

УДК 622 – 1:[658. 512. 2:331.101.1]

А.А. Шабанов, В.С. Великанов

## ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ЭРГОНОМИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРНЫХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ

С развитием производства меняются условия, методы и организация трудовой деятельности человека, претерпевают существенные изменения функции, роль и место человека в процессе труда. В современном производстве, которое широко оснащается сложными техническими системами, к человеку предъявляются резко возросшие требования, вынуждающие его иногда работать на пределе психологических возможностей. При этом человек несет ответственность за эффективное функционирование больших систем управления производством, транспортом, связью, космическими полетами и т.п. Допущенная им ошибка может привести к очень тяжелым последствиям. Возможности человека увеличиваются за счет развития орудий труда, но они часто оказываются настолько сложными, что становится трудно ими пользоваться. С развитием техники возникла задача согласования параметров технических устройств с возможностями человека [1, 2].

Изучением вопросов, связанных с человеческим фактором, занимаются такие научные дисциплины, как инженерная психология и эргономика, а также сравнительно новая «Интерфейсная теория».

Предметом эргономики как науки является изучение системных закономерностей взаимодействия человека с техническими средствами, предметом трудовой деятельности и средой в процессе достижения цели деятельности.

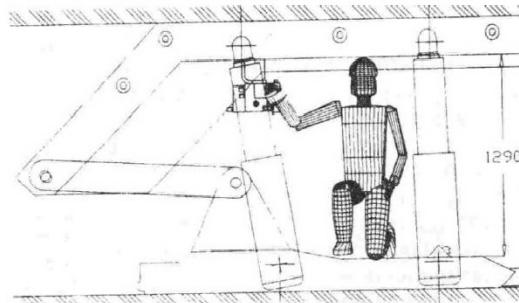
Эргономическое обеспечение проектных работ заключается в установлении и реализации эргономических требований и формировании эргономических свойств системы «человек-машина-среда» на стадиях ее разработки и эксплуатации. Оно реализуется в виде совокупности взаимосвязанных организационных мероприятий, научно-исследовательских и проектных работ, что повышает эффективность системы и качество труда, удобство и безопасность эксплуатации и обслуживания. Эргономическое обеспечение является обязательным этапом проектирования.

Объектами эргономического проектирования являются процесс (организация, алгоритм) и средства деятельности - внешние, технические (изделие, машина, оборудование) и внутренние, присущие человеку (знания, умения, навыки), а также условия деятельности (рабочее место, среда, психологический климат). В результате эргономического проектирования должны быть определены рациональные функции, которые будет выполнять человек: способы реализации этих функций (цик-

лограммы, алгоритмы деятельности, режим труда - отдыха); характеристики информации[1-3].

В данной работе подробнее остановимся на эргономическом обеспечении проектирования горных машин. Активные работы в области эргономического обеспечения системы «человек-горная машина-среда», начались в начале 90-х годов XX в.

Эргономическими исследованиями механизированных крепей занимались В.И. Даниляк, В.М. Рачек, Н.И. Меняйло, В.Е. Грищенко, Л.И. Хабазиня, А.Е. Кривенко и другие ученые. Для решения задач моделирования системы «оператор - горная машина» в Московском горном институте на кафедре горных машин средствами автоматизированной системы проектирования AutoCAD была разработана трехмерная модель оператора выемочных машин. Модель представляет собой объемный антропоманекен (рис. 1), который в отличие от плоского, может быть использован не только на виде сбоку, но и в любой проекции [4, 5].



