

УДК 331.4:631.353

DOI 10.52928/2070-1616-2023-47-1-32-36

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ,
УСЛОВИЙ ТРУДА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ
ОПЕРАТОРА КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА КВК-800 «ПАЛЕССЕ»**

д-р техн. наук, проф. С.Г. ЕХИЛЕВСКИЙ

(Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой)

д-р техн. наук, проф. А.Н. ОРДА, канд. техн. наук Ал-р Л. МИСУН

(Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск)

Проанализированы параметры состояния производственной среды, условий труда на рабочем месте оператора технического средства (кормоуборочный комбайн КВК-800 «Палессе»). Установлено, что из семи наиболее значимых параметров (температура, относительная влажность, скорость перемещения воздуха, шум, вибрация (локальная, общая) и запыленность) на рабочем месте оператора технического средства, только для запыленности прогнозируется рост показателя в течение рабочей смены. Предложено техническое решение для улучшения условий труда оператора.

Ключевые слова: охрана труда, кормопроизводство, условия труда, микроклимат, шум, вибрация, запыленность, безопасность.

Введение. Уровень безопасности технического средства определяется согласно техническому регламенту технического соответствия ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования»¹. При этом в соответствии с требованиями межгосударственного стандарта «Система стандартов безопасности труда. Техника сельскохозяйственная»² методами измерения и расчета оценивают 21 параметр безопасности для комбайнов. При положительных результатах по всем показателям сертификационных испытаний заявитель получает сертификат соответствия комбайна сроком на 5 лет. По истечению срока процедура сертификации повторяется. Возникает вопрос, а какой будет ситуация с такими параметрами безопасности кормоуборочного комбайна из перечня межгосударственного стандарта, как микроклимат, шум, вибрация и запыленность на рабочем месте оператора, не через пять лет, а, например, через четыре года эксплуатации комбайна, т.е. в последний год срока действия сертификата технического соответствия. Для проведения таких исследований был выбран наиболее типичный представитель парка кормоуборочной техники в Республике Беларусь – комбайн КВК-800 «Палессе», уровень профессиональной подготовки комбайнера оценивался как «средний» [1].

Основная часть. Перед проведением наблюдений комбайн работал два часа, выполняя технологический процесс. При этом двери, окна и люк кабины комбайна были закрыты, а система нормализации микроклимата включена на наибольшую производительность в режиме, соответствующем летнему периоду года³ [2]. Оценочные измерения микроклимата в кабине проводили в точках 1...7 (рисунок) при значении температуры воздуха в кабине, когда в точке 2 она не изменялась более чем на 0,5 °С в течение 30 мин³ [2]. Скорость движения воздуха – 2,5... 3,0 м/с. Температуру воздуха в кабине определяли как среднее арифметическое пяти измерений в указанных точках (рисунок).

Результаты наблюдений (таблица 1) за состоянием микроклимата в кабине кормоуборочного комбайна КВК-800 «Палессе» показали, что значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха находятся в допустимых пределах. Среднее квадратическое отклонение вышеприведенных параметров составило не более 4%. Такая благоприятная ситуация во многом объясняется тем, что на современных отечественных кормоуборочных комбайнах исправно функционирует система нормализации микроклимата, что позволяет постоянно обеспечивать для оператора мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ) на протяжении всего рабочего дня требуемые безопасные микроклиматические условия для работы [3; 4].

