

# РАСЧЕТ ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЙ В КАБИНЫ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Савельев А.П.<sup>1</sup>, Глотов С.В.<sup>2</sup>, Еналеева С.А.<sup>3</sup>, Васьянин В.А.<sup>4</sup>

Email: Savelyev1147@scientifictext.ru

<sup>1</sup>Савельев Анатолий Петрович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой;

<sup>2</sup>Глотов Сергей Викторович – доктор технических наук, профессор;

<sup>3</sup>Еналеева Светлана Анатольевна – кандидат технических наук;

<sup>4</sup>Васьянин Владислав Александрович – аспирант,  
кафедра безопасности жизнедеятельности,

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва,  
г. Саранск

**Аннотация:** в статье приведен расчет теплопоступлений в кабины мобильных энергетических средств в условиях окружающей среды на географической широте г. Саранска, в том числе расчеты теплопоступления для окон кабины МЭС, ориентированных по разным сторонам света. Дан анализ теплопотерь в кабине, с использованием эквивалентного коэффициента теплопередачи. Определены параметры для расчета теплопритоков в кабину МЭС через оконные проемы, значения коэффициента теплопередачи при различных значениях мощности источника тепла или тепловой нагрузки и площади ограждающих конструкций.

**Ключевые слова:** мобильные энергетические средства, теплопоступления, теплопотери, звукопоглощение, обзорность, ограждающие конструкции, коэффициент теплопередачи, коэффициент звукопоглощения.

## THE CALCULATION OF HEAT SUPPLY INTO MOBILE ENERGY CABINS

Savelyev A.P.<sup>1</sup>, Glotov S.V.<sup>2</sup>, Eneleyeva S.A.<sup>3</sup>, Vaskyanin V.A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Savelyev Anatolij Petrovich – DSc in Engineering, Full Professor;

<sup>2</sup>Glotov Sergej Viktorovich – DSc in Engineering;

<sup>3</sup>Eneleyeva Svetlana Anatolievna - PhD in Technical Sciences;

<sup>4</sup>Vaskyanin Vladislav Aleksandrovich – Postgraduate Student,  
NACIONAL RESEARCH MORDOVIA STATE UNIVERSITY N.P. OGARYOV,  
SARANSK

**Abstract:** the article gives the calculation of heat supply into the cabins of mobile energy means in the environment at the geographical latitude of Saransk, and also calculations of heat transmission for the windows of the MES cabin, oriented to different parts of the world. The analysis of heat loss in the cabin with the use of an equivalent heat transmission coefficient is given. Parameters for calculation of heat inleakage into the MES cabin through window openings are defined, transmission coefficient for different capacity values of the heat source or heat load and the area of the enclosing constructions are determined

**Keywords:** mobile energy means, heat supply, heat loss, sound absorption, visibility, enclosing constructions, heat transmission coefficient, sound absorption coefficient.

УДК 331.45

Определим поступление теплоты через остекленные поверхности кабины мобильных энергетических средств (МЭС). Тепловая нагрузка, Вт, поступающая в кабину в час в течение расчетных суток через заполнение световых проемов площадью  $F_{\text{п}}$  определится выражением [1]

$$Q_{\text{п}} = (q_{\text{пр}} + q_{\text{пт}})F_{\text{п}} \quad (1)$$

где  $q_{\text{пр}}$  – поступление тепловой энергии за счет солнечной радиации, для вертикального заполнения световых проемов, Вт/м<sup>2</sup>

$q_{\text{пт}}$  – поступление тепловой энергии за счет теплопередачи, Вт/м<sup>2</sup>.

