УДК 681.2-5:007.52

МОДЕЛИРОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИКИ ДЛЯ ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ

Бейсембаев К.М., Грузинская Т.Н., Куракбаев Д.К., Оразбеков Д.Е., Шакарим Е.Е.

КарГТУ «Карагандинский государственный технический университет», Караганда, e-mail: kakim08@mail.ru

Проведен анализ особенностей проектирования и моделирования макетов робототехнических устройств для очистных забоев шахт с применением плат Arduino. Построена инфологическая модель управления роботом. Представлены основные элементы многомерной базы данных сетевого типа и автопроектирования в системе пакетов CAD/CAM/CAE. С целью максимального соответствия конструкции крепи особенностям работы горных роботов выполнен анализ секций крепи и выбран её тип. Схема должна обеспечивать индивидуальное перемещение робота за движением забоя, возможности преодоления разрывных нарушений пласта шагами вверх и вниз, возможности разворота забоя на 180 градусов, установку дополнительного оборудования манипулятором. В пакете Adams выполнено моделирование усовершенствованной конструкции типа М-130. Система многомерной базы с узлами-таблицами с гиперссылками на процессоры пакетов позволяет создавать программы моделирования прогнозирования состояния робота, управления и отбора решений, как в простой нейросети.

Ключевые слова: горный робот, плата, программирование, сетевая, многомерная база

MODELLING OF ROBOTICS FOR CLEARING FACES

Beysembaev K.M., Gruzinskaya T.N., Kurakbaev D.K., Orazbekov D.E., Shakarim E.E.

KSTU «Karaganda State Technical University», Karaganda, e-mail: kakim08@mail.ru и

The analysis of features of design and modeling of models of robotic devices for clearing faces of mines with application of payments of Arduino is carried out. The datalogical model of control of the robot is constructed. Basic elements of the multidimensional database of network type and autodesign in the system of CAD/CAM/CAE packages are presented. For the purpose of the maximum compliance of a design of a timbering to features of operation of mining robots the analysis of sections of a timbering is made and her type is chosen. The scheme has to provide individual movement of the robot behind the movement of a face, possibility of overcoming explosive violations of layer by steps up and down, possibilities of a turn of a face by 180 degrees, installation of the additional equipment the manipulator. In an Adams package modeling of an advanced design like M-130 is executed. The system of multidimensional base with knots tables with hyperlinks to processors of packages allows to create programs of modeling of forecasting of a condition of the robot, management and selection of decisions, as in a simple neuronet.

Keywords: mining robot, payment, programming, network, multidimensional base

В робототехнике широко применяются информационные технологии: при проектировании, управлении и для систем интеллектуального анализа на основе нейросетей [1–4]. Одним из основных требований для обеспечения эффективного управления является соответствие конструктивной схемы робота общим функциональным показателям работы. Как показывает анализ, из современных конструкций требованиям кинематических схем горных роботов для очистных и проходческих работ отвечает схема механизированной крепи М-130.

Анализ и схемы макетирования

Требования включают независимое перемещение робота в 3D пространстве, необходимые конструктивные особенности для обеспечения движения его основных узлов по заданным и избираемым нейросетью траекториям при выполнении рабочих функций. Эти работы включают передвижение вслед за забоем, вход и выход в забой, крепление кровли, управление или взаимодействие с другими машинами, входящими в очистной или проходческий комплекс: конвейерами, элементами стационарно-переносной крепи для крепления вспомогательных выработок, буровыми устройствами и т.п. Кроме основных функций по креплению кровли в забое робот имеет ряд вспомогательных функций. Они выполняются с помощью встроенных манипуляторов и специального модульного программного обеспечения (ПО). Секция М-130, рис. 1 имеет независимые гидроопоры, управляемые (подъем, опускание, наклоны влево-вправо, вперед-назад) гидродомкратами. Недостатком М-130 являлось отсутствие системы автоматизированного управления, и поэтому при недостаточно обученном персонале возникали проблемы с устойчивостью секций.

