УДК 372.862:004.94

**РОБОТОТЕХНИКА, ОБРАЗОВАНИЕ
И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ****Бейсембаев К.М., Решетникова О.С., Акижанова Ж.Т.,
Абдрахманов Е.М., Лапушкин А.А., Макухин О.С.***Карагандинский государственный технический университет, Караганда, e-mail: kakim08@mail.ru*

Современная система образования ориентирована на двухуровневое обучение (бакалавриат, магистратура), должна предусматривать научную подготовку и считаться с присутствием на рынке труда фирм развитых стран, где выпускнику приходится работать с различным современным программным обеспечением на основе CAD/CAM/CAE, поэтому обучение пакетам проектирования должно демонстрировать возможности их использования в современных технологиях, и особенно в робототехнике. Умение выделять конструктивные и программные моменты, сочетающиеся с технологией применения – важная задача обучения. Создание проектов должно вестись в оболочках баз данных, содержащих элементы моделирования, прогнозирования и накопления данных эксплуатации. Обучение робототехнике должно показывать возможности охвата различных аспектов использования минералов, сопутствующих материалов и проводимых выработок с резким повышением эффективности решений комплексных проблем ресурсосбережения и использования недр. Разработанные схемы роботов универсальны, конструктивно близки к андроидам и выполнены на основе шагающих крепей. В забое базируются у поворотного конвейера и обеспечивают разработку минералов в сложных условиях. Многомерные базы данных и их сетевая организация с внутренними и внешними системами программирования позволяет развивать концепцию обратной связи при управлении работами.

Ключевые слова: робот, программирование, симуляция, движение, поворотный конвейер, база данных**ROBOTICS, EDUCATION AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES****Beysembaev K.M., Reshetnikova O.S., Akizhanova Zh.T.,
Abdrakhmanov E.M., Lapushkin A.A., Makukhin O.S.***Karaganda State Technical University, Karaganda, e-mail: kakim08@mail.ru*

The modern education system is focused on two-level training (bachelor's degree, master's degree) should include scientific training and take into account the presence in the labor market of firms in developed countries, where the graduate has to work with a variety of modern software (SOFTWARE) based on CAD/CAM/SAE, so the training of design packages should demonstrate the possibility of their use in modern technologies and especially in robotics. The ability to allocate constructive and program moments, combined with the technology of application – an important task of training. Creation of projects should be carried out in database shells containing elements of modeling, forecasting and accumulation of operational data. Learning robotics and is meant to show the possibility of coverage of the different aspects of the use of minerals, materials and ongoing excavations with a sharp increase in the efficiency of solutions to complex problems of resource saving and utilization of mineral resources. The developed schemes of robots are universal and structurally close to androids, are made on the basis of walking supports. In the bottom are based at the rotary conveyor and provide the development of minerals in difficult conditions. Multidimensional databases and their network organization with internal and external programming systems allows to develop the concept of feedback in the management of works.

Keywords: robot, programming, simulation, movement, rotary conveyor, database

Применение робототехники строится на улучшении обучения методам проектирования и продиктовано необходимостью обеспечения маневренности машин из-за нарушенности месторождений; условиями, исключая присутствие человека. Такие информационно оснащенные комплексы позволяют учитывать условия разработки, экологический ущерб, технологию выемки, обеспечивают получение подетальных сценариев состояния систем, а также расчет эффективности работ с учетом прямых и косвенных факторов, как это предусмотрено при комплексном использовании недр. Для горных роботов актуальны вопросы универсализации их конструкции, которые в разной мере соответствуют возможности выполнять цикл запланированных движений. Данным

требованиям в большей степени удовлетворяют антроиды. От их решений будет определяться эффективность подземной разработки, ресурсосбережение и конкурентоспособность технологии. Ныне механизированные комплексы на базе крепи щитового типа Clinic, с системами автоматизации ф. MARCO представляют робототехнику для лав. Но они не маневренны при поворотах лав на 180 градусов и ограничены для движения вверх и вниз под углом более 10 градусов. Маневренность же позволяет сократить длину лав до 50 м, практически не теряя в производительности забоев.