Теплопоступления от солнечной радиации, Вт/м<sup>2</sup>, для вертикального заполнения световых проемов

$$q_{\text{Пр}} = (q_n^{\text{с}} K_{\text{инс в}} + q_p^{\text{с}} K_{\text{обл}}) \tau_2 K_{\text{отн}} \quad (2)$$

где  $q_n^{\text{с}}$  – количество теплоты прямой солнечной радиации, поступающей в каждый час расчетных суток через одинарное остекление световых проемов;

$K_{\text{инс в}}$  – коэффициент инсоляции, зависящий от геометрических размеров элементов затенения;

$q_p^{\text{с}}$  – количество теплоты прямой солнечной радиации, поступающей в помещение в каждый час расчетных суток через одинарное остекление световых проемов;

$K_{\text{обл}}$  – коэффициент облучения;

$\tau_2$  – коэффициент, учитывающий влияние конструкции уплотнителей стекол (справочная величина);

$K_{\text{отн}}$  – коэффициент относительного проникания солнечной радиации через заполнение светового проема, отличающегося от обычного одинарного остекления.

Тепловой поток обусловленный теплопередачей через окно, Вт/м<sup>2</sup>

$$q_{\text{ПТ}} = (t_{\text{н, усл.}} - t_{\text{в}}) / R_{\text{П}} \quad (3)$$

где  $R_{\text{П}}$  – сопротивление теплопередаче материала светового проема, м<sup>2</sup> °С/Вт;

$t_{\text{н, усл.}}$  – условная температура наружной поверхности кабины, °С.

Коэффициент инсоляции для вертикального заполнения световых проемов

$$K_{\text{инс в}} = \left( 1 - \frac{L_{\Gamma} \text{ctg} \beta - a}{H} \right) \left( 1 - \frac{L_{\text{В}} \text{tg} A_{\text{с.о}} - c}{B} \right) \quad (4)$$

где  $L_{\Gamma}$  – размер горизонтальных выступающих элементов затенения (откосы, козырьки и т.п.), м;

$L_{\text{В}}$  – размер вертикальных выступающих элементов затенения, м;

$a$  – расстояние от горизонтальных элементов затенения до светового проема, м;

$c$  – расстояние вертикальных элементов затенения до откоса светопроема, м;

$H, B$  – высота и ширина светопроема, м;

$A_{\text{с.о}}$  – солнечный азимут остекления (для вертикальных затеняющих устройств), т.е. угол, град,

между горизонтальной проекцией солнечного луча и горизонтальной проекцией нормали к рассматриваемой плоскости остекления;

$\beta$  – угол (для горизонтальных затеняющих устройств), град, между вертикальной плоскостью остекления и проекцией солнечного луча на вертикальную плоскость, перпендикулярную рассматриваемой плоскости остекления;

$$\beta = \text{arctg}(\text{ctg} h \cdot \cos A_{\text{с.о}}) \quad (5)$$

где  $h$  – высота стояния солнца, град.

Коэффициент облучения при расчетах зависит от следующих углов

$$\gamma_1 = \operatorname{arctg}\left(\frac{L_B}{B + c}\right), \quad (6)$$

$$\beta_1 = \operatorname{arctg}\left(\frac{L_T}{H + a}\right). \quad (7)$$

Коэффициент облучения равен произведению коэффициентов облучения для горизонтальной и вертикальной солнцезащитной конструкции.

Далее вычисляется условная температура наружного воздуха при вертикальном заполнении световых проемов

$$t_{н.усл} = t_{н.ср} + 0,5A_{tн} \beta_2 + \frac{S_B K_{инс.в} + D_B K_{обл}}{\alpha_H} \tau_2 \rho_{П}. \quad (8)$$

где  $t_{н.ср}$  – средняя температура наружного воздуха наиболее жаркого месяца для кондиционирования воздуха (обеспеченностью 0,9-0,95), °С.