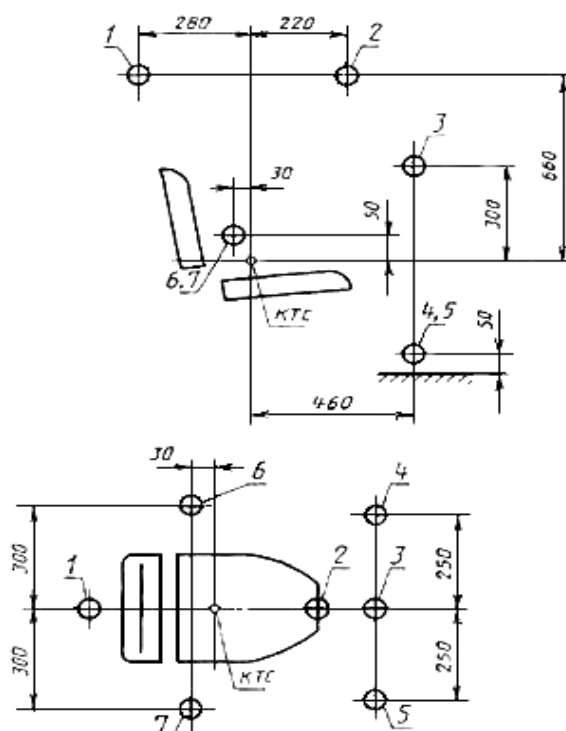
Измерение шума и вибрации в кабине кормоуборочного комбайна проводилось при загрузке двигателя 90% номинальной эксплуатационной мощности. Шум на рабочем месте оценивался эквивалентным уровнем звука. Исследованиями установлено⁴, что во всех случаях уровень шума не превышал ПДУ (таблица 2).

¹ ТР ТС 010 / 2011. Технический регламент таможенного союза. О безопасности машин и оборудования: утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 18 окт. 2011 г., № 823; с изм. на 16 мая 2016 г. // Консорциум «Кодекс». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902307904>

² ГОСТ 12.2.002-91. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Техника сельскохозяйственная. Методы оценки безопасности // Консорциум «Кодекс». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200018537>

³ ГОСТ 12.2.122-2013. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Методы контроля безопасности (с поправкой) // Консорциум «Кодекс». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200109593>

⁴ ГОСТ 27715-88. Машины землеройные, тракторы и машины для сельскохозяйственных работ и лесоводства. Контрольная точка сиденья: с изм. от 09.04.91 N 469 // Консорциум «Кодекс». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200021616>



1...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

Рисунок. – Схема оценочных измерений условий труда⁵
 на рабочем месте оператора кормоуборочного комбайна

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

№	Точка замера	Температура, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
1	Первая	19,8 ± 0,6	–	–
2	Вторая	19,6 ± 0,5	69,7 ± 0,5	0,18 ± 0,03
3	Третья	19,9 ± 0,5	–	–
4	Четвертая	19,1 ± 0,2	–	–
5	Пятая	19,3 ± 0,5	–	–
6	Шестая	19,6 ± 0,3	–	–
7	Седьмая	19,3 ± 0,3	–	–
В среднем		19,5 ± 0,4	–	–
Гигиенические нормативы ⁶		15...22	15...75	0,20...0,40

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

Марка комбайна	Уровень звука, дБ	Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
КВК-800 «Палессе»	78	102	91	84	79	76	72	71	68	60
Допустимые уровни ⁷	80	107	95	87	82	78	75	73	71	69

⁵ ГОСТ 12.2.122-2013. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Методы контроля безопасности (с поправкой) // Консорциум «Кодекс». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200109593>

⁶ ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны // Консорциум «Кодекс». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608>

⁷ ГОСТ 12.1.003-83. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности // Консорциум «Кодекс». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200291>

Для проведения исследований вибрации на рабочем месте оператора кормоуборочного комбайна учитывалось, что ее основными источниками являются работа двигателя, ходовая часть (локальная вибрация) и непосредственное движение комбайна по полю (общая вибрация). Замеры, проводившиеся с пятикратной повторностью, показали, что уровни воздействия локальной и общей вибраций на организм оператора находятся в допустимых пределах (таблицы 3, 4). Среднее квадратическое отклонение наблюдаемых параметров прогнозируется в пределах от 2,2 до 5,3%.

