

Д.К. Асмагамбет*, Г.С. Жетесова, К.М. Бейсембаев, Н.С. Малыбаев

Некоммерческое акционерное общество Карагандинский технический университет, Караганда, Казахстан
*Автор для корреспонденции: kakim08@mail.ru

Разработка шарнирной системы поворотного конвейера

Аннотация. Применение методов имитационного моделирования для проектирования современных конвейеров с поворотом рештаков в плоскости поверхности транспортирования за счет системы поворотных и поворотно-поступательных шарниров осуществлено в пакете динамического программирования Adams в основе которого теория Лагранжа – Эйлера, и при использовании конечно-элементных технологий. В результате работа конвейеров теперь может быть осуществлена в 3D. Такие возможности необходимы при вводе конвейера в камеру вслед за проходческим комбайном и для транспортирования по выработкам, имеющим изгибы. Возможно применение бронированных поворотных конвейеров и при отбойке руд БВР. Методы расчета учитывают поворот рештаков конвейера в любой зоне его става на заданный угол до 150. Приводятся выражения для определения его положения в камере с учетом системы специальных проушин, расположенными по бокам рештаков. Обоснованы особенности движения комбайна как ускоренные на коротких промежутках трассы и модели поворота в камеру. В расчетных схемах работы шарниров в виде гидродомкратов выполнен учет эксцентричной нагрузки на шток, что позволяет создать шарниры с короткими оболочками у поршня и определить зоны интенсивного износа.

Ключевые слова: поворотный, поворотно-поступательный шарнир, скорость, ускорение, стенд, нагрузка, макет.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2021-137-4-48-57

Введение

Проблема поворота заключается в реакции скребка, прижимаемого к борту за счет угловых смещений цепи и рештаков, пропорциональной углу поворота, тяговому усилию, коэффициенту трения, между скребком и бортом. В результате возрастает тяговое усилие и возможны наклон и опрокидывание скребков. Но поворот става на 90°, позволяет обеспечить непрерывное транспортирование горной массы из камеры. Эффективность решения определяется малым сроком его окупаемости - до года. Для проектирования и расчета таких сложных систем, состоящих из комплекса шарниров отсутствуют эффективные конструкции и методики расчета с возможностью их использования в системах обратной связи с автоматизацией основных производственных процессов. Область применения: открыто-подземные работы, заводы и обогатительных фабриках. Камерные технологии с высокопроизводительными комбайнами и поворотными конвейерами вначале проектировались для калийных солей [1], [2]. Их разрабатывали и испытывали в КарПТИ и Гипроуглегормаше, с поддержкой ПО УралКалий. Возможно применение и при этажно-камерной системе со скважинной отбойкой руды, для перегрузки материала с участка на участок, что решается за счет маневренности и прочности техники при погрузке негабаритных кусков. Для поворота каждый рештак оснащен системой шарниров: поворотными и поворотно-поступательными, рисунок 1 и имеет натяжной рештак с гидродомкратами для натяга цепи за счет его выдвигной платформы, так как при повороте рештаков в пределах става изменяется длина цепи.

Методы и материалы

Исследования проведены с применением пакета динамического моделирования на основе линеаризации уравнений динамики Adams и разработки моделей твердотельного моделирования, Выполнены стендовые исследования на уменьшенных и полноразмерных макетах с электро и гидроприводом, системный анализ полученных результатов и кинограмм.

Результаты и обсуждение

Конструктивно система поворотно-поступательных шарниров ППШ выполнена так, что все рештаки могут разворачиваться в обе стороны от центральной оси на суммарный угол до 90°. Это позволяет применить системы с отработкой выемочных столбов в обе стороны от выработки, что в 2 раза уменьшает объемы проходки. Универсальная система шарниров распределена по бокам рештаков. ППШ может выполняться в комплексе с гидродомкратами или в виде стержней с отверстием под палец – ось и продольным пазом для регламентируемого углового смещения рештаков на угол до 15°. Траектория движения при повороте на заданный угол всего конвейера и отдельных рештаков однозначно определена, что позволяет рассчитывать радиусы поворота и параметры выработок. Поворотный конвейер вначале расположен в транспортной выработке параллельно её конвейеру [3] и движется вдоль него по направляющим. В зоне сечения камеры рештаки поворачиваются, следуя за комбайном. Для проектирования трассы поворота исходят из ширины выработки и камеры, их угла расположения, геометрических размеров конвейеров. Использование моделей поворота позволяет получить совершенные конструктивные схемы, а также выполнить их параметрический синтез [4],[5] в том числе и для условий лав. Для задач динамики эффективно приложение Adams [6],[7]. Модели рештаков и шарниров выполняются из примитивов Plane, Link, Culind, Box. Для каждого вводимого конструктивного элемента программой автоматически формируются данные, на языке близком к C с возможностью его корректировки, см. фрагмент:

Object Name: MODEL_1. PART_5	Orientation: 0.0, 0.0, 0.0 (deg)
Object Type: Part	Ground Part: False
Parent Type: Model	Material: MODEL_1. steel
Adams ID: 5	Material Density:7801.0 (7801.0(kg/meter**3))
Active: NO_OPINION	kg/meter**3
Global:	Calculated Mass: 936.12 kg
Location: 0.0, 0.0, 0.0 (meter, meter, meter)

С учетом неравномерности перемещения комбайна [8], [9] и вращения звездочки привода моделирование их работы строится на коротких участках с приложением тягового усилия по оси движения комбайна. Наличие эффективной модели даст возможность контроля параметров работы и введения автоматизированных алгоритмов контроля системы натяжения. Движение комбайна прямолинейное. Если для проектного разворота на заданный угол понадобится п рештаков, то предельный угол поворота можно определить из рисунка 1. Выражения, полученные ранее для управления поворотом гидроцилиндрами, позволяют определить положение конвейера в камере

$$L_t = n * L_r - \Delta, \quad (5)$$

$$Ht = Lr * \sin \alpha_i * \sum_1^n Lr * (\sin \alpha_i)^{i+1}, \quad (6)$$

Здесь Lr - длина рештака;

α_i – угол поворота на одном рештаке;

Δ - суммарное сокращение проекции длины конвейера на ось выработки

В Adams можно задать требуемый, прямолинейный режим движения комбайна на забой под действием силы постоянно ориентированной перпендикулярно забою со свойством «Space Fixed», а через связь корпуса комбайна с рештаком протягивать конвейер за комбайном, при свободном повороте рештаков под углом α_i . Суммарный же угол поворота $\alpha = 90^\circ$ достигался продолжением движения комбайна на забой. В этом случае возможно и смещение става влево – вправо вдоль его оси. Движение и повороты рештаков можно регулировать штоками ПППШ при их выполнении в виде гидродомкратов. Рештаки также можно нагружать и распределенными вдоль бортов нагрузками и др., например, силой гравитации по осям X или Y с заданным значением g , чем, например, достигалось приближенное моделирование сопротивления движению рештаков [2], [10]. Рештаки в зоне поворота движутся по радиусу и поступательно, а у комбайна и вдоль конвейера в штреке прямолинейно. Технология Adams не требует ввода систем уравнений движения, а учитывает их, исходя из геометрической схемы, типов шарниров с установленными свойствами геометрических, массовых и инерциальных характеристик и ограничений. Поэтому уравнения пользователей в основном используются для качественного контроля результатов, выдаваемых программой.

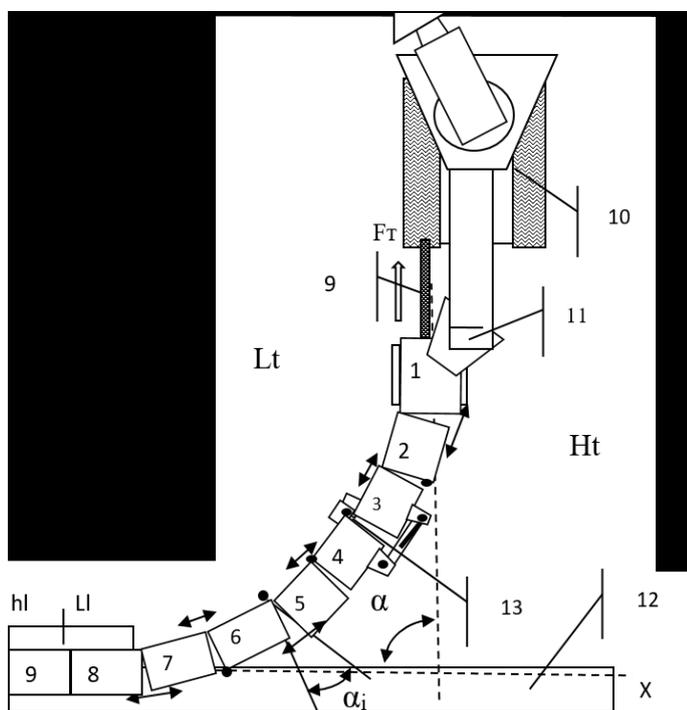


Рисунок 1. Расчетная схема: 1 – натяжной рештак; 2-9 – поворотные штоки; 9 – трос; 10- комбайн; 11- поворотная каретка погрузчика комбайна; 12- конвейер выработки; 13 поворотно-поступательные шарниры