$A_{tн}$  – суточная амплитуда температуры наружного воздуха, принимаемая максимальной для кондиционирования воздуха;

$\beta_2$  – коэффициент, учитывающий гармоническое изменение температуры наружного воздуха;

$D_B$ ,  $S_B$  – количество теплоты соответственно прямой и рассеянной радиации, поступающей в каждый 1 ч расчетных суток на вертикальную поверхность;

$\rho_{П}$  – приведенный коэффициент поглощения солнечной радиации заполнением световых проемов;

$\alpha_H$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения, Вт/(м<sup>2</sup>°С), (величина, зависящая от скорости ветра).

Для вертикальных поверхностей коэффициент теплоотдачи вычисляется по следующему выражению

$$\alpha_H = 5,8 + 11,6\sqrt{v} \quad (9)$$

где  $v$  – скорость ветра, м/с.

Таблица 1. Параметры для расчета теплопритоков в кабину МЭС через оконные проемы

Населенный пункт	Саранск
Географическая широта, град.	56
Температура $t_{н.ср}$ , °С	24.9
Температура нар.воздуха обесп.0,95 $t_{н}$ , °С	22.5
Температура внутреннего воздуха $t_{в}$ , °С	20.0

Населенный пункт	Саранск
Среднесут. амплитуда темп. нар. в. $A_{\text{нн}}$ , °C	11.5
Скорость ветра $v$ , м/с	1
Остекление	Одинарное
Солнцезащитное устройство	Без солнцезащитных уст. при толщине стекла 2,5-3,5 мм
Заполнение светового проёма	Одинарное остекление в металлических реплётах
Размер откосов, $L_b = L_g$ , м	0.015
Высота окна $H$ , м	1
Ширина окна $B$ , м	1
Расстояние $a$ , м	0
Расстояние $c$ , м	0
Угол наклона окна $b'$ , град.	0
Коэффициент $t_2$	0.9
$R_{\text{ц}}$ , м <sup>2</sup> ·°C/Вт	0.5
Приведенный коэфф.погл $\eta_{\text{п}}$	0.07
Коэффициент $K_{\text{отн}}$	1
Коэффициент теплоотдачи $a_{\text{н}}$	17.2
Угол $g_1$ , град.	0.9
Угол $b_1$ , град.	0.9
Коэффициент облучения $K_{\text{обл.г}}$	1.00
Коэффициент облучения $K_{\text{обл.в}}$	1.00
Коэффициент облучения $K_{\text{обл}}$	1.00

Оконные проемы кабины МЭС располагаются по сторонам прямоугольника. Условно ориентируем кабину МЭС по сторонам света, так чтобы одна сторона трактора была направлена на север, тогда остальные стороны МЭС будут располагаться соответственно на восток, юг и запад. Произведем расчет теплоступлений за счет солнечной радиации для оконных проемов МЭС отдельно для каждой стороны света. Произведем расчет на 1 один квадратный метр оконного проема МЭС. Результаты расчетов для окон ориентированных по разным сторонам света представлены в таблицах 2, 3, 4, 5.

Таблица 2. Результаты расчетов теплоступления для окон кабины МЭС, направленных на восток

Параметр	Численные значения параметров в часы расчётных суток											
	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
$q_{\text{н}}^{\text{в.г}}$ , Вт/м <sup>2</sup>	523	547	504	378	193	37	0	0	0	0	0	0
$q_{\text{р}}^{\text{в.г}}$ , Вт/м <sup>2</sup>	115	122	114	91	76	67	63	58	56	55	48	43
Высота Солнца, $h$ , град.	21	29	37	45	51	54	54	51	45	37	29	21
Азимут Солнца, $A_{\text{с}}$ , град.	95	82	69	53	33	12	12	33	53	69	82	95
$A_{\text{с.о}}$ , град.	5	8	21	37	57	78	78	57	37	21	8	5
Угол $\square$ , град.	68.9	60.8	51.1	38.6	23.8	8.6	8.6	23.8	38.6	51.1	60.8	68.9
$S_{\text{в.г}}$ , Вт/м <sup>2</sup>	594	621	479	461	283	105	0	0	0	0	0	0
$D_{\text{в.г}}$ , Вт/м <sup>2</sup>	156	165	155	121	102	91	85	79	76	74	65	58
Коэффициент $\square_2$	- 0.60 5	- 0.38	- 0.13	0.13	0.38	0.60 5	0.79	0.92	0.98 5	0.98 5	0.92	0.79

