

**А. Л. Мисун<sup>1</sup>, В. В. Азаренко<sup>2</sup>, Л. В. Мисун<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: LLM\_90@mail.ru

<sup>2</sup>Президиум Национальной академии наук Беларуси

Минск, Республика Беларусь

E-mail: azarenko@presidium.bas-net.by

## **НАПРАВЛЕНИЯ УЛУЧШЕНИЯ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТРУДА В КАБИНЕ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

*Аннотация.* В статье рассмотрены направления по повышению безопасности труда путем создания в кабине мобильной сельскохозяйственной техники необходимого микроклимата и выполнения при этом санитарных норм по чистоте воздуха на рабочем месте.

*Ключевые слова:* кабина мобильной сельскохозяйственной техники, рабочее место, микроклимат, запыленность, технические решения.

**A. L. Misun<sup>1</sup>, V. V. Azarenko<sup>2</sup>, L. V. Misun<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>EI "Belarusian State Agrarian Technical University"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: LLM\_90@mail.ru

<sup>2</sup>Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: azarenko@presidium.bas-net.by

## **DIRECTIONS FOR IMPROVING MICROCLIMATIC WORKING CONDITIONS IN THE CABIN OF MOBILE AGRICULTURAL MACHINERY**

*Abstract.* The article considers the directions for improving labor safety by creating the necessary microclimate in the cabin of mobile agricultural machinery and at the same time fulfilling sanitary standards for clean air in the workplace.

*Keywords:* cabin of mobile agricultural machinery, workplace, microclimate, dustiness, technical solutions.

### **Введение**

Воздействие тепла на организм человека в условиях нагревающего микроклимата приводит к снижению защитных сил и резервных возможностей организма. При длительном же воздействии холода на организм развивается вегетососудистая дистония и обостряются хронические заболевания. В целом самочувствие оператора мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ), его ощущение теплового комфорта, зависит от теплового равновесия системы оператор – рабочая одежда – производственная среда, определяемого параметрами микроклимата в кабине, уровнем активности работы и термическим сопротивлением одежды оператора [1]. Для нормализации микроклимата в кабине необходимы технические устройства различного назначения [2]: для отопления, вентиляции, охлаждения, очистки воздуха от вредных примесей, т. е. соответствующие технические средства, содержащие как элементы пассивной тепловой защиты герметизированных кабин (теплоизоляция непрозрачных ограждений, теплозащитные стекла, экраны, козырьки и т. д.), так и установки тепловлажностной обработки с очисткой воздуха.

### **Основная часть**

Система терморегулирования организма позволяет в определенных пределах поддерживать баланс продуцируемого и теряемого телом тепла, но возможности ее ограничены.

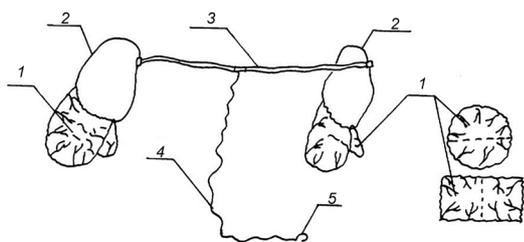


Рис. 1. Техническое устройство для защиты организма оператора МСХТ от перегрева [3]:  
1 – впитывающий элемент; 2 – эластичные кольца; 3 – стяжка; 4 – оттяжка; 5 – зацеп

Физиологическая норма реакции позволяет организму адаптироваться к охлаждающей или нагревающей температуре воздуха, микроклимату. Возникающее же переохлаждение или перегревание, выделение пота в процессе работы, даже если это не опасно для жизни человека, всегда снижает его трудоспособность. Для создания комфортных санитарно-гигиенических условий труда операторов в кабине МСХТ может использоваться устройство (рис. 1), содержащее сменные гигроскопические впитывающие элементы, неподвижно закрепленные на спинке сидения двумя эластичными кольцами, связанными друг

с другом стяжкой, которая, в свою очередь, неподвижно прикреплена одним концом к оттяжке, закрепленной своим свободным концом и снабженной зацепом за спинку сидения. Эффективная и безопасная защита оператора МСХТ от выделяемого пота в процессе работы при соприкосновении его спины со спинкой сидения достигается периодической и нетрудоемкой сменой впитывающих элементов, препятствующих перегреву организма оператора.

