

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОЛНЦЕЗАЩИТЫ КАБИНЫ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МАШИНЫ

Масленский В.В., Булыгин Ю.И.

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В статье проверена эффективность светопрозрачных ограждающих конструкций кабины трактора в снижении солнечного излучения. Для этого определено значение суммарного теплопритока, поступающего внутрь в течение всего рабочего дня, которое впоследствии сравнено с гигиеническими нормативами. Результат продемонстрировал в среднем низкую эффективность солнцезащиты кабины трактора. В связи с этим предложено применение более действенных элементов затенения и использование в световых проемах стекол с повышенными светотеплозащитными свойствами.

Ключевые слова. Трактор, световые проемы, солнечное излучение, солнцезащита

EFFICIENCY OF SOLAR PROTECTION OF THE MOBILE AGRICULTURAL MACHINE CAB

Maslensky V.V., Bulygin Y.I.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The article checks the effectiveness of translucent enclosing structures of the tractor cab in reducing solar radiation. For this purpose, the value of the total heat flow entering the interior during the entire working day was determined, which was later compared with the hygienic standards. The result demonstrated an average low efficiency of the tractor cab sun protection. In this regard, the use of more effective shading elements and the use of glass with increased light and heat protection properties in light openings is proposed.

Keywords. Tractor, light openings, solar radiation, sun protection.

Введение. Солнечное излучение – электромагнитные колебания с неоднородными длинами волн. В состав солнечного излучения входят ультрафиолетовое излучение с длиной волны от 290 до 400 нм, видимое – от 400 до 760 нм и инфракрасное – от 760 до 2800 нм. Ультрафиолетовое излучение, ввиду его низкого содержания в солнечном спектре (1 %), оказывает в целом положительное влияние на организм человека. Инфракрасное же излучение (59 %), наоборот, при длительном воздействии вызывает негативный эффект – солнечный удар. Довольно часто подобные ситуации можно наблюдать в естественных условиях при работе в замкнутых пространствах, располагающихся под прямыми солнечными лучами, например, при работе операторов мобильных сельскохозяйственных машин (тракторов, комбайнов и т.п.).

Целью исследования выступила оценка величины солнечного излучения, проникающего сквозь световые проемы кабины трактора на протяжении всего рабочего дня.

Задачи:

- 1) Рассчитать суммарный теплоприток, проникающий в кабину сквозь световые проемы;
- 2) Оценить эффективность солнцезащиты в соответствии с гигиеническими нормативами теплового облучения.

Основная часть. Суммарная площадь остекления кабины трактора составляет 35 % (рис. 1). Суммарный теплоприток, проникающий в кабину сквозь световые проемы, Вт/м² [1-3]:

$$q_{\Sigma} = q_{\text{с.и.}} + q_{\text{т.п.}} \quad (1)$$

Теплоприток в кабину от солнечного излучения:

— при расположении светового проема вертикально, Вт/м² (рис. 2):

$$q_{\text{с.и.}} = (q_{\text{пр}} \cdot K_{\text{инс}} + q_{\text{рас}} \cdot K_{\text{обл}}) K_{\text{отн}} \cdot \tau_2, \quad (2)$$

где $q_{\text{пр}}$, $q_{\text{рас}}$ – теплоприток от прямого и рассеянного солнечного излучения, Вт/м²; $K_{\text{обл}}$ – коэффициент облучения; $K_{\text{отн}}$ – коэффициент относительного проникновения солнечного излучения; τ_2 – коэффициент затенения светового проема переплетами; $K_{\text{инс}}$ – коэффициент инсоляции, рассчитываемый по формуле (3):

$$K_{\text{инс}} = \left(1 - \frac{L_r \text{ctg } \beta - a}{H}\right) \left(1 - \frac{L_b \text{tg } A_{\text{с.о.}} - c}{B}\right), \quad (3)$$

где L_r, L_b – ширина горизонтально и вертикально выступающих элементов затенения, м; β – угол между плоскостью светового проема и перпендикулярной ей плоскостью проекции солнечного луча, °; $A_{\text{с.о.}}$ – солнечный азимут остекления; a, c – расстояние от горизонтально и вертикально выступающих элементов затенения до светового проема, м; H, B – высота и ширина светового проема, м [4-6].

