

УДК 331.4 (629.113.004)

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА МТА НА ОСНОВЕ ЭРГОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ

**Бабицкий Л.Ф.**, д.т.н., профессор, академик ПТ АН Украины

**Соболевский И.В.**, к.т.н., доцент

ЮФ НУБиП Украины «Крымский агротехнологический университет»

*Статья раскрывает новые подходы к совершенствованию мобильных средств технического сервиса МТА на основе их эргономической оценки. В статье представлено взаимодействие биологического тела с мобильной диагностической стойкой созданной на основе эргономической оценки, которая снижает утомляемость, простои и травмированность рабочего.*

**Ключевые слова:** человек, машина, среда, эргонометрическая биомеханика, эргономика, механизм, звенья, связи, костные рычаги, стойка, физиология.

**Актуальность проблемы.** Развитие научно-технического прогресса неразрывно связано с повышением уровня механизации и автоматизации производства в сфере технического обслуживания и ремонта мобильными средствами в полевых условиях. Совершенствование средств механизации в сельском хозяйстве, а особенно, при её технической эксплуатации привели к появлению новых профессий – мастеров-диагностов которые должны в кратчайшие сроки, особенно в полевых условиях, с помощью адаптеров и блоков управления, а также других устройств технического обслуживания и диагностики своевременно выявлять и устранять неисправности. Управление такими приборами не требует значительных физических нагрузок, однако увеличивается нагрузка на нервную систему, что ускоряет утомляемость рабочего. При этом увеличивается значение человеческого фактора, а вместе с ним возникает комплекс проблем, которые связаны с обеспечением эффективного функционирования системы «человек-машина-среда» [1]. Научным направлением, которое изучает взаимодействие человека с окружающими предметами с целью их оптимизации является эргонометрическая биомеханика. Она должна обеспечивать повышение эффективности и качества труда, удобство эксплуатации и обслуживания мобильных средств и их устройств технического обслуживания и диагностики, сокращение сроков их освоения, улучшение условий труда, экономии затрат физической и нервнопсихической энергии работающего человека, а так же поддержание его высокой работоспособности [2].

**Целью статьи** является обоснование новых подходов совершенствования мобильных средств технического сервиса МТА на основе их эргономической оценки.

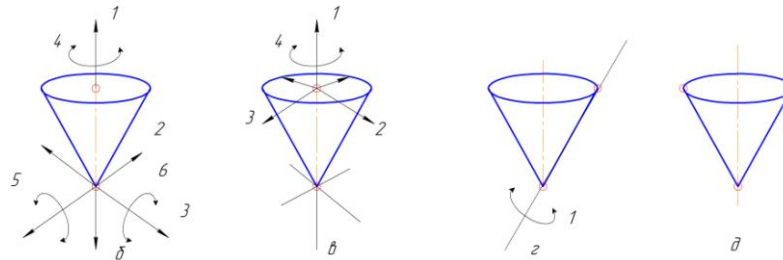
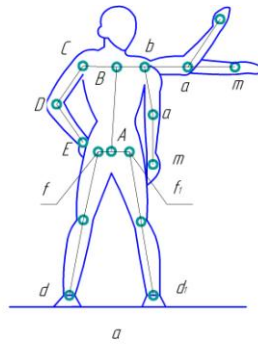
**Анализ литературы.** Изучению основ технической эстетики и эргономики, биомеханических направлений работы человека, а так же объединением двух направлений эргономики и биомеханики в эргономическую биомеханику на основе антропометрических признаков занимались учёные такие как Геслер В.М. [3], Зеленин М.П. [4], Широков А.П. [5], Першин А.Н. [6], Ауриин А.С., Селуяинов В.Н. [7], Донской Д.Д. [8], Ауриин А.С. и Зацюрский В.М. [9].

Как показывает анализ литературных источников [3-9] в них рассмотрены общие положения взаимодействия человека в системе ЧМС. Однако, для биомеханики характерна педагогическая направленность. Она служит связующим звеном между достаточно сложными теоретическими дисциплинами, объясняющими закономерности двигательной деятельности, и спортивно прикладными дисциплинами. Опираясь на знание основ биомеханики, инженеру легче оптимизировать двигательную деятельность рабочих. Чтобы решить эту задачу, необходимо уметь анализировать двигательную деятельность «читать движения» [1]. Для этого необходимо проводить дополнительный биомеханический анализ движений человека в сфере технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники мобильными средствами. Причём этот анализ должен включать в себя: анализ кинематики, динамики и энергетике, а также выявление оптимальных двигательных режимов рабочего

**Основная часть.** Физиология тела человека дает возможность рассматривать энергетическое обеспечение движений необходимых в процессе работы. С точки зрения движения человеческое тело состоит из биокинематических пар и цепей. При этом соединенные два соседних звена тела образуют пару, а пары, в свою очередь, соединены в цепи (рис.1).