Роботизация включает программное управление её элементами. Для моделирования на макетах в робототехнике часто используется система с ПО Arduino. Для этого существует известная среда программирования «Arduino IDE», под управлением операционных систем Windows, Mac OS и Linux, которая позволяет загружать новые програм-

мы с USB-соединением платы к компьютеру. Возможна работа и через другие IDE или непосредственно через командную строку. Система функционирует на основе языка C++. При проектировании модели и исследовании её параметров применяется пакет САПР Solid Works, где разрабатываются конструктивные элементы горного робота, а для построения управляющих схем – Ramus Educational [2]. Роботы обычно имеют манипулятор, для захвата различных предметов. В данном случае его программу можно упростить, поскольку захват осуществляется для предметов, конфигурацию которых достаточно просто описать объектно-ориентированным кодом [5]. Тогда с учетом конструктивного исполнения секции крепи можно построить инфологическую модель функционирования робота, рис. 2, с элементами многомерных классификаций [2, 6].

Новые технологические схемы и роботы

При разработке месторождений человек наряду с роботами должен присутствовать в недрах. Это так же верно и из предпосылок новых технологий, согласно которым вредные производства, транспортные потоки со временем будут упрятаны в недра, что, например, следует из известных работ Илона Маска, руководителя программы США SpageX с ракетоносителем Falcon 9. Их предприятия озабочены созданием проходческой техники с производительностью выше современных показателей в 5 раз. Это позволяет говорить о новом этапе в горном деле в области подземной разработки, когда она вновь станет лидирующей в отрасли. При этом резко актуализируются и схемы, разработки пластовых месторождений с применением технологии разворота механизированных крепей, обеспечивающих безмонтажную работу техники. Впервые они были испытаны в Кузнецком и Карагандинском бассейнах в конце XX в. Сущность технологи разворота заключалась в том, что, осуществив выемку нужного столба (технология выемки длинными столбами по простиранию пласта), очистной комплекс разворачивался вокруг центра поворота (ЦП) транспортной выработки на 180 градусов по радиусу равному длине лавы. Часть лавы у ЦП перемещалась мало и простаивала, а противоположная должна была описать дугу длиной πL метров. Тогда количество движек, которые совершит любая секция находящаяся на расстоянии lx от центра:

$$N = \pi lx/b,$$

где L – длина лавы;
b – ширина захвата комбайна.

Давление у сопряжения лавы с транспортной выработкой превышает давление в середине лавы и вызывает разрушение пласта и вывалообразование из кровли. Его изучение показало, что объем выпавшей породы для движущейся лавы зависел от времени выстоя кровли (времени неперекрытого стояния в этой зоне), которое в свою очередь возрастало от дальнего конца лавы к ЦП и было пропорциональным величине:

$$T = t1*L/lx, \qquad (*)$$

t1 – длительность передвижки одной секции с обычным шагом, с учетом простоев лавы.

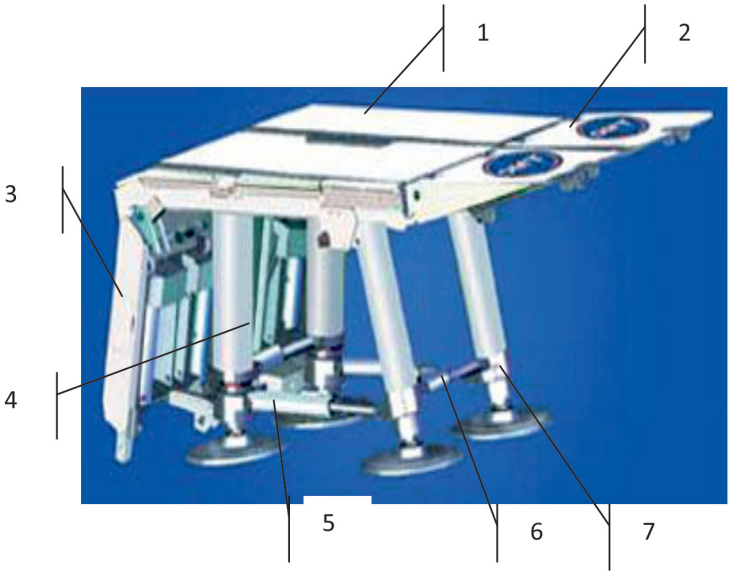


Рис. 1. Две секции крепи М-130: 1, 2, 3 – соответственно перекрытие, козырек и ограждение; 4, 7 – задняя и передняя гидростойки; 5, 6 – продольный и поперечный гидродомкраты

