

«? ????????? ? ?????? ????????????? ?????????????»

???? – ?????????? ?????????????? ???? ?? ?????? MS Excel ??? ???????????
????????????????? ? ?????????????????? ???????? ?????????????????????? ?????? ?, ??????????????
? ?????????? ?????????????? ?????????????? ??????????????.

??????? ? ???????? :

1. ?????? ?????? ?????????????? ?????????? ???? ?????????????? ? ???? ???? ???? ?
??????? ?????????????? ??????????????.

??????? ???????? ??? ?, ?????????? ?????? ??:

?????:

- ???????????? ??? ?????? ? ?? ?????? ?????? ? ???????? ??? ??? ?????????? ??????? ?
????????????????, ?? ? ?????????????????? ? ?????? ? ?????? ? ?????????????? ????? ???????;

?? ???:

- ?????????????? ?????????????? ? ???????? ?????????????? ??????????????.

?????? ????? ???? ??????? ? ??????????????? ? ? ????????????? ?????????? ???????

????? ????????????? ?????????????????? ? ???????

???? ? ? ?????????? ?????????????????? ? ?????? ?????????????????????? ?????????????????? ?????????? ?
?????????? ?????? ? ?? ?? ? ? ?????????? ? (????????? ? ?????????? ? ?????? ? ??????-????? ??????????).

??????? ?????? ? ?? ?? ? ? ?????????? ? ?????? ? ? ??????????????????????, ? ?????????????????? ? (???
????????????????????) ??????????. ? ??? ? ?????? ? ? ? ?????????, ??????????????? ?????????? ???
???? ? ? ??????????????. ? ? ? ?????????? ?????????????????????? ?????????? ?????? ????????????? ? ?????????????? ?
????????????? .

????????????? ???? ???? ? ???? ???? ???? ???? ???? ?
 ?????????? ? ?????????? X ? Y.

? ???? ????? ? ??? ???? ???? ???? ?????????? ???? ? ???? ???? ???? ????.

(x_i, y_i)

??? ?????? ?????? ???? ???? ?????? ?????????, ???? ?????? ?????? ? ??????
 ????? ?????? (??????? ? ??????????) ?????? X ? Y.

[illegible]

??????? ? ????? ????????? ????????????? – ????????, ??????? ? ?????????????????????
 ?????????? ?????? ??????? ? ?? ?? ?????? ? ?? ????????, ?????????? ??????? ?? ???? ???

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} (x_i - \bar{X}) \cdot (y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{X})^2 \cdot \sum_i (y_i - \bar{Y})^2}}$$

?? $x_i - \text{?????????}$, ??????? ??? ? ? ? ? ? ? ? x ,

$y_i - \text{?????????}$, ??????? ??? ? ? ? ? ? ? ? y ;

$\bar{X} - \text{?????????}$? x ,

$\bar{Y} - \text{?????????}$? y .

?? -1 ?? 1.

???? ???? ?????? ?????????? ?????????? ?????? ?? +1 ??? ? ???? ?? -1 - ??????????????,
 ?????????? ?? ?? ????? ? ?? ?????????????.

???????? 0 ????????? ????????? ???? ? ?? ? ???? ? ? ???? ? ? ???? ? ? ???? ?

???? ???? ? ??????? ???? ?????? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ????
 (??????).

????? ????? ????????????????????????????? «+», ?? ????? ???? ?
 ????????????? ? ? ? ????????????? ? ??????, ?? ????? ? ???? ????? ?
 (????? ?????) ??? (????? ??????).
 ???? ? ??????? ?, ????? ???? ?????????????
 (????? ?????) ?????????????????, ?? ????????????????????? ? ?????? ?????????
 (????? ?????).

????? ???????? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ???? ?

???? ? ? ??????? ???? «—», ?? ????? ? ? ??????? ??????? ????????????? ? ???? ??
????????? ????????. ? ???? ???????, ??? ??????? ????? ? ???, ??????????? ?????
????? ?????? (????????, ?????????) ??????????????? ?? ???? ???? ?????? ?????? ??????
????? ??????? ???? ?????? ?????????? ????????? ??????????????????????
???????? ????.

Теснота связи и величина коэффициента корреляции.

