

## БИОСИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МАШИН

Бабицкий Л.Ф., акад. МААО, д.т.н., проф.

Соболевский И.В., к.т.н., докторант\*

*Южный филиал Национального университета биоресурсов и природопользования  
Украины «Крымский агротехнологический университет»*

г. Симферополь, Украина

Тел/факс (0652)26-38-23.

e-mail: kaf-meh@rambler.ru

**Аннотация.** Обоснован биосистемный подход по созданию мобильных средств, адаптированных к физиологическим возможностям человека. Рассмотрены факторы, влияющие на физиологию человека при организации рабочего места в мобильном средстве технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники.

**Ключевые слова:** эргономика, биомеханика, мобильное средство, человек, система, среда, физиология, антропометрия, биосистема.

*Постановка проблемы.* Создание безопасных условий работы с одновременным повышением её продуктивности в сфере технического сервиса АПК Украины невозможно без широкого использования новейших достижений науки и техники. Развитие научно-технического прогресса неразрывно связано с повышением уровня механизации и, как следствие, повышением требований к оказанию услуг в сфере технического обслуживания (ТО) и ремонта для поддержания работоспособности машинно-тракторных агрегатов (МТА). Оперативность своевременного выполнения операций ТО и ремонта, особенно в полевых условиях, обеспечивается за счёт применения мобильных средств – ПАРМ, МАРТ и т.д. Однако, вместе с усложнением конструкций МТА усложняются конструкции оборудования и приспособлений, которые участвуют в технологическом процессе ТО и ремонта.

Это приводит к нерациональному использованию «полезной площади» их помещений за счёт громоздкого оборудования и неприспособленности человека к типовым конструкциям существующих мобильных средств.

Сегодня возникают проблемы, связанные с внедрением и эксплуатацией новой техники оборудования и технологий ТО и ремонта, а именно рост травматизма на производстве, текучесть кадров, при том, что научно-технический прогресс непрерывно развивается, и это требует нового объединения наук при активном привлечении психологии, гигиены и многого другого. Это обуславливает использование новых биосистемных подходов для решения данных проблем, основанных на эргономике.

*Анализ последних исследований и публикаций.* Первые предпосылки развития новой науки о труде были заложены в 1857 г. и основаны на изучении закономерности науки о природе, предложенной Войтехом Ястшембовским. В дальнейшем такой же смысл в понятие «эргономика» вкладывали и многие другие ученые такие как: В.М. Бехтерев, В.Н. Мясищев и др.. Изучением трудовой деятельности человека занимались многие видные ученые – А.К. Гастев, П.М. Керженцев и другие [2].

Изучению основ технической эстетики и эргономики посвящены работы таких учёных, как В.М. Геслер [3], М.П. Зеленин [4], А.П. Широков [5]. Биомеханическими направлениями работы человека посвящены работы таких учёных как А.Н. Першин [6],

---

\* Научный консультант: акад. МААО, д.т.н., профессор, Бабицкий Л.Ф.

А.С. Аурин, В.Н. Селуяинов [7], Д.Д. Донской [8]. Дальнейшим объединением двух направлений эргономики и биомеханики в эргономическую биомеханику на основе антропометрических признаков занимались учёные А.С. Аурин и В.М. Зациорский [9].

Как показывает анализ последних исследований и публикаций в них в основном рассмотрены вопросы эргономической биомеханики применительно к машиностроению. В этих материалах описаны ручные действия, работы за пультом стоя, рабочие места операторов и станочников, воздействия вибрации и средства индивидуальной защиты. Однако нет дальнейшего развития системы «человек – машина - среда», где требуется решить такие проблемы, как создание адаптированных средств труда к человеческим возможностям с целью повышения их продуктивности и сохранения качества работы в общей системе ТОР технического сервиса АПК. Необходимы также решения задач оптимизации рабочих мест за счёт эргономического совершенствования сельскохозяйственной техники, технологического оборудования в системе ТОР, пространственной организации, и условий адаптации человека как к внутренним, так и внешним факторам среды.

*Цель исследования.* Обоснование биосистемного подхода к разработке мобильных средств технического обслуживания и ремонта машин посредством анализа основных физиологических показателей человека в процессе ТО и ремонта, эргономики рабочего места в мобильном средстве ТОР и факторов, влияющих на физиологию человека.