В технических механизмах соединения двух звеньев – кинематические пары – устроены обычно так, что возможны лишь вполне определенные, заранее заданные движения. Одни возможности не ограничены (их характеризуют степени свободы движения), другие полностью ограничены (их характеризуют степени связи).

Для передачи самого движения на расстояние в биокинематических цепях существуют так называемые «костные рычаги» – звенья тела, подвижно соединенные в суставах под действием приложенных сил, которые могут либо сохранять свое положение, либо изменять его.



**Рис. 1. Биокинематические цепи тела человека: а - виды цепей, *baf* - незамкнутая, *ABCDEA* - замкнутая на себя, *dff<sub>1</sub>d<sub>1</sub>d* - замкнутая через опору; *б, в, г, д* - степени свободы движений тела**

Все силы, приложенные к звену как к рычагу, можно объединить в две группы: а) силы или их составляющие, лежащие в плоскости оси рычага (они не могут повлиять на движение вокруг этой оси) и б) силы или их составляющие, лежащие в плоскости, перпендикулярной к оси рычага (они могут влиять на движение вокруг оси в двух противоположных направлениях). Рассматривая действие сил на рычаг, учитывают только силы, направленные по ходу движения (движущие) и против него (тормозящие).

Когда группы сил приложены по обе стороны от оси (точки опоры) рычага, его называют двуплечим или рычагом первого рода (рис. 2 (а)), а когда по одну сторону – одноплечим, или рычагом второго рода (рис. 2 (б)).

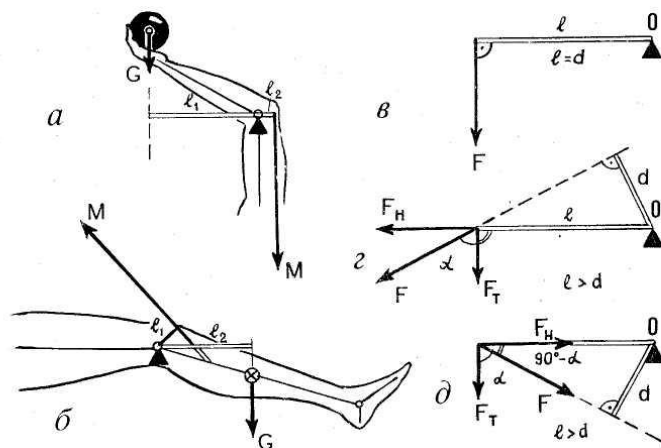
Каждый рычаг имеет следующие элементы (рис. 2 (в)):

- а) точку опоры (0),
- б) точки приложения сил,
- в) плечи рычага (расстояния от точки опоры до точек приложения сил – 1),
- г) плечи сил (расстояния от точки опоры до линий действия сил – опущенные на них перпендикуляры – d).

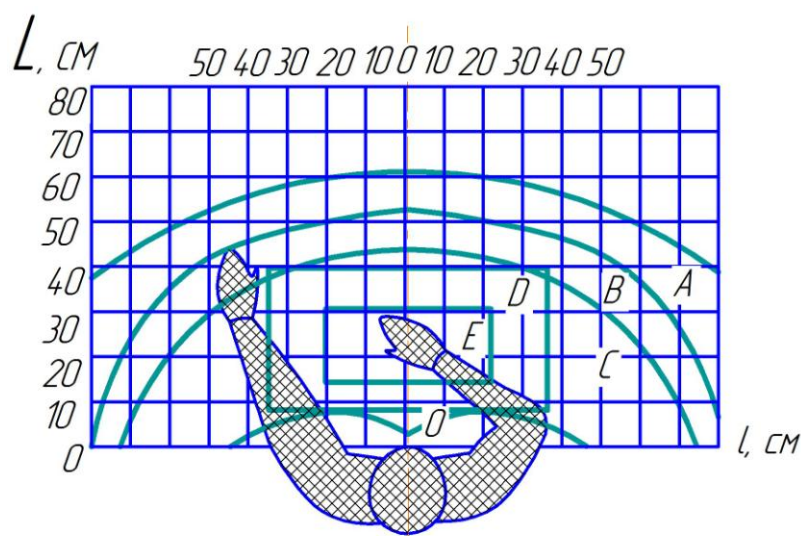
Мерой действия силы на рычаг служит её момент относительно точки опоры. Особо важное значение имеет учет временных, пространственных, силовых и точностных характеристик рабочих движений.