Коэффициент инсоляции $K_{инс.в.н.г}$	0.99	0.99	0.98	0.97	0.94	0.84	0.84	0.94	0.97	0.98	0.99	0.99
Условная температура нар.среды $t_{н.усл.}$ , °C	24.2	25.6	26.4	27.7	28.4	29.0	29.8	30.5	30.8	30.8	30.4	29.7
T/поступления от солн.радиации $q_p$ , Вт/м <sup>2</sup>	570.9	596.9	548.1	411.9	232.3	88.2	56.7	52.2	50.4	49.5	43.2	38.7
T/поступления теплопередачей $q_t$ , Вт/м <sup>2</sup>	8.4	11.2	12.8	15.4	16.8	18.0	19.6	21.0	21.6	21.6	20.8	19.4
Сумма $q_t + q_p$ , Вт/м <sup>2</sup>	579.3	608.1	560.9	427.3	249.1	106.2	76.3	73.2	72.0	71.1	64.0	58.1
Количество теплоты $Q_{п}$ , Вт	579	608	561	427	249	106	76	73	72	71	64	58

Таблица 3. Результаты расчетов теплоступления для окон кабины МЭС, направленных на север

Параметр	Численные значения параметров в часы расчётных суток											
	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
$q_{п}^{в.г}$ , Вт/м <sup>2</sup>	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
$q_{р}^{в.г}$ , Вт/м <sup>2</sup>	66	65	62	58	57	55	55	57	58	62	65	66
Высота Солнца, $h$ , град.	21	29	37	45	51	54	54	51	45	37	29	21
Азимут Солнца, $A_c$ , град.	95	82	69	53	33	12	12	33	53	69	82	95
$A_{с.о.}$ , град.	85	98	111	127	147	168	168	147	127	111	98	85
Угол $\square$ , град.	12.8	-	-	-	-	-35.4	-	-	-31.0	-25.4	-	12.8
$S_{в.г}$ , Вт/м <sup>2</sup>	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64
$D_{в.г}$ , Вт/м <sup>2</sup>	90	87	83	78	77	74	74	77	78	83	87	90
Коэффициент $\square_2$	-	-	-	0.13	0.38	0.605	0.79	0.92	0.985	0.985	0.92	0.79
Коэффициент инсоляции $K_{инс.в.н.г}$	0.77	1.17	1.07	1.05	1.03	1.02	1.02	1.03	1.05	1.07	1.17	0.77
Условная температура нар.среды $t_{н.усл.}$ , °C	21.9	23.0	24.5	25.9	27.4	28.6	29.7	30.5	30.8	30.9	30.5	30.0
T/поступления от солн.радиации $q_p$ , Вт/м <sup>2</sup>	71.2	58.5	55.8	52.2	51.3	49.5	49.5	51.3	52.2	55.8	58.5	71.2
T/поступления теплопередачей $q_t$ , Вт/м <sup>2</sup>	3.8	6.0	9.0	11.8	14.8	17.2	19.4	21.0	21.6	21.8	21.0	20.0
Сумма $q_t + q_p$ , Вт/м <sup>2</sup>	75.0	64.5	64.8	64.0	66.1	66.7	68.9	72.3	73.8	77.6	79.5	91.2
Количество теплоты $Q_{п}$ , Вт	75	65	65	64	66	67	69	72	74	78	80	91

Таблица 1. Результаты расчетов теплоступления для окон кабины МЭС, направленных на юг