*Основная часть.* Коэффициент, который учитывает рабочие зоны, проходы и проезды, часто используют при расчётах участков мастерских [10] однако, он не всегда даёт возможность оптимизировать насыщение оборудованием с учётом человеческого фактора.

Машину не следует рассматривать как отдельное целое, если с ней работает человек. Её необходимо оценивать с точки зрения эргономики – науки о труде в комплексной системе «человек – машина - среда». Основная роль в этой системе принадлежит человеку как движущей силе (рис.1).

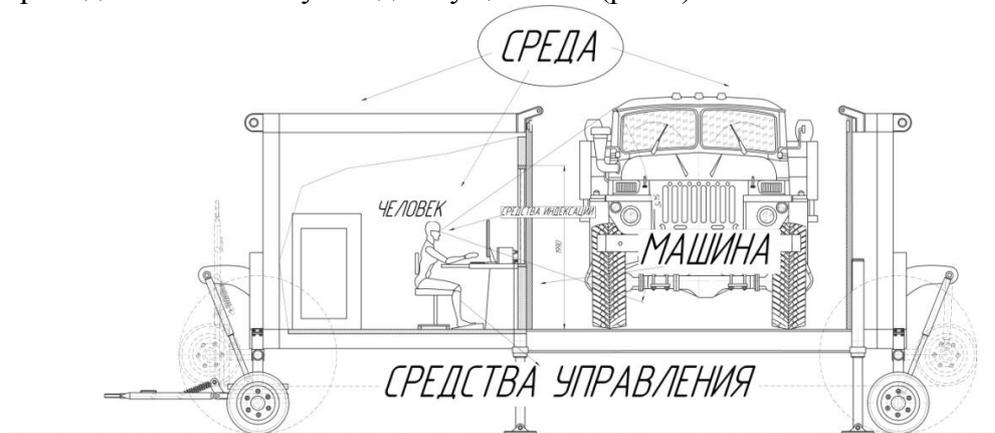


Рисунок 1 - Система «Человек-машина-среда»

В процессе ТО либо технического осмотра на современном этапе информационная связь человека с объектом (объект ТО) – машиной, происходят за счёт специальных устройств: приборов введения и отображения информации (модули управления, автотестеры, адаптеры, газоанализаторы, линии технического контроля и т.д.). Все изменения в системе машины проходящей ТО устанавливаются (фиксируются) специальными датчиками, сигналы которых передаются измерительным приборам. За этими показаниями следит человек-оператор (мастер-диагност).

Эффективность работы человека в общей системе ЧМС в большей мере зависит от её работоспособности и продуктивности труда, которые изменяются в течение рабочей смены.

Как показывает анализ тяжести работ по физиологическим показателям человека самой тяжёлой является немеханизированная работа (среднее суточная потребность в энергии свыше 4300 кДж). При этом на частично механизированную работу затрачивается до 3800 кДж, а на механизированную 3300 кДж. Эти затраты энергии показывают целесообразность улучшения взаимосвязи в общей системе ЧМС. Однако при любых затратах энергии человек начинает уставать. Это сопровождается изменениями биоэлектрической активности в мышечной ткани, а при одновременном напряжении умственного труда – повышением нервной импульсации. Усталость – явление, когда процессы истощения организма в человеке начинают доминировать над процессами восстановления. Однако – усталость является обратным процессом. Достаточно человеку немного отдохнуть, как он сможет опять выполнять ту же работу с той же производительностью. Но если человек не достаточно отдохнул, то постепенно может развиваться процесс переутомления. Поэтому при выборе положения человека в процессе работы необходимо учитывать тяжесть работы, размеры рабочей зоны, необходимость перемещения в ней человека в процессе выполнения работ, особенности технологических операций и процессов.

Основным показателем, характеризующим взаимосвязь производительности и усталости, является продуктивность труда, которая выражается математической функцией [1]:

$$P_{T.ч.} = f(P_{ч.}) = f(C.; Y.; П.В.), \quad (1)$$

где  $P_{T.ч.}$  - продуктивность труда человека;

$f(P_{ч.})$  - функция работоспособности человека;

$C.$  - состояние организма человека;

$Y.$  - усталость человека от влияния среды;

$П.В.$  - процесс восстановления человека.