Установлено, что при прочих равных условиях движение руки к телу быстрее, чем от тела. Скорость движений в вертикальной плоскости больше, чем в горизонтальной. Наибольшей скоростью обладают движения сверху вниз, а наименьшей - от тела и снизу вверх. Вращательные движения совершаются в полтора раза быстрее поступательных. Указанные

характеристики имеют значение при выборе направления перемещения органов управления либо ремонтируемых агрегатов. Существуют данные, определяющие пределы досягаемости различных органов тела: рук, ног, туловища. Так, выделяют максимальную, оптимальную, нормальную и минимальную зоны для работы рук. Каждая зона имеет свои характеристики. Максимальная зона определяет пределы досягаемости, точность движений в этой зоне незначительная. Гораздо более высокая точность движений в оптимальной и, близкой к ней, нормальной зонах. На рисунке 3 показаны плоскости – зоны легкой досягаемости (С, О, Е) и зоны максимальной досягаемости (А, В). В зонах О, Е возможны наиболее быстрые, точные и координированные движения. Указанные зоны учитывают при планировании расположения органов управления.



**Рис. 2. Костные рычаги: а – двухплечий, б – одноплечий; вращающая составляющая ( $F_T$ ) и укрепляющая ( $F_H$ ) силы при углах ее приложения: в – в прямом, з – тупом, д – остром**

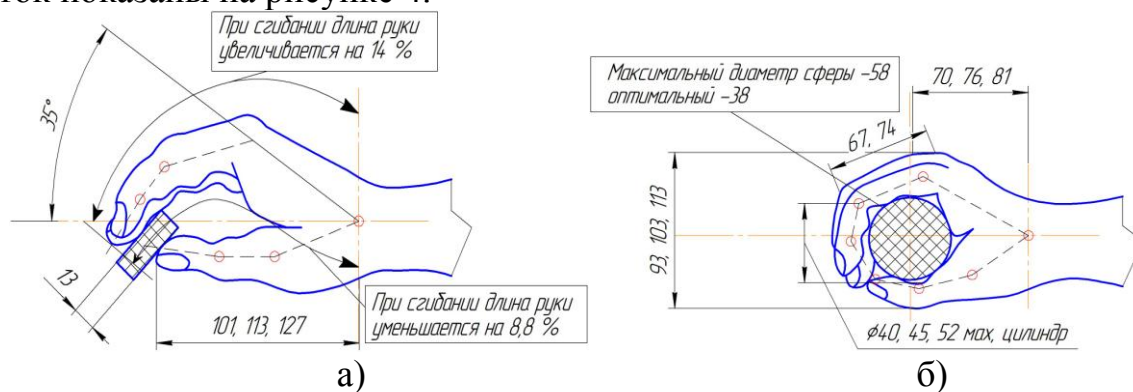


**Рис.3. Зоны досягаемости в горизонтальной плоскости:  $L$  – длина зоны;  $l$  – ширина зоны**

При выборе траектории движения руки учитывают анатомическое строение суставов. Исходя из этого, плавные эллиптические движения руки более рациональны. Невыгодно осуществлять прерывистые движения в связи с тем, что в начале и в конце каждого движения требуется дополнительная инервация, связанная с необходимостью сообщения ускорения или гашения скорости рабочих движений. Известно, что регуляция движений по пространственным и временным характеристикам является более сложной задачей, чем по силовым. В связи с этим необходимо правильно выбирать оптимальные сопротивления органов управления. В зависимости от режима напряжения мышц различают статическую и динамическую работу.

Примером статической работы является поддержание инструмента или поддержание определенной рабочей позы. Статическая работа является более утомительной.

На основе анализа проведенных исследований по вопросам пространственно-двигательного ориентирования было установлено, что в средней зоне моторного поля рабочие органы управления рекомендуют размещать на расстоянии 15...20 см, а в крайних зонах - на 30...40 см. Только в таких условиях можно рассчитывать на высокую точность прицельных движений руки без зрительного контроля. Также, важное значение имеет правильная форма рукояток. Рукоятка должна соответствовать анатомическому строению и функциональному положению руки во время работы. Она не должна по форме напоминать отпечаток ладони, так как станет невозможным изменение способа хвата. Длительное сохранение одного и того же положения руки приводит к преждевременному утомлению. Поэтому форма рукоятки должна соответствовать среднему положению руки в процессе работы, а также комплексу характерных движений, обусловленных характером данной работы. Примеры размеров рукояток показаны на рисунке 4.