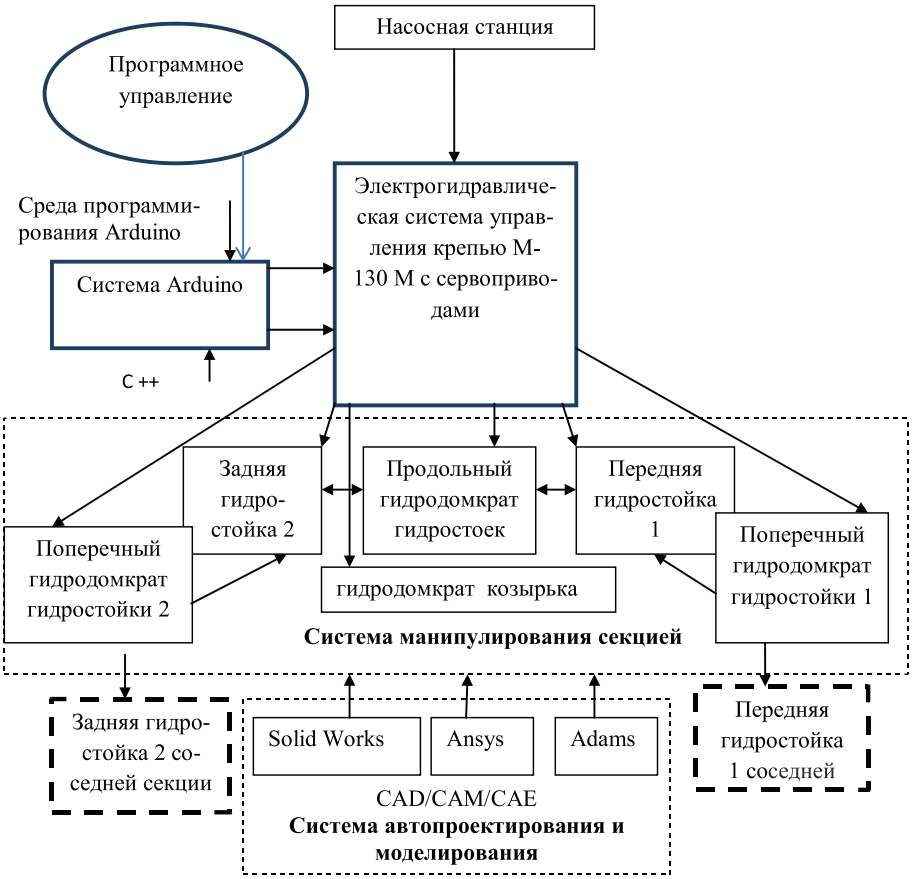


Рис. 2. Модель управления робототехнической системы М-130 Р с элементами многомерных классификаций

На рис. 3 приведены зависимости объема вывалов от ширины неподдерживаемой полосы кровли для крепей типа М-81, М-130 и МК-97, как видно из рисунков, характер зависимостей сохраняется для различных типов крепей и диапазонов вынимаемых мощностей пластов. Они построены по формально устаревшим данным, но и в настоящее время параметры крепи М-130 не ниже современных средств. А это позволяет использовать результаты и ныне в условиях одинаковой нарушенности кровли забоев, оцениваемой коэфициентом нарушенности $К_н$. $К_н$ есть отношение суммарной длины участков кровли нарушенных вывалами к общей длине забоя. Простои, связанные с организационными причинами, являются устранимыми. Поэтому такие факторы, как количество операций, выполняемых за 1 цикл выемки в очистном забое, вытекающие из технологической схемы, позволяют повысить производительности труда при их минимизации. Чем чаще циклы передвижки, тем больше операций выполняется. Так как при передвижке на полный шаг равный b последней от ЦП секции, величина возможного хода на остальных уменьшается обратно пропорционально расстоянию секций от ЦП и становится меньшей, чем b. Причины, влияющие на увеличение времени выстоя устраняются при применении схем роботизированной выемки. В этом случае при повороте передвижка секций ближних к ЦП возможна сразу на величину захвата комбайна (за это время удаленные секции совершат несколько движек). Так можно уменьшить количество циклов, в каждом их которых выполняется снятие с распора перед передвижкой и последующий её распор. Однако время выстоя кровли будет по-прежнему большим, что провоцирует вывалообразование из кровли и ухудшение состояние забоя. Из выражения (*) следует, что негативные факторы особенно возрастают с увеличением длины лавы. Поэтому актуально возвращение к коротким лавам с технологией разворота до 180 градусов. Проблема же проходки транспортной выработки отпадает, так как она получается креплением части выработанного

