

**Є. Я. ПРАСОЛОВ**, канд. техн. наук, доц., проф., ПДАА, Полтава;  
**О. В. КУЛИК**, викладач, ПДАА, Полтава

## ГАРМОНІЗАЦІЯ ВЗАЄМОДІЇ В СИСТЕМІ «ОПЕРАТОР – МАШИНА – СЕРЕДОВИЩЕ»

В статті приведено дослідження впливу ергономічних факторів на оператора МТА. Визначені оптимальні віддалі встановлення органів керування залежно від антропометричних показників оператора. Вирішується пряма і обернена задача розташування в кабіні оператора МТА та пристосування робочого місця.

**Ключові слова:** антропометричні показники, ергономічні фактори, органи керування, оператор, машинно-тракторний агрегат.

**Вступ.** Стан умов праці на виробництві, збереження здоров'я і життя працівників актуальна проблема, яка безпосередньо впливає на роботу і економічну стабільність організацій агропромислового комплексу.

**Постановка проблеми.** Нині підприємства АПК є найбільш травмонебезпечними в Україні. Це пояснюється тим, що більшість робочих місць не відповідає вимогам ергономіки і санітарним нормам та забезпечена застарілим устаткуванням. Більша частина діючих на підприємствах машин і механізмів не відповідає вимогам охорони праці, в результаті чого 80% травм і аварій в сільському господарстві виникає під час обслуговування техніки. Почастішали на виробництві нещасні випадки від стресів і перевтомлення. Відомі фактори відображають склад параметрів, що характеризують умови праці оператора машино-тракторного агрегату. Причому, ні один із факторів не являється наслідком ситуації, тому по основним факторам можна вести роботу по покращенню робочого місця і технологічного процесу [1,2,3].

**Аналіз стану питання.** Однією із важливих проблем сьогодення є гармонізація взаємодії людини з машино-тракторним агрегатом (МТА) в системі «оператор-машина-середовище» [4,5]. Робота оператора МТА пов'язана з необхідністю знаходитись в кабіні, де на нього діють фактори, які обумовлені специфічними властивостями виконуваних технологічних операцій. Негативні фактори погіршують умови праці, сприяють передчасній втомлюваності, викликають професійні захворювання. При незадовільних умовах праці оператор більше помиляється, знижується якість і продуктивність. Перед виконанням технологічної операції необхідно перевіряти здатність засобів забезпечення умов праці, заповнювати ергономічний паспорт на машино-тракторний агрегат. При порушенні нормативних вимог слід проводити роботу по відновленню захисних властивостей кабінки для кожної комплектації енергетичного засобу з машиною, що агрегується.

При сучасних новітніх технологіях керування, контролю і автоматизації техніки оператори витримують великі перевантаження, які викликані нерациональним положенням тіла, невдалою компоновкою робочого місця, незадовільною оглядовістю.

Протягом зміни оператор виконує приблизно 2500 маніпуляцій ручними і 200 ножними органами управління в положенні – сидячи [6 – 8].

Великі зусилля на органах керування, в першу чергу – на ножних, неправильна організація робочого місця, призводить до перевантажень і витрат енергії, і як наслідок, втрати сконцентрованості, втоми, порушення технологічного процесу, створення аварійних ситуацій, травмування.

Аналіз складових системи «оператор-машина-середовище» показав, що однією із

причин нераціональної організації робочого місця є непристосованість органів керування і параметрів робочого місця до фізіологічних особливостей оператора, зокрема, до антропометричних [8,9,10].

У оператора є такі контури захисту: імунітет, засоби індивідуального захисту і кабіна з набором пристосувань для створення нормальних умов праці, згідно вимог санітарних норм. В кабіні по периферії на оператора впливають ряд факторів, що присутні при виконанні робочих операцій.

Перший – це організаційний фактор, обслуговування з боку роботодавця самого оператора і МТА. Фактори впливу: параметри повітря робочої зони, віброакустичні та візуальні. Ці фактори оцінюються по дозі за робочу зміну з урахуванням часу на реабілітацію організму за період короткочасного відпочинку і показників «ваги» окремих факторів.

Наступний потенційно-шкідливий фактор, який не бере участь у формуванні умов праці, але проявляється в критичних ситуаціях. Його слід вивчати і по мірі можливості створювати необхідний захист для оператора і навколишнього середовища.

Далі інформативність – ступінь доступності отримання інформації оператором про технологічний процес.

