



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

филиал в г.Туапсе

Кафедра «Метеорологии и природопользования»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

по направлению подготовки 05.03.05 Прикладная гидрометеорология
(квалификация – бакалавр)

На тему «Режим солнечной радиации в Краснодарском крае»

Исполнитель Шевченко Сергей Петрович

Руководитель д.г.н., профессор Яйли Ервант Аресович

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой _____

Цай

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

«30» *января* 2019 г.

Филиал Российского государственного гидрометеорологического университета в г. Туапсе	
НОРМОКОНТРОЛЬ ПРОЙДЕН	
«14» <i>января</i> 2019 г.	
<i>Яйли</i>	<i>Мачулини А.О.</i>
ПОДПИСЬ	РАСШИФРОВКА ПОДПИСИ

Туапсе
2019



«

»

.

«

»

()

05.03.05

(-)

«

»

. . . .

«

»

,

«____» _____ 2019 .

	.....	3
1	.....	5
1.1	,	5
1.2	.....	12
1.3	.....	17
2	.....	24
2.1	.....	24
2.2	.....	28
3	.....	34
3.1	.....	34
3.2	.....	45
3.3	.....	48
	.....	58
	.....	60

) 40%. (4
8²

2010-2017 .

60

,

12

5

1

1.1

,
 ,
)
 .
 -
 .
 .
):
 - ($< 10^{-5}$);
 - ($10^{-5} < < 10^{-2}$);
 - (0,01 < < 0,39);
 - (0,39 < << 0,76),
 , , (. 1.1);
 - (0,76 < < 3000);
 - (> 0,3);
 - (0,29-0,39)
 - (0,76-2,4)
 (95 %)
 , (0,29-2,4),
 , () () -
 .

(80 %).
 () () (1
 3,6 %)

1-20 [19, .175].

1.1

[19, .176]

Цвет	Длина волны, мкм (10^{-6} м)	Цвет	Длина волны, мкм (10^{-6} м)
Фиолетовый	0,390 – 0,455	Желтый	0,575 – 0,585
Синий	0,455 – 0,485	Оранжевый	0,585 – 0,620
Голубой	0,485 – 0,505	Красный	0,620 – 0,760
Зеленый	0,505 – 0,575		

5800 ° .

(

)

–

11-

[19,

. 205].

0,40 ,

0,40

0,76

0,40 0,46

, 0,46 0,49 - , 0,49 0,50

0,76

0,20 5,0 . 47%

, 44% -
[8, . 187].

9% -

,

,

.

,

.

,

,

.

.

.

W

1 : W = 1 .

,

:

,

(1.1)

, W -

t.

W=1

, t=1 ,

:

(1.2)

,

,

:

,

(1.3)

S.

$$=1, S=1^2, :$$

(1.4)

[17, . 46].

S_0 [14].

1981

(),

$(\frac{1}{\dots} / \dots^2)$ [22, . 34].

$$1,95 + 0,04 / \dots^2 .$$

()

$$S_0 = 1367 / \dots^2 .$$

2 %.

,
99 %
0,10 4 .
,
() , 99 %
3-4 80-120 .
()
() [23,
. 129].

(. helios - grapho -).

- , ,
- 44°,
-50 - [23, . 148].

. 17].

, $Q-$
 h_0-

[1 5,

(1.5)

[7, .245].

23%

- 15%.

.5%

3%

0,29

26%. 75%

[11, . 157].

(),

4-

14

(),

(1 - 2),

[4, . 18].

$$S = Q + q, \tag{1.6}$$

, Q-
q-

S

S.

S

S

0,78 / ²,

57%

(

0,63,

- 0,15 / ².

(, ,) .

, -
 ,
 ,
 , 0,3 .

6000 ° ,

α_3 [7, . 120].

(0,13-0,24) .