Коэффициент корреляции r_{xy}	Теснота связи
<u>+</u> (0,91 ... 1,00)	Очень сильная
<u>+</u> (0,81 ... 0,90)	Весьма сильная
<u>±</u> (0,65 ... 0,80)	Сильная
<u>±</u> (0,45 ... 0,64)	Умеренная
<u>±</u> (0,25 ... 0,44)	Слабая
До <u>±</u> 0,25	Очень слабая
«+» – прямая зависимость, «–» – обратная зависимость	

t-????????? ???? ?????

??? ???? ?????? ?????????? ?????????? ?????? ???? ???? ???? ? ?????? ?????? ??, ????? ???? ?
????????????? t-????????????? ???? ?????, ?????????? ?????????????? ?????? ?????? ??????????
????????????? ?????? ?????????????? ?????????????? ? ?????????? ? ?????????????????????? ? ?????????????? ?
????????????? ?????????? ?? ???? ???? ?

$$t_{\text{расч}} = \frac{r_{xy} \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{xy}^2}}$$

????????? ?????????



????????????? ?????????? t????? ?????????????? ? ? ?????????????? ? ?????????????? t_{????} ??????????
????? ?????? ? n-2 ?????????? ? ??????????. ??? t_{????} > t_{????}, ?? ?????????????????? ??????????????, ???
????????????? ?????????????? ?????????????????? ?????????? ?????????????? ? ?????????????????? ? ?????????? X ? Y
? ???? ???? ? ? ?????????????????? ??????????????????, ??. ??? ?????????? ?????????? ?????? ???? ? X ? Y.
? ??????????, ??? t_{????} < t_{????}, ??
????????????? X ? Y ?????????????? ?.

????????? ? ?? ?? ??????	?????? ?? ??????? ???? (Xi) ???.	?????????? ???????????
1	1 500?.	72
2	1 660?.	75
3	2 100?.	80
4	2 400?.	82
5	2 100?.	80
6	3 000?.	88
7	3 300?.	95
8	2 543?.	87
9	3 843?.	92
10	3 050?.	98

25 496?.

???? ???????????????????

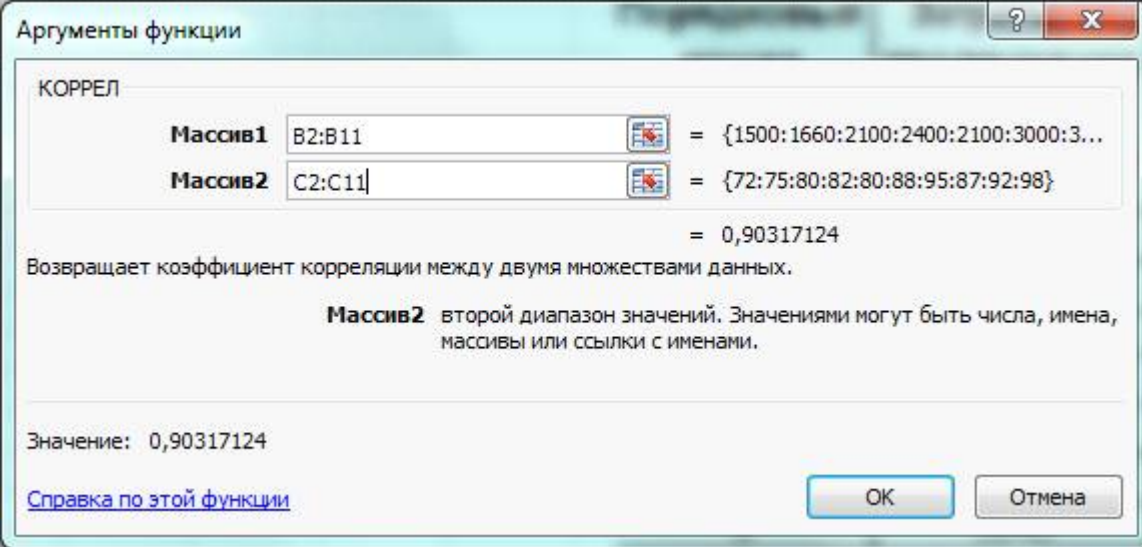
t-????????? ???? ?????

???? ?????????? ?????????? ??????????

?

?

?????????? ??????????



3. ??????? ???? ? ???????
 ????? ???? ?????????? ? ?
 ??????? ???? ??????????? ?????? ?
 ????????????? ??????????????
 ?????? ?????? ?????????? ??????????
 ? ?????? C13 ??????????
 ????? ?????????????
 ??????? 0,93. ?? ????????? 2 ???????
 ?? ???, ??? ?????? ? ?? ??
 ?????? ?????? ? ?????? ?????????, ?.?.
 ?? ??? ? ????? ??????????
 ????????? ????? (???? ?
 ?????????????????????).