Інформативність – це попередження оператора про наближення небезпеки і дає 90% необхідної інформації. Візуальна інформативність включає параметри і оглядовість, читаємість, інерційність, склопроникність.

Ергономічність – ступінь пристосованості робочого місця і органів управління до оператора і його діяльності. Фактор включає і навантаження, досяжність по зонам з урахуванням опорної схеми оператор – сидіння – органи керування, орієнтація враховує співвідношення напрямлення прямої, яка з'єднує опорний суглоб (плечовий, тазостегневий) з точкою прикладання зусилля органу керування (педаль, гальмо, рукоятка) до другої прямої, яка з'єднує крайні точки траєкторії; вихідна позиція оцінює вдалість розміщення кінцівок оператора в вихідному стані на робочому місці, на підлозі, на кріслі зі спинкою, напрям опорних поверхонь педалей; рукояток до прямої опорний суглоб – точкою прикладання зусилля. Описані технічні характеристики робочого місця відображають його ергономічність і включають параметри, зміна яких впливає на значення фактора. Виникнення хронічних захворювань операторів на підприємствах АПК протягом багатьох років спричинялись конструктивними недоліками засобів праці, недосконалістю технологічних процесів, робочих місць, засобів індивідуального захисту [11, 12, 13].

**Метою статті є** дослідження ергономічного фактора при взаємодії операторів МТА в системі «оператор – машина – середовище».

**Викладення основних матеріалів досліджень.** З врахуванням вищеописаного були проведені дослідження ергономічного фактора. Антропометричний аналіз проводився на мобільній колісній машині – фронтальному навантажувачі. Спочатку були визначені параметри праці в кабіні оператора МТА та шляхом порівняння встановлено, що вони відповідають нормативним і представлені в табл. 1.

Під час виконання технологічних операцій, оператор МТА, в даному випадку навантажувача, використовує ручні та ножні органи керування – педалі і гальма, важелі подачі палива в двигун, керування якими проводиться з врахуванням візуального фактора. Ножні органи керування призначені для операцій керування МТА «вмикання-вимикання», регулювання швидкості руху – головних параметрів, які впливають на фактор ризику зіткнення і виникнення аварії. Зусилля, яке створюється ногою значно більше в порівнянні з рукою, що пояснюється тим, що керування і зусилля на педаль визначається конструктивним рішенням і способом руху ноги.

Оператор МТА працює сидячи, тоді і антропометричні розміри тіла повинні враховуватись при розміщенні органів керування для ніг. При нормальній посадці оператора з

комфортними умовами праці ноги слід розміщувати в оптимальній зоні для керування. З врахуванням фізіології людини, педалі слід розміщувати з забезпеченням кута в голенестопному суглобі в межах  $90 \dots 100^\circ$ , а в колінному суглобі  $110 \dots 120^\circ$ .

На процес оптимального тиснення ногою на педаль впливають розміщення точки  $O$ , вісі установки педалі  $O_1$ , антропометричні розміри ноги оператора (рис.1).

Таблиця 1 – Параметри умов праці в кабіні оператора МТА

Показник умов праці, одиниця виміру	Значення показників			
	Нормативні по НТД, не більше		Дослідження	
1	2		3	
Рівень звуку, дБА	80		78	
Рівень звукового тиску, дБА, в октавних полосах з середньгеометричними частотами, Гц				
- 31,5	107		96	
-63	95		85	
-125	87		81	
-250	82		76	
-500	78		75	
-1000	75		75	
-4000	71		50	
-8000	69		48	
Віброприскорення, $m/s^2$ , в октавних полосах з середньгеометричними частотами, Гц (на кермові, на подушці сидіння)				
-2	-	0,79	-	0,18
-8	$2,8 \cdot 10^{-2}$	0,6	$4 \cdot 10^{-3}$	0,12
-16	$1,4 \cdot 10^{-2}$	1,1	$5 \cdot 10^{-3}$	0,10
-31,5	$1,4 \cdot 10^{-2}$	2,2	$1,2 \cdot 10^{-3}$	0,07
-63	$1,4 \cdot 10^{-2}$	4,5	$9 \cdot 10^{-3}$	0,03
-125	$1,4 \cdot 10^{-2}$	-	$2,4 \cdot 10^{-3}$	-
-250	$1,4 \cdot 10^{-2}$	-	$1,8 \cdot 10^{-3}$	-
-500	$1,4 \cdot 10^{-2}$	-	$6 \cdot 10^{-3}$	-
Еквівалентне відкориговане значення загальної вібрації, дБА	115		80	
Еквівалентне відкориговане значення загальної вібрації, дБА	126		76	
Концентрація пилу з домішками 1,6% діоксиду кремнію в повітрі в кабіні, $mg/m^3$	6		3,5	
Концентрація оксиду вуглецю в повітрі в кабіні, $mg/m^3$	20		2,8	
Швидкість руху повітря в зоні дихання оператора МТА, м/с	1,5		0,78	
Температура повітря на рівні голови, $^\circ C$	28		18	
Перепад температур повітря між рівнем голови і ніг комбайнера, $^\circ C$	4		1,2	
Відносна вологість повітря, %	60		58	

