for determination of quality of the sliced surface. It not only affects the energy aspect but also the wear of the teeth and the cutting quality (Mikleš, Kováč, Krilek). Tool wear can be defined as the loss of material from the cutting edge of the blade due to mechanical or chemical factors related to the cutting process (Aknouche, Outathyon, Nouveau, Marchal, Zerizer, Butaud).

The wood cutting process comprises four inseparable elements (Marko, Holik). The first is the material being processed (type of wood, moisture content, density, temperature, dimensions, hardness, etc.). The second element consists of the cutting conditions, which represent a set of factors that directly affect the material, the tool, and the device, and are essential for the cutting process. The third element is the cutting mechanism (main movement, auxiliary movement, cutting power, engine performance, etc.). The fourth element is the tool (number of blades, type of material, tool geometry, etc.). Understanding each of these subsystems contributes to reducing production costs and saving energy (Kovač, Mikleš).

Apart from the physical, mechanical, and anatomical properties of wood, the surface quality of the processed parts and final products is influenced by numerous factors, such as the cutting direction, tooth geometry, sharpness of the edge, thickness of the cut, lack of precision in the sharp tool, and technological parameters (cutting speed, movement speed, etc.) (Richter, Feist, Knabe).

The processing quality includes the precision of processed surface and the quality of the that surface. These two interdependent quality indicators are affected by many factors and represent the most important conditions for achieving the desired product quality (Škaljić, Beljo Lučić, Čavlović, Obućina).

The parameters commonly used in research related to hardwood processing for the purpose of quantifying surface roughness or waviness based on measurements are: R_a (W_a), R_q (W_q), and R_z (W_z), which, according to ISO 4287:1997. These parameters represent the arithmetic mean of the absolute ordinate values within the measured length, the root mean square of the ordinates within the measured length, and the average of the sum of the height of the largest peak and the depth of the largest valley within the measured length, respectively. These parameters are used to determine surface roughness, which results from:

- structural roughness due to the anatomical characteristics of the wood, unrelated to machine processing,
- mechanical roughness caused by the processing, which cannot be represented as periodic signals, and

- kinematic roughness caused by the marks of the teeth and lateral movements of the saw teeth (blade), which can be represented as a complex of periodic signals (Đukić, Merhar, Jovanović, Herceg).

The effect of structural roughness on the processing of solid wood can significantly influence the overall surface roughness, depending on the type of wood, and it may be difficult to distinguish between structural roughness and roughness caused by processing (Gottlöber).

Determining the surface quality is a complex process dependent on the heterogeneous structure of the wood, the kinematics of the cutting process, and the processing conditions (Stanojevic, Mandic, Danon, Svrzic; Koch).

There are many factors influencing energy consumption, such as the material being processed, the material of the tool, the tool's geometry, the speed of the main movement, and the speed of feed (Stanojevic, Stefanovic).

According to some authors, cutting power is exclusively a function of the mechanical properties of the material (Aquilera, Martin). Others argue that cutting power is influenced by cutting parameters (Goglia, Risović, Beljo-Lučić, Đukić).

The final quality of wood and wood-based composite (WBC) processing depends on many factors, which can be grouped into four categories: the material being processed (including its grain orientation), cutting conditions (cutting situation, cutting speed, feed speed, feed per tooth, chip thickness), the machine, and the tool. All these factors (including the quality of the tool) should be optimized to obtain a satisfactory surface and edge on the material (Palubicki, Szulc, Sandak, Sinn, Orłowski).

Wood as a material is categorized by hardness into softwood and hardwood. In this research, the results for softwood (pine) and hardwood (beech) will be compared. The differences in hardness will also show differences in:

- energy consumption per unit of cutting surface,
- cutting quality,
- blunting speed of cutting tool edges,
- chip structure (chips, sawdust), and
- other factors.

Additionally, feed speed will affect:

- chip thickness,
- energy consumption per unit of cutting surface,
- cutting quality,
- blunting speed of cutting tool edges,
- chip structure (chips, sawdust), and
- other factors.

The number of teeth for the same diameter and tool rotation speed also impacts:

- chip thickness,
- energy consumption per unit of cutting surface,
- blunting speed of cutting tool edges,
- cutting quality,

- chip structure (chips, sawdust), and
- other factors.

Cutting height affects:

- energy consumption per unit of cutting surface,
- blunting speed of cutting tool edges,
- cutting quality,
- chip structure (chips, sawdust), and
- other factors.

Based on the above, it is clear that wood type, feed speed, number of teeth, and cutting height affect the same parameters. Their individual influence will be investigated in this study.

The aim of this research is to examine the impact of wood type (soft and hardwood), cutting height, energy consumption, cutting quality, and surface roughness when cutting with a circular saw. The interrelationships of the input and output parameters will be studied.

It is expected that the values obtained from the measurements, conclusions, and recommendations will be of great practical benefit and will also contribute to the enrichment of technical literature. The input parameters, output measurements, and their values will provide clearly defined dependencies that will confirm the theory and vice versa. This research material can be used for practical manuals, in which theoretical knowledge will be confirmed through practical exercises. Based on current research knowledge, we present the following findings:

TABLE OF CONTENTS

1.	INTRODUCTION
1.1.	Subject of the Thesis
2.	PREVIOUS RESEARCH
3.	RESEARCH OBJECTIVE
4.	CHARACTERISTICS OF THE MATERIAL
4.1.	Structure and Chemical Composition of Beech (<i>Fagus sylvatica</i>)
4.2.	Structure and Chemical Composition of Pine - Spruce (<i>Picea abies</i> Karst.) and Fir (<i>Abies alba</i>)
4.3.	Geometry of the Wood Surface
5.	METHODOLOGY
5.1.	Research Object
5.2.	Machine Used for the Experiment
5.3.	Characteristics of the Planks
5.4.	Cutting Method and Regime
5.5.	Measurement and Measuring Instruments
5.5.1.	Measuring the Wood Moisture
5.5.2.	Measuring the Roughness Based on the R_{max} Criterion
5.5.3.	Measuring the Electric Current Intensity
5.6.	Statistical Data Processing
6.	RESULTS
6.1.	Results of the Research on Surface Roughness and Electric Current Intensity in Beech (<i>Fagus sylvatica</i>)
6.1.1.	Results of the Research on Surface Roughness in Beech Samples Cut with a Circular Saw with 40 Teeth ($Z_1=40$)
6.1.2.	Results of the Research on Surface Roughness in Beech Samples Cut with a Circular Saw with 60 Teeth ($Z_2=60$)
6.1.3.	Results of the Research on Surface Roughness in Beech Samples Cut with a Circular Saw with 80 Teeth ($Z_3=80$)
6.1.4.	Regression Analysis of the Average Surface Roughness Values in Circular Saws with 40, 60, and 80 Teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at Different Cutting Heights $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$, $h_3=45\text{mm}$, and a Constant Feed Speed $U_1=12\text{m/min}$ (BEECH)
6.1.5.	Regression Analysis of the Average Surface Roughness Values in Circular Saws with 40, 60, and 80 Teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at Different Cutting Heights $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$, $h_3=45\text{mm}$, and a Constant Feed Speed $U_2=16\text{m/min}$ (BEECH)
6.1.6.	Regression Analysis of the Average Surface Roughness Values in Circular Saws with 40, 60, and 80 Teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at Different Cutting Heights $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$, $h_3=45\text{mm}$, and a Constant Feed Speed $U_3=20\text{m/min}$ (BEECH)

- 6.1.7. *Analysis of the Average Surface Roughness Values in Circular Saws with 40, 60, and 80 Teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at Feed Speeds $U_1=12\text{m/min}$, $U_2=16\text{m/min}$, $U_3=20\text{m/min}$, and Cutting Heights $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$, $h_3=45\text{mm}$ (BEECH)*
- 6.1.8. *Results of the Research on Electric Current Intensity (I) in Beech Samples Cut with a Circular Saw with 40 Teeth ($Z_1=40$)*
- 6.1.9. *Results of the Research on Electric Current Intensity (I) in Beech Samples Cut with a Circular Saw with 60 Teeth ($Z_2=60$)*
- 6.1.10. *Results of the Research on Electric Current Intensity (I) in Beech Samples Cut with a Circular Saw with 80 Teeth ($Z_3=80$)*
- 6.1.11. *Regression Analysis of the Average Electric Current Intensity (I) Values in Circular Saws with 40, 60, and 80 Teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at Different Cutting Heights $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$, $h_3=45\text{mm}$, and a Constant Feed Speed $U_1=12\text{m/min}$ (BEECH)*
- 6.1.12. *Regression Analysis of the Average Electric Current Intensity (I) Values in Circular Saws with 40, 60, and 80 Teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at Different Cutting Heights $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$, $h_3=45\text{mm}$, and a Constant Feed Speed $U_2=16\text{m/min}$ (BEECH)*
- 6.1.13. *Regression Analysis of the Average Electric Current Intensity (I) Values in Circular Saws with 40, 60, and 80 Teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at Different Cutting Heights $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$, $h_3=45\text{mm}$, and a Constant Feed Speed $U_3=20\text{m/min}$ (BEECH)*
- 6.1.14. *Analysis of the Average Electric Current Intensity (I) Values in Circular Saws with 40, 60, and 80 Teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at Feed Speeds $U_1=12\text{m/min}$, $U_2=16\text{m/min}$, $U_3=20\text{m/min}$, and Cutting Heights $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$, $h_3=45\text{mm}$ (BEECH)*
- 6.2. Results of the Research on Surface Roughness and Electric Current Intensity in Pine – Spruce and Fir (*Picea abies* Karst., *Abies alba*)**
 - 6.2.1. *Results of the Research on Surface Roughness in Spruce Samples Cut with a Circular Saw with 40 Teeth ($Z_1=40$)*
 - 6.2.2. *Results of the Research on Surface Roughness in Spruce Samples Cut with a Circular Saw with 60 Teeth ($Z_2=60$)*
 - 6.2.3. *Results of the Research on Surface Roughness in Spruce Samples Cut with a Circular Saw with 80 Teeth ($Z_3=80$)*
 - 6.2.4. *Regression Analysis of the Average Surface Roughness Values in Circular Saws with 40, 60, and 80 Teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at Different Cutting Heights $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$, $h_3=45\text{mm}$, and a Constant Feed Speed $U_1=12\text{m/min}$ (SPRUCE)*
 - 6.2.5. *Regression Analysis of the Average Surface Roughness Values in Circular Saws with 40, 60, and 80 Teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at Different Cutting Heights $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$, $h_3=45\text{mm}$, and a Constant Feed Speed $U_2=16\text{m/min}$ (SPRUCE)*
 - 6.2.6. *Regression Analysis of the Average Surface Roughness Values in Circular Saws with 40, 60, and 80 Teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at Different Cutting Heights $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$, $h_3=45\text{mm}$, and a Constant Feed Speed $U_3=20\text{m/min}$ (SPRUCE)*
 - 6.2.7. *Analysis of the Average Surface Roughness Values in Circular Saws with 40, 60, and 80 Teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at Feed Speeds*

$U_1=12\text{m/min}$, $U_2=16\text{m/min}$, $U_3=20\text{m/min}$, and Cutting Heights $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$, $h_3=45\text{mm}$ (SPRUCE)

6.2.8. *Results of the Research on Electric Current Intensity (I) in Spruce Samples Cut with a Circular Saw with 40 Teeth ($Z_1=40$)*

6.2.9. *Results of the Research on Electric Current Intensity (I) in Spruce Samples Cut with a Circular Saw with 60 Teeth ($Z_2=60$)*

6.2.10. *Results of the Research on Electric Current Intensity (I) in Spruce Samples Cut with a Circular Saw with 80 Teeth ($Z_3=80$)*

6.2.11. *Regression Analysis of the Average Electric Current Intensity (I) Values in Circular Saws with 40, 60, and 80 Teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at Different Cutting Heights $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$, $h_3=45\text{mm}$, and a Constant Feed Speed $U_1=12\text{m/min}$ (SPRUCE)*