4. ?????? ?????? ???? ?????? ?????????? ??????????????. ? ??? ???? ???? ???? ????
 ?????????? . ? ????????? ? 0: $r_{xy}=0$? ?????????????????? ? 1: $r_{xy} \neq 0$.
 ????????????? ?????????? ? 0 ?????????????? ? ?????? ? 14 t-????????????? ???? ???? ?
 ????????.
 ? ??? ? ???? ???? ???? ?????????? ?????????? ? = $n - 2 = 10 - 2 = 8$? ???? ???? ????
 ??????? ? ??: $=C13*?????(10-2)/?????(1-(C13*C13))$. ?????? ?????? ???????
 ?????????? ? ??????? C13 t-????????????? ???? ???? (t????) ??????? 5,96 (???).

????????????????????




0,90338602

t-???????????? ???? ?????

5,958472421 C13*?????(10-2)/?????(1-(C13*C13))

Аргументы функции

ЕСЛИ

Лог_выражение	<input type="text" value="C14>D21"/>		= ИСТИНА
Значение_если_истина	<input type="text" value="существует зависимость"/>		= "существует зависимость"
Значение_если_ложь	<input type="text" value="не существует зависимость"/>		= "не существует зависимость"

Проверяет, выполняется ли условие, и возвращает одно значение, если оно выполняется, и другое значение, если нет.

Лог_выражение любое значение или выражение, которое при вычислении дает значение ИСТИНА или ЛОЖЬ.

Значение: существует зависимость

[Справка по этой функции](#)

OK Отмена

????? ?????? ????????	0,05
????? ?????? ??????	10
????????? ?????????? ?????? ?????? ?????? ??????	2,306004????? ?????? ??(D19;D20-2)
??? ??????? ????????	

?????????? ? ??????

???? ????????????????? ???????? – ????????????? ????????????????? ? ????? ? ?? ?? ????????? ? ? ?
???????????? ? ? ????????????? ?.

???? ?? ????? ????????? ????????????? ????????? ? ? ? ????? ????????? ??????????? ,
???????? – ????????????? ? ? , ????? ??? ???? ????????????? ?.

?? ? ????????????????? ????????? ????????? ???? ? ?? ?? ??????????? ? ? ????????? ? ????????????? ???
???????????? ? ? ??????????? ????????????? ? ? ?????????????????????????????.

???? ????? ? ????????? ????????????? ? ? ??????? ???? ??????????? ????????? ? ??????????, ?? ???
???????????????? ????????? ???? ????????????????? ??????????? ? ??????. ? ?? ????????? ?????????? ????????????? ???
?????? ????? ? ? ? ????????????? ? ? ?????? (???????? ??, ????????? ????????? ? ?
???????????????????? ?). ? ????????? ????????? ????????? ??????????? ???????.

????????? ?????????? ?????????? ?? ????????:

$$Y = a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_kX_k,$$

??? x_1, x_2, \dots, x_k – ?????????, ?????????? ? ? ?????????????? ? ?????? ???? ???? ? ? ?????????? (??).

??? ??? ?????????????????? ???? ?????????????, ?????????? ?????????? ?????????????? a ? b. ? ???? ???????

????????????? ?????????????? ?????????????? ?? ?????????? $Y = aX + b$.

????? ?????????? a ? b ? ? ?????????? ? ? ?????????? ? ? ? ??????????



????? ? ?????????? ??????

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n x_i y_i \sum_{i=1}^n x_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n x_i},$$

$$a = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n x_i}.$$

????????? ? ???? ???? ??????



?? ???? ? ?????????? ????????

?????-??? ?? ?? ????????



????? ?????????? ? ??????

? ????? MS Excel ??? ?????? ?????? ? ?????? ??????????
 (?.?., ? ?????????? ?????? ?????????? a ? b)
 ? ?? ?? ?????????????? ?????????? ??????????:
 - ?????????????? ?????????????? ?????????? ? ? ? ? ? ;
 - ????? ?????????? ?????????? – ?????????????? ?????????? ??????????
 ?????????? ? ? ? ?????????? ?????????????? ??????????????
 - ?????????? ??? ?????????????? ? ? ? ?????????? ??????????
 - ?????????????????? ?????????????? ?????????? ??? ? ????????? ?
 ?????????? ??? ? ?????? ??? ? ? ? ? ;
 - ?????????????????? ?????????????? ? ?????????? ? ? ? ? ?
 (?? ?????????? ?????? ?????????? a) ? ? ?????????? (?? ??????????
 ?????? ?????????? b).