Так как в большей степени МСХТ эксплуатируется в жаркое, летнее время, то без надлежащей защиты металлическая кабина МСХТ может стать мощным источником тепла. Именно в этот период температура воздуха в кабине, может превышать наружную на 15–20 °С, а температура ее поверхностей достигать более 50 °С, что сильно влияет на производительность труда оператора МСХТ, его функциональность и работоспособность [4]. В значительной мере формирование требуемого уровня температуры и влажности воздуха в кабине зависит от ее теплоизоляции и герметичности [5]. Этому требованию отвечает и конструкция кабины кормоуборочного комбайна КВК-800 «Палессе». Результаты наблюдений за состоянием микроклимата в кабине этого кормоуборочного комбайна показали (табл. 1), что значения таких параметров, как температура, относительная влажность и скорость движения воздуха, находятся в допустимых пределах. Среднее квадратическое отклонение вышеприведенных параметров составило не более 4 %. Такая благоприятная ситуация во многом объясняется тем, что на отечественных кормоуборочных комбайнах исправно функционирует система нормализации микроклимата, позволяющая постоянно обеспечивать для оператора МСХТ на протяжении всего рабочего дня требуемые безопасные микроклиматические условия для работы [6]. Для повышения герметичности кабины рекомендуется разработанное нами устройство [7], узлы уплотнения которого посредством чередующихся пластин образуют подвижное соединение, представляющее собой клапанную систему, способствующую снижению проникновения пыли в кабину технического средства. Гофрированная манжета и нижний диск дополнительно повышают теплоизоляционные свойства кабины. В современных кабинах может использоваться теплоизоляция в виде пористых материалов как облицовка их интерьера на боковых стенках и потолке [8]. На полу кабины рекомендуется укладывать коврик специальной формы с резиновым покрытием общей толщиной 20–25 мм [9].

Таблица 1. Параметры микроклимата в кабине кормоуборочного комбайна КВК-800 «Палессе» в течение рабочей смены

Точка замера	Температура, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения, м/с
Первая	19,8 ± 0,6	69,7 ± 0,5	0,18 ± 0,03
Вторая	19,6 ± 0,5		
Третья	19,9 ± 0,5		
Четвертая	19,1 ± 0,2		
Пятая	19,3 ± 0,5		
Шестая	19,6 ± 0,3		
Седьмая	19,3 ± 0,3		
В среднем	19,5 ± 0,4		
Гигиенические нормативы [10]	15–22	15–75	0,20–0,40

Для снижения теплового воздействия на работоспособность оператора МСХТ нами предлагается инженерно-техническое решение [11], принцип работы которого заключается в том, что из дефлектора в патрубок с помощью штатной системы вентиляции в кабину МСХТ подается теплый воздух. Он проходит через увлажненную раствором душицы или эфирных масел хвои пористую верхнюю половину внутренней полости прямого полого цилиндра (рис. 2). Поворачивая цилиндр вокруг оси симметрии, можно оперативно поддерживать требуемую степень увлажнения воздуха производственной среды. При этом эфирные масла хвои (или душицы), которые наполняют воздух внутри кабины аэрозолями, оказывают благотворное влияние на организм оператора МСХТ, способствуют повышению производительности его труда, снятию усталости и улучшению настроения [12].