(α_2 O) (α_2) ,

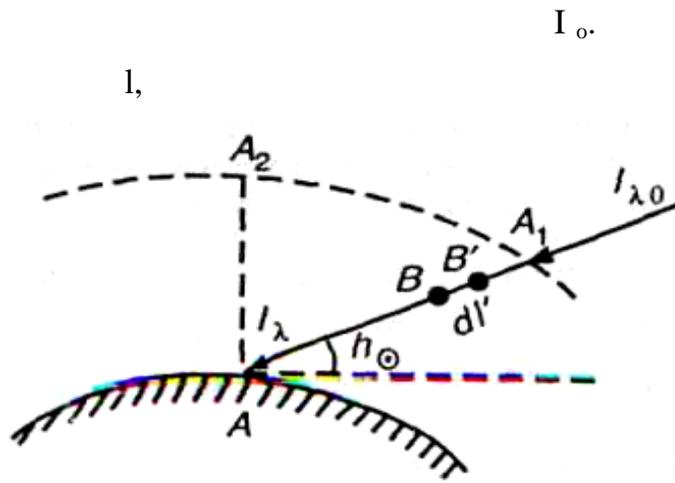
() 0,72; 0,84; 0,94; 1,14; 1,38; 1,87; 2,70

3,20 , — 1,44; 1,60; 2,02; 2,70 4,31

5-10 %.

[13, .45].

1 (. 1.1),



. 1.1.

[13, .48]

I .

1 -

dI'

I .

dI'

dI'.

B B.

dI'

I' , dI':

$$dI'_{\lambda} = -\alpha_{\lambda} \rho I'_{\lambda} dI' , \quad (1.7)$$

(2/) ,

$$P_{\lambda} = \exp(-\tau_{\lambda}) , \quad (1.8)$$

$$I_{,90} < I_0, \quad (\dots < 1).$$

$$I, \dots, \quad (1.9)$$

$$(\dots) \dots, \quad (1.10)$$

$$\dots, \quad (1.11)$$

$$\dots = I_{90}/I_0.$$

m. m.

[32, .

155].

:

$$\tau = \tau_H + \tau_n + \tau_{np}, \quad (1.12)$$

, , , - , () () ,
 , () ,
 : , . . () .
 ,
 .
 () :

$$(1.13)$$

: , = ,

$$(1.14)$$

1.3

, () ,
 . : ,

(1.15)

$$(Q_0 \cdot \text{Sinh}_0 + q) -$$

$$q -$$

10 - 30%.

(5%),

(40%).

(80 - 90%).

(26 - 31%)

16 - 18%,

26%.

. 1.2

[9, . 48].

$$E \approx 5,4 \cdot 10^{-8} \cdot T^4, \quad / ^2 \quad (1.16)$$

$$(\) + 15^\circ, \quad = 3,73 \cdot 10^2 \quad / ^2.$$

190 350° .

4 - 120 .

10 - 15 .

(70%)

() .

(95 - 99%).

35 -

0,4 / ²

. 1. 2.

1.2

[11, . 98]

Поверхности	Альbedo, %	Поглощательная способность, %
Свежий сухой снег	85 – 95	15 – 5
Загрязненный снег	40 – 50	60 – 50
Темные почвы	5 – 15	95 – 85
Влажные серые почвы	10 – 20	90 – 80
Луга	15 – 25	85 – 75
Сухая степь	20 – 30	80 – 70
Хвойные леса	10 – 15	90 – 85
Лиственные леса	15 – 20	85 – 80

. 1.2

4 %,

5°

45 %,

2° — 78 %.

4,5-80 .

.

,

,

.

():

(1.17)

,

.

.

(. . .).

,

.

:

,

(1.18)

, Q - ,

q - ,

- ,

E - .

,

,

E . R

10 -15°.

R

.

R
 20-25°. R
 $R = 0,03 / ^2$,
 $0,5 / ^2$,

$(84 - 92) \cdot 10^2 / ^2$.
 $(12-50) \cdot 10^2 / ^2$.
 $60^\circ (25 - 33) \cdot 10^2 / ^2$.
 $(50-54) \cdot 10^2 / ^2$,
 30% .

$(0,114 / ^2)$,
 30 - 40 . .,
 $10-20^\circ . ., (0,055 / ^2)$,
 - 60 - 90 $(0,107 / ^2)$.

2.1

[3, .44].

(Q)

(S),
(D),

[16, . 18].

4512 / ²

5044

/ ² [16, . 20].

(41 –

47 %),

56-72 %.