*Рис. 1. Использование графического фантома оператора для оценки расположения органов управления секции механизированной крепи КМ-138*

В качестве примера авторами разработки приводится анализ моторного поля оператора механизированной крепи очистного комплекса КМ-138 с использованием математической модели компьютерного фантома. Рабочее пространство по горизонтали ограничено стойками крепи. В математической модели они рассматриваются как набор цилиндрических поверхностей. Ширина рабочего пространства, в котором может располагаться оператор без учета подвижности рук, равна расстоянию между рядами стоек. Положение оператора в рабочем пространстве определяется его антропометрическими параметрами [4, 5]. Длина руки мужчины колеблется от 0,71 до 0,84 м. При захвате органа управления она сокращается до 0,583-0,713 м соответственно. Для управления

крепью оператор должен находиться не далее 0,55-0,7 м от пульта управления в зависимости от размеров тела. Высота рабочего пространства оператора крепи (рис. 2) определяется мощностью пласта за вычетом толщины перекрытия и основания и величины подштыбовок.

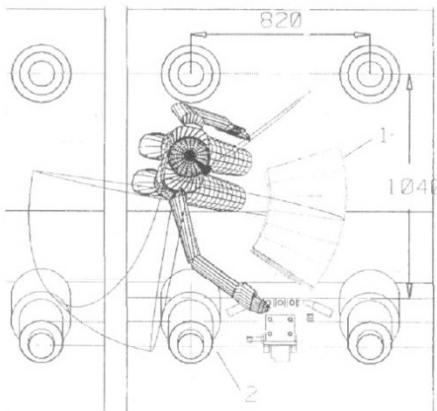


Рис. 2. Зоны досягаемости оператора крепи при работе в позе «сидя на пятках»: 1- оптимальная зона досягаемости; 2 - максимальная зона досягаемости

В дальнейших исследованиях авторским коллективом использована технология фирмы *Bentley*, лежащая в основе графического пакета *MicroStation/J*, которая позволила объединить преимущества графических, математических и макетных методов эргономического проектирования в единую систему и создать новый продукт, отвечающий требованиям горного машиностроения (рис. 3).

Работа Головина В.С. «Эргономика горнорудного оборудования» (1990 г.) посвящена вопросам эргономики применительно к экскаваторному оборудованию, по разработанным методикам проведены измерения вибраций, шума, освещенности, микроклимата, запыленности и обзорности. Установлено, что эргономичность горной машины является целостной характеристикой, которая вырастает из следующих эргономических свойств: управляемости, обслуживаемости, осваиваемости, обитаемости и технологичности. Каждое эргономическое свойство, в свою очередь, определяется из ряда комплексных показателей, которые представляют разные, но взаимосвязанные стороны этих свойств. В работе так же дана оценка труда машиниста с целью повышения эффективность

работы горнорудного оборудования путем учета возможностей человека на всех этапах его взаимодействия с машиной [6].

В 2006 году Хусаиновым В.Г. защищена диссертация на тему «Обоснование и расчет эргономических показателей карьерных гусеничных экскаваторов производства ОАО «Уралмаш». На основе обобщения, развития и углубления теории расчета эргономических показателей карьерных экскаваторов подтверждено, что низкая конкурен-

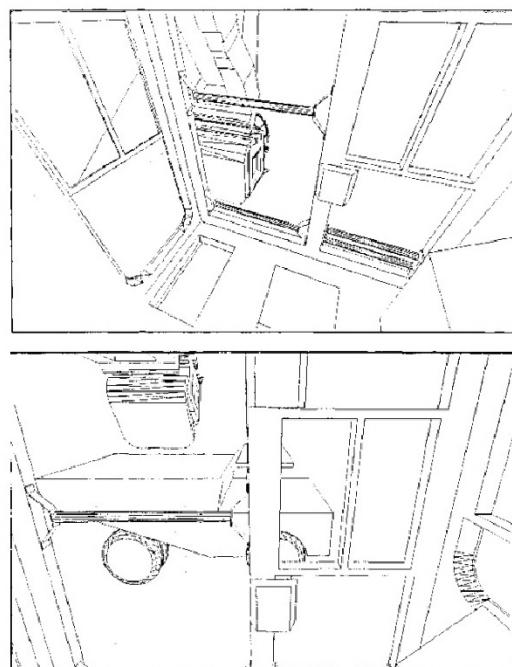


Рис. 4. Модель анализа обзорности с рабочего места машиниста экскаватора представлена в AutoCAD 2004

способность отечественных экскаваторов обусловлена влиянием ряда факторов, среди которых определяющее значение имеет низкий уровень управляемости и обслуживаемости. В работе произведено моделирование элементов управляемости и обслуживаемости ЭКГ с реализацией конструктивно-технологических решений по критерию эргономичности (рис.4) [7].