В отношении загрязненности наружного воздуха около кабин МСХТ необходимо отметить, что наибольшая запыленность воздуха (помимо образования облака пыли ветром) наблюдается при выполнении МСХТ различных технологических операций и зависит от типа грунта, температуры и влажности воздуха, мощности двигателя, типа движителя и скорости движения. Так, около кабины сельскохозяйственных тракторов весной и осенью преобладает пыль минерального происхождения с частицами размером 1–5 мкм при концентрации вблизи от очага образования до 1400 мг/м<sup>3</sup> при пахоте, посеве озимых и яровых культур, культивации и бороновании [1]. При этом на транспортных работах запыленность воздуха около кабины трактора значительно ниже. Необходимость защиты от пыли порождает вопросы всей проблемы нормализации микроклимата, так как защищаясь от внешней пыли, оператор МСХТ должен работать в закрытой вентилируемой кабине. Это приводит к повышению в ней температуры воздуха, что в значительной мере является следствием «парникового» эффекта в результате воздействия солнечной радиации на замкнутый объект со значительной площадью остекления [1]. Исследования по оценке концентрации пыли (запыленности воздуха  $C_p$ ) в кабине (МСХТ) проводили на примере кормоуборочного комбайна КВК-800 «Палессе» с учетом следующих условий: относительной влажности окружающего воздуха 70 %, скорости ветра не более 5 м/с, очищенных от пыли внутренних поверхностей кабины, плотно закрывающихся окон, дверей и люка. Система нормализации микроклимата работала с наибольшей производительностью (в режиме максимального забора наружного воздуха). В течение опыта отбирали в точке 2 (рис. 3) пять проб на содержание пыли в воздухе [13].

В качестве прибора для количественного определения пыли в воздухе использовали аспиратор АФА-ВП (модель 822). Питание прибора осуществляли от дизель-генератора (КДЕ 6500Е). Для достоверной оценки запыленности отбирали пять проб. Номер фильтра нумеровали на бумажных держателях. Для регулировки объемного расхода воздуха аспиратора использовали пробные фильтры. Опытный фильтр в бумажном держателе вставляли в фильтр-держатель,

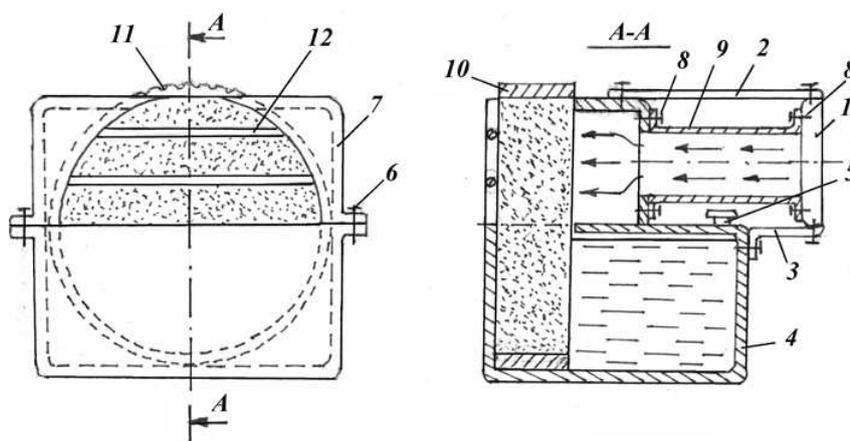


Рис. 2. Устройство для увлажнения воздуха производственной среды в кабине МСХТ:  
1 – дефлектор; 2, 3 – крепления; 4, 7 – нижняя и верхняя стенки корпуса; 5 – крышка горловины;  
6, 8 – винты; 9 – патрубок; 10 – полый цилиндр; 11 – рифление

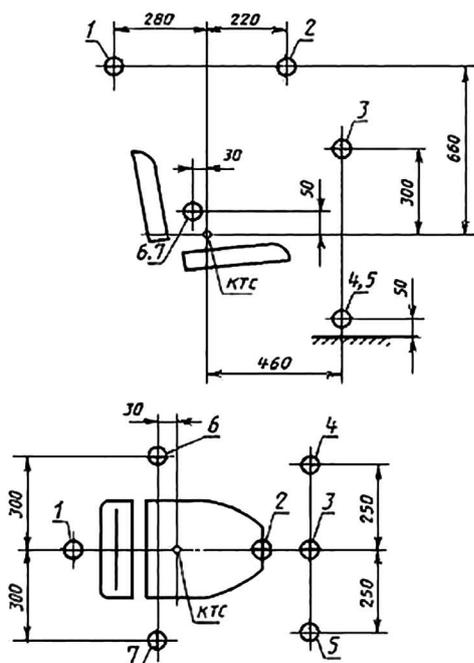


Рис. 3. Схема оценочных измерений условий труда на рабочем месте оператора кормоуборочного комбайна: 1, 3–7 – точки для измерения температуры воздуха в кабине; 2 – точка для измерения запыленности, относительной влажности и скорости движения воздуха в кабине; КТС – контрольная точка сиденья

включали аспиратор на 5 мин [14]. Объем воздуха ( $V$ ), прошедшего через фильтр, рассчитывали по формуле

$$V = v_v t_{пр}, \quad (1)$$

где  $v_v$  – скорость воздуха, л/мин;  $t_{пр}$  – время отбора пробы, мин.