Цель исследования: стимулирование обучения использованием наукоемких технологий на примере выбора конструкции роботов для коротких забоев при комплексном

использовании недр и создание элементов их моделирования и расчета в многомерной базе данных (БД).

Материалы и методы исследования

Выполняется системный анализ, исследуются конструктивные схемы применения робототехники. Для моделирования применяются пакеты Adams и системы Ардуино, которые должны использоваться и в образовательном процессе. При своей простоте, они дают возможность изучить программирование роботов, на основе мощных инженерных языков типа C++ и Fortran. Опыт показал, что робототехнике в большей степени удовлетворяют шагающие крепи, конструкции которых близки к андроидам и адаптированы к огромным давлениям пород. В обучении важно показать основные этапы реализации конструкций и особенностей их расчета.

Результаты исследования и их обсуждение

В анализе рассмотрена крепь МК-97 для выемки тонких пластов мощностью до 1,2 м, она состояла из двух полусекций, соединенных поступательно и с возможностью наклона относительно друг друга до 15°. Гидростойки по две на каждую полусекцию – дважды телескопические с тарельчатыми опорами, соединены с перекрытиями шаровыми шарнирами, а для устойчивости устанавливались в пружин-

ные стаканы, жестко соединенные с перекрытиями. Крепи М-81, а затем сменявшая её М-130 применялись для мощности пласта до 3,5 м, М-130 изготовлялась из толстолистовой стали и имела сварную конструкцию, в отличие от М-81 из литья, не уступая современным системам типа Clinic, при почти в 2–3 раза меньшей цене. С ними применялся и разворот комплекса на 180 градусов. Однако для обеспечения автоматизированной работы «ног» схемы управления не были разработаны, а эффективному маневрированию мешали шпунтовые связи перекрытий [1].

Важный этап обучения – демонстрация перехода конструкции к новому качеству.

Поэтому здесь и в [1] рассмотрена их эволюция, преобразующая механизмы в робототехнику. Оборудование фирмы MARCO по сравнению с конкурентами позволяет подключить большее число гидравлических потоков и датчиков, обеспечивает большие возможности программирования для учета условий эксплуатации. Секция крепи может быть оснащена 24 датчиками. Они объединены в отдельные робогруппы при длине лавы свыше 200 м. Но такие системы не мобильны и не способны к продольному смещению вдоль лавы, что необходимо из-за сложности сети вспомогательных выработок, нарушений пласта и пород. При большом количестве гидрооборудования происходят сбои в связывающих сетях.

Рис. 1. Действующий макет одностороннего ПК КПС1 КарГТУ: а – поворот на 75° (1 – натяжное устройство, 2 – решетка, 3 – элементы управления, 4 – шарниры решеток, 5 – привод, 6 – секторные пластинки, 7 – тяговый орган); б – в прямолинейном виде

Рис. 2. Многомерная классификация (инфологическая модель) одностороннего ПК для формирования управляющей проектно-модельной базы данных (а), двухсторонняя стрелка – домкрат; кружок – шарнир; Модель Adams (б); имитация колебаний става, для четырех рештак (в)

Ранее были предложены камерные короткозабойные технологии с поворотным конвейером ПК (рис. 1, а, б) [2], которые решают вопросы разработки сильно нарушенных месторождений. Научно-техническое сопровождение технологии соответствует сформированному в КарГТУ положению о возможности управления забоем на основе обратной связи с горным массивом при циклической корректировке параметров реальной системы и моделей управления. В таком случае система управления должна иметь единую многомерную базу проектных моделей и для хранения и обработки данных, получаемых в процессе эксплуатации. На

рис. 2 элементы многомерной классификации базы для ПК. Они одновременно представляют проектные и моделирующие возможности для конвейера. В них входит комплекс программного обеспечения (ПО) и БД, а также внешние пакеты CAD/CAM/CAE, вызываемые гиперссылками из таблиц базы. Так на основе средств БД выполняется расчет и накапливаются данные о надежности каждой детали, узла, и в целом конвейера, его стоимостные параметры [3], расчет идет снизу вверх, используя иерархию узлов и подузлов. А внешние системы программирования представляют 3D проекты с прочностными расчетами,