Параметр	Численные значения параметров в часы расчётных суток											
	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
$q_{п}^{в.г}$ , Вт/м <sup>2</sup>	0	22	128	245	347	398	398	245	245	128	22	0
$q_{р}^{в.г}$ , Вт/м <sup>2</sup>	58	74	85	88	91	92	92	88	88	85	74	58
Высота Солнца, $h$ , град.	21	29	37	45	51	54	54	51	45	37	29	21
Азимут Солнца, $A_c$ , град.	95	82	69	53	33	12	12	33	53	69	82	95
$A_{с.о.}$ , град.	95	82	69	53	33	12	12	33	53	69	82	95
Угол $\square$ , град.	-12.8	14.1	25.4	31.0	34.2	35.4	35.4	34.2	31.0	25.4	14.1	-12.8
$S_{в.г}$ , Вт/м <sup>2</sup>	0	83	207	327	428	479	479	327	327	207	83	0
$D_{в.г}$ , Вт/м <sup>2</sup>	78	101	114	120	122	124	124	120	120	114	101	78

Параметр	Численные значения параметров в часы расчётных суток											
	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
Коэффициент $\square_2$	-0.605	-0.38	-0.13	0.13	0.38	0.605	0.79	0.92	0.985	0.985	0.92	0.79
Коэффициент инсоляции $K_{инс.в.н.г}$	1.25	0.84	0.93	0.96	0.97	0.98	0.98	0.97	0.96	0.93	0.84	1.25
Условная температура нар.среды $t_{н.усл.}$ , °C	21.7	23.3	25.3	27.2	29.0	30.5	31.6	31.8	32.1	31.7	30.8	29.7
T/поступления от солн.радиации $q_p$ , Вт/м <sup>2</sup>	52.2	83.2	183.7	289.9	384.3	432.3	432.3	292.7	289.9	183.7	83.2	52.2
T/поступления теплопередачей $q_t$ , Вт/м <sup>2</sup>	3.4	6.6	10.6	14.4	18.0	21.0	23.2	23.6	24.2	23.4	21.6	19.4
Сумма $q_t + q_p$ , Вт/м <sup>2</sup>	55.6	89.8	194.3	304.3	402.3	453.3	455.5	316.3	314.1	207.1	104.8	71.6
Количество теплоты $Q_{п}$ , Вт	56	90	194	304	402	453	456	316	314	207	105	72

Таблица 2. Результаты расчетов теплопоступления для окон кабины МЭС, направленных на запад

Параметр	Численные значения параметров в часы расчётных суток											
	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
$q_{п.в.г}$ , Вт/м <sup>2</sup>	0	0	0	0	0	0	37	193	378	504	547	523
$q_{р.в.г}$ , Вт/м <sup>2</sup>	43	48	55	56	58	63	67	76	91	114	122	115
Высота Солнца, $h$ , град.	21	29	37	45	51	54	54	51	45	37	29	21
Азимут Солнца, $A_c$ , град.	95	82	69	53	33	12	12	33	53	69	82	95
$A_{с.о.}$ , град.	5	8	21	37	57	78	78	57	37	21	8	5
Угол $\square$ , град.	68.9	60.8	51.1	38.6	23.8	8.6	8.6	23.8	38.6	51.1	60.8	68.9
$S_{в.г}$ , Вт/м <sup>2</sup>	0	0	0	0	0	0	105	283	461	479	621	594
$D_{в.г}$ , Вт/м <sup>2</sup>	58	65	74	76	79	85	91	102	121	155	165	156
Коэффициент $\square_2$	-0.605	-0.38	-0.13	0.13	0.38	0.605	0.79	0.92	0.985	0.985	0.92	0.79
Коэффициент инсоляции $K_{инс.в.н.г}$	0.99	0.99	0.98	0.97	0.94	0.84	0.84	0.94	0.97	0.98	0.99	0.99
Условная температура нар.среды $t_{н.усл.}$ , °C	21.6	23.0	24.4	25.9	27.4	28.7	30.1	31.5	32.6	32.9	33.0	32.2
T/поступления от солн.радиации $q_p$ , Вт/м <sup>2</sup>	38.7	43.2	49.5	50.4	52.2	56.7	88.2	232.3	411.9	548.1	596.9	570.9