Таблица 3. – Результаты измерения локальной вибрации на рабочем месте оператора кормоуборочного комбайна КВК-800 «Палессе» [5]

Марка комбайна	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
КВК-800 «Палессе»	112	105	104	102	99	98	92	86
Допустимые уровни ⁸	115	109	109	109	109	109	109	109

Таблица 4. – Результаты измерения общей вибрации на рабочем месте оператора кормоуборочного комбайна КВК-800 «Палессе» [5]

Марка комбайна	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	1	2	4	8	16	31,5	63	
КВК-800 «Палессе»	120	112	112	106	104	94	90	
Допустимые уровни ⁸	132	123	114	108	107	107	107	

Оценка концентрации пыли (C_n) в кабине кормоуборочного комбайна КВК-800 «Палессе» проводилась с учетом следующих условий: относительная влажность окружающего воздуха – 70%; скорость ветра – не более 5 м/с; внутренние поверхности кабины очищены от пыли; окна, двери и люк плотно закрыты. Система нормализации микроклимата работала с наибольшей производительностью (в режиме максимального забора наружного воздуха). В течение опыта отбирали (см. рисунок) 5 проб на содержание пыли в воздухе⁹ [2]. В качестве прибора для количественного определения пыли в воздухе использовался аспиратор АФА-ВП (модель 822). Питание прибора осуществлялось от дизель-генератора (КДЕ 6500Е) [12]. Номер фильтра проставлялся на бумажных держателях. Для регулировки объемного расхода воздуха аспиратора использовались пробные фильтры. Опытный фильтр в бумажном держателе вставляли в фильтрдержатель, включали аспиратор на 5 мин. Объем воздуха (V), прошедшего через фильтр, рассчитывался по формуле

$$V = v_v \cdot t_{пр}, \quad (1)$$

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

Изменение массы контрольных и опытных фильтров ΔM_ϕ определялось как

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

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

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

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

где N – количество контрольных факторов.

Значение $\Delta M'_k$ учитывалось 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:

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

$$M_n = \Delta M_\phi + \left| \Delta M'_k \right|, \text{ если } \Delta M'_k < 0.$$

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

⁸ ГОСТ 12.1.003-83. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности // Консорциум «Кодекс». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200291>

⁹ ГОСТ 27715-88. Машины землеройные, тракторы и машины для сельскохозяйственных работ и лесоводства. Контрольная точка сиденья: с изм. от 09.04.91 N 469 // Консорциум «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200021616>

Запыленность воздуха в кабине кормоуборочного комбайна (C_n) рассчитывалась 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/м³ (таблица 5), т.е. условия труда оператора по запыленности воздуха в кабине в течение рабочей смены изменялись от «допустимых» до «вредных» (таблица 6). Для улучшения условий труда, защиты оператора МСХТ, находящегося в кабине кормоуборочного комбайна, от шума высоких уровней, который излучают адаптеры комбайна, предлагается использовать патентное техническое решение¹⁰.

Таблица 5. – Результаты измерения запыленности воздуха на рабочем месте оператора кормоуборочного комбайна КВК-800 «Палессе» [6]

Номер фильтра	Время отбора пробы ($t_{пр}$), мин	Скорость воздуха (V_v), л/мин	Объем воздуха, прошедшего через фильтр (V), л	Масса фильтра после отбора пробы воздуха (M_k), г
Контроль 1	–	–	–	0,16146
Контроль 2	–	–	–	0,16318
Контроль 3	–	–	–	0,16367
1	5	7	35	0,16400
2	5	7	35	0,16358
3	5	7	35	0,16412
4	5	7	35	0,16371
5	5	7	35	0,16407

Окончание таблицы 5

Номер фильтра	Начальная масса фильтра (M_f), г	Изменение массы фильтра (ΔM_f), г	Масса пыли (M_n), г	Запыленность воздуха (C_v), мг/м ³
Контроль 1	0,16010	0,00136	$\Delta M_k' = 0,00147$	
Контроль 2	0,16169	0,00149		
Контроль 3	0,16211	0,00156		
1	0,16242	0,00158	0,00011	3,1
2	0,16198	0,00160	0,00013	3,7
3	0,16250	0,00162	0,00015	4,3
4	0,16207	0,00165	0,00017	4,8
5	0,16242	0,00164	0,00018	5,1

Таблица 6. – Классы условий труда в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны пыли (превышения ПДК, раз) [7]

Показатель	Класс условий труда					Опасный (экстремальный)
	Допустимый	Вредный			4	
	2	3.1	3.2	3.3		
Концентрация пыли	≤ ПДК*	1,1...2,0	2,1...5,0	5,1...10,0	>10,0	–

Примечание. *ПДК пыли в кабине МСХТ 4 мг/м³ [8].