учитывающими динамику и возможности визуального моделирования машины. Многомерная классификация как инфологическая модель показывает, что исследуемый объект описан в логике его физических связей и взаимодействий деталей и узлов. Автоматизированные алгоритмы и правила программирования изложены в [4]. Проектирование инфологического объекта мы начали с «головы», введя название объекта (сущность объекта). В основе лежит привод с мотор-редуктором. Между ним и звездочкой изображен вращающий момент, что раскрывает сущность их кинематической связи. Звездочка приводит в движение круглозвенную цепь тягового органа со скребками, а рештаки между собой соединены домкратами и шарнирами. Связь скребков с рештаками силовая (стрелка) – в зоне поворота скребки интенсивно опираются о борт рештака. Тяговый орган жестко связан со скребками, имеет рабочую и холостую ветвь; одновременно рештак проходят 3 скребка. Описания рештаков – в таблицах, созданных по универсальному алгоритму и связанных по типу «один – ко многим» с выше и ниже лежащими уровнями, что и позволяет вести обработку данных запросами. Таблицы имеют гиперссылки на Kompas 3D, – чертежи в 3D, пакеты Ansys – расчет става конвейера и расчет НДС рештаков и Adams – динамический расчет движения тягового органа по рештакам в зоне поворота, что позволяет определить нагрузку отпора скребков на рештаки, уточнить динамику движения става. Моделирование позволит выявить особенности взаимодействия става ПК с опорами, у устья камеры и с комбайном, воздействия на борта рештаков скребков и систем, скрепляющих рештаки (односторонние шарниры и гидравлические домкраты). При проектировании достаточно учесть размеры, массовые и инерциальные характеристики конструкции, используя примитивы Adams Box.

Обучение проведению исследований основано на логическом последовательном выполнении проекта с анализом его этапов. Так, их сопоставление при разра-

ботке модели ПК показывает возможности постепенного увеличения количества рассматриваемых рештаков, а графики – возможность возникновения автоколебаний в ставе (в реальности им препятствует трение). В ряде случаев это позволяет легче выделить целесообразные методы моделирования. Выявлено, что возрастание амплитуды автоколебаний до максимального значения особенно заметно при неучете трения в шарнирах. При проектировании обязательен просмотр картинок в 3D меню пакета, так как направления движений элементов при плоской визуализации часто не совпадают с истинными. Вычисление величин реакций действующих сил по всем осям, рис. 3, а и в, скоростей и ускорений не вызывает затруднений, а все это дает широкие возможности моделирования аварийных ситуаций и позволяет прогнозировать состояния объектов. Роботизированными могут выполняться все или несколько секций крепи, задающих направление движения, что позволяет сократить расходы на лаву. На рис. 3, б (симуляция Adams учетом [5–7]), представлена шагающая секция оснащенная передним манипулятором и возможностями движения в любом заданном направлении вдоль, поперек лавы. В отличие от секций в [1] движение возможно как с распором в кровлю, так и без него в «высоких» выработках (рис. 3, г). Она может использоваться в лаве и проходческом забое, а с учетом возможностей к маневрированию и воздействия на соседние секции их количество в коротком забое их можно сократить до 3 штук. Симуляция движения показывает совпадение картин движения ПК с тем, что было получено на действующем макете. Приведем кодовые строки на C, извлеченные из Adams при моделировании (создание гидроцилиндра крепи и переименование проекта), из которых очевидны возможности программирования ответов работа по Нейлору на ситуацию в лаве при использовании самообучения с использованием логических операторов и возможностей извлечения кодов для упрощения программирования [8–10].

```
! CREATE CYLINDER
undo begin
default coordinate_system default_coordinate_system=.model_1
part create rigid_body name_and_position part_name=.model_1.PART_22 adams_id=22
part modify rigid_body mass_properties part_name=.model_1.PART_22 material=.materials.steel
part attributes part_name=.model_1.PART_22 color=RED name_vis=off
marker create marker=.model_1.PART_22.MARKER_71 &
    adams_id=71 &
    location=(LOC_RELATIVE_TO({0,0,0}, POINT_27)) &
    orientation=333.4349488229, 90.0, 0.0
geometry create shape cylinder &
    cylinder_name=.model_1.PART_22.CYLINDER_27 &
```



```

adams_id=27 &
length=(40.0cm) &
radius=(12.0cm) &
angle=360.0d &
center_marker=.model_1.PART_22.MARKER_71
group modify group=SELECT_LIST object=.model_1.PART_22
undo end
..... else
file binary write file=>C:/Users/Admin/model_k_m.bin» alert=yes