В 2011 году Великановым В.С. опубликована монография «Реализация подходов по совершенствованию эргономических показателей карьер-

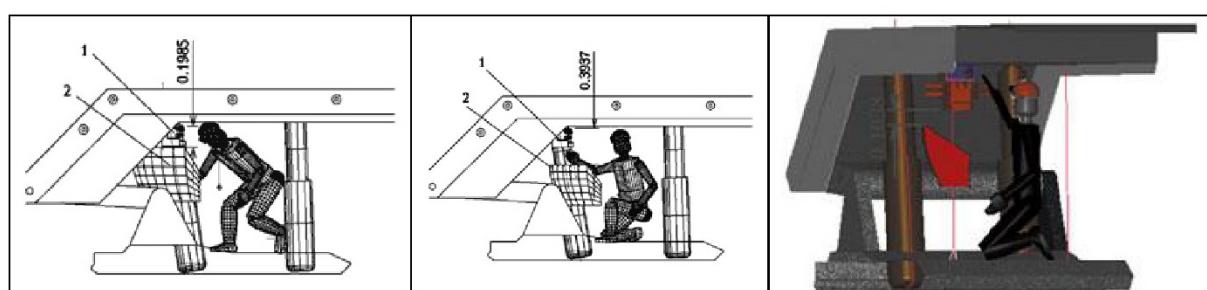


Рис. 3. Результат моделирования системы «оператор - горная машина» с использованием технологий фирмы Bentley

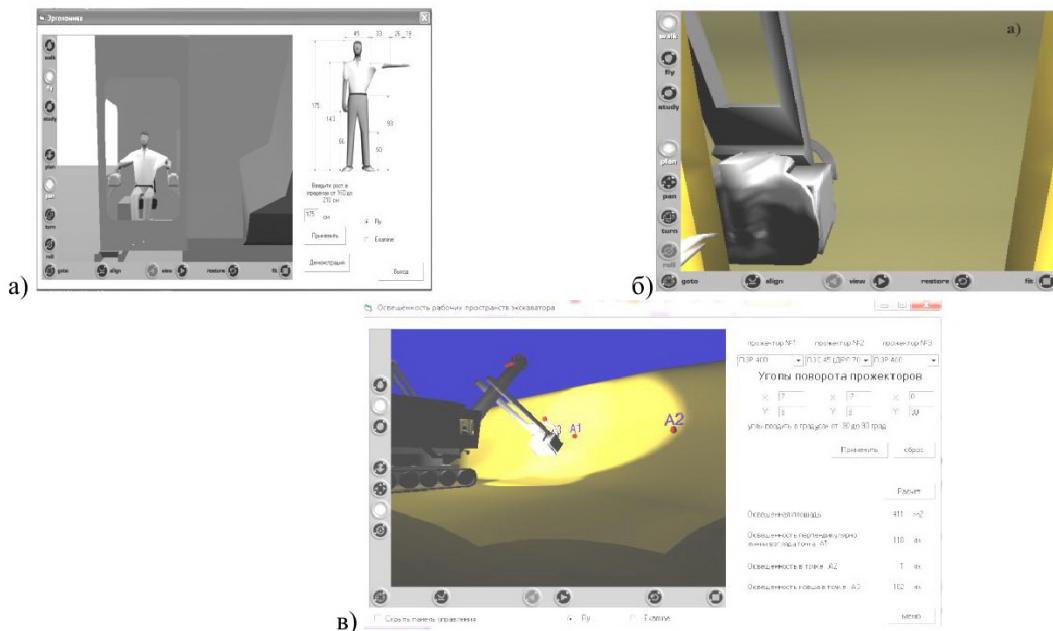


Рис. 5. а) имитационная модель машиниста и кабины экскаватора; б) обзор ковша из кабины экскаватора; в) общий вид интерфейса системы освещенности рабочего пространства экскаватора