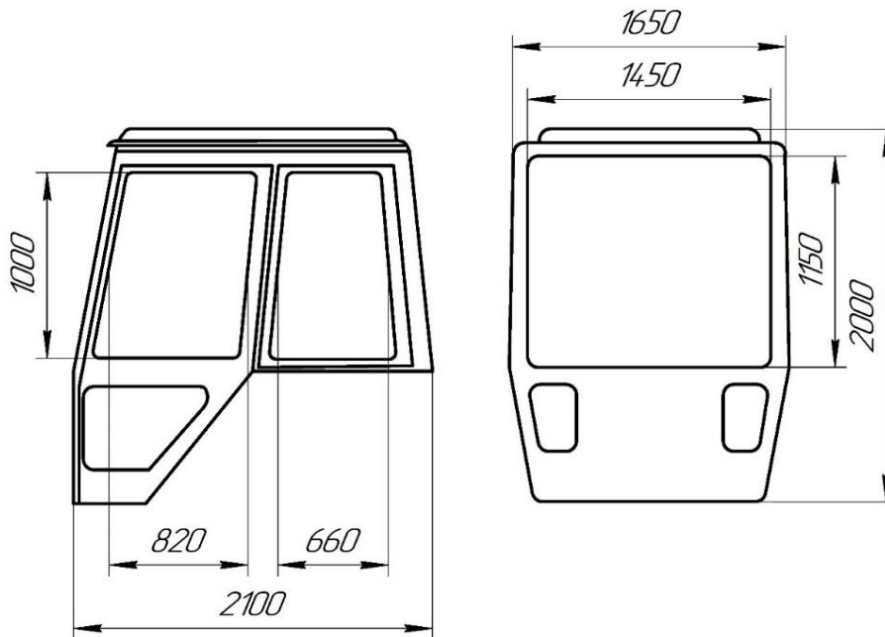


Рисунок 1 – Геометрические размеры световых проемов кабины трактора

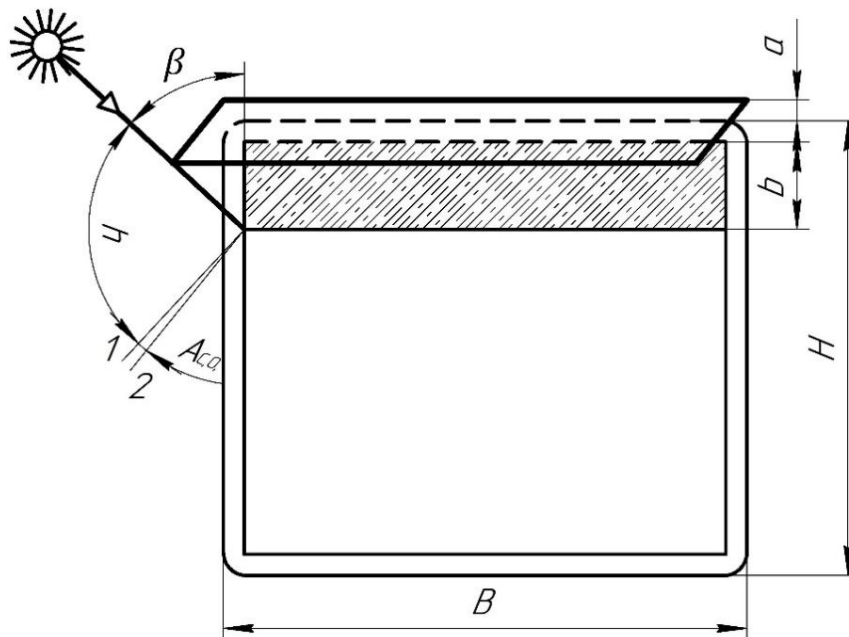


Рисунок 2 – Аксонометрия расположенного вертикально светового проема кабины трактора: 1 – горизонтальная проекция нормали к плоскости светового проема; 2 – горизонтальная проекция солнечного луча