6.2.12. *Regression Analysis of the Average Electric Current Intensity (I) Values in Circular Saws with 40, 60, and 80 Teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at Different Cutting Heights $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$, $h_3=45\text{mm}$, and a Constant Feed Speed $U_2=16\text{m/min}$ (SPRUCE)*

6.2.13. *Regression Analysis of the Average Electric Current Intensity (I) Values in Circular Saws with 40, 60, and 80 Teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at Different Cutting Heights $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$, $h_3=45\text{mm}$, and a Constant Feed Speed $U_3=20\text{m/min}$ (SPRUCE)*

6.2.14. *Analysis of the Average Electric Current Intensity (I) Values in Circular Saws with 40, 60, and 80 Teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at Feed Speeds $U_1=12\text{m/min}$, $U_2=16\text{m/min}$, $U_3=20\text{m/min}$, and Cutting Heights $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$, $h_3=45\text{mm}$ (SPRUCE)*

6.3. Analysis of the Average Values for Surface Roughness and Electric Current Intensity (I) in Circular Saws with 40, 60, and 80 Teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at Feed Speeds $U_1=12\text{m/min}$, $U_2=16\text{m/min}$, $U_3=20\text{m/min}$, and Cutting Heights $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$, $h_3=45\text{mm}$ for Beech and Spruce Samples

7. RESULTS ANALYSIS AND DISCUSSION

8. CONCLUSIONS

9. REFERENCES

2. APPLIED SCIENTIFIC AND RESEARCH METHODS

2.1. Wood surface geometry

Wood is an attractive material whose beauty is irreplaceable (Manev, T.). Technologically, wood is an anisotropic, non-homogeneous, porous, and hygroscopic material (Ljuljka, B.). We can analyze the mechanically processed surface and its geometry in terms of:

- measurement accuracy,
- shape accuracy,
- position accuracy, and
- quality of the processed surfaces (waviness and roughness).

Shape deviation and waviness fall under macro-geometry, while roughness falls under the micro-geometry of the surface. Shape deviation is one of the geometric characteristics of the piece, while waviness and roughness represent the quality of the processed surface (Maneva, A.).

The quality of surface processing is influenced by the chemical composition and geometric state of the surface. Moreover, it should be considered that some mechanical properties of the base material, such as hardness and elasticity, can also affect the quality of the processed surface (Jaić, M., Živanović, R.). Roughness includes both structural roughness and roughness from mechanical processing.

In modern furniture production, increasing attention is being paid to surface quality. The usability of the finished product depends not only on the material used and processing accuracy but also on the surface quality. One of the quality indicators of the surface is its geometric state, i.e., surface roughness. It is impossible to give a general and exact definition of surface roughness. There are several parameters that define roughness, and the main issue is the proper selection of parameters that accurately describe the surface whose roughness is being measured for a given purpose (Maneva, A.).

Surface quality is defined by evaluation, i.e., by measuring properties that can generally be divided into five groups: (Jaić, M., Živanović-Trbojević, R.)

1. Physical properties (density, density distribution, optical, thermal, electrical, and acoustic constants, absorption, reflection);
2. Mechanical properties (strength, hardness, elasticity, wear resistance, processing ability, post-processing stress characteristics, etc.);
3. Chemical or physical and chemical properties (surface reaction to air, water, oil, chemicals, temperature, light rays, etc.);
4. Aesthetic properties (color, gloss, texture, uniformity, and overall sense of beauty);
5. Geometric state of the surface (all forms of irregularities and deviations).

Most physical, mechanical, and chemical properties do not apply solely to the two-dimensional surface but are a characteristic of the surface layer, which is three-dimensional. The removal of roughness from the wood surface is carried out by various procedures in the mechanical processing of wood. One such procedure is sanding with abrasive belts. However, the coarse roughness obtained after sawing in the milling process cannot be removed directly by sanding. These wooden surfaces, after drying, are first mechanically processed by planing and milling, after which the wood surface is prepared for sanding. During wood processing by cutting, the bond between the wood particles is broken along the set plane, and the workpiece is divided into parts, with or without the appearance of shavings (Maneva, A.).

2.2. Machine used for the experiment

The research was conducted on a panel circular saw of Greek origin: NIKOLAIDIS TEMA 3800 (Figure 1). The main feature of this machine is that both the main and auxiliary movements are performed by the cutting tool. During cutting, the workpiece is pressed by a pneumatic pressure beam.

The most important technical characteristics for this research are: the dimension of the circular saw (250mm x 3.2mm), the power of the main electric motor (4.5kW), the rotational speed of the circular saw (5500min⁻¹), and the feed speed (5-30m/min).



Figure 1. Panel circular saw with Greek origin: NIKOLAIDIS TEMA 3800

2.3.Planks characteristics

In this research, planks were prepared from beech (*Fagus sylvatica*) and spruce (*Picea abies* Karst., *Abies alba*), with an exact thickness of 15mm. The planks were selected from strictly tangential cuts, so that during the experiment, the blades performed the cutting at an angle of 70-90° in relation to the wood grain (Figure 2). In this way, the greater influence of latewood or earlywood on the results was avoided. The exact thickness of the planks was achieved by planing and thicknessing, meaning that both larger surfaces are smooth and parallel to each other. The planks have the following moisture levels:

- For BEECH: 9.6%, 8.5%, 10.3%, 10.1%, and 9.0%, with an average moisture content of 9.5%.
- For SPRUCE: 10.8%, 9.0%, 9.5%, 11.4%, and 10.6%, with an average moisture content of 10.26%.

The small differences in planks moisture levels do not affect the final results.