ных экскаваторов». Здесь рассмотрено современное состояние эргономического обеспечения отечественной экскаваторной техники. Разработана научно-методическая база по совершенствованию эргономических показателей карьерных экскаваторов с практической реализацией комплекса алгоритмов и программ компьютерного моделирования системы «человек – экскаватор – забой». Предложены организационно-технические мероприятия, направленные на повышение эффективности эксплуатации экскаваторов [8, 9].

В работе учтен опыт проектирования рабочих мест, анализ рассмотренных моделей позволил выявить направления по совершенствованию компьютерного моделирования деятельности машиниста экскаватора с применением алгоритмов по-

строения трехмерных компьютерных моделей реальных объектов для систем виртуальной реальности (ВР). Компьютерная модель разработана на языке *Visual Basic*. Трехмерная сцена с имитационными моделями ландшафта, экскаватора и машиниста изображена при помощи 3d studio MAX – виртуальная реальность (рис. 5).

Разработанная модель является эффективным инструментом для интерактивного проектирования рациональной компоновки рабочего места (PM) оператора. Модель позволяет осуществить следующие операции: трехмерное моделирование рабочего места машиниста с компоновкой элементов и обеспечение информационного взаимодействия; моделирование манекена машиниста экскаватора с учетом основных антропометрических

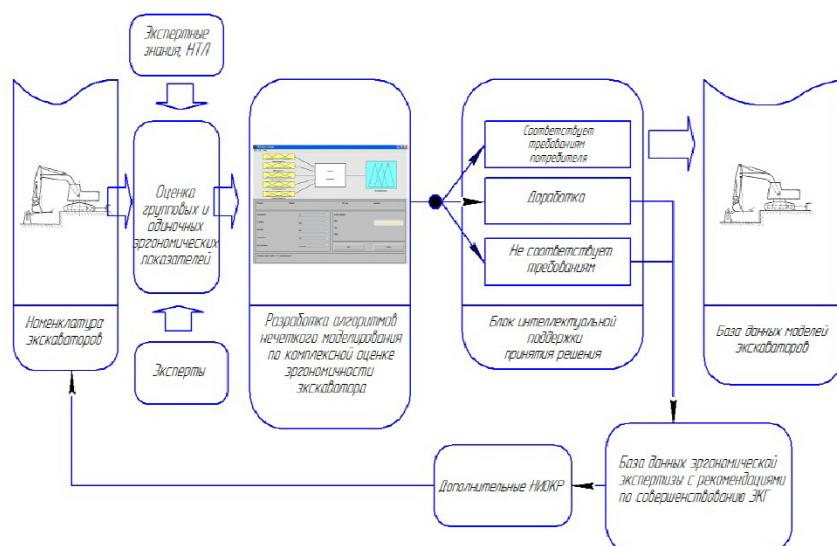


Рис. 6. Этапы эргономических исследований ЭКГ на базе нечетко – множественного подхода

Таблица 1. Результаты исследований

| Научные   | Практические  |
|---|---|
| Концепция формирования математических моделей с элементами нечеткой логики, основанная на последовательной алгоритмизации этапов интеллектуальной системы поддержки принятия решений по определению уровня эргономичности горных машин. | Разработана система автоматизированного проектирования рабочего места машиниста карьерного экскаватора.       |
| Метод математической формализации информации в терминах нечетких множеств, позволяющий адаптировать математические методы для приложений к предметной области исследования эргономичности горных машин.                                 | Разработана концептуальная модель построения аппаратно-программного обеспечения тренажерно-обучающей системы. |
| Определена возможность ранжирования горных машин по критерию эргономичности с использованием метода анализа иерархий.   | Создан полунатурный тренажер для подготовки операторов горных машин.  |
| Экспертно-аналитический метод, реализующий алгоритмический подход к анализу деятельности оператора и учитывающий качество выполнения технологических операций.  | Разработана мультимедийная обучающая система «Подготовка машиниста экскаватора».                              |