— при расположении светового проема вертикально под углом, Вт/м² (рис. 3):

$$q_{\text{с.р.}} = \left(q_{\text{пр}} \cdot K_{\text{инс}} \frac{\text{ctg } \beta}{\text{ctg } (\beta \pm \beta')} + q_{\text{рас}} \cdot K_{\text{обл}}\right) K_{\text{отн}} \cdot \tau_2, \quad (4)$$

где β' – угол отклонения плоскости светового проема от вертикали, °; $K_{\text{инс}}$ – коэффициент инсоляции, рассчитываемый по формуле (5):

$$K_{\text{инс}} = \left(1 - \frac{L_r \text{ctg } (\beta \pm \beta') - a}{H}\right) \left(1 - \frac{L_b \text{tg } A_{\text{с.о.}} \sin \beta / \sin (\beta \pm \beta') - c}{B}\right). \quad (5)$$

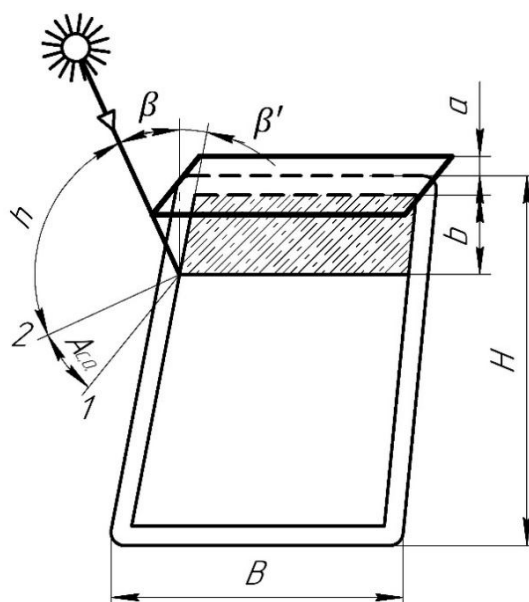


Рисунок 3 – Аксонометрия расположенного вертикально под углом светового проема кабины трактора: 1 – горизонтальная проекция нормали к плоскости светового проема; 2 – горизонтальная проекция солнечного луча

Теплоприток в кабину за счет теплопередачи, Вт/м² [7-9]:

$$q_{т.п.} = \frac{(t_n - t_b)}{\frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_n} + \frac{1}{\alpha_b}}, \quad (6)$$

где t_n – температура окружающего кабину воздуха, °С; t_b – температура внутри кабины, °С; δ – толщина стекла в световом проеме, м; λ – коэффициент теплопроводности стекла, Вт/(м·К); α_n, α_b – коэффициент теплоотдачи для наружной и внутренней поверхности светового проема, Вт/(м²·К), рассчитываемый по формулам (7) и (8) в зависимости от скорости движения воздуха снаружи и внутри кабины:

$$\alpha_n = 5 + 3,4v_n; \quad (7)$$

$$\alpha_b = 6\sqrt{v_b}. \quad (8)$$

Результаты и обсуждение. Исходные данные для расчета солнечного излучения, проникающего сквозь световые проемы, расположенные на восточной стороне, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета теплопритока от восточной стороны

Показатель	Истинное солнечное время, ч					
	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18
$q_{пр}, \text{Вт/м}^2$	481	431	115	0	0	0
$q_{рас}, \text{Вт/м}^2$	121	111	77	63	60	50
$K_{инс}$	1,001	0,997	0,979	0,979	0,985	1,001
$\beta, ^\circ$	65,85	43,35	15,6	15,6	43,35	65,85
$A_{с.о.}$	10	18,5	58,5	58,5	18,5	10
$a, \text{м}$	0,01					
$L_{г}, \text{м}$	0,02					
$H, \text{м}$	1,561					
$B, \text{м}$	1,091					
$\beta', ^\circ\text{С}$	2,17					
$t_{н}, ^\circ\text{С}$	45					
$t_{в}, ^\circ\text{С}$	24					
$\alpha_{н}, \text{Вт/(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$	8,4					
$\alpha_{в}, \text{Вт/(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$	3,29					

Результаты расчета суммарного теплопритока, проникающего в кабину сквозь световые проемы, представлены в таблице 2.