Изменение массы контрольных и опытных фильтров  $\Delta M_\phi$  определяли из выражения

$$\Delta M_\phi = M_k - M_n, \quad (2)$$

где  $M_k$  – масса фильтра после отбора проб воздуха, г;  $M_n$  – начальная масса фильтра, г.

Среднее значение изменения массы контрольных фильтров  $\Delta M'_k$  определяли по формуле

$$\Delta M'_k = \frac{\sum \Delta M_\phi}{N}, \quad (3)$$

где  $N$  – количество контрольных факторов.

Значение  $\Delta M'_k$  учитывали для анализа количества влаги, которое поглотили или отдали чистые фильтры относительно первоначального их веса. Массу пыли, осевшую на фильтре ( $M_n$ ), с учетом изменения массы контрольных фильтров  $M_k$ , определяли исходя из следующих условий:

$$M_n = \Delta M_\phi - \Delta M'_k, \quad \text{если } \Delta M'_k > 0;$$

$$M_n = \Delta M_\phi + |\Delta M'_k|, \quad \text{если } \Delta M'_k < 0;$$

где  $|\Delta M'_k|$  – модуль значения изменения массы контрольных фильтров.

Запыленность воздуха в кабине кормоуборочного комбайна ( $C_n$ ) рассчитывали по формуле

$$C_n = \frac{M_n}{V} \cdot 10^6. \quad (4)$$

Установленное значение запыленности воздуха рабочей зоны находилось в пределах 3,1–5,1 мг/м<sup>3</sup> (табл. 2), т. е. условия труда оператора по запыленности воздуха в кабине в течение рабочей смены изменялись от «допустимых» до «вредных» (табл. 3).

Для снижения негативного влияния пыли на организм оператора МСХТ нами предлагается техническое решение в виде антибликовой пылезащитной накладке на приборную панель технического средства (рис. 4). Основа накладки представляет собой слой полимера, который арми-

Таблица 2. Результаты измерения запыленности воздуха на рабочем месте оператора кормоуборочного комбайна КВК-800 «Палессе»

Номер фильтра	Время отбора	Скорость воздуха ( $V_v$ ), л/мин	Объем воздуха, прошедшего через фильтр ( $V$ ), л	Масса фильтра после отбора пробы воздуха ( $M_k$ ), г	Начальная масса фильтра ( $M_n$ ), г	Изменение массы фильтра ( $\Delta M_\phi$ ), г	Масса пыли ( $M_n$ ), г	Запыленность воздуха ( $C_n$ ), мг/м <sup>3</sup>
Контроль 1	–	–	–	0,16146	0,16010	0,00136	$\Delta M'_k = 0,00147$	
Контроль 2	–	–	–	0,16318	0,16169	0,00149		
Контроль 3	–	–	–	0,16367	0,16211	0,00156		
1	5	7	35	0,16400	0,16242	0,00158	0,00011	3,1
2	5	7	35	0,16358	0,16198	0,00160	0,00013	3,7
3	5	7	35	0,16412	0,16250	0,00162	0,00015	4,3
4	5	7	35	0,16371	0,16207	0,00164	0,00017	4,8
5	5	7	35	0,16407	0,16242	0,00165	0,00018	5,1

Т а б л и ц а 3. Классы условий труда в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны пыли (превышения ПДК, раз) [15]

Показатель	Класс условий труда					
	допустимый	вредный			опасный (экстремальный)	
1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Концентрация пыли	≤ПДК*	1,1–2,0	2,1–5,0	5,1–10,0	>10,0	–

\*ПДК пыли в кабине МСХТ – 4 мг/м<sup>3</sup> [16].