1,9-2

75 %, - 13 % (. 2.1)

2.1

(Q), (S), (D)
(B), / ¹

Характеристика													Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Краснодар													
Q	130	188	327	436	600	454	672	575	29	280	134	87	4512
S	50	71	152	215	319	367	393	342	255	149	58	24	2396
D	80	117	175	221	281	287	279	233	174	131	76	63	2116
B	28	70	145	230	287	326	393	306	168	112	44	1	2191
Сочи, оп.ст.													
Q	152	211	347	458	598	737	743	646	485	346	190	131	5044
S	70	96	170	238	339	449	488	431	317	212	101	58	2969
D	82	115	177	220	259	288	255	215	168	134	89	73	2075
B	19	60	161	224	317	396	413	325	223	113	30	7	2288

. 2.1 ,

(),

(),

()

()

2191-2288 / ².

(2075-2116 / ²).

(-)

(393-413 / ²), - (1-7 / ²).

(),

. 2.2.

2.2

(),

2

Пункт	Минимум	Среднее	Максимум	Разность	Разность, %
Ейск	1260	1402	1558	34	3
Приморско-Ахтарск	1226	1315	1426	-53	-4
Тихорецк	1249	1331	1425	-37	-3
Анапа	1351	1471	1613	103	8
Темрюк	1288	1387	1527	19	1
Краснодар	1233	1316	1437	-52	-4
Армавир	1216	1335	1462	-33	-2
Геленджик	1251	1358	1487	-10	-1
Туапсе	1231	1309	1410	-59	-4
Сочи	1340	1456	1567	88	6
Минимум	1216	1309	1410	-59	-4
Среднее	1265	1368	1491		
Максимум	1351	1471	1613	103	8

(), . 2.2

(

, ,).

,

,

(672 . / ²), . .

.

-

,

,

.

.2.3.

2.3

(/ ²)

3

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII I	IX	X	XI	XI I	
	49	82	129	193	259	279	287	250	180	109	57	39	160
-	52	87	126	178	238	253	259	229	169	105	58	41	150
	56	91	131	181	234	248	258	231	169	110	63	46	152
	53	89	136	195	253	288	299	262	194	124	70	46	167
	48	79	126	191	255	276	285	246	178	109	59	39	158
	50	84	124	179	235	250	259	230	170	111	63	42	150
	63	99	138	180	224	238	251	224	170	113	72	53	152
	52	86	126	178	232	262	273	240	177	116	67	45	155
	56	91	127	174	222	245	258	225	167	111	67	47	149
	59	95	138	184	242	280	289	252	192	128	77	53	166
:	48	79	124	174	222	238	251	224	167	105	57	39	149
:	54	88	130	183	239	262	272	239	177	113	65	45	156
:	63	99	138	195	259	288	299	262	194	128	77	53	167

(/ ²)

,

,

50-90 / ² 200-285 / ² .

.

,

-

.

160 / ² .

.

.

,

.

,

,

.

.

5-9 % ,

.

2.2

().

,

[20, . 48],

,

[24, .112],

[12, .

26] . . .

(. 2.4).

2.4

()⁴

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII I	IX	X	XI	XI I	
	56	87	169	219	302	333	366	331	279	182	81	43	2448
-	57	76	140	191	261	311	328	307	244	173	94	58	2240
	48	68	123	180	247	282	322	301	226	149	84	46	2076
	64	80	123	174	239	289	322	294	235	170	95	61	2146
	86	101	142	173	243	278	307	289	225	179	118	78	2219
	87	79	153	196	262	314	352	321	257	195	118	82	2416
	59	56	106	154	183	245	288	289	223	147	83	46	1879
	85	78	140	163	224	276	309	296	238	182	114	74	2179
	60	72	133	173	248	304	321	296	234	161	82	42	2126
	95	93	135	166	235	297	329	312	249	198	133	88	2330
	62	76	107	136	183	219	240	241	195	155	99	64	1777
, . .	84	98	128	158	223	283	313	305	252	194	121	94	2253
	73	81	135	176	238	286	316	298	238	176	104	67	2187

56-57

- 95-84 (. 2.4).

25 % .

1777 2448

(, ,)

(,)

(. 2.5).