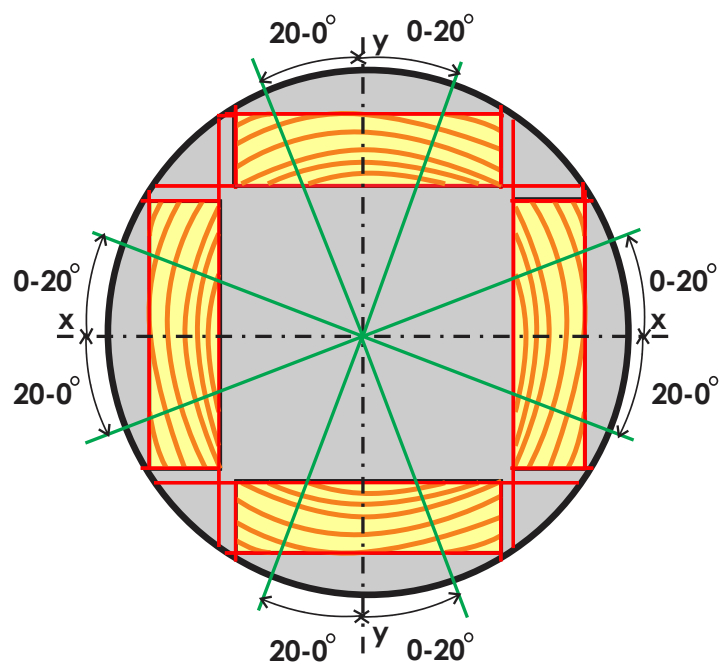


Figure 2 . Placement of planks in the log (tangential planks)



Figure 3. Prepared BEECH planks with a thickness of 15 mm



Слика 4. Prepared FIR/SPRUCE planks with a thickness of 15 mm

2.4. Cutting method and mode

Three circular saw blades were acquired, with a diameter of $D=250\text{mm}$, a thickness of 3.2mm , and with different numbers of teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, and $Z_3=80$), from the company LEUCO. The teeth are tipped with hard metal plates and have identical geometric parameters, designed for longitudinal cutting of both hardwood and softwood (Figures 5, 6, 7).

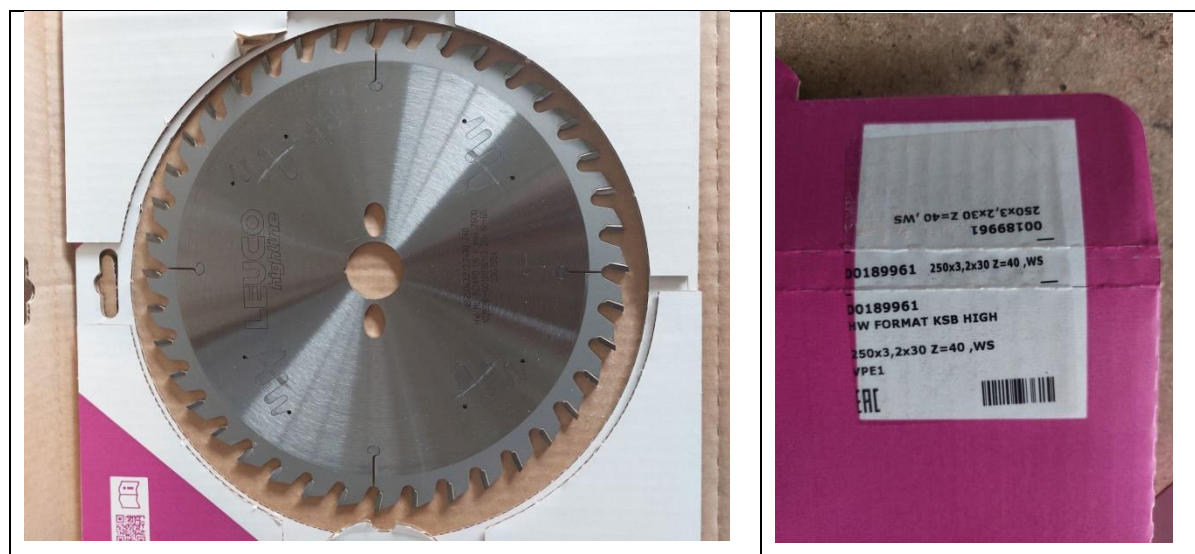


Figure 5. Circular saw with a diameter $D=250\text{mm}$, thickness 3.2mm and number of teeth $Z_1=40$



Figure 6. Circular saw with a diameter $D=250\text{mm}$, thickness 3.2mm and number of teeth $Z_2=60$

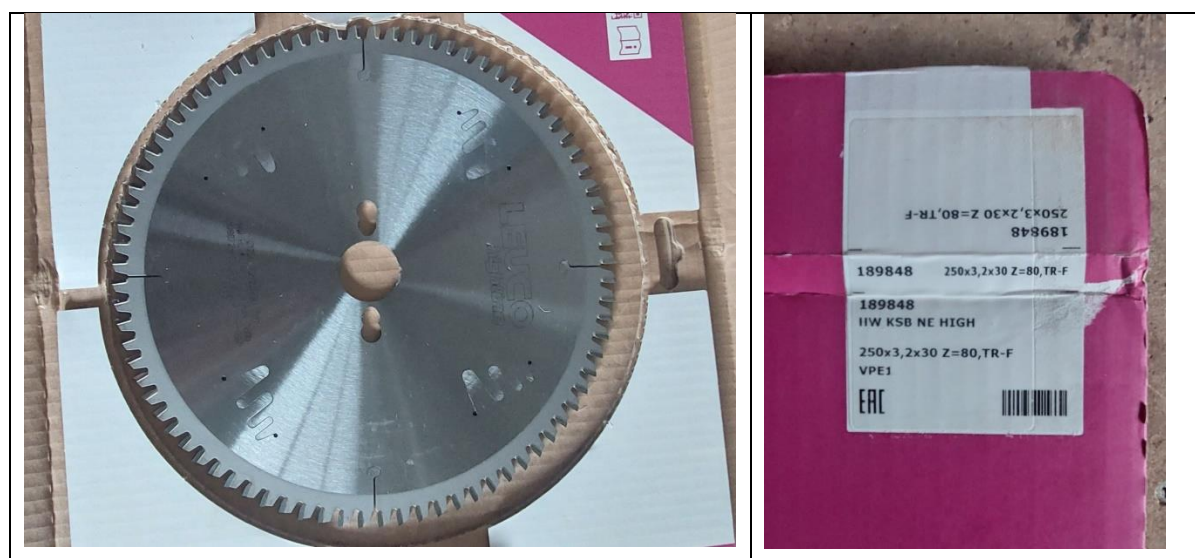


Figure 7. Circular saw with a diameter $D=250\text{mm}$, thickness 3.2mm and number of teeth $Z_3=80$

The selected cutting heights (thicknesses) of 15, 30, and 45mm are achieved by multiplying the thickness of 15mm. For the first cutting height, one board of 15mm (1x15mm) is used, two boards (2x15mm) for a cutting height of 30mm, and three boards (3x15mm) for a cutting height of 45mm (Table 1).