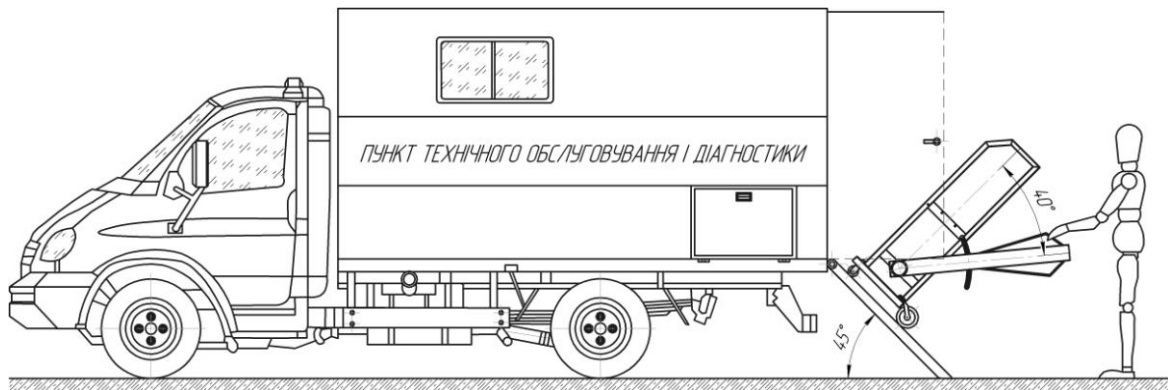


**Рис.4. Оптимальные размеры рукоятки при захвате пальцами (а); оптимальные размеры рукоятки при захвате ладонью (б)**

На основе таких исследований была спроектирована стойка для перемещения диагностического оборудования (рис.5).

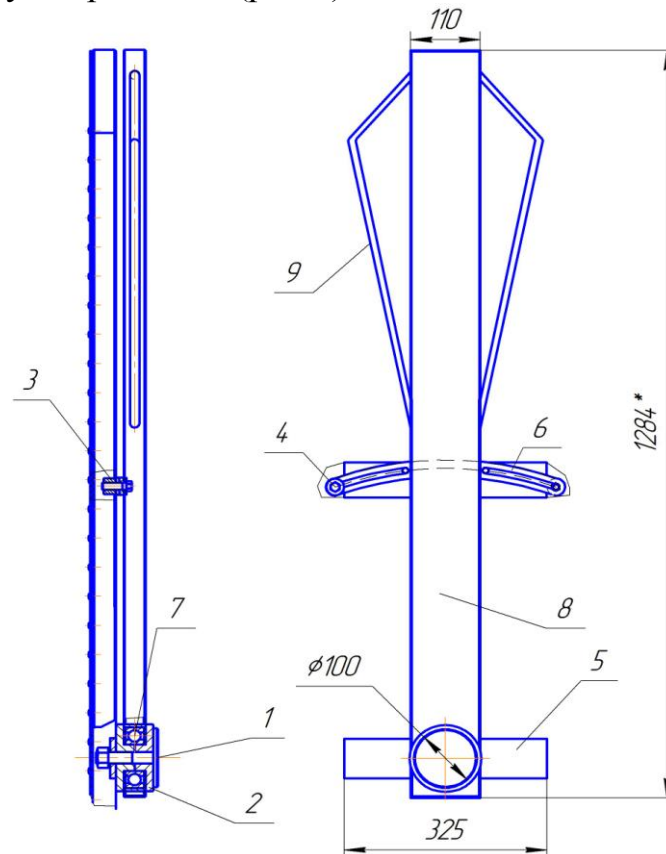
Особенность данной стойки заключается в конструкции подвижных рычагов для перемещения диагностического оборудования, которые

позволяют уменьшить физическую нагрузку на человека, который её эксплуатирует при подъёме либо опускании на уклоны до 40 градусов, при диагностике автомобилей либо тракторов, как в стационарных пунктах ТО, так и на мобильных средствах технического сервиса (рис.5). Это условие обеспечивается за счёт рычагов с помощью которых и осуществляется сохранение горизонтальности станины при опускании стойки с лестницы и подъёме.