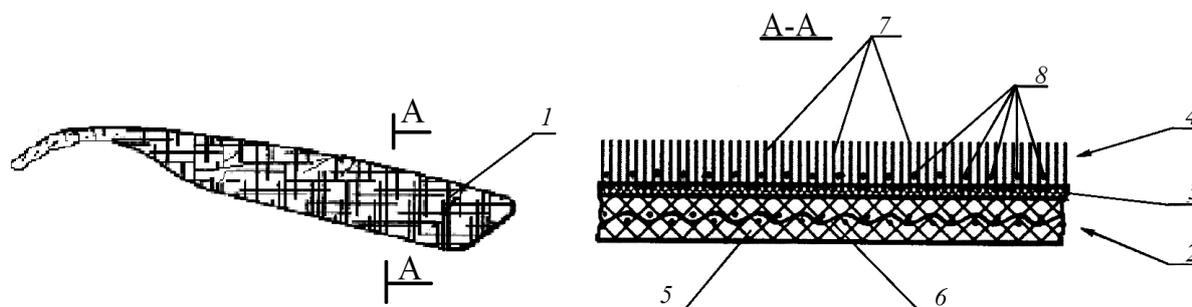


Рис. 4. Пылезащитная антибликовая накладка [17]:

1 – пылезащитная антибликовая накладка; 2 – полимерная основа; 3 – клей; 4 – антибликовый слой; 5 – полимерный слой; 6 – армированная ткань; 7 – волокна флока; панель; 8 – оголенная медная нить

рован тканью. В качестве полимера можно использовать силикон, полиуретан, акрил. Форма этой наклейки соответствует форме поверхности приборной панели в кабине, а ее верхний антибликовый слой выполнен из волокон флока на полимерной основе (полиамид (нейлон) или вискоза), которые, в свою очередь, армированы тканью на шерстяной основе. Этот слой представляет собой хаотично расположенные волокна, имеющие разную толщину (0,5–5,0 мкм), расстояние между которыми составляет примерно 0,5–50,0 мкм.

Антибликовый пылезащитный слой из полиамидного флока наносится на предварительно отформованную полимерную основу способом электрофлокирования. При этом полимерная основа армирована тканью из синтетических волокон. В нижней части наклейки установлена оголенная медная нить толщиной от 0,5–0,7 мм. Расстояние соседних частей медной нити друг от друга составляет 8–10 мм [17]. По краям наклейки в точках наибольшей кривизны медная нить закреплена скобами. Между нитью и скобами во всех направлениях существуют зазоры размером 1–2 мм. В расправленном горизонтальном виде медная нить уложена на полимерной основе в виде общей синусоиды. Когда полимерная основа копирует форму приборной панели, то и закрепленная на ней с помощью скоб медная нить тоже соответствующим образом изгибается, копируя форму панели. В результате имеющей место вибрации при работе МСХТ в верхнем слое наклейки возникают колебания, что приводит к трению между волокнами ткани и оголенной медной нитью (рис. 5), создавая при этом статическое поле, состоящее из волн, пронизывающих все внутреннее пространство кабины, которые, в свою очередь, вызывают эффект подталкивания и притягивания пыли к наэлектризованным медным нитям. При этом осаждение пылинок происходит в результате малейшего касания ее о медные нити, расположенные поперек воздушного потока смеси воздуха и пыли. Наклейка может быть достаточно легко демонтирована для очистки от накопившейся пыли или мойки [17].

Для защиты оператора в кабине МСХТ от пыли и насекомых предлагается москитная сетка [18], состоящая из

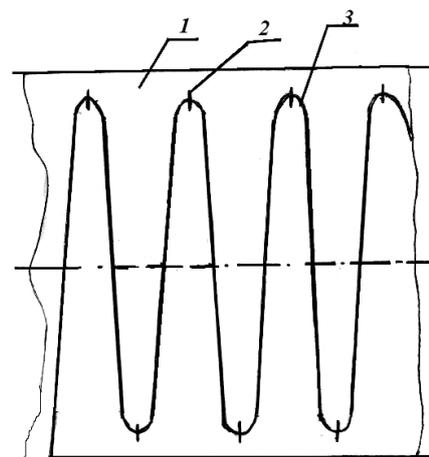


Рис. 5. Расположение медной нити в антибликовой пылезащитной накладке для приборной панели МСХТ [17]:  
1 – накладка; 2 – медные скобы;  
3 – медная нить