2.5

(%)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
	24	34	51	58	70	78	82	81	80	58	32	19	50
-	22	28	40	50	62	69	73	75	68	54	35	24	54
	25	30	36	47	55	66	73	73	68	54	36	25	52
	33	37	41	46	56	64	70	72	63	56	44	31	53
	34	30	44	51	60	71	79	78	72	62	45	33	58
	24	22	30	40	42	56	65	70	63	46	33	20	46
	34	30	43	45	54	66	73	75	70	60	44	31	55
	25	29	42	48	59	71	75	75	70	55	34	18	54
	38	41	44	47	50	59	63	69	63	58	50	37	53
	35	34	40	45	56	70	76	78	72	62	48	34	56
	30	31	35	42	50	59	64	68	63	54	43	34	50
, . .	32	36	37	43	55	70	76	79	72	61	45	37	56
	29	31	40	48	56	67	73	75	69	56	40	27	53

. 2.5, « » ,

(,)

73 -75 %.

(63 -70 %),

(- , ,), (,).

27-31 %,

20 % (-19 %).

4-6

18-20 (. 2.6).

2.6

5

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
4-6				1,2	7,4	16,2	15,7	4,8	0,3				45
6-8	0,4	2,3	9,3	21,8	32,9	41,9	48,7	43,7	28,0	9,6	1,7	0,2	239
8-10	10,4	14,0	22,7	31,4	38,7	46,2	52,5	51,3	44,1	33,1	17,5	10,4	371
10-12	18,4	20,4	26,6	33,0	40,5	46,3	50,7	51,9	46,7	38,3	24,7	17,6	415
12-14	18,9	21,9	27,5	33,5	39,9	44,8	48,3	50,2	45,4	39,5	25,7	19,3	414
14-16	15,3	17,7	24,4	29,9	37,0	41,7	46,6	47,3	42,1	36,8	22,8	13,9	374
16-18	0,7	3,8	12,6	21,9	33,0	36,9	44,5	42,6	27,9	12,6	2,8	0,1	239
18-20			0,05	1,3	10,1	15,7	16,4	5,:	0,2				49
4-6					0,4	0,8	0,5	0,04					2
6-8	0,5	4,1	10,9	15,4	24,4	35,3	37,4	34,6	25,5	12,0	1,6		203
8-10	17,1	18,3	24,4	26,7	33,9	44,1	49,0	50,2	44,1	37,4	24,6	18,1	388
10-12	22,2	22,6	26,6	29,5	37,1	45,4	52,6	52,4	46,9	41,5	31,1	25,7	434
12-14	22,1	23,6	26,7	29,9	39,5	46,8	52,9	53,3	47,7	42,3	30,5	26,0	441
14-16	19,5	21,1	24,0	29,3	40,3	46,4	51,3	53,3	46,9	39,8	26,1	22,0	420
16-18	2,9	7,8	15,6	24,5	36,3	44,1	49,2	50,4	39,7	20,6	6,6	2,4	300

18-20			0,03	2,2	11,2	19,2	19,8	10,3	1,1				64
-------	--	--	------	-----	------	------	------	------	-----	--	--	--	----

,
. 10 12 ,
46 -53 (,
,).
(6-8),
- (16-18).
,
. 12-14 , (2) 2,0-2,6 .
6-7 (.2.7).
2.7
, 6

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
-	3,9	4,6	5,7	7,4	9,1	10,8	11,2	10,2	8,6	6,5	4,3	3,5	7,7
	4,9	5,4	6,2	6,8	7,?	8,1	8,7	8,2	7,5	6,5	5,3	4,9	6,7
	3,7	4,3	5,4	7,0	8,2	9,8	10,4	9,4	8,2	6,4	4,5	3,3	7,2
	3,6	4,6	5,3	5,9	6,6	7,7	7,9	7,9	6,9	6,0	4,5	3,3	6,1
, . .	4,6	4,8	7,0	6,3	7,5	8,9	9,3	9,1	7,8	6,5	5,3	4,2	6,9
	4,1	4,7	5,9	6,7	7,8	9,1	9,5	9,0	7,8	6,4	4,8	3,8	6,9

(8-10),
(38-4,7).
(2-4),

6

1,5-1,7

(10-14).

2-4

(62) (.2.8).