Определяя изменения работоспособности человека  $P_{ч.}$  эргономическими показателями  $\mathcal{E}_{Пn}$  выражение (1) в первом приближении будет иметь следующий вид:

$$P_{ч.} = f(\mathcal{E}_{П1}; \mathcal{E}_{П2}; \dots \mathcal{E}_{Пn}), \quad (2)$$

Причём, каждый эргономический показатель характеризует изменение работоспособности человека в зависимости от изменения определённого фактора (напряжённость труда при проведении ТО ( $H.T.$ ), пространственная организация рабочего места в конструкции мобильных средств системы ТОР ( $П.Р.$ ) и т.д.), который прямо либо косвенно влияет на состояние организма человека в целом. Наиболее рациональное значение каждого эргономического фактора можно выразить в виде функции:

$$\mathcal{E}_{Пn} = f(H.T.; П.Р.; \dots n). \quad (3)$$

При условии, что в процессе создания конструкции мобильных средств системы ТОР используют нормативные значения эргономических показателей и соблюдается их постоянство функция  $\mathcal{E}_{Пn} = f(H.T.; П.Р.; \dots n)$ . при  $H.T.; П.Р. = const - \mathcal{E}_{Пn} = 0$ . Такое выражение даёт возможность характеризовать положительное влияние на организм человека при работе дополнительными значениями функции (дополнительными эргономическими факторами – удобство обслуживания машины, её ремонтпригодность и т.д.), а отрицательное влияние – отсутствие данных факторов.

В системе технического сервиса сельскохозяйственной техники мобильными средствами существует большое количество факторов, которые влияют на организм человека как положительно, так и отрицательно. С практической точки зрения, а также используя метод ранжирования, необходимо ограничиться наиболее важными факторами – это характер организации рабочих мест, пространственная организация рабочего места и проектирование производственного оборудования в мобильных средствах системы ТОР.

Рабочее место в мобильном средстве – это часть производственной площади, которая оборудована и оснащена средствами труда для выполнения определённой работы (ТО, ремонт, диагностика) одним или несколькими рабочими. Организация рабочего места в данном случае является комплексным фактором, который предусматривает рациональную организацию трудового процесса с целью максимальной экономии рабочего времени, обеспечения высокой производительности труда, избавления рабочего от лишних и неудобных движений, максимального сокращения времени на ручные приёмы труда, улучшения использования стенов и оборудования, а также обеспечения необходимых санитарно-гигиенических и безопасных условий труда.

При пространственной организации рабочего места «контейнера» (форма контейнера характеризуется большей полезной площадью в соотношении с другими формами) мобильного средства необходима взаимосвязь двух аспектов: гуманистического (соответствие рабочих мест возможностям человека, безопасность его жизнедеятельности); технико-экономического (точность, надёжность, продуктивность).

Перед началом пространственной организации рабочего места необходимо изучить основные параметры: особенности мобильного средства ТОР как систему; параметры, характеризующие пространственную организацию «контейнера» и оборудования размещённого в нем с учётом проходов, рабочих зон и рабочих поверхностей; параметры характеризующие элементы рабочего места и его размещение (средства управления – СУ; средства отображения информации – СОИ); параметры, характеризующие производственную среду (биологические, физические и химические факторы).

Современная практика использования мобильных средств ТОР показывает, что несоответствие эргономическим требованиям компоновки их рабочих мест приводит к быстрой утомляемости, возникновению аварийных ситуаций и травматизму.

В основном мобильные средства технического сервиса базируются на шасси автомобилей УАЗ и Газель. В кабине могут находиться два человека: водитель-слесарь и механик. В функциональные обязанности водителя-слесаря входит отслеживание технического состояния шасси автомобиля и материальной части мобильного средства, а также доставка мобильного средства к месту технического сервиса и оказания помощи механику в выполнении крепёжно-регулирующих и заправочных работ. Механик выполняет контрольно-диагностические операции, а также операции, совмещённые с водителем-слесарем. Процесс работы при проведении ТО либо ремонта, в основном организуется стоя либо сидя. При работе сидя уменьшается статическая нагрузка для поддержания массы тела и происходит разгрузка органов кровообращения.