? . ????? ???, ? . ? ?????, ? . ?????????, ? . ???

????????? ?????????? ? ?????? ?????????? ? Excel

????? ?????? ?? ???????? ?????? ???? ?? ???????????????? ?????????? ?????? ?????? ??????
???????????

1-? ??????. ???????? ??????.

? ?????? ???????? ???? ?????????? ?????? ?????????? ? ? b ?????????? ??????????
???????????

$Y = aX + b$, ?????? ??? ? ??? ?????????? ?????? ?????????????? ?????????????? ? ?????????????? ?? ??????
?? ???????? ??? ???????????? ???????, ??????????????? ?? ?????????????????? ?????????? ??? ????

?? ???? ?? ??????? ??? ??????? D16:E16 ? ?? ????????? ?????????? ?????????? ? ? ? ? ?
?????? ?????? ? ?????????? ???

?????

«? ???????? ?_?????????_y» –
?????????? ??????????

«????????????? ??????????????»,

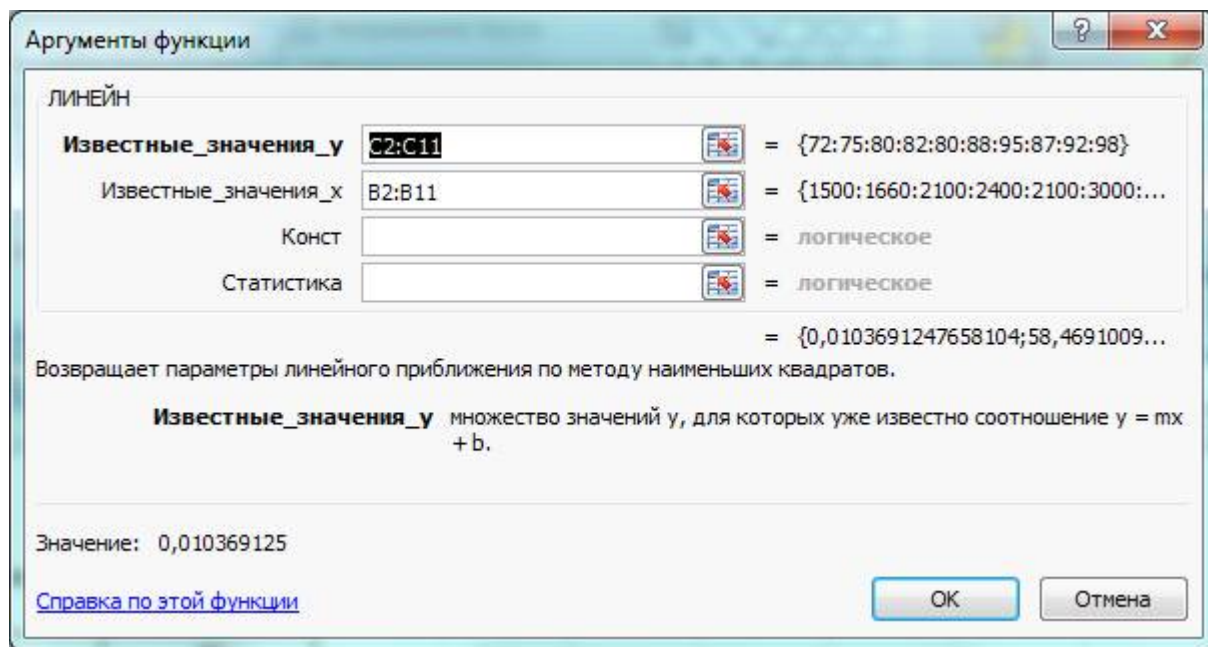
«? ???????? ?_?????????_x» –
?????????? ??????????

«????????? ??

????????? ??????».

???? ?????????? ???????

SHIFT+CTRL+ENTER.