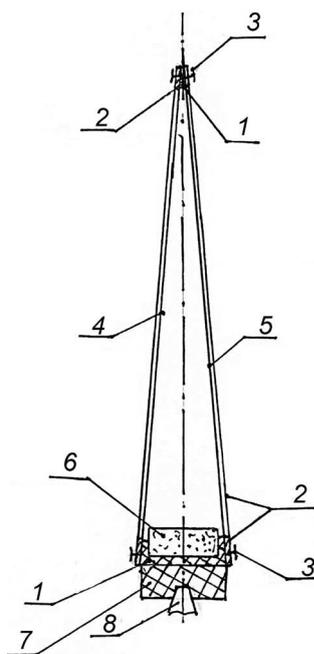


Рис. 6. Москитная сетка для трактора или автомобиля [18]:

- 1 – пластиковая рамка;
- 2 – прокладка; 3 – винт;
- 4 – наружное полотно;
- 5 – внутреннее полотно;
- 6 – полоса войлока;
- 7 – полоса резинового уплотнителя с канавкой;
- 8 – верхняя часть стекла двери кабины

пластиковой рамки, в которой натянута сетка. Вверху рамки имеется ручка, отличающаяся тем, что сетка выполнена двойной, состоящей из наружного и внутреннего полотен, образующих внутреннюю полость в форме клина (рис. 6), верхний угол которого прикреплен к верхней поверхности рамки, а в нижней части рамки расстояние между наружным и внутренним полотнами равно 10–12 мм. При этом в нижней части клиновидной полости между полотнами сетки поверх нижней поверхности рамки установлена с возможностью замены полоса войлока высотой 8–10 мм, пропитанная эфирным маслом лемонграсса; в наружном полотне имеются отверстия продолговатой формы 0,15 мм по высоте и 0,8 мм по ширине, а во внутреннем полотне – отверстия продолговатой формы размером 0,8 мм по высоте и 0,15 мм по ширине. На нижней поверхности рамки закреплена, например, с помощью клея, полоса резинового уплотнителя с канавкой в виде равнобокой трапеции для расположения в ней верхней части стекла двери МСХТ. Во время движения на МСХТ в оконный проем автомобильной или тракторной двери сверху с помощью ручки вставляется пластиковая рамка с двойной москитной сеткой, выполненной из наружного и внутреннего полотен. Для плотного прилегания москитной сетки приподнимается стекло двери МСХТ, которое упирается в полосу резинового уплотнителя с канавкой в виде равнобокой трапеции для расположения в ней с целью фиксации верхней части стекла двери МСХТ. При этом не остается зазоров для проникновения различных насекомых, пыли и пуха.

Москитная сетка изготовлена на основе полимера, поэтому ячейки со временем не растягиваются. Она не затеняет световой проем, препятствует попаданию в кабину МСХТ пуха и пыли, что особенно важно для людей, страдающих различными аллергическими заболеваниями. Москитная сетка не уменьшает видимость и не препятствует

проникновению свежего воздуха. Ее сеточное полотно проходит обработку специальными веществами, в результате чего приобретает устойчивость к выгоранию и не поддается деформации. Клиновидная полость между наружным и внутренним полотнами москитной сетки служит для поглощения шумовых звуковых волн, отраженных внутренними поверхностями наружного и внутреннего ее полотен, а расположение в них противоположно ориентированных отверстий продолговатой формы препятствует возникновению резонансных звуковых явлений [18]. Распространяющийся по кабине МСХТ запах масла лемонграсса отпугивает насекомых, улучшает настроение и физическое состояние оператора МСХТ, способствует устранению слабости в конечностях, головокружения, сенсомоторных расстройств, помогает справиться с подавленностью и эмоциональной усталостью во время рабочей смены.