Однако, если учесть, что положение сидя увеличивает давление в нижней части спины в пять раз больше, чем положение стоя, то это приводит к изменениям в межпозвоночных дисках и других физиологических нарушениях опорно-двигательного аппарата человека. Продолжительная сидячая работа вредна человеку. Он сутулится или подает тело вперед, и позвоночник деформируется, травмируя диски. Человек поднимает плечи и сгибает руки, держа их в напряжении – и естественно, они начинают болеть. Пережимая сосуды, он перегружает сердце; происходят хронические растяжения сухожилий кистей рук при постоянно ухудшающемся зрении. Если ноги не достают до пола или человек долго находится в одной позе, затрудняется отток крови в ногах, что соответственно может привести к возникновению тромбоза. Нога должна стоять большую часть времени на полу полной ступней. Для нее это наиболее здоровое положение. Это обеспечивается в основном при работе стоя. Такое положение тела

человека наиболее благоприятное, потому, что обеспечивает равномерное распределение массы тела рабочего, нормальную подвижность в позвоночнике. Создаются благоприятные условия перемещения сенсорных координат и зоны здорового взгляда, как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях.

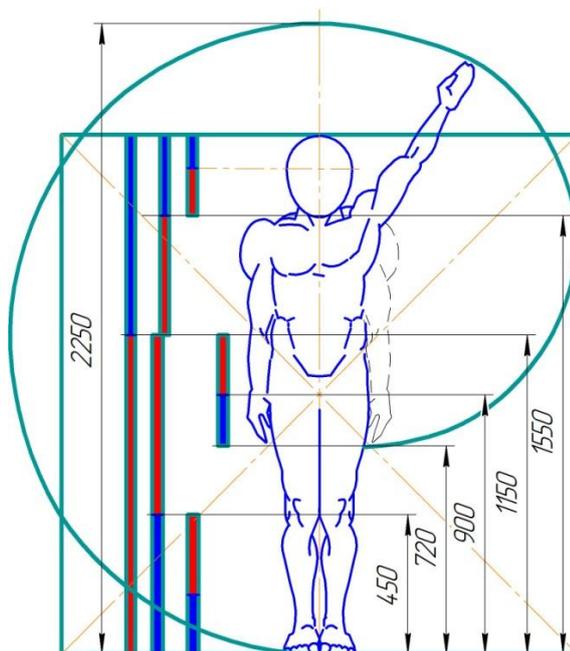


Рисунок 2 - Пропорциональные соотношения человеческого тела (в мм).

Далее рабочий должен правильно перемещаться и при этом выполнять работу. В этом направлении основой эргономики при проектировании мобильных средств ТО и ремонта будут являться анатомия и физиология человека. В рамках анатомии основами эргономики являются соматография и антропометрия, на которых базируется биомеханика, изучающая закономерности кинематики частей тела, в особенности конечностей, представляющих собой шарнирные механизмы с характерными траекториями звеньев, состоящие из комбинаций дуг. При этом человеческое тело, с точки зрения теории машин и механизмов определяется – как сложный биомеханизм, кости – как жёсткие звенья, а суставы как кинематические пары определённых классов [7]. Как показывает анализ, число степеней свободы для всего биомеханизма человеческого тела равен 244. При этом размерные соотношения самого человеческого тела, многие из которых соответствуют пропорции так называемого «Золотого сечения» (рис.2), заложены в систему пространственной гармонизации различных типов сооружений.

На рисунке 2 шкалы обозначают соотношение частей тела в «Золотом сечении».

На практике в основном необходимо использовать усреднённые размеры, видоизменяющиеся на основании данных антропометрии.

*Выводы.* Предложенные предпосылки к обоснованию биосистемного подхода для совершенствования мобильных средств дают возможность создавать средства труда, адаптированные к человеческим возможностям с целью повышения их продуктивности и сохранения качества работы в общей системе ТОР технического сервиса АПК. Также обеспечивается решение задач по оптимизации рабочих мест за счёт эргономического совершенствования машин, технологического оборудования, пространственной организации, и минимизации её влияния на физиологию человека.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Безпека праці: ергономічні та естетичні основи. Навч. посіб. /С.О. Апостолук, В.С. Джигирей, А.С. Апостолук та ін./ – 2-ге вид., стер. – К.; Знання, 2007. – 215 с.