пространства, примыкающего к еще не отработанному пласту с последующим её использованием после разворота. Перечислим и другие причины:

– существенно упростится управление состоянием забоя как по причине возможностей визуального наблюдения за забоем оператором, так и вследствие улучшения геомеханической обстановки при работе в однородных породах;

– автоматизация работ упрощается, и все больше основных и дополнительных процессов теперь станет возможным выполнять автоматически;

– появляется возможность упорядоченности процессов управления боковыми породами и поддержки заданного состояния забоя.

Это открывает возможности применения в коротких забоях робототехники. Их технологические схемы являются гибкими с возможностью приспособления к различным горногеологическим условиям, видам применяемого оборудования и программному обеспечению.

набивалась породная мелочь, и в результате оно занимало наклонное положение, резко увеличивая длину крепи и нагрузку на заднюю часть. В печати известна и критика конструкции гидростоек с тарельчатыми опорами из-за их индивидуальной работы. Однако такие доводы отметались достигнутыми результатами. Производительность лав с М-130 была наивысшей в бассейне и разве только уступала отдельным рекордам, достигнутыми комплексами с уникальной крепью ОКП-70. Этому способствовало и рабочее сечение М-130 для вентиляции забоя, обеспечивающее лучшие в мире условия для проветривания лав. Независимость же гидростоек, относимая к недостаткам, при умелом управлении становилась достоинством. Крепь могла шагать сама, и не нуждалась в связи к конвейер балкой, а следовательно, при развороте лавы могла «дожидаться» положения для передвижки на полный ход. Гидростойки были гибко связаны друг с другом и соседними секциями домкратами, но нуждались в умелом

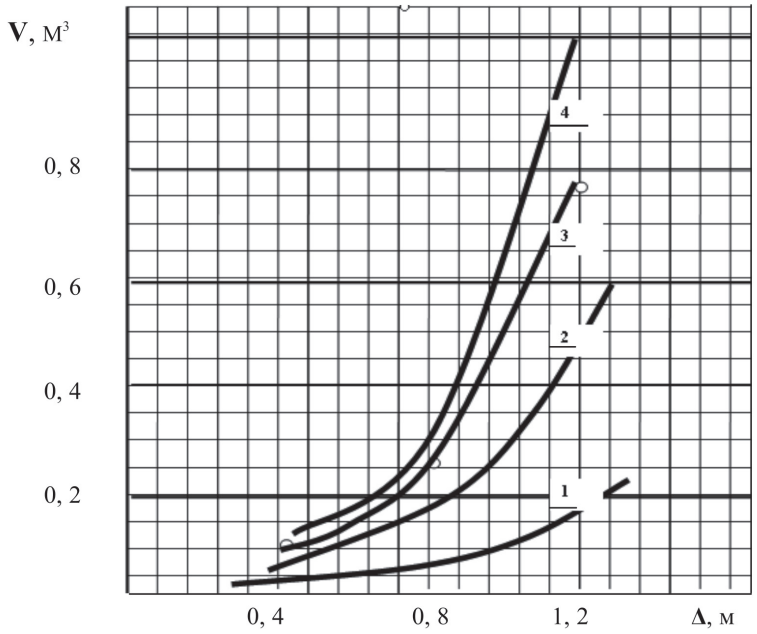
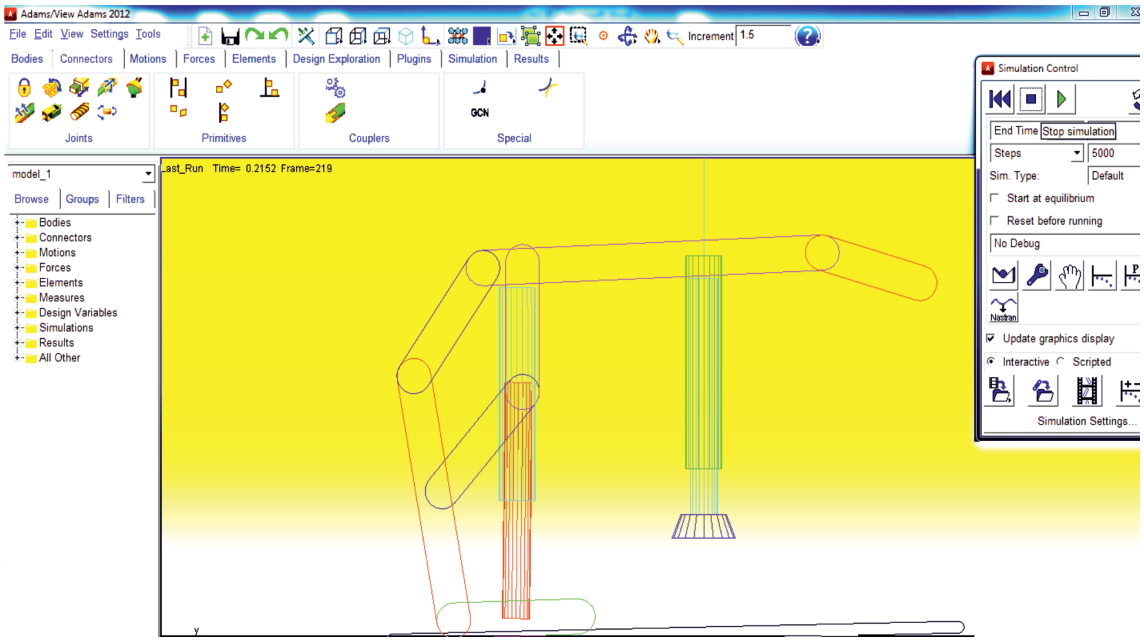