The resulting test samples, for the saw blades with different numbers of teeth and the different cutting heights, are shown in Figures 8 and 9.

Table 1. Saw diameter, number of teeth and cutting height

	Saw diameter	Number of teeth	Cutting height
1	D=250mm	$Z_1=40$	$h_1=15\text{mm}$
2			$h_2=30\text{mm}$
3			$h_3=45\text{mm}$
4		$Z_2=60$	$h_1=15\text{mm}$
5			$h_2=30\text{mm}$
6			$h_3=45\text{mm}$
7		$Z_3=80$	$h_1=15\text{mm}$
8			$h_2=30\text{mm}$
9			$h_3=45\text{mm}$

Three feed speeds of the saw were selected, specifically $U_1=12$, $U_2=16$, and $U_3=20$ m/min (mmmin^{-1}). The feed speed is displayed on the machine's display as a percentage, where for $U_1=12$ m/min approximately 40% is obtained, for $U_2=16$ m/min 66.5%, and for $U_3=20$ m/min 79.8%.

The cutting lengths for all measurements are 1.0m.



Figure 8. BEECH samples obtained at feed speed $U_1=12$ mmmin^{-1} , number of teeth $Z_1=40$, for cutting height $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ and $h_3=45\text{mm}$

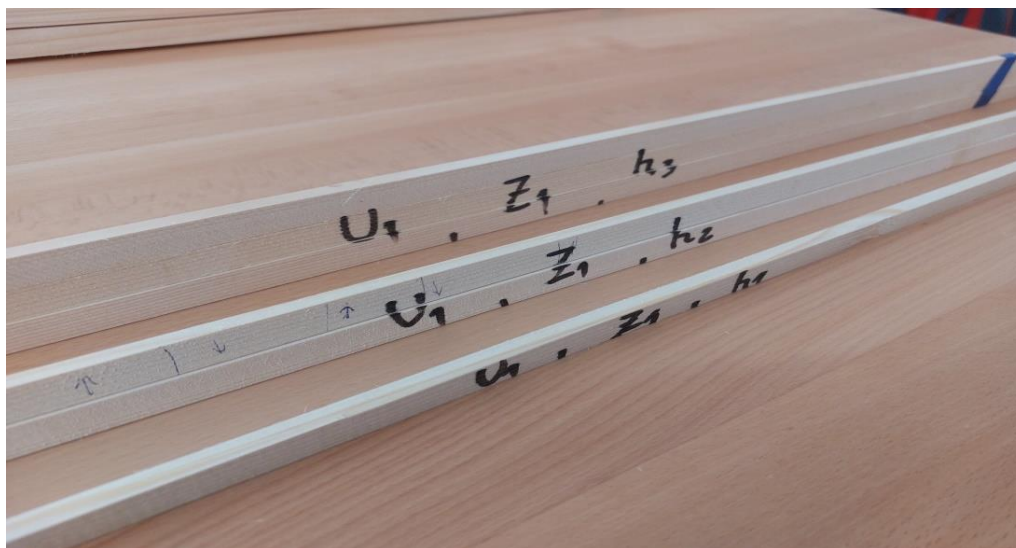


Figure 9. FIR/SPRUCE samples obtained at feed rate $U_1=12 \text{ mmmin}^{-1}$, number of circular saw teeth $Z_1=40$, for cutting height $h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$ and $h_3=45\text{mm}$

2.5. Meassurments and meassurment instruments

2.5.1. Moissture content meassurments



Figure 10. Moisture meter type NIGOS RVD-904

The moissture contetn of the wood was measured with a moisture meter type NIGOS RVD-904. For each plank, 5 measurements were made at a distance of 20 to 25 cm (Figure 10).

2.5.2. Surface roughness measurments according to the R_{max} criterion

SurfacerRoughness data was measured with a digital comparator, Shahe type (Figure 11), according to the R_{max} criterion. For each sample, on a length of 1.0m, with a reference flange with a length of 100mm, 100 measurements were taken.



Figure 11. Digital comparator type SHAHE

2.5.3. Electrical current strenght measurments

The measurement of the current strength was performed with a voltage clamp type MASTECH MS 2008B, after 50 measurements of a length of 1m, for each cut separately (Figure 12).



Figure 12. Voltage clamp MASTECH MS 2008B

3. RESULTS

According to the data obtained from the research, the results were divided as following:

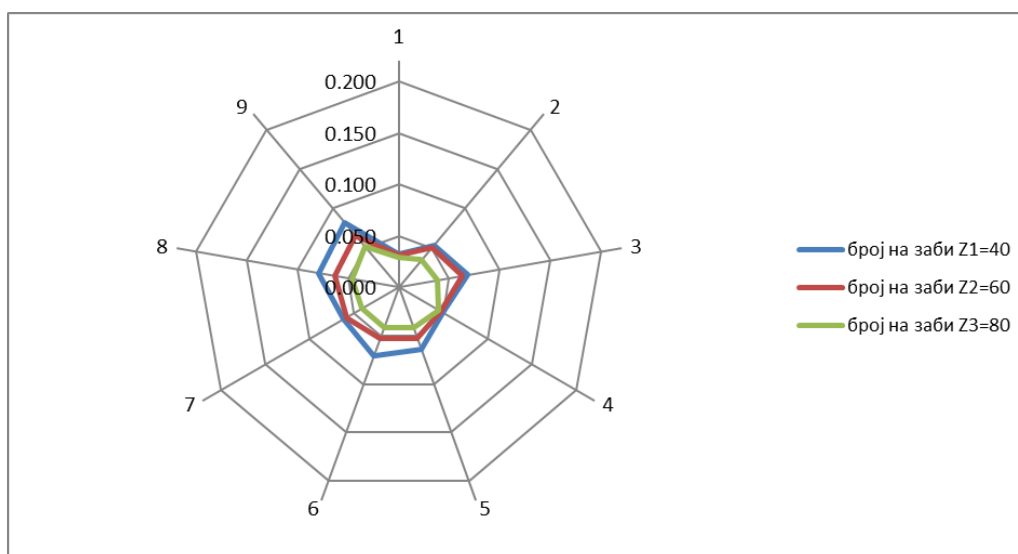
I. Results of the research on surface roughness and electric current intensity in beech (*Fagus sylvatica*):

- Results of the research on surface roughness in beech samples cut with a circular saw with 40 teeth ($Z_1=40$)
- Results of the research on surface roughness in beech samples cut with a circular saw with 60 teeth ($Z_2=60$)
- Results of the research on surface roughness in beech samples cut with a circular saw with 80 teeth ($Z_3=80$)
- Regression analysis of the average values of surface roughness for circular saws with 40, 60, and 80 teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at different cutting heights $h_1=15$, $h_2=30$, and $h_3=45$ mm, with a constant feed speed $U_1=12$ m/min (BEECH)
- Regression analysis of the average values of surface roughness for circular saws with 40, 60, and 80 teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at different cutting heights $h_1=15$, $h_2=30$, and $h_3=45$ mm, with a constant feed speed $U_2=16$ m/min (BEECH)
- Regression analysis of the average values of surface roughness for circular saws with 40, 60, and 80 teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at different cutting heights $h_1=15$, $h_2=30$, and $h_3=45$ mm, with a constant feed speed $U_3=20$ m/min (BEECH)
- Analysis of the average values of surface roughness for circular saws with 40, 60, and 80 teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at feed speeds $U_1=12$ m/min, $U_2=16$ m/min, and $U_3=20$ m/min, and cutting heights $h_1=15$, $h_2=30$, and $h_3=45$ mm (BEECH)
- Results of the investigation of electric current intensity (I) in beech samples cut with a circular saw with 40 teeth ($Z_1=40$)
- Results of the investigation of electric current intensity (I) in beech samples cut with a circular saw with 60 teeth ($Z_2=60$)
- Results of the investigation of electric current intensity (I) in beech samples cut with a circular saw with 80 teeth ($Z_3=80$)
- Regression analysis of the average values of electric current intensity (I) for circular saws with 40, 60, and 80 teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at different cutting heights $h_1=15$, $h_2=30$, and $h_3=45$ mm, with a constant feed speed $U_1=12$ m/min (BEECH)
- Regression analysis of the average values of electric current intensity (I) for circular saws with 40, 60, and 80 teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at different cutting heights $h_1=15$, $h_2=30$, and $h_3=45$ mm, with a constant feed speed $U_2=16$ m/min (BEECH)
- Regression analysis of the average values of electric current intensity (I) for circular saws with 40, 60, and 80 teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at different cutting heights $h_1=15$, $h_2=30$, and $h_3=45$ mm, with a constant feed speed $U_3=20$ m/min (BEECH)
- Analysis of the average values of electric current intensity (I) for circular saws with 40, 60, and 80 teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at feed speeds $U_1=12$ m/min, $U_2=16$ m/min, and $U_3=20$ m/min, and cutting heights $h_1=15$, $h_2=30$, and $h_3=45$ mm (BEECH)

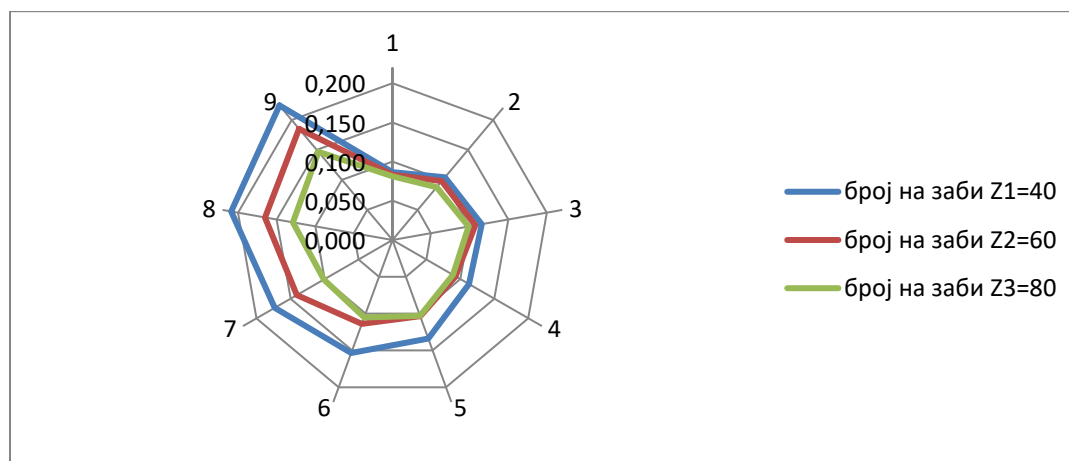
II. Results of the research on surface roughness and electric current intensity in fir/spruce (*Picea abies* Karst., *Abies alba*):