2.8

7

Метеостанция	М е с я ц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ейск	16	11	7	5		1		1	2	3	13	18	77
Приморско-Ахтарск	14	10	6	3	1	1				3	7	14	59
Темрюк	16	11	7	3	2				1	5	10	16	71
Краснодар	13	9	7	4	2				2	3	9	11	61
Армавир	12	7	7	4	2				2	3	9	11	57
Анапа	9	8	5	3	2	1				2	6	9	45
Мархотский перевал	16	13	11	6	6	2	1		2	5	12	18	92
Новороссийск	10	9	6	4	2	1				2	7	11	52
Горячий Ключ	15	9	7	4	1		1		1	4	10	15	67
Отрадная	8	6	6	4	2	1	1	1	2	4	5	8	48
Туапсе	10	9	8	5	2	1			1	2	6	10	54
Красная Поляна	13	11	10	6	3	2	1	1	2	4	9	12	74
Сочи, оп.ст.	10	8	8	6	3				1	2	7	9	54
Среднее	12	9	7	5	3	1	0,3	0,2	1	3	8	13	62

(, , ,

,),

1-2

(13) (12).

58 53 ,

- 35 34 .

3

3.1

1/5 . .

« » 1600 ,

XVIII

VI .

1,3 ,

16

XIX

(,)

(,),

()

- ;

(200-500°),

,

— .

,

—

.

3000 °

.

.

,

1

10 000

40 000

—

.

200 -500

—

.

,

,

,

.

,

,

,

,

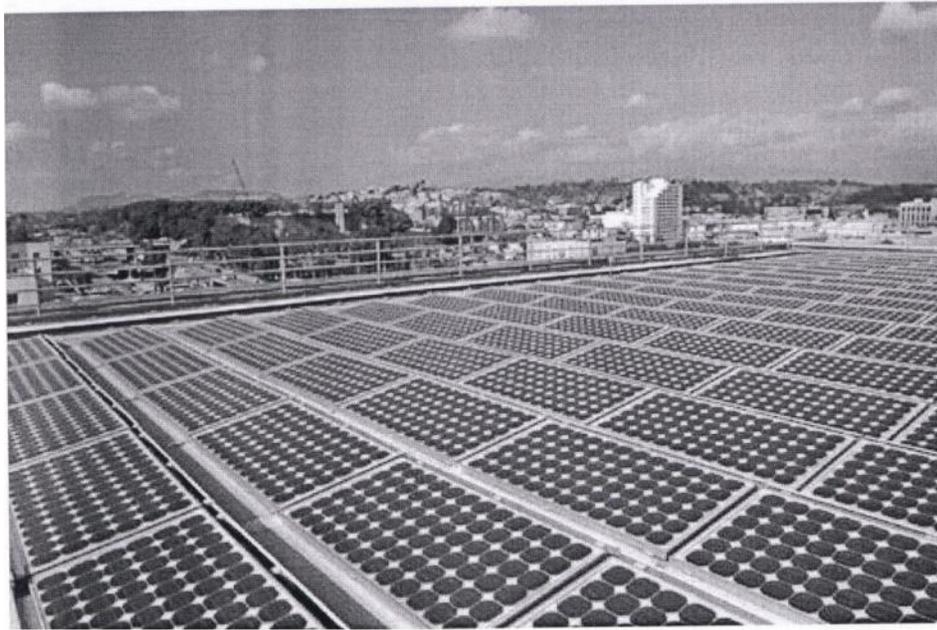
.

,

—

;

(.3.1).



. 3.1.

[2]

1985

5 . , . 10
 2 . ,
 , 90 -

.
 . , .
 , , ; , ,
 , , , .

80- , Loose Industries 1989
 - [2, . 6].
 5 , ,
 480 « - » . 7-8

(15 ,) .

20 . 80 - 1 .

50-
600 ° ,

10-20 ,

0,5

- 300 .

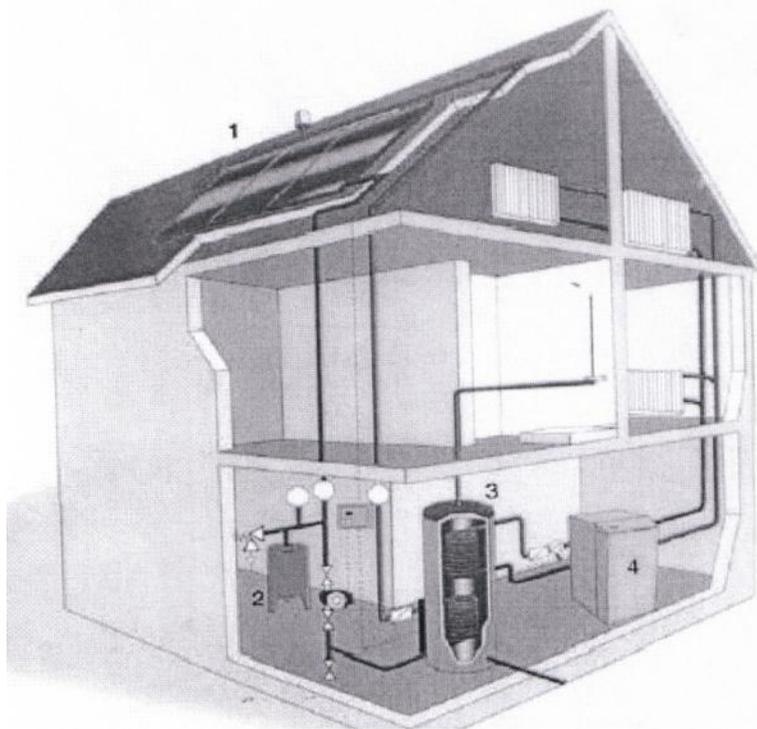
[10, . 23].