Для проверки эффективности солнцезащиты кабины трактора сравним значение суммарного теплопритока, проникающего в кабину сквозь световые проемы, с гигиеническими нормативами теплового облучения, используемыми при гигиенической оценке классов условий труда по показателям микроклимата (таблица 3) [10].

Таблица 2 – Результаты расчета суммарного теплопритока

Показатель	Истинное солнечное время, ч					
	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18
$q_{с.и.}, \text{Вт/м}^2$	41,85	50,3	52,8	160,3	456,15	508,5
$q_{т.д.}, \text{Вт/м}^2$	18,09	34,22	50,06	68,44	84,66	81,94
$q_{\Sigma}, \text{Вт/м}^2$	1607,31					

Таблица 3 – Оценка эффективности солнцезащиты

Показатель	Эффективность солнцезащиты						
	максимальная (> 85 %)	средняя (85-61 %)	низкая (60-35 %)				чрезвычайно низкая (< 34 %)
	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Тепловое облучение, Вт/м ²	< 140	140	1500	2000	2500	2800	> 2800

Результаты расчета суммарного теплопритока от солнечного излучения в кабину трактора указывают в целом на низкую эффективность солнцезащиты. В качестве мероприятий по снижению суммарного теплопритока от солнечного излучения предлагается применение более действенных солнцезащитных устройств (козырьков, солнцезащитных кожухов, стекол с низким коэффициентом пропускания солнечного излучения).

Заключение. Солнечное излучение вносит основной вклад в тепловой баланс кабины мобильной сельскохозяйственной машины, поэтому правильная его оценка является важным этапом при расчете и выборе систем нормализации микроклимата, например, климатической системы. При этом параметры выбранной климатической системы обеспечат высокую степень снижения температуры воздуха внутри кабины, что благоприятно скажется на самочувствии оператора.

Список использованных источников

1. Богословский В.Н. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1992. — 319 с.
2. Борухова Л.В., Шибeko А.С. Совершенствование методики расчета теплопоступлений через светопрозрачные конструкции и рекомендации по их уменьшению // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. — 2016. — № 1. — С. 65–78.
3. Савельев А.П., Глотов С.В., Еналеева С.А., Васьянин В.А. Расчет теплопоступлений в кабины мобильных энергетических средств // Наука, техника и образование. — 2018. — № 6 (47). — С. 22–28.
4. Борухова Л.В., Шибeko А.С. Проектирование конструктивных солнцезащитных устройств // Наука и техника. — 2016. — №2. — С. 107–114.
5. Устройства солнцезащитные зданий. Правила проектирования [Электронный ресурс]: СП 370.1325800.2017. — Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт» (дата обращения: 11.01.2020).
6. Устройства солнцезащитные. Технические условия [Электронный ресурс]: ГОСТ 33125-2014. — Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт» (дата обращения: 11.01.2020).
7. Месхи Б.Ч., Булыгин Ю.И., Масленский В.В. Расчет и выбор климатической системы для кабины зерноуборочного комбайна TORUM // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. XII Междунар. науч.-практ. конф. — Ростов н/Д: Изд-во ДГТУ-Принт, 2019. — С. 653–657.
8. Булыгин Ю.И., Щекина Е.В., Масленский В.В. Разработка элементов системы нормализации микроклимата в кабине зерноуборочного комбайна TORUM // Безопасность техногенных и природных систем. — 2019. — № 2. — С. 2–12.
9. Besik Meskhi, Yuri Bulygin, Ekaterina Shchekina, and Viktor Maslensky Elements of the normalization system of microclimate in the cabin of grain mandy combine TORUM // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2019. — № 403. — С. 012089.
10. Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению [Электронный ресурс]: Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 января 2014 г. № 33н. — Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт» (дата обращения: 11.01.2020).

Работа выполнена в рамках инициативной НИР.