Керування ножними органами слід розглядати, як коливальний рух в тазостегновому суглобі з деяким кутом, тоді і педаль також виконує коливальний рух.

Розглянемо випадок, коли під час виконання операцій стегно оператора розміщується під кутом до вертикальної вісі.

Запишемо відоме геометричне рівняння:

$$L = l_n + l_a \times \sin(\beta - 90) + A \quad (1)$$

де:  $L$  – віддаль від точки підвіски педалі до стінки сидіння;  $l_n$  і  $l_a$  – відповідно довжина стегна і голени;  $A$  – проекція важеля;  $\beta$  – кут між стегном і голенню.

В даному випадку  $A = const$  і визначається технічними показниками МТА, тоді:

$$A = \sqrt{l_{важ}^2 - e^2} \quad (2)$$

Тоді, віддаль від точки установки кріплення важеля до стінки сидіння визначається за формулою, з врахуванням рівняння (1):

$$L = l_{\bar{n}} + l_{\bar{a}} \times \sin \beta + A \quad (3)$$

Отримані антропометричні параметри довжини стегон і голені та  $A$  проєкції важеля, що є незмінною величиною представимо в табл. 2.

При максимально допустимому куті в колінному суглобі  $120^\circ$  віддаль установки сидіння від органів керування – в межах 833,2 до 1047,3 мм.

При максимально допустимому куті в колінному суглобі  $115^\circ$  віддаль установки сидіння від органів керування знаходиться в межах від 749,2 до 1007,4 мм. При максимально допустимому куті в колінному суглобі  $110^\circ$  віддаль установки сидіння від органів керування знаходиться в межах від 761,3 до 965,4 мм.

Таблиця 2 – Антропометричні розміри ніг операторів МТА

Зріст оператора МТА	Довжина стегна, $l_{\bar{a}}$ , мм	Довжина голені $l_{\bar{r}}$ , мм	Розрахункова віддаль до важеля, мм при куті в колінному суглобі		
			$120^\circ$	$110^\circ$	$115^\circ$
Високий	520	520	1047,3	1007,1	965,1
Середній	460	480	947,3	878,4	865,3
Низький	360	450	832,3	749,2	761,2

Отримані показники аналітичних залежностей місця установки педалі в залежності від антропометричних показників ніг оператора МТА дозволяють розмістити педалі в кабіні оператора в оптимальних зонах.

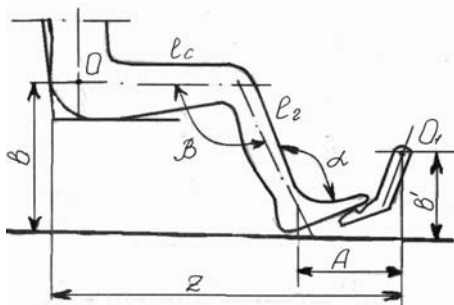


Рис. 1 – Параметри встановлення підв'исної педалі в кабіні МТА

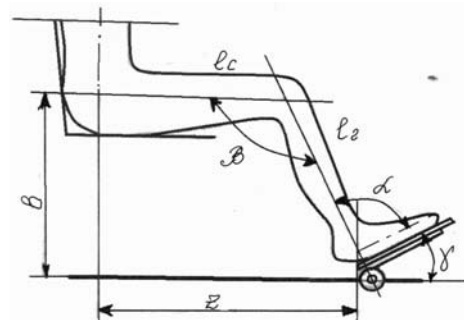


Рис. 2 - Параметри встановлення педалі керування в підлозі кабіні МТА

Визначені віддалі в кабіні фронтального навантажувача від подушки сидіння до вісі установки педалі змінюється від 667 до 848 мм в залежності від регулювання сидіння (рис. 2). Вимірний діапазон відповідає антропометричним показникам операторів низького зросту (табл. 2).