[2].

60-90°)

» [5, . 16].

- 50-70% (.3.2).



.3.2.

[2]

1997 . « »
2010 .
()

[6, . 77].

6,3 . \$. :
850

70 . ,

B

.B

()

354 ,

. Ha

(, 2000 .)

107 x 107

1990 1994 .

2-4 . B 1998 1999 .

1995-1996 .

«1000 »

2500

10 . B

«70

» . 1998 .

1 .

5 [26, . 48].

2001

(0,09-0,12) \$. .

(0,04-0,05) \$ 2015-2020 .

BigBelly.

[30, . 24].

(.) .

150 ° .

«

»

(3-7) \$.

. , 2008 .

19 000

31

² 1,7 .

2008-2012 .

,

.

(),

500 . (

) . . . 10%

500000 ²

,

,

,

-

,

.

,

.

,

,

-

(

,

. .).

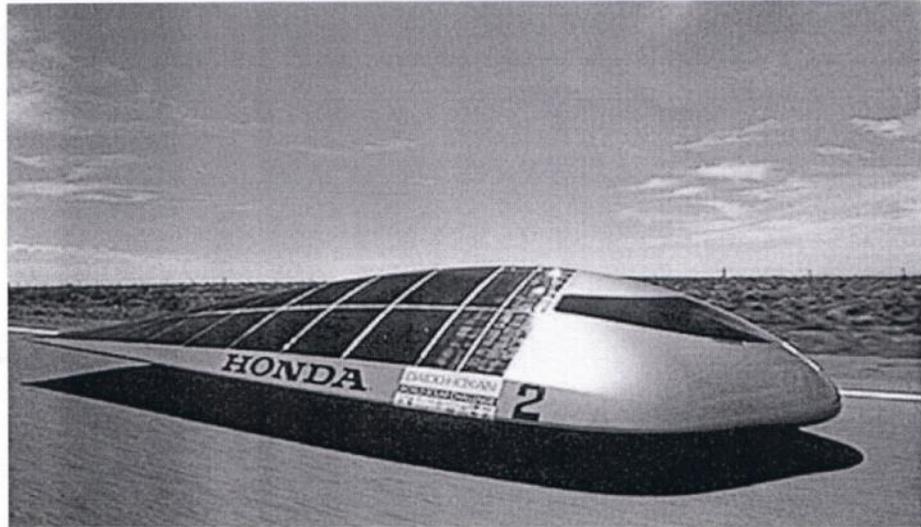
(

15

1958

).

: ,
, . . (. 3.3).



. 3.3.

[2]

/

Solatec LLC

Toyota Prius.

0,6 ,

10% [13, . 21].

()

3.2

[2].

[31, . 123].

()

1² 150 – 650
0,15
40-60%

20-40%.

2, 0,3 [1,
. 24].

10².
15
260².
310². B « »
400².

(2-2,5 ,)

- 5 .

2003

20-25 %.

2007

» ().

« »

()

2006-2010

330 . .

102

5000 ² . 3.4

(2550 ²)

(.3.4).



.3.4.

8

« ».

3.3

[33, .89].

[33, .97].

270 .

120 .

2240 .

0,26 .

- -

,

-

,

,

,

.

160 /

49 /

285 /

230 /

400 /

[28].

10-12% .

1

2

25 .

260

10

300

68%

27% -

5% -

[29, .164].

30-50%.