Рис. 3. Объём вывалов от ширины неподдерживаемой кровли: 1, 2, 3, 4 – соответственно для времени выстоя кровли у забоя в течение 1, 2, 3 и 4 час

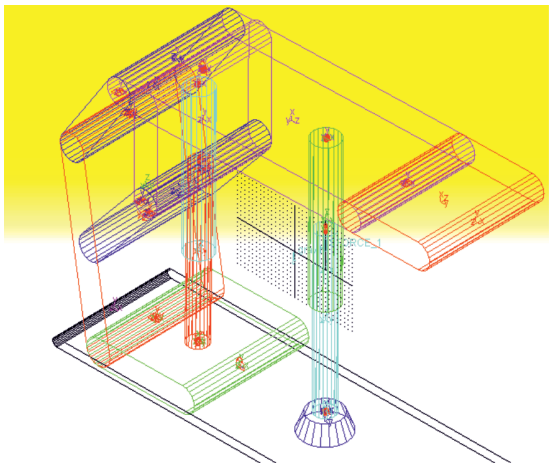
Модернизация, моделирование и результаты

Было немало попыток модернизировать М-130. Так, известны предложения, придать ей единое основание вместо тарельчатых опор. Телескопически выдвижное ограждение крепи, подвешенное к верхняку, волочилось по почве вслед за секцией. Под неё

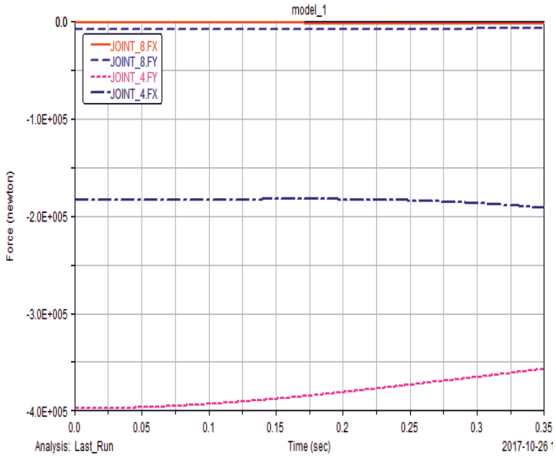
управлении, так как автоматизированной системы передвижения в ней не было. При наличии программного управления и придания большего соответствия возможностям робототехники такая система могла бы успешно использоваться в современных системах короткозабойной выемки. Конструктивные изменения заключались в подвеске