признаков человека, с возможностью настройки на индивидуальные антропометрические параметры того или иного оператора (рис. 5а). При таком подходе оценка адекватности разрабатываемого проекта РМ осуществляется задолго до его воплощения в материале по следующим эргономическим критериям: обзорности внутреннего и внешнекабинного пространства (рис. 5б); наличию не просматриваемых зон; степени досягаемости органов управления, освещенности рабочего пространства экскаватора (рис. 5в).

Потребность практиков в новых знаниях о человеке, о закономерностях взаимодействия человека с техническими средствами, предметом трудовой деятельности и средой, в конечном итоге, и определяют приоритеты дальнейших эргономических исследований. А именно проектирование и совершенствование процессов (способов, алгоритмов) деятельности человека, а также тех характеристик средств и условий труда, которые непосредственно влияют на параметры деятельности и состояния человека в интересах повышения эффективности труда, сохранения здоровья и развития личности работающего.

Успешная реализация прикладных задач эргономического обеспечения горных машин невозможна без решения соответствующих задач науч-

ного характера. В качестве наиболее перспективного и обоснованного подхода в исследовании эргономичности горных машин (на примере - ЭКГ) нами определен нечетко-множественный подход. В настоящее время стремительно развиваются методы математического моделирования на основе теории нечетких множеств, позволяющие преодолевать трудности, связанные с качественным характером, а также неполнотой и расплывчатостью информации. Теория нечетких множеств опирается на предпосылку о том, элементами мышления человека являются не числа, а элементы некоторых нечетких множеств или классов объектов, для которых переход от «принадлежности» к классу «непринадлежности» не скачкообразен, а непрерывен, что позволяет охватить нечеткость человеческого мышления. Этот подход к описанию неопределенности был впервые предложен американским математиком Л. Заде в 1965 г. и предназначался для преодоления трудностей формализации неточных понятий, анализа и моделирования систем, в которых участвует человек (рис.6).

В табл. 1 приведены основные научно-практические результаты, которые представлены в следующих публикациях [10-21]:

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Громов Ф.А. Эргономика: учеб. пособие / Ф.А. Громов. – Л.: ЛФЭН. 1989 – 210 с.
2. Ильин О.И. Эргономика: учеб. пособие / О.И. Ильин. В.Н. Сидорова. – М. : Рос. Эк. акад. им. Г.В. Плеханова. 2001. – 154 с.
3. Том И.Э. От эргономики биотехнических систем к биоинформатике // Информатика, 2004. – №4. – С. 127-136.
4. Вьюшина М.Н., Жура В.П. Кривенко А.Е. Математическая модель человека в системе оператор - горная машина // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 1996. – №4. – С. 91-93.
5. Рачек В.М., Вьюшина М.Н., Кривенко А.Е. Моторное поле и зоны видимости человека в системе оператор - горная машина // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 1997. – №5.