Т/поступления теплопередач $q_T$ , Вт/м <sup>2</sup>	3.2	6.0	8.8	11.8	14.8	17.4	20.2	23.0	25.2	25.8	26.0	24.4
Сумма $q_T + q_R$ , Вт/м <sup>2</sup>	41.9	49.2	58.3	62.2	67.0	74.1	108.4	255.3	437.1	573.9	622.9	595.3
Количество теплоты $Q_{\text{п}}$ , Вт	42	49	58	62	67	74	108	255	437	574	623	595

Влажность воздуха оказывает существенное влияние на теплоощущения в кабинах МЭС. Оптимальной считается относительная влажность воздуха, равная 40 – 60%. При пониженной температуре допускается повышение относительной влажности до 75 %.

Величина теплового потока от человека приобретает значение некоторого обобщающего показателя, связывающего температуру воздуха  $t_a$ ,  $t_a^l$ , его скорость (через коэффициент К), терморрадиационную обстановку (через  $t_R$ ), вид одежды человека (через коэффициент k), физическую нагрузку (категорию тяжести через коэффициент А) при относительной влажности воздуха в пределах 40 ... 60% без учета продолжительности воздействия сочетаний тепловой и физической нагрузок.

Естественно, что обобщающим характер расчетной величины  $q_T$  может стать лишь после тщательного анализа его взаимосвязи с ответными реакциями организма и общим тепловым состоянием человека. Исследование влияния относительной влажности воздуха на величину теплового потока  $q_T$  позволило получить обобщенную зависимость

$$q_T^{\Phi} = q_T [1 + 0,005 (\varphi_a - 50)] - 0,51 (\varphi_a - 50) \quad (10)$$

где  $\varphi$  – относительная влажность в кабине трактора.

В случае значительной величины терморрадиационной составляющей тепловой поток от человека вычисляется по выражению

$$q_T = \frac{(1 + B) A - t_a^l - B t_R}{(1 + B) \cdot k}, \quad (11)$$

где

$$t_a^l = t_a + (t_a - t_R) B \quad (12)$$

Значение коэффициента  $B = 1,25$  для скорости воздуха в кабине 0,2 м/с.

При непрерывной и перемежающейся нагрузке при  $\tau > 0,7$  величина теплового потока от тела человека с учетом упрощений формул 10, 11,12 будет определяться по выражению ( $t_a = t_a^l = t_R$ ,  $\tau > 0,7$ )

$$q_T = \frac{A - t_a}{k} [1 + 0,005 (\varphi_a - 50)] - 0,51 (\varphi - 50) \quad (13)$$

$$t_a = t_a^l = t_R, \tau_{\text{н}} > 0,7 \quad (14)$$

Для выбранного значения скорости воздуха в кабине при легкой работе  $A=36,3$  °С,  $k = 0,345$  Вт / ( м<sup>2</sup> °С).

$$q_T = \frac{36,3 - 20}{0,345} [1 + 0,005(60 - 50)] - 0,51(60 - 50) = 44,5 \text{ Вт}$$

Для анализа теплотерь в кабине будем использовать понятие эквивалентного коэффициента теплопередачи  $K_3$ , под которым следует понимать коэффициент теплопередачи условной кабины выполненной из однородного по термическому сопротивлению материала и аналогичной по размерам с реальной, которая в однотипных условиях имеет равные с реальной кабиной теплотери. С учетом этого коэффициента уравнение, характеризующее суммарные теплотери (равные поступлениям тепла), имеет вид