### Заключение

На основании результатов исследования, проведенного с целью изучения возможностей улучшения микроклиматических условий и снижения запыленности в кабине мобильной сельскохозяйственной техники, предложены организационные мероприятия и авторские технические решения, защищенные шестью патентами Республики Беларусь.

### Список использованных источников

1. Обеспечение безопасности производственной среды в кабине мобильной сельскохозяйственной техники / А. Л. Мисун [и др.] // Вестн. Полоцкого гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2018. – № 11. – С. 24–27.
2. Михайлов, В. А. Средства нормализации микроклимата и оздоровления воздушной среды в кабинах тракторов : учебное пособие / В. А. Михайлов, Н. Н. Шарипова. – М. : МГТУ «МАМИ», 2002. – 90 с.

3. Устройство для защиты от пота : пат. 2143937 РФ / В. М. Сорока ; заявл. 05.09.1994 ; опубл. 10.01.2000.
4. Технические устройства для нормализации теплового режима в кабине мобильной сельскохозяйственной техники / Л. В. Мисун [и др.] // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции : сб. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 21–22 марта 2019 г. / редкол.: В. Я. Груданов [и др.]. – Минск, 2019. – С. 294–296.
5. Михайлов, В. А. Обеспечение нормируемых параметров микроклимата в тракторных кабинах / В. А. Михайлов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1990. – № 1. – С. 18–21.
6. Мисун, А. Л. Улучшение условий труда в кабине мобильной сельскохозяйственной техники / А. Л. Мисун, И. Н. Мисун, Н. Ф. Моисеенко // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. Белорус. гос. с.-х. акад. ; редкол.: В. Р. Петровец [и др.]. – Горки, 2018. – Вып. 3. – С. 94–98.
7. Устройство для герметизации рычага управления коробки скоростей в кабине транспортного средства : пат. № 16704 Респ. Беларусь / Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, В. А. Агейчик, А. В. Агейчик ; заявл. 23.04.2010 ; опубл. 30.12.2010.
8. Кабина транспортного средства : пат. № 1596 Респ. Беларусь / Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, В. А. Агейчик, А. В. Агейчик ; заявл. 08.02.2010 ; опубл. 30.10.2011.
9. Напольный коврик кабины мобильной сельскохозяйственной техники : пат. № 16704 Респ. Беларусь / А. Л. Мисун [и др.] ; заявл. 14.12.2018 ; опубл. 30.06.2019.
10. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны : ГОСТ 12.1.005-88. – М., 1988. – (Дата актуализации 21.04.2018).
11. Устройство для снижения температуры и увлажнения воздуха в салоне автомобиля : пат. № 11910 Респ. Беларусь / Л. В. Мисун [и др.] ; заявл. 07.02.2018 ; опубл. 28.02.2019.
12. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа : учебник для вузов / Л. Г. Лойцянский. – М. : Дрофа, 2003. – С. 141–142.
13. Машины землеройные, тракторы и машины для сельскохозяйственных работ и лесоводства. Контрольная точка сиденья : ГОСТ 27715-88. – М., 1988. – (Дата актуализации 01.01.2018).
14. Мисун, А. Л. Оценка запыленности воздуха на рабочем месте оператора кормоуборочного комбайна / А. Л. Мисун, И. Н. Мисун, В. А. Иванушкина // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. Белорус. гос. с.-х. акад. ; редкол.: В. Р. Петровец [и др.]. – Горки, 2019. – Вып. 4. – С. 64–67.
15. Охрана труда : практикум / А. С. Алексеенко [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 192 с.
16. Кисленко, А. К. Оценка условий труда операторов тракторов сельскохозяйственного назначения / А. К. Кисленко, М. А. Архилаев, П. Д. Веретенников // Вестн. Алтайского гос. аграрн. ун-та. – 2004. – № 2 (14). – С. 236–240.
17. Накладка антибликовая на приборную панель автомобиля или трактора : пат. № 11911 Респ. Беларусь / Л. В. Мисун [и др.] ; заявл. 16.03.2018 ; опубл. 28.02.2019.
18. Москитная сетка для автомобиля или трактора : пат. № 12000 Респ. Беларусь / А. Л. Мисун [и др.] ; заявл. 31.05.2018 ; опубл. 30.06.2019.