**Рис.5. Перемещение стойки в мобильном средстве технического сервиса**

Рычаг состоит из вала 1, втулок рычага 2, втулок станины 3, болтов 4, опорной скобы 5, пластины-повода рычага 6, опорного подшипника 7, корпуса рычага 8 и ручек рычага 9 (рис.6).



**Рис. 6. Рычаг перемещения стойки**

Работают они следующим образом. При опускании передвижной стойки с мобильного средства по лестнице необходимо ослабить болты на пластине-поводе и перевести рычаги в заднее удобное положение, при условии, что рабочий стоит сзади и будет спускать стойку. После этого болты необходимо зажать.

Если необходимо поднять стойку, рычаги переводим вперёд, перед этим предварительно ослабив болты. После того как перемещены рычаги в удобное для человека положение вновь необходимо зажать болты и переместить тележку в мобильное средство ТО и диагностики.

При этом в конструкции особое внимание уделяется не только устойчивости самой стойки, но и человека. Всякое положение биологического тела человека это процесс колебательного характера. Точка общего центра тяжести (ОЦТ) тела при статическом положении испытывает колебания в диапазоне 2...3 см, вследствие кровообращения, лимфотока, дыхания, мышечного тремора биологического тела – это управляемый процесс. Человек может изменять устойчивость своего тела за счет варьирования факторов устойчивости, которыми являются:

1. *Величина площади опоры.* Это площадь, заключенная между граничными точками опоры.

2. *Высота расположения точки ОЦТ.* Чем ниже точка ОЦТ тела, тем более устойчиво тело. Особенно это видно в месте шарнирного соединения рычагов со стойкой (рис. 6).

3. *Прохождение линии тяжести.* Линия тяжести является перпендикуляром, который опущен из ОЦТ тела на площадь опоры.

4. *Величина углов устойчивости.* Угол устойчивости – это угол, образованный линией тяжести, и линией, соединяющей ОЦТ с краем площади опоры. Угол устойчивости – это динамический фактор устойчивости, он соединяет в себе три предыдущих – статических. Чем больше углы устойчивости, тем более устойчиво тело в данном направлении.

5. *Коэффициент устойчивости тела* – характеризует способность тела сохранять устойчивость при действии опрокидывающей силы при перемещении стойки.

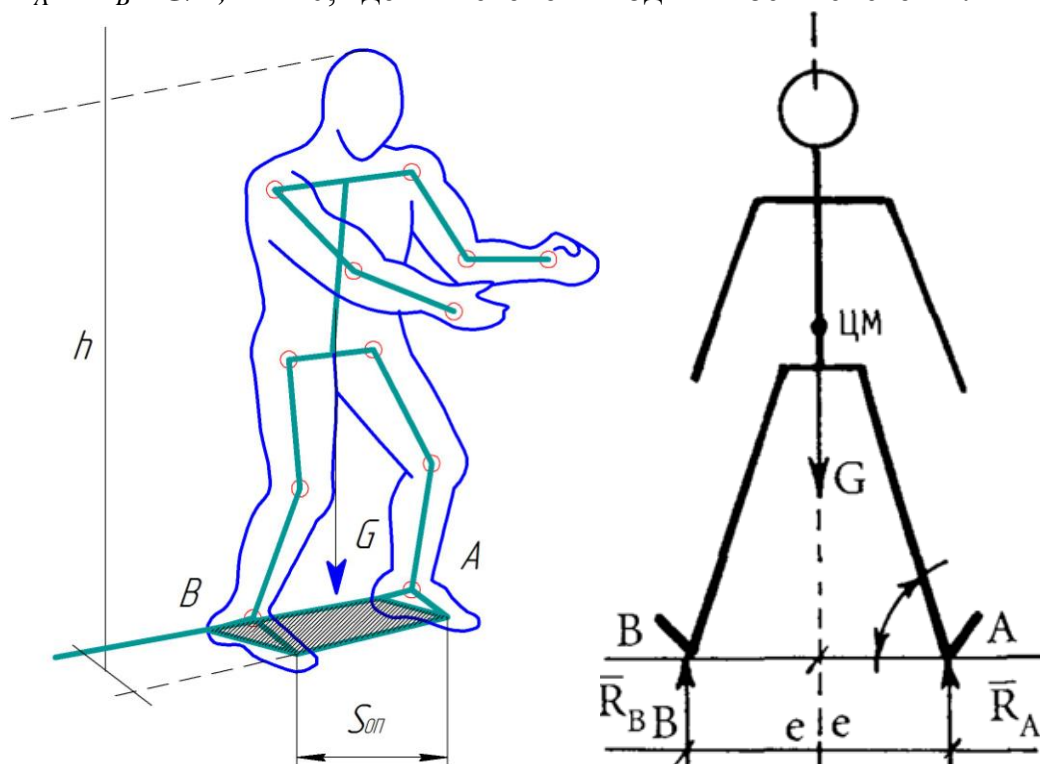
Применительно к рассмотрению взаимодействия стойки с человеком при её перемещении необходимо ограничиться первыми тремя факторами – величине площади опоры, высоте расположения центра тяжести и прохождении линии тяжести – и рассмотрим понятие «устойчивость» с позиций использования при перемещении объектов системы ТОР. Все движения для живых организмов подчиняются законам классической механики. Поэтому с точки зрения механики перемещение стойки к месту её функционального применения представляет собой физическое явление, сущность которого проявляется во взаимном механическом силовом взаимодействии физических объектов друг с другом. На рис. 7 схематически изображена фигура человека в устойчивом, статическом положении. В данном случае, при перемещении стойки, должно соблюдаться постоянство