При відомих значеннях віддалі до місця установки педалі і антропометричні розміри голені і стегна можна визначити кут згину колінного суглобу за рівнянням:

$$\beta = 90 + \arcsin\left(\frac{L - l_c - A}{l_{\bar{a}}}\right) \quad (4)$$

Аналітична залежність коефіцієнта відповідності кута робочого положення ноги оператора, що рекомендується фізіологічними параметрами, має вигляд:

$$K_y = \frac{\beta}{\beta_H} \quad (5)$$

де  $\beta_H$  і  $\beta$  – відповідно нормований та кут в коліні оператора під час виконання робочих операцій.

При значеннях  $1 > K_y > 0$  віддалі до педалі не відповідає нормальному положенню ноги під час виконання робочих операцій оператором.

У фронтальному навантажувачі використовуються напільні важелі регулювання подачі палива, оптимальний кут його встановлення визначається з урахуванням фізіологічних вимог. Тоді, отримаємо:

$$\alpha = \left( 90 + \arccos \frac{h}{l_a} \right) - \gamma \quad (6)$$

де  $\alpha$  – кут в голеностопному суглобу;  $h$  – висота від підлоги кабіни до подушки сидіння;  $\beta$  – кут в колінному суглобі;  $l_a$  – довжина голени;  $\gamma$  – кут встановлення підлогової педалі, має конструктивне значення.

Для операторів МТА середнього зросту кут складає від  $89,5^\circ\text{C}$  до  $116,3^\circ\text{C}$ , значення яких не виходять за нормовані межі.

Оператори низького і високого зросту працюють, в основному в незручних позах, так як кути в колінному суглобі виходять за нормативні межі. Параметри робочого місця МТА повинні регулюватися так, щоб оператори могли адаптуватися в залежності від зросту оператора (низького, середнього і високого) з врахуванням розмірів верхніх та нижніх кінцівок.

Положення установки важеля визначається під час підстановки антропометричних параметрів конкретного оператора в відповідності нормовані значення кутів з таких міркувань, то і робочий хід важеля не виходив за межі оптимальної межі. Обернена задача вирішується з використанням значень віддалей до встановлення педалі, антропометричних розмірів голени і стегна і встановлюється кут згину колінного стегна.

Описаний аналіз по суті спирається на фізичні параметри оператора, антропометричні розміри кінцівок і пристосування робочого місця оператора до розмірів довжини кінцівок.

**Висновки.** Згідно поставленої мети проведені дослідження ергономічного фактора при взаємодії оператора МТА в системі «оператор-машина-середовище». Визначені параметри умов праці в кабіні оператора МТА і шляхом порівняння встановлено відповідність їх нормативним.

Встановлено, що педалі слід розміщувати в оптимальній зоні із забезпеченням кута в голоенестопному суглобі в межах  $90 \dots 100^\circ$ , а в колінному –  $110 \dots 120^\circ$ . Запропоноване рівняння, з урахуванням відомих, визначення віддалі від точки установки кріплення важеля до стінки сидіння. Встановлено, що при куті в колінному суглобі:  $120^\circ$  віддаль установки сидіння від органів керування знаходиться в межах  $833,2$  до  $1047,3$  мм;  $115^\circ$  – в межах  $749,2$  до  $1007,4$  мм;  $110^\circ$  – в межах  $761,3$  до  $965,4$  мм.

Визначені віддалі в кабіні фронтального навантажувача від подушки сидіння до вісі установки педалі змінюється від  $667$  до  $848$  мм в залежності від регулювання сидіння. Вимірний діапазон відповідає антропометричним показникам операторів низького зросту. Описаний аналіз спирається на фізичні параметри оператора, антропометричні розміри кінцівок і пристосування робочого місця до розмірів кінцівок.

І на кінець, керівництво підприємств АПК повинні прагнути намагатися забезпечити кожному працівнику належні умови праці, усвідомлюючи, що життя і здоров'я працівників, головні цінності. Як б не були сучасні устаткування, технологічні процеси і засоби захисту, в центрі системи була і залишається людина. Великий вплив на результати праці, кількість і якість продукції, що виготовляється, на задоволення працею, лояльність і адекватну поведінку працівника впливають умови, де проходить трудова діяльність, а сфера охорони праці відіграє тут не останню роль.