???????? ?????? ? ?? ????????? ????? ? ?????????? ?????????? – a = 0,01 (??????? D16), b = 59,32
(??????? E16). ? ??????? D17 ??????? ???????????? Y = 0,01X + 59,31, ??????
???????? ??????????????
????????????? ?????????????:

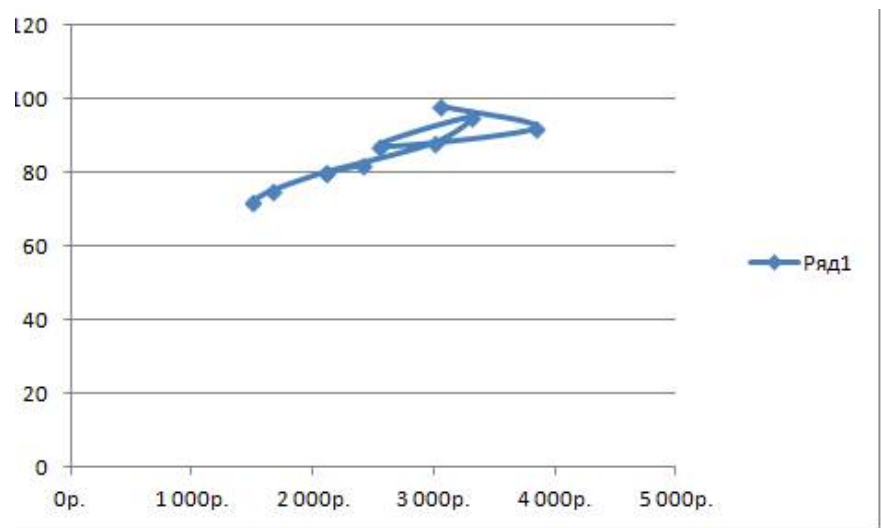
????????????? ?????????? ??????????

?

?

0,010369 58,4691

????? ??? ?????? ?? ??? – «????????????????? ?????», ?????????? ??? ? – «????????? ?????????? ?????, ???.»), ??? Y – «????????????? ??????????????» (? Excel 2007 ?????? ? ?????????? ?? ?????????? ??? ?? ?????????? «? ?????» ?????? ?? ?????????? ?????????? ?? – ??? ?????? «? ?????????? ?????????? ? ? » ? «? ?????????? ??????»). ?? ????????????? ? ??? ? ????????? ?????? ?????? ?????? ?????????? ?????? – ?????? ?? ?????.



3. ?????? ?????? ?????? ?? ??????? ? ?????? (???.). ? ?? ?????? ?????????? ? ?? ?????? ?????????? ? ? ? ?????????? ?????? ?????? ?????? ?????? ?????? «? ?????? ?/? ?????????? ?????? ??????» (? Excel 2007 ?? ????????? «? ?????» ?? ??????? ????????? «????????» ? ?????? «????? ??????» ? «????????? ??????????») , ?????? ?????????? ?????? ??? ?????? ?? ?????????????? ?????? «? ?????????? ?????? ??????...», ? ?????? ?? ?? ?????? ?????? ?????? ?????? ?????? ? ? ? ?.

????? ?????? – ?????? ?????????? ?????????????????? ?????????????? ??? ?????? ?????? ?.

4. ? ? ?????? ? ? ?????? «? ?????? ?», ?????? ? ?????????????????? ??? ?????????????? ?????? ?????? ? ? ? ?????? ?????? ? ? ?????????????? ? ?????????????? : $Y = aX + b$, ??? a – ??? ????????? (? ?????????) ? b – ?????????????? ?????????????? ??? ????????? (??? Y).

[illegible]

6. ?????????? ?????????? ??????????, ??????????? ???????????? ? ??????, ?
 ????????????, ?????????????? ? ????? ?? ? ? ?????? ? ? ? ??. ??? ?????, ??? ??????????
 ????????????

3-? ??????. ? ?????? ??? ???????? ??????????.

- [illegible]

3. ?? ?????? ????????? ?????????????? «?????????» (???.):

- ? ????????? ???? «??????? ????????? Y» ??????? ?????????? ?? ??????????? ? ????????? ??
 ?????? ?????? \$C\$2:\$C\$211.

- ? ????????? ???? «???????? ????????? ?» ?????? ????????? ?? ?????????? ?
 ?????????? ? ? ?????? ????? ? \$?\$2:\$?\$11.

- ?????????, ??? ? ??? ???? ??? ???? ???? ???? 95% ? ?????? ??????
«????? ???? ?? ???» ????????? ? ?????? ???? «???? ? ??????? ????».

- ? ??????? ?? ?????? ??.