устойчивого положения. При этом вся система находится в равновесии. Площадь опоры  $S_{оп}$  максимальная или близка к таковой.

Вектор силы тяжести  $G$  направлен по центру опорной площадки, при этом выполняется следующее условие:

$$\begin{aligned} \sum X &= 0 \\ \sum Y &= -G + R_A + R_B = 0 \\ \sum M_A &= G \times e - R_A \times 2e = 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $R_A = R_B = G/2$ ;  $m = 0$ , где  $m$  – степень подвижности системы.



**Рис.7. Схема действующих сил на человека в устойчивом, статическом положении**

В этом случае система находится в равновесии – положение устойчивое.

Также при конструировании как стойки для перемещения диагностического оборудования, так и других органов управления машинами и механизмами, нами учитывались усилия человека. Так, например, сила сокращения мышц человека колеблется в широких пределах, а номинальная величина силы кисти составляет 450-650 ньютонов (Н). Усредненная сила сжатия, которая составляет 450-500 Н, была использована в конструировании данной стойки при условии, что масса приборов будет колебаться от 10 до 15 кг на одну полку при перемещении на наклонную поверхность от 15 до 40 градусов.

**Выводы.** Сохранение равновесия биологического тела рабочего со стойкой снижает его утомляемость, простои и травмированность рабочего.



Данный метод оценивания взаимодействия человека с машиной при ТО и ремонте с биоэргономической точки зрения даёт возможность проектировать машины нового поколения на более высоком уровне с использованием физиологических данных человеческого фактора. Использование достижений эргономики при проектировании техники и условий её функционирования повысит содержательность и привлекательность труда, сохранит здоровье и создаст условия, благоприятствующие всестороннему развитию человека. Таким образом, эргономика обеспечивает проектирование рабочих процессов с механической стороны, тогда как решение проблем управления и контроля решает биомеханика человека.

#### **Список использованных источников:**

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. Учёт антропометрических данных при проектировании оборудования и сельскохозяйственных машин: Режим доступа: <http://ohrana-bgd.narod.ru/ohselh> 35.
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., Аурун 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).

**Бабицький Л.Ф.,  
Соболевський І.В. Удосконалення  
мобільних засобів технічного сервісу  
МТА на основі ергономічної оцінки**

Стаття розкриває обґрунтування нових підходів вдосконалення мобільних засобів технічного сервісу МТА на основі їх ергономічної оцінки. У статті представлено взаємодія біологічного тіла з мобільною діагностичною стійкою, що створена на основі ергономічної оцінки, яка знижує стомлюваність, простої і травмування робочого.

**Ключові слова:** людина, машина, середовище, ергонометрична біомеханіка, ергономіка, механізм, ланки, зв'язки, кісткові важелі, стійка, фізіологія.

**Babitskii L.F., Sobolewski I.V.  
Improving mobile support  
equipment MTA service on the basis  
of ergonomic evaluation**

The article is devoted to substantiation of new approaches improvement of mobile technical service of machine and tractor units on the basis of their ergonomic assessment. The article describes the interaction of biological body with a mobile diagnostic resistant created on the basis of ergonomic assessment, which reduces fatigue, downtime or injured worker.

**Keywords:** man, machine and environment, ergonomics metering biomechanics, ergonomics, mechanism, links, communications, bone levers, desk, physiology.