```

Рис. 3. Имитационные возможности программы и конструкции крепей: графики усилий в узлах конвейера (а), рычага крепи (в); б – симуляция робосекций в Adams; г – конструктивное выполнение; 1, 2 – гидроцилиндры, 3 – четырехзвенник, 4 – козырек, 5 – гидростойки, 6 – рычаг, 7 – ограждение; 8 – рука; 9, 10 – усилия в шарнире связи решеток ПК по оси X и Y; усилия манипулятора б (шарнир соединения рычагов слева и справа) и шарнира между опорой и передней гидростойкой по оси Y (11, 14) и по оси X (12, 13)

Закключение

Использованное ПО адаптировано к вузовскому обучению. Применение действующих макетов открывает возможности участия студентов и магистрантов в научной работе, а схема грантового финансирования таких работ МОН РК стимулирует руководство вузов к их привлечению, повышая качество образования. Разработка робокомплексов с применением ПК будет стимулировать развитие машиностроения на

основе интеллектуальных систем. Переход к цифровому производству делает возможным полный цикл разработки изготовления и внедрения машин по индивидуальным заказам с учетом местной специфики и создает условия для внедрения технологий, основанных на ресурсосбережении.

Список литературы

1. Бейсембаев К.М., Грузинская Т.Н., Куракбаев Д.К., Оразбеков Д.Е., Шакарим Е.Е. Моделирование робототехни-

ки для очистных забоев // Научное обозрение. Технические науки. 2017. № 3. С. 5–10.

2. Андрейко С.С., Перминов К.М. Разработка технологии добычи калийной руды с применением изгибающегося конвейерного поезда // Известия вузов. Горный журнал. 2013. № 3. С. 4–9.

3. Бейсембаев К.М. Демонстрационная разработка элементов баз автоуправления // Современные наукоёмкие технологии. 2015. С. 9–13.

4. Бейсембаев К.М., Жетесов С.С. Практические аспекты разработки промышленных информационных систем. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2009. 207 с.

5. Lazuka E., Lazuka M. Application of Ansys in teaching fem on the example of a loaded mars rover chassis. *Advances in Science and Technology Research Journal*. 2016. Vol. 10. no. 32. P. 269–274.

6. Talli A.L., Kotturshettar B.B. Forward Kinematic Analysis, Simulation & Workspace Tracing of Anthropomorphic Ro-

bot Manipulator By Using MSC. *Adams*. 2015. Vol. 4. no. 1. P. 18462–18468.

7. Soleiman Nouri F., Haddad Zarif M., Fateh M.M. Designing an adaptive fuzzy control for robot manipulators using PSO. *Journal of AI and Data Mining*. 2014. Vol. 2. no. 2. P. 125–133.

8. Пискунов М.А., Адамов Д.В. Определение кинематических параметров включения гидроцилиндров манипулятора форвардера при исполнении заданного движения навесного устройств // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 4. С. 42–47.

9. Markram H. The Blue Brain Project. *Nature Reviews Neuroscience*. 2006. Vol. 7. P. 153–160. DOI: 10.1038/nrn1848.

10. Markram Henry, Eilif Muller, Srikanth Ramaswamy, Michael W. Reimann, Marwan Abdellah. Reconstruction and Simulation of Neocortical Microcircuitry. *Cell*. 2015. October. vol. 163. no. 2. P. 456–492. DOI: 10.1016/j.cell.2015.09.029.