Регрессия

Входные данные

Входной интервал Y:

Входной интервал X:

☐ Метки

☐ Константа - ноль

☒ Уровень надежности: %

Параметры вывода

☐ Выходной интервал:

☒ Новый рабочий лист:

☐ Новая рабочая книга

Остатки

☐ Остатки ☐ График остатков

☐ Стандартизованные остатки ☐ График подбора

Нормальная вероятность

☐ График нормальной вероятности

OK Отмена Справка

5. χ^2 критерий, $\chi^2_{\text{табл}}$ таблическое значение, $\chi^2_{\text{факт}}$ фактическое значение, $\chi^2_{\text{крит}}$ критическое значение, $\chi^2_{\text{факт}} > \chi^2_{\text{крит}}$ – гипотеза отвергается, $\chi^2_{\text{факт}} \leq \chi^2_{\text{крит}}$ – гипотеза принимается.

6. χ^2 критерий, $\chi^2_{\text{табл}}$ таблическое значение, $\chi^2_{\text{факт}}$ фактическое значение, $\chi^2_{\text{крит}}$ критическое значение, $\chi^2_{\text{факт}} > \chi^2_{\text{крит}}$ – гипотеза отвергается, $\chi^2_{\text{факт}} \leq \chi^2_{\text{крит}}$ – гипотеза принимается.

7. χ^2 критерий, $\chi^2_{\text{табл}}$ таблическое значение, $\chi^2_{\text{факт}}$ фактическое значение, $\chi^2_{\text{крит}}$ критическое значение, $\chi^2_{\text{факт}} > \chi^2_{\text{крит}}$ – гипотеза отвергается, $\chi^2_{\text{факт}} \leq \chi^2_{\text{крит}}$ – гипотеза принимается.

?) $\chi^2_{\text{табл}}$ «df» – таблическое значение, $\chi^2_{\text{факт}}$ фактическое значение, $\chi^2_{\text{крит}}$ критическое значение (таблическое значение, $\chi^2_{\text{факт}} > \chi^2_{\text{крит}}$ – гипотеза отвергается, $\chi^2_{\text{факт}} \leq \chi^2_{\text{крит}}$ – гипотеза принимается):

- $\chi^2_{\text{факт}} = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ – фактическое значение, k_1 – количество параметров, b – количество параметров;
- $\chi^2_{\text{факт}} = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ – фактическое значение, $k_2 = n - k_1 - 1$, n – количество наблюдений, k_1 – количество параметров.

?? ?? ? ?? ?? ?

????????????	
?? ?? ?? ??	
? ?? ?????	
?? ? R	0,903
R-?????	0,816
???? ?????	
?? ? R-	
???????	0,793
??????????	
?? ?????	3,892
????? ?????	10

4 ? ?????????? ?? ?????? ?????? ?????????? ??? ??????????
????????????????? ?????????? ??? «?????????» (???.).

? ????????????? ? ??????

	?????? ??				
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	? ? <i>F</i>
?????????	1	537,7	537,7	35,5	3E-04
? ??????	8	121,2	15,15		
? ????	9	658,9			

	?? ?????		<i>t</i> -		?????			
	???? ? ??	? ???	?? ?? ???	<i>P</i> -	?? ? ??	??	?? ? ??	
	???? ?	?? ?????	???	?????????	95%	95%	95,0%	??????? 95,0%
Y-								
?????????								
???	58,47	4,603	12,7	1E-06	47,85	69,08	47,85	69,08
????? ???								
?? X 1	0,01	0,002	5,958	3E-04	0,006	0,014	0,006	0,014

?) ??????? «SS» (??? ? ? ??????????):
- ? ?????? ??????????: ,

$$SS_{reg} = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$$

??? \hat{Y}_i – ?????????? ?????????? Y, ?????????????? ?????? ?????????????? ?????????? ?
? ?????????????? ?????????; – ?????????? \bar{Y} ?????????? Y;
- ? ??????? ? ???????:

$$SS_{resin} = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - Y_i)^2$$

?) ????????? «MS» – ?????? ?????????????? ? ??????????? :

- ? ??????? ?????????????: ;

$$S_r^2 = SS_{reg} / k_1$$

- ? ??????? ? ???????: .

$$S_b^2 = SS_{resid} / k_2$$

?) ????????? «F» – ?????????? ? ?? ???? . ? ?????????????? ??? ?????????? ?????????????? ? ??????:

$$F = S_r^2 / S_b^2$$