**Список літератури:** 1. Гусак-Катрич, Ю. А. Охрана труда в сельском хозяйстве / Ю. А. Гусак-Катрич. – М.: Альфа-Пресс, –2007. – 176с. 2. Девисилов, В. А. Основы охраны труда: Учебник / под

ред. В. А. Девисилова. – М.: Форум, 2009. – 496 с. **3.** Черкасов, А. Ю. Методика оценки ножных органов управления по конструктивным параметрам / А. Ю. Черкасов, И. В. Гальянов // Научные труды ВМИИОТ, М.: 2004. – 53-59с. **4.** Черкасов, А. Ю. Анализ травматизма машинистов автогрейдеров / А. Ю. Черкасов, И. В. Гальянов // Вестник охраны труда, М. 2004.–№3. С. 7– 11. **5.** Все об охране труда 500 вопросов и ответов: Научно-практическое издание в 2-х книгах / Шайтан В. А., Акапян В. Г., Кожушко А. П., Братко Н. И., ред. Технополис, Днепропетровск, 2013. – 432с. **6.** Роик, В. Д. Управление условиями и охраной труда: учебное пособие / В. Д. Роик – М.: –2007, 257с. **7.** Основы охраны труда [текст] / А. Л. Сафонов, Г.З. Роинбург, П. П. Корюкина и др. под общ. ред. А. Л. Сафонова. – М.: Золотой теленок, 2007. – 416с. **8.** Прогнозирование травматизма а АПК и путей его профилактики: учебное пособие / В. С. Шкрабак, В. В. Шкрабак, Р. В. Шкрабак [и др].– СПб., 2002 с. **9.** Прасолов, С. Я. Підготовка інженерів до умов виникнення техногенних ризиків / С. Я. Прасолов, С. А. Браженко / Восточно-европейский журнал передовых технологий, №3/11(63), Харьков. – 2013, С. 34 – 37. **10.** Прасолов, С. Я. Зниження травмонебезпек мобільних агрегатів внесення добрив технічними засобами захисту / С. Я. Прасолов, Т. Г. Лапенко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць №70 (№43) серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків.:ХПІ. – 2013. – 144 – 149с. **11.** ГОСТ 12.2.019-86 ССБТ. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности. **12.** ГОСТ 12.2.120-88 ССБТ. Кабины и рабочие места операторов тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин. Общие требования безопасности. **13.** ДСП 3.3.2.041.-99. Санітарні норми по обладнанню та влаштуванню тракторів і сільськогосподарських машин.

*Надійшла до редколегії 11.01.2014*

УДК 631.158:658.3; 331.45:338.24

**Гармонізація взаємодії в системі «оператор – машина – середовище»/ Прасолов С. Я., Кулик О. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.152-157. – Бібліогр.: 13назв. ISSN 2079-5459**

В статье приведены исследования плавуче эргономических факторов на оператора МТА. Определены оптимальные расстояния установки органов управления в зависимости от антропометрических показателей оператора. Решается прямая и обратная задача расположения в кабине оператора МТА и приспособления рабочего места.

**Ключевые слова:** антропометрические показатели, эргономичные факторы, органы управления, оператор, машинно-тракторный агрегат.

**Harmonization interactions in the system «operator-machine-environment»/ E. Prasolov E. Kulyk //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.152-157. Bibliogr.:13. ISSN 2079-5459**

In the article presents the research of influence ergonomic factors on operator of tractor unit. Was determined Optimal Distance of drive depending on the anthropometric parameters of operator. Has been solved problem of operator location in the tractor cab and adaptation of workplace for his anthropometric parameters

**Keywords:** anthropometric and ergonomic factors, operator control, tractor unit.

УДК 66.074:661

**И. О. ЛАВРОВА**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ» ;  
**АММАР ВАЛИД САИД**, аспирант, НТУ «ХПИ»

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДОМАЗУТНЫХ ЭМУЛЬСИЙ**

Приведены результаты исследования влияния гидродинамической и ультразвуковой кавитационной обработки на качественные характеристики товарных мазутов и водотопливных эмульсий на их основе. Исследовано повышение эффективности сжигания котельного и печного топлива при одновременном повышении экологической безопасности и сроков службы котельных и печных