а)



б)



в)

Рис. 4. Симуляция конструктивной схемы робота в пакете Adams (фото с экрана): а) симуляция передней гидростойки; б) вид в 3D, в) графические зависимости опорных реакций и ускорений в шарнирах при движении

ограждения на рычажном лемнискатном механизме (он смонтирован в верхней части у перекрытия) и его соединением снизу с пятой задней гидростойки. Это придавало устойчивость в продольном и поперечном направлении и так же, как и в крепях Глиник, но в то же время возможности управления секцией были выше из-за небольшого веса и возможности избирательного положения передней гидростойки. Она программно управлялась домкратами, см. симуляцию движений крепи в пакете Adams (рис. 4). Пакет позволяет получить силовые параметры (скорости, ускорения и опорные реакции в любом шарнире секции) для 3D модели. При этом учитывается смещение перекрытия под действием сил горного давления с учетом возможных положений элементов крепи, гидростоек, включая и несимметричное нагружение секции.

Adams приспособлен для проектирования робототехники, а его приложения могут программироваться на языке C++, что повышает возможности оптимизации конструкции. Полученные же коды легко адаптировать к системе Arduino и наоборот. Для секции по технологии [3, 6] разработана многомерная база сетевого типа, включаюшая основные конструктивные элементы. В узлах базы – таблицы, с программами обработки (макросы и модули), создается возможность использования комплекса пакетов для моделирования процессов в 3D. В базах поддерживается иерархическая структура, а с учетом мощного программного обеспечения в узлах, соединяемых через гиперссылки с внешним программным обеспечением, и сетевая структура, с взаимодействием не только с соседними сопрягаемыми узлами, но и расположенными за пределами моделируемого объекта. Эти широкие возможности возможных соединений через узлы-таблицы с мощными процессорами программных пакетов сближают сетевую базу с нейросетью [7]. Так обеспечиваются возможности экспертного анализа и самообучения на основе [4], алгоритмы которых не сложны и изложены на с. 46–47 на языке Basic. В базе заложена система, позволяющая объединять пространственные узлы, казалось бы, разных по предназначению баз, но работающих в единой логике, при этом образуя ансамбли нейросети в сложных областях, а в простых переходя к классической иерархии. Так создается «осознание» (прогнозирование) роботом предстоящего положения в забое.

Заключение

Прогнозирование показывает, что робототехника и новые технологии их применения способны придать новый импульс развития подземной добыче минералов и вывести её на лидирующие позиции. Встает задача разработки программ управления горными роботами и их конструктивных универсальных схем, которую можно разделить на этапы создания моделей для управления упрощенными макетами и использования современного оборудования автоматизированного управления механизированными крепями на основе, например, электрогидравлических распределителей и датчиков германской фирмы Marco. При этом технологические схемы должны предусматривать возможность присутствия человека в забое.

Список литературы

1. Диязитдинова А.Р. Структурный подход к проектированию информационных систем: методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Проектирование информационных систем» / А.Р. Диязитдинова, Р.Р. Халимов, Е.И. Жданова. – Самара: ГОУ ВПО ПГУТИ, 2011. – 51 с.

2. Михед А.Д. Моделирование манипулятора кисти андроида / А.Д. Михед, Е.Е. Смирнова, Ю.В. Липатова // Известия ТулГУ, Технические науки. – 2016. – Вып. 11. Ч. 2. – С. 343–347.

3. Бейсембаев К.М. Демонстрационная разработка элементов баз автоуправления / К.М. Бейсембаев // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 9. – С. 9–13.

4. Нейлор К. Как построить свою экспертную систему / К. Нейлор. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 286 с.

5. 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, № 2. – P. 125–133.

6. Автопроектирование горных машин в 3D: проектно-модельный подход: учебное пособие / К.М. Бейсембаев, В.Ф. Дёмин, Г.С. Жолдыбаева и др. – Караганда: Изд. КарГТУ, 2016. – 207 с.

7. Marcman H. The blue brain project. NatRevNeurosci. – 2006. – № 7. – P. 153–160.