- Results of the research on surface roughness in spruce samples cut with a circular saw with 40 teeth ($Z_1=40$)
- Results of the research on surface roughness in spruce samples cut with a circular saw with 60 teeth ($Z_2=60$)
- Results of the research on surface roughness in spruce samples cut with a circular saw with 80 teeth ($Z_3=80$)
- Regression analysis of the average values of surface roughness for circular saws with 40, 60, and 80 teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at different cutting heights $h_1=15$, $h_2=30$, and $h_3=45$ mm, with a constant feed speed $U_1=12$ m/min (SPRUCE)
- Regression analysis of the average values of surface roughness for circular saws with 40, 60, and 80 teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at different cutting heights $h_1=15$, $h_2=30$, and $h_3=45$ mm, with a constant feed speed $U_2=16$ m/min (SPRUCE)
- Regression analysis of the average values of surface roughness for circular saws with 40, 60, and 80 teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at different cutting heights $h_1=15$, $h_2=30$, and $h_3=45$ mm, with a constant feed speed $U_3=20$ m/min (SPRUCE)
- Analysis of the average values of surface roughness for circular saws with 40, 60, and 80 teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at feed speeds $U_1=12$ m/min, $U_2=16$ m/min, and $U_3=20$ m/min, and cutting heights $h_1=15$, $h_2=30$, and $h_3=45$ mm (SPRUCE)
- Results of the investigation of electric current intensity (I) in spruce samples cut with a circular saw with 40 teeth ($Z_1=40$)
- Results of the investigation of electric current intensity (I) in spruce samples cut with a circular saw with 60 teeth ($Z_2=60$)
- Results of the investigation of electric current intensity (I) in spruce samples cut with a circular saw with 80 teeth ($Z_3=80$)
- Regression analysis of the average values of electric current intensity (I) for circular saws with 40, 60, and 80 teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at different cutting heights $h_1=15$, $h_2=30$, and $h_3=45$ mm, with a constant feed speed $U_1=12$ m/min (SPRUCE)
- Regression analysis of the average values of electric current intensity (I) for circular saws with 40, 60, and 80 teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at different cutting heights $h_1=15$, $h_2=30$, and $h_3=45$ mm, with a constant feed speed $U_2=16$ m/min (SPRUCE)
- Regression analysis of the average values of electric current intensity (I) for circular saws with 40, 60, and 80 teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at different cutting heights $h_1=15$, $h_2=30$, and $h_3=45$ mm, with a constant feed speed $U_3=20$ m/min (SPRUCE)
- Analysis of the average values of electric current intensity (I) for circular saws with 40, 60, and 80 teeth ($Z_1=40$, $Z_2=60$, $Z_3=80$), at feed speeds $U_1=12$ m/min, $U_2=16$ m/min, and $U_3=20$ m/min, and cutting heights $h_1=15$, $h_2=30$, and $h_3=45$ mm (SPRUCE)
- Analysis of the average values of surface roughness and electric current intensity (I) for circular saws with 40, 60, and 80 teeth, feed speeds $U_1=12$, $U_2=16$, and $U_3=20$ m/min, and cutting heights $h_1=15$ mm, $h_2=30$ mm, and $h_3=45$ mm for beech and spruce samples.

Due to the large number of tables and graphs presented over 120 pages, we focus on the most important ones presented in the following text. Graphs 1 and 2 show the results of the analysis of the average values of surface roughness for both wood types (beech and fir/spruce) for all three types of circular saws (with 40, 60, and 80 teeth), at all three feed speeds ($U_1=12$ m/min, $U_2=16$ m/min, and $U_3=20$ m/min), and for all three cutting heights ($h_1=15$, $h_2=30$, and $h_3=45$ mm).



Graph 1: Graphical (radar) display of the mean values of the roughness of the cutting surface in circular saws with $Z_1=40$, $Z_2=60$ and $Z_3=80$ teeth (BEECH)

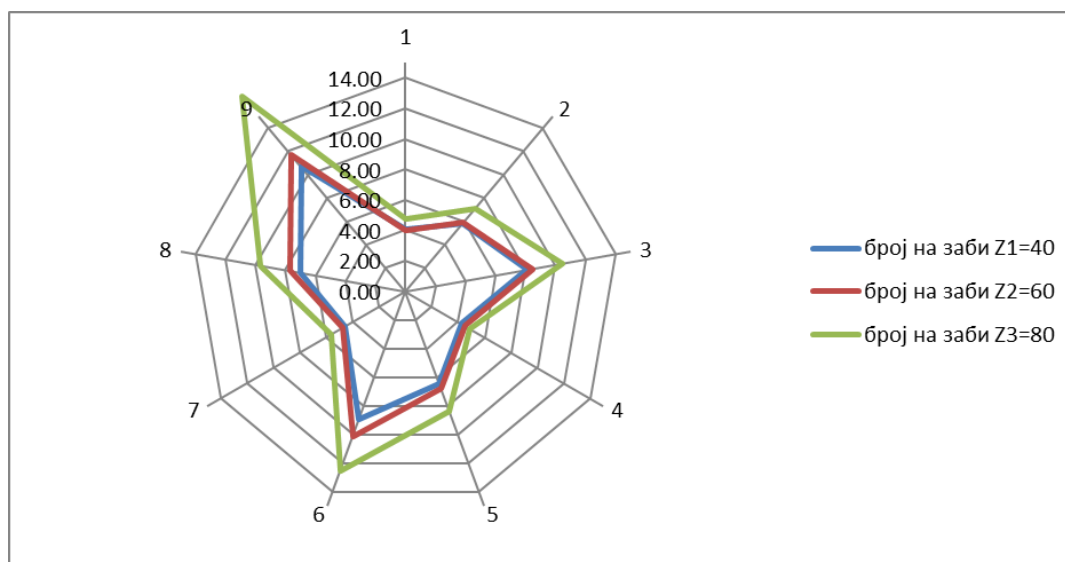


Graph 2: Graphical (radar) display of the mean values of the roughness of the cutting surface in circular saws with $Z_1=40$, $Z_2=60$ and $Z_3=80$ teeth (FIR/SPRUCE)