Заключение. В результате сравнительного анализа установлено, что из семи наиболее значимых параметров условий труда в кабине кормоуборочного комбайна КВК-800 «Палессе» (температура, относительная влажность, скорость перемещения воздуха, шум, вибрация (локальная, общая) и запыленность на рабочем месте оператора МСХТ) только для последнего параметра прогнозируется в течение рабочей смены рост до 1,27 раза ПДК. Объяснением этому может служить частая смена в течение дня направления движения комбайна относительно направления ветра, а также неплотности герметизации кабины комбайна. Следует также отметить, что показатель средневзвешенного отклонения значений наблюдаемых параметров, полученный согласно статистическим данным по охране труда для ряда агропредприятий, находится в пределах 0,75...1,27 от значений гигиенических нормативов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азаренко В.В., Мисун А.Л., Корбут С.Н. Оценка уровня безопасности труда на уборке кормовых культур как показателя снижения профессиональных рисков // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграрных навук. – 2016. – № 3. – С. 99–106.

¹⁰ Кабина транспортного средства: пат. 16250 Респ. Беларусь на изобретение, МПК (2006.01) B62D33/06 / Л.В. Мисун, А.Л. Мисун, А.В. Агейчик, В.А. Агейчик // Афіц. бюл. / Нац. цэнтр інтэл. уласнасці. – 2012. – № 4. – С. 90.

2. Аверьянов Ю.И., Глемба В.К. Выявление и совершенствование проблемных взаимосвязей, структурных элементов системы безопасности движения мобильных машин // Вестн. ЧГАУ. – 2013. – Т. 66. – С. 25–34.
3. Обеспечение безопасности производственной среды в кабине мобильной сельскохозяйственной техники / А.Л. Мисун, И.М. Морозова, Л.В. Мисун и др. // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В. Пром-сть. Приклад. науки. – 2018. – № 11. – С. 24–27.
4. Мисун А.Л., Мисун И.Н., Моисеенко Н.Ф. Улучшение условий труда в кабине мобильной сельскохозяйственной техники // Инновац. решения в технологиях и механизации с.-х. пр-ва / редкол.: В.Р. Петровец (гл. ред.) и др. – Горки: БГСХА, 2018. – Вып. 3. – С. 94–98.
5. Мисун А.Л., Мисун Л.В., Драгуцану А.В. К вопросу организации рабочего места оператора мобильной сельскохозяйственной техники // Инновац. решения в технологиях и механизации с.-х. пр-ва / редкол.: В.Р. Петровец (гл. ред.) и др. – Горки: БГСХА, 2019. – Вып. 4. – С. 137–139.
6. Мисун А.Л., Мисун И.Н., Иванушкина В.А. Оценка запыленности воздуха на рабочем месте оператора кормоуборочного комбайна // Инновац. решения в технологиях и механизации с.-х. пр-ва / редкол.: В.Р. Петровец (гл. ред.) и др. – Горки: БГСХА, 2019. – Вып. 4. – С. 64–66.
7. Охрана труда. Практикум / А.С. Алексеенко, А.Е. Кондраль, А.Н. Кудрявцев и др. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 192 с.
8. Кисленко А.К., Архилаев М.А., Веретеников П.Д. Оценка условий труда операторов тракторов сельскохозяйственного назначения // Вестн. Алт. государственного аграр. ун-та. – 2004. – № 2 (14). – С. 236–240.