2. Эргономика: Режим доступа: <http://www.be5.biz/ekonomika/t005/19.htm>.
3. Геслер В.М. Основы технической эстетики и эргономики. – Калинин: КОТКАЗПИ, 1974. –263 с.
4. Зеленин М.П. Эргономика в морском транспорте. / Зеленин М.П./ издание второе, доп. и пер. – Одесса: «БАНТО» 1999 г. – 382 с.
5. Широков А.П. Основы эргономики на железнодорожном транспорте: учебно-методическое пособие/ Широков А.П. – Хабаровск. Издательство Дальневосточного государственного университета путей сообщения (ДВГУПС), 2000г. – 83 с.
6. Першин А.Н. Биомеханическое обоснование использования технических средств для обучения ударным действиям: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. - М., 1979. - 24 с.
7. Зациорский В.М. Биомеханика двигательного аппарата человека/ Зациорский В.М., Ауриин А.С., Селуяинов В.Н. – М.: Физкультура и спорт, 1981. – 143 с.
8. Донской Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры / Донской Д.Д., Зациорский В.М./ – М. Физкультура и спорт, 1979г. –264 с.
9. Аруин А.С. Эргономическая биомеханика./ А.С. Аруин, В.М.Зациорский / М.: Машиностроение, 1989. – 256 с.
10. Серый И.С. Курсовое и дипломное проектирование по надёжности и ремонту машин / И.С. Серый, А.П. Смелов, В.Е. Черкун. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1991. – 184 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). ISBN 5–10–00812–

#### BIBLIOGRAPHY

1. Labour safety: ergonomic and aesthetic grounds. Navch. posibnyk /S.O. Apostolyuk, V.S. Gihirey, A.S. Apostolyuk [та ін.] // – 2-ge vyd., ster. – К.; Znannya, 2007. – 215 s.
2. Ergonomics.[E-resources]:retrieved from: <http://www.be5.biz/ekonomika/t005/19.htm>.
3. Gesler V.M. Fundamentals of technical aesthetics and ergonomics / V.M.Gesler. – Kalinin: KOTKAZPI, 1974. –263 с.
4. Zelenin M.P. Marine transport ergonomics / M.P.Zelenin // izdanie vtoroje, dop. i per. – Odessa: «БАНТО», 1999 г. – 382s.
5. Shyrovkov A.P. Fundamentals of rail transport ergonomics : uchebno-metodicheskoe posobie / A.P. Shyrovkov. – Khabarovsk. Izdatel'stvo Dal'nevostochnogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya (DVUPS), 2000. – 83 s.
6. Pershin A.N. Biomechanic substantiation of technical means application for percussion training: Avtoref. dis. ... kand. ped. nauk. - М., 1979. - 24 s.
7. Zatsiorskiy V.M. Biomachanics of human locomotor system / V.M. Zatsiorskiy, A.S. Aurin, Seluianinov V.N. – М.: Fizkul'tura i sport, 1981. – 143 s.
8. Donskoy D.D. Biomechanics: uchebnik dlya institutov fizicheskoy kul'tury / D.D. Donskoy, V.M. Zatsiorskiy. – М.: Fizkul'tura i sport, 1979г. –264 s.
9. Aurin A.S. Ergonomic biomechanics / A.S. Aurin, V.M. Zatsiorskiy / М.: Mashinostroenie, 1989. – 256 s.
10. Seryy I.S. Course and diploma projecting on machine reliability and repair / I.S. Seryy, A.P. Smelov, V.Ye. Cherkun. – 4-e izd., pererab. i dop. – М.: Agropromizdat, 1991. – 184 с.: ил. – (Uchebniki i uchebnie posobiya dlya studentov vys.uchebn.zavedeniy). ISBN 5–10–00812

### **BIOSYSTEMATIC APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF MOBILE MEANS OF MACHINERY MAINTENANCE AND REPAIR**

L. F. Babitsky, I. V. Sobolevsky

*Summary*

Biosystem approach to the development of mobile means adapted to the human physiological capabilities has been substantiated. The factors influencing the human physiology under organization of workplace in the mobile means of machinery maintenance and repair have been considered.

***Key words:*** ergonomics, biomechanics, mobile means, biosystem approach, workplace, human physiology, anthropometry.