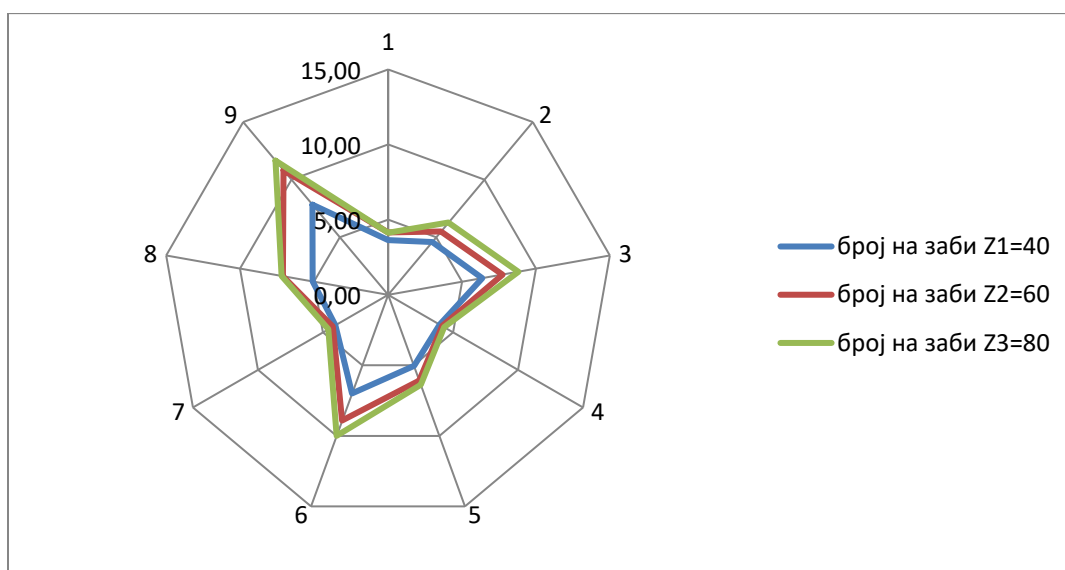
From the displayed graphs, we can observe a consistent finding: both in the beech samples and the fir/spruce samples, as the cutting height increases, the roughness of the cut surface increases proportionally. Conversely, as the number of teeth on the circular saw blades increases, the roughness of the cut surface decreases inversely.

Comparing the two, we notice that the average roughness values of the cut surface, based on the R_{max} criterion, are significantly lower in beech than in spruce.

Graphs 3 and 4 show the results of the analysis of the average values of electric current intensity for both wood types (beech and spruce), for all three types of circular saw blades (with 40, 60, and 80 teeth), at the three feed speeds ($U_1=12\text{m/min}$, $U_2=16\text{m/min}$, and $U_3=20\text{m/min}$), and for all three cutting heights ($h_1=15\text{mm}$, $h_2=30\text{mm}$, and $h_3=45\text{mm}$).



Graph 3: Graphical (radar) display of the mean values of electric current intensity in circular saws with $Z_1=40$, $Z_2=60$ and $Z_3=80$ teeth (BEECH)



Graph 4: Graphical (radar) display of the mean values of electric current intensity in circular saws with $Z_1=40$, $Z_2=60$ and $Z_3=80$ teeth (FIR/SPRUCE)

From the displayed graphs, we can observe a similar finding: in both the beech and spruce samples, as the cutting height and the number of teeth on the circular saw increase, the electric current intensity also increases proportionally.

Comparing the two, we notice that the average values of electric current intensity are significantly higher in beech compared to spruce.

4. CONSLUSIONS

By examining the impact of kinematic parametars during longitudinal cutting with a circular saw, the results obtained allow us to draw the following conclusions:

1. With an increase in feed speed, both the surface roughness and energy consumption increase for both wood species.
2. With an increase in cutting height, both surface roughness and energy consumption increase for both wood species.
3. As the number of teeth on the cutting tool (circular saw) increases, the surface roughness decreases for both wood species.
4. As the number of teeth on the cutting tool (circular saw) increases, energy consumption increases for both wood species.
5. The lowest surface roughness values were obtained at the smallest cutting height, among the three tested in this study, for both wood species.
6. At the lowest feed speed, the lowest surface roughness values were achieved, out of the three feed speeds examined in this study, for both wood species.
7. Among the three types of circular saws used as cutting tools, the lowest surface roughness values were obtained with the saw with the highest number of teeth.
8. Regarding cutting height, the lowest energy consumption was recorded at the smallest cutting height among the three tested in this study.
9. Regarding feed speed, the lowest energy consumption was recorded at the lowest feed speed out of the three tested in this study.
10. Regarding the number of teeth on the circular saw, the lowest energy consumption was recorded with the saw with the fewest teeth out of the three used in this study.
11. In terms of the wood species used in this study (beech and spruce), a difference in the results was observed. Specifically, lower surface roughness values were recorded for beech, while higher surface roughness values were recorded for spruce, due to the anatomical structure of the wood.
12. In terms of energy consumption, an inverse relationship was observed: lower values were recorded for spruce, while higher values were recorded for beech, which is attributed to the greater hardness of beech.

Based on these conclusions, we can state that **increasing the cutting height and feed speed proportionally increases both surface roughness and energy consumption** for both wood species. Meanwhile, **increasing the number of teeth on the circular saw proportionally increases energy consumption**, but the number of teeth inversely affects surface roughness — **as the number of teeth increases, surface roughness decreases**.

These findings confirm the initial hypotheses, specifically:

1. Energy consumption is lower when cutting softwood compared to hardwood.
2. Cutting height proportionally increases energy consumption.
3. The feed speed of the workpiece proportionally increases energy consumption.
4. The number of teeth inversely affects surface roughness.

The following initial hypotheses were also confirmed:

1. At very low feed speeds (in the micro-chipping zone), cutting resistance increases, contrary to expectations.
2. The quality of the cut surface (roughness) when cutting with different numbers of teeth shows significant differences.

Both beech and fir/spruce fully meet the criteria for selecting wood species. Comparing the results allowed us to identify the advantages and disadvantages in the circular saw cutting process in terms of surface quality and energy consumption.

We believe that this experimental doctoral dissertation, titled "Impact of kinematic parameters during longitudinal cutting with a circular saw," will have both practical and scientific significance, and it will represent a scientific contribution in the field addressing the issues of wood cutting with a circular saw, the quality of cutting, and energy consumption as a significant economic factor.