():

$$\Theta = \eta S q T, \quad (3.1)$$

, - ();

S - ;

q -

.

0 « » ,

: S = 1 m²; q = 400 W / m²; = 14

0,3 0,5 : 0 = 6-10

:

$$\Theta = \eta S q T = C_p V (t_0 - t), \quad (3.2)$$

, - ;

- ;

V - ,

t₀ t —

:

$$t = t_0 + \frac{\eta S q T}{C_p V}, \quad (3.3)$$

$t=10^{\circ}\text{C}$; $\alpha=0,3-0,5$; $S=1-3 \text{ }^2$; $q=400 \text{ } / \text{ }^2$; $\rho=14 \text{ } / \text{ }^3$;
 $\gamma=4,18 \text{ } / \text{ }^{\circ}\text{C}$; $p=1 \text{ } / \text{ }^3$; $V=100 \text{ }^3$

S

t ($^{\circ}\text{C}$), . 3.1.

3.1

	t ($^{\circ}\text{C}$)		
	S=1 2	S=2 2	S=3 2
n = 0,3	25	40	55
n = 0,5	34	58	82

q,

1200 $/ \text{ }^2$
 25% , 50% -
 75% -

1400 $/ \text{ }^2$

100% [15, . 13].

[15, . 17].

[6, . 136]).

0,05%

() ,
 :
 , (3.4)

, (3.5)

, (S) (S) -
 ;
 - ;
 N - ()
 S, ²
 / ²;
 T - (, , ,) .
 ,
 N [25, . 147],
 () S = 4 ², T (672-744
 , 8760 4368 -4392
),
 = 0,15, . 3.2.

3.2

(N), ()
 ()
 S=4 ² . 10

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	4-9	10-3	1-12
N , / ²	58	80	131	174	228	280	282	246	184	131	72	50	233	87	160
·10 ⁶ , .	173	215	390	501	679	806	839	732	530	390	207	149	4093	1520	5613
·10 ⁶ , .	26	32	58	75	102	121	126	110	80	58	31	22	614	228	842

4²

2330

),

2,4

(S)

563 %,

(S)

269 %

= 0,15,

15 %

()

. 3.2,

(4² 1),

842

36 %

()

(614 . .),

(228 . .) -

36 % . , 8140 .
1 (. . .) [3, . 18].

842

100

1

:

- (750-1250);
- (40-70);
- (5-8);
- (3-6).

, 36 %

842 .

(33,7-58,9), (6,7-11,8).
,
- .

:

1.

2450 / ².

4-8%.

2.

4512 / ²

5044 / ² .

(41-47 %),

3.

()

4.

2191-2288 / ².

(393-413 / ²),

(1-7 / ²).

5.

50-90 / ²

200-285 / ² .

160 / ².

6.

2187

25 %

- 323 .,

- 57 .,

1777

2448 .

7.

6-7 .

8-10 ,

-

3.8-4,7 ,

8.

102

5000 ².

(

2550 ²)

9.

4 ² ,

36 %

:

- 842 . ;

- ()9 . ,

- ()43 . .

13. URL: . - . :
 , 2004. – 121 .
14. [. . . .] . URL:
 <https://ru.wikipedia.org/wiki/> . - (. . . . :
 08.11.2018).
15. URL: . - . :
 , 1977. – 31 .
16. I // . - 2009. – 5
 (90). – . 16-22.
17. - . : . , 2000. – 778 .
18. :
 / - . : . , 1991. –
 453 .
19. , :
 . - . - . : . , 2005. – 331 .
20. , : - . : « » , 2003. – 256 .
21. - 3.
 . - . : . , 1990. – . 13. – . 1-6. – 724 .
22. URL: . - . :
 , 1977. – 335 .
23. , : URL: . - . :
 , 1988. – 292 .
24. - - . - . :
 , 2003. – 200 .
25. :

26. . – , 2000. – 188 .
27. . – 2001. – 1. – .46-50.
 // -

 . – .
 , 2001. – 188 .
28. []. URL:
<http://normativ.info/udk/551.html> (: 10.11.2018).
29. . . . – .
 , 1978. – 527 .
30. . . 2, . , . 7:
 . – : , 1973. – 32 .
31. . . . –
 . : , 1991. – 208 .
32. . . . / . . . – . : , 1983. – 456 .
33. . . : . – . : ,
 1990. – 207 .