REFERENCES

1. Azarenko, V.V., Misun, A.L. & Korbut, S.N. (2016). Otsenka urovnya bezopasnosti truda na uborke kormovykh kul'tur kak pokazatelya snizheniya professional'nykh riskov [Evaluation of the level of labor safety at harvesting fodder crops as an indicator of reducing occupational risks]. *Vesti Natsyonal'nai akademii navuk Belarusi. Ser. agrarnykh navuk [News of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of agricultural sciences]*, (3), 99–106. (In Russ., abstr. in Engl.)
2. Aver'yanov, Yu.I. & Glemba, V.K. (2013). Vyyavlenie i sovershenstvovanie problemnykh vzaimosvyazei, strukturnykh elementov sistemy bez-opasnosti dvizheniya mobil'nykh mashin [Identification and improvement of problematic relationships, structural elements of the system of safety of movement of mobile vehicles]. *Vestnik ChGAU [Bulletin of ChGAU]*, (66), 25–34. (In Russ., abstr. in Engl.)
3. Misun, A.L., Morozova, I.M., Misun, L.V., Pinchuk, A.A. & Samkevich, N.V. (2018). Obespechenie bezopasnosti proizvodstvennoi sredy v kabine mobil'noi sel'skokhozyaistvennoi tekhniki [Ensuring the safety of the production environment in the cab of mobile agricultural machinery]. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo univesitetata. Seriya V. Promyshlennost'. Prikladnye nauki [Bulletin of the Polotsk State University. Series B. Industry. Applied Science]*, (11), 24–27. (In Russ., abstr. in Engl.)
4. Misun, A.L., Misun, I.N. & Moiseenko, N.F. (2018). Uluchshenie uslovii truda v kabine mobil'noi sel'skokhozyaistvennoi tekhniki. Redkol.: V.R. Petrovets (gl. red.) [i dr.] *Innovatsionnye resheniya v tekhnologiyakh i mekhanizatsii sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva*, (3), 94–98. Gorki: BGSKhA. (In Russ.)
5. Misun, A.L., Misun, L.V. & Dragutsanu, A.V. (2019). K voprosu organizatsii rabocheho mesta operatora mobil'noi sel'skokhozyaistvennoi tekhniki. *Innovatsionnye resheniya v tekhnologiyakh i mekhanizatsii sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva*, (4), 137–139. Gorki: BGSKhA. (In Russ.)
6. Misun, A.L., Misun, I.N. & Ivanushkina, V.A. (2019). Otsenka zapylenosti vozdukha na rabochem meste operatora kormouborochnogo kombaina. *Innovatsionnye resheniya v tekhnologiyakh i mekhanizatsii sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva*, (4), 64–66. Gorki: BGSKhA. (In Russ.)
7. Alekseenko, A.S., Kondral', A.E., Kudryavtsev, A.N., Rylko, V.A., Rylglenya, V.E., Kotsuba, V.I. ... Razinkevich, S.N. (2017). *Okhrana truda. Praktikum*. Minsk: IVTs Minfina. (In Russ.)
8. Kislenco, A.K., Arkhilaev, M.A. & Veretennikov, P.D. (2004). Otsenka uslovii truda operatorov traktorov sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya [Evaluation of working conditions for operators of agricultural tractors]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Altai State Agrarian University]*, 2 (14), 236–240. (In Russ., abstr. in Engl.)

Поступила 14.02.2023

**PREDICTION OF THE PARAMETERS OF THE STATE OF THE PRODUCTION ENVIRONMENT,
LABOR CONDITIONS AT THE WORKPLACE
OF THE OPERATOR OF THE KVK-800 «PALESSE» FORAGE HARVESTER**

S. YEKHILEVSKY

(Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk)

A. ORDA, AI-r MISUN

(Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk)

The parameters of the state of the production environment, working conditions at the workplace of the operator of the technical means (forage harvester KVK-800 “Palesse”) are analyzed. It has been established that of the seven most significant parameters - temperature, relative humidity, air velocity, noise, vibration (local, general) and dust content at the workplace of the operator of the technical facility, only dust content is predicted during the work shift. A technical solution is proposed to improve the working conditions of the operator.

Keywords: labor protection, fodder production, working conditions, microclimate, noise, vibration, dustiness, safety.