- С. 103-106.
6. Головин В.С. Эргономика горнорудного оборудования. – М.: Недра, 1990. – 183 с.
  7. Хусаинов В.Г. Обоснование и расчет эргономических показателей карьерных гусеничных экскаваторов производства ОАО «Уралмаш»: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Екатеринбург: УГГУ, 2006. – 20 с.
  8. Великанов В.С. Реализация подходов по совершенствованию эргономических показателей карьерных экскаваторов: Монография. – Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2011. – 85 с.
  9. Великанов В.С., Исмагилов К.В. Проектирование отечественных мехлопат с учетом требований рынка горной техники и эргономических показателей // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Горная книга, 2009. – № 2. – С. 30-32.
  10. Великанов В.С. Использование нечеткой логики и теории нечетких множеств для управления эргономическими показателями качества карьерных экскаваторов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Горная книга, 2010. – № 9. – С. 57-62.
  11. Шабанов А.А., Великанов В.С. Оценка одиночных и групповых эргономических показателей горно - транспортного оборудования на основе нечетких моделей // Перспективы развития горно-транспортного оборудования: Сборник статей. Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня. – М.: Горная книга, 2011. – ОВ №5. – С. 326-332.
  12. Великанов В.С. Применение математического аппарата нечетких множеств при управлении и совершенствовании эргономических показателей качества карьерных экскаваторов // Освоение минеральных ресурсов Севера: проблемы и решения: Труды 9-ой международной научно-практической конференции 6-8 апреля 2011 г. / Филиал СПГИ (ТУ) «Воркутинский горный институт». – Воркута, 2011. – С. 250-253.
  13. Великанов В.С. Разработка алгоритмов нечеткого моделирования для интеллектуальной поддержки принятия решений по определению уровня эргономичности карьерных экскаваторов // Горная промышленность. – 2011. – № 5. – С. 64-70.
  14. Великанов В.С., Шабанов А.А., Савельев В.И. Новые подходы в определении эргономичности карьерных экскаваторов // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: Сб. науч. тр. – Екатеринбург: ФГБОУ ВПО «УГГУ» 2012. – С. 27-32.
  15. Великанов В.С. Разработка САПР рабочего места машиниста карьерного экскаватора // Промышленная безопасность и охрана труда: Сборник статей. Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня. – М.: Горная книга, 2012. – ОВ №6. – С.70-82.
  16. Великанов В.С., Шабанов А.А. Метод анализа иерархий в установлении значений весовых коэффициентов эргономических показателей карьерных экскаваторов // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики Сб. науч. тр. – Тула: ГОУ ВПО «ТулГУ» 2012. – Т1, С. 238-244.
  17. Великанов В.С. Тестовые методики и тренажерные средства в системе повышения профессионального мастерства операторов горных машин // Горный журнал. – 2012. – №9. – С.131-133.
  18. Великанов В.С., Исмагилов К.В., Шарипов Р.Х. Оценка факторов влияющих на эффективность функционирования горных машин и комплексов с использованием среды MATLAB Fuzzy Logic Toolbox // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: Сб. науч. тр. – Екатеринбург: ФГБОУ ВПО «УГГУ» 2013. – С. 315-318.
  19. Шабанов А.А., Великанов В.С. Обоснование подхода в задании коэффициента определенности правил нечетких продукций в системах нечеткого вывода // Вестник КузГТУ. 2013, № 4. С. 47-50.
  20. Великанов В.С., Шабанов А.А. Применение нечеткого подхода для оценки влияния структуры и режимов управления на показатели эксплуатационной надежности горных машин и комплексов // Горная промышленность. - 2013. - № 3. - С. 101-102.
  21. Velikanov V.S. Evaluation and management ergonomic mining machines and complexes based on fuzzy-set approach // European Science and Technology: 4th International scientific conference. Munich 2013. p. 370-377.

□Авторы статьи:

- |   |   |
|---|---|
| <p>Шабанов<br/>Александр Анатольевич,<br/>аспирант каф. горных машин и<br/>транспортно-технологических ком-<br/>плексов ФГБОУ ВПО «Магнитогор-<br/>ский государственный технический<br/>им. Г.И. Носова», email:<br/><a href="mailto:goldberg1@pochta.ru">goldberg1@pochta.ru</a></p> | <p>Великанов<br/>Владимир Семенович,<br/>канд.техн.наук, доцент каф. горных<br/>машин и транспортно-<br/>технологических комплексов<br/>ФГБОУ ВПО «Магнитогорский го-<br/>сударственный технический им. Г.И.<br/>Носова», email: <a href="mailto:rizhik_00@mail.ru">rizhik_00@mail.ru</a></p> |
|---|---|