$$Q = K_3 F \Delta\tau_1. \quad (15)$$

где  $K_3$  – эквивалентный коэффициент теплопередачи, Вт/м<sup>2</sup>°С

$F$  – площадь поверхности кабины трактора, м<sup>2</sup>

$\Delta\tau_1$  – разность температур внутри кабины и наружного воздуха

Для определения тепловых потерь воспользуемся методикой представленной в [2]. Для этого в кабине трактора устанавливается источник теплоты с фиксированной тепловой мощностью  $N$ , называемый индикаторный теплоисточник. В результате дополнительных тепловыделений температура в кабине повышается. В данном случае вводится допущение о том, что при изменении температуры в кабине величина  $K_3$  изменяется на незначительную величину и ею можно пренебречь. В таком случае уравнение теплового баланса можно записать в следующем виде

$$Q + N = K_3 F \Delta\tau_2. \quad (16)$$

Разделив эти два уравнения получим

$$1 + \frac{N}{Q} = \frac{\Delta\tau_2}{\Delta\tau_1}. \quad (17)$$

В итоге тепловые потери кабины для установившегося режима определяются выражением

$$Q = N \frac{\Delta\tau_1}{\Delta\tau_2 - \Delta\tau_1}. \quad (18)$$

Далее на основании полученных экспериментальных данных определяется величина

$$K_3 = \frac{Q}{F \Delta\tau_1}. \quad (19)$$

Результаты экспериментальных исследований приведены в таблице 6.

Таблица 3. Экспериментальные данные при исследовании теплотерь

Температура воздуха, °С		$\Delta\tau_1 = \tau_{в1} - \tau_{н},$ °С	Мощность обогрева- теля $N$ , Вт	Температура воздуха в кабине после включения обогревателя $\tau_{в2},$ °С	$\Delta\tau_2 = \tau_{в2} - \tau_{н},$ °С	Суммарное количество тепла $Q_{\Sigma} = N \frac{\Delta\tau_1}{\Delta\tau_2 - \Delta\tau_1},$ Вт
наружного $\tau_{н}$	в кабине до включения обогревателя $\tau_{в1}$					
25,52	35,8	10,6	330	39,4	14,2	971,7
26,4	38,4	12	580	45,0	18,6	1054,55
21,5	28,3	6,8	560	33,7	12,4	680

На основании экспериментальных данных и значения площади ограждающих конструкций 2 м<sup>2</sup>, 4 м<sup>2</sup>, 6 м<sup>2</sup> получены значения эквивалентного коэффициента теплопередачи (таблица 7).



Таблица 4. Результаты расчета эквивалентного коэффициента теплопередачи

Q, Вт	$\Delta t_1, ^\circ\text{C}$	F, м <sup>2</sup>	$K_3$
971,7	10,6	2	45,8
1054,55	12	2	43,9
680	6,8	2	50
971,7	10,6	4	22,9
1054,55	12	4	21,9
680	6,8	4	25
971,7	10,6	6	15,3
1054,55	12	6	14,7
680	6,8	6	16,7

Эквивалентный коэффициент теплопередачи зависит от мощности источника тепла или от тепловой нагрузки, поступающей в кабину, от температуры окружающей среды и от площади теплопередающих конструкций.

При обосновании материала защитных конструкций необходимо учитывать эти обстоятельства. Достигать необходимого результата следует при меньших площадях ограждающих конструкций, что не будет нарушать показатели обзорности. В этом случае к коэффициенту теплопередачи и коэффициенту звукопоглощения предъявляются жесткие требования при сохранении обзорности в кабине.

#### *Список литературы / References*

1. Булат Л.П. Современные требования к экологии помещений и термическое охлаждение / Л.П. Булат, Е.В. Бузин, Т.Г. Кузьмина // Тезисы докладов VII Международного семинара «Термоэлектрики и их применения». СПб: ФТИ им. Иоффе, 2000.
2. Богословский В.Н. Внутренние санитарно-технические устройства: Справ. проектировщика. М.: Стройиздат, 1992.