Результаты и обсуждение

Как следует из рисунков 2 и 3 имитация движения комбайна, поворотного конвейера достаточно точно представляет реальное движение системы при входе в камеру. Здесь рассмотрено движение комбайна до точки, когда последний (приводной) рештак, двигаясь параллельно конвейеру выработки, подошел к предельному положению, а передние рештаки уже повернуты в камеру за счет протяжки комбайна. При уменьшении тяги F_t реакции уменьшаются. Для каждого из шарниров в пакете Adams строятся графики проекций сил опорных реакций на ось Y и X . Возможно и введение сил между элементами ППШ типа «шток – цилиндр» $F_{ГЦ}$. F_t для длины конвейера 32 м близка к 65000 Н, а максимальная принималась в 4 раза большей. Максимальные значения опорных реакций могут выбираться из графиков, и они приходятся на разные моменты подвигания конвейера. На крайнем шарнире в зоне привязки к комбайну величина реакции на ось Y близка к силе тяги. При отсутствии реальной силы трения в поворотных шарнирах при рывках комбайна возникают колебания рештак. Их амплитуду можно ограничить усилиями в ППШ пар «шток – цилиндр» но оптимальные режимы подобрать затруднительно, поэтому пока в качестве ППШ предпочтительно применение стержней, с ограничением углов поворота до 15° . Полагаем, что в таком положении максимальные реакции перераспределяются в паре между поворотным и ППШ, что уменьшит их значение. В среднем наличие усилий в парах типа «шток – цилиндр» приводит и к скачкообразному их изменению и росту величины реакций в поворотных шарнирах, рисунок 2г. При этом применение гидроцилиндров возможно для конструктивных схем, когда конвейер имеет собственную систему передвижения и при необходимости частого перенаправления потоков груза. Для расчета контактных нагрузок между скребком и бортами, в зоне их шарнирно соединения следует применять приложение AnsysAPDL [11] ContactPair. Конструкция проушин обеспечивает максимально плотное прилегание рештак с не превышением допустимого зазора до 8 мм, при максимально возможном приближении отверстий для пальцев, соединяющих проушины к бортам. Зазор же образуется за счет поворота бортов относительно центра поворота, и чем меньше радиус, тем меньше зазор. Такое конструктивное решение по сравнению со схемой перекрытия тонкой пластиной гораздо проще и обеспечивает упрощенное реверсирование направления движения скребков.

Как на модели, так и при испытании на стенде и на заводе - изготовителе, рисунок 3в, при входе конвейера в камеру, поворот рештак начался от комбайна в порядке: 1, 2, 3... так как стальные рештаки протягивались по однородным поверхностям древесно-стружечных плит и бетонного пола, рисунок 2в и 2а. и силы трения оказывали на рештаки одинаковое влияние. В такой же последовательности разворачивались рештаки и в модели Adams, поскольку коэффициенты трения для каждого из них были одинаковыми (0,4 и 0,3 для статического и динамического значения). При моделировании без трения из-за колебаний такая картина несколько искажалась. Введение в модель Adams силы $F_{ГЦ}$ в ППШ между рештаками затрудняло решение уравнений из – за колебаний в системе, когда некоторые параметры меняли знак. В этом случае методика расчета программно изменяется вводом приближения и полученные зависимости имеют скачки, рисунок 2г, поэтому с учетом удобства эксплуатации и точности расчета, было принято решения о применении стержней вместо гидроцилиндров, тогда как гидроцилиндры устанавливались в особых случаях. Поворот макета, выполненного в масштабе 1: 3 состоящего из 7 секций осуществлен при усилиях подачи в среднем около 150 н. Пересчет на реальные условия, показывает, что сила тяги комбайна достаточна для протяжки конвейера длиной около 32 м, что достаточно для выемки камер длиной 30 м. Это было подтверждено и при протяжке конвейера – стенда в машинном зале КарТУ за комбайном типа ПК 3М, хотя ход протяжки был минимальным. В отличии от модели Adams поворот макета при протяжке за головную часть осуществлялся без видимых колебаний става и поворот рештак четко

происходил в последовательности от первого до последнего. Картина в модели близка к данной, однако из – за колебаний рештаков так как их трение о почву моделировалось не в полной мере. Суммарный поворот конвейера на 90° и имитация его движения за комбайном в камеру в заводских условиях проводилась колесным трактором, рисунок 2а, при этом параметры работы записывались осциллографом UNI-TUTD4204C и на ноутбук, а энергетические фиксировались частотником ESQ-600-4T0220G-0300P, управляющим приводом, который позволял программировать крутящий момент, скорость движения тяговой цепи, в пределах эксперимента от 1 до 0.5 м/с, в то время как польский аналог типа Барракуда имел максимальную скорость до 0.75 м/с при более сложной конструкции. Испытания на высоких скоростях в среднем не приводили к росту энергопотребления, а в ряде случаев были и меньше, что объясняется особенностями трения скребков о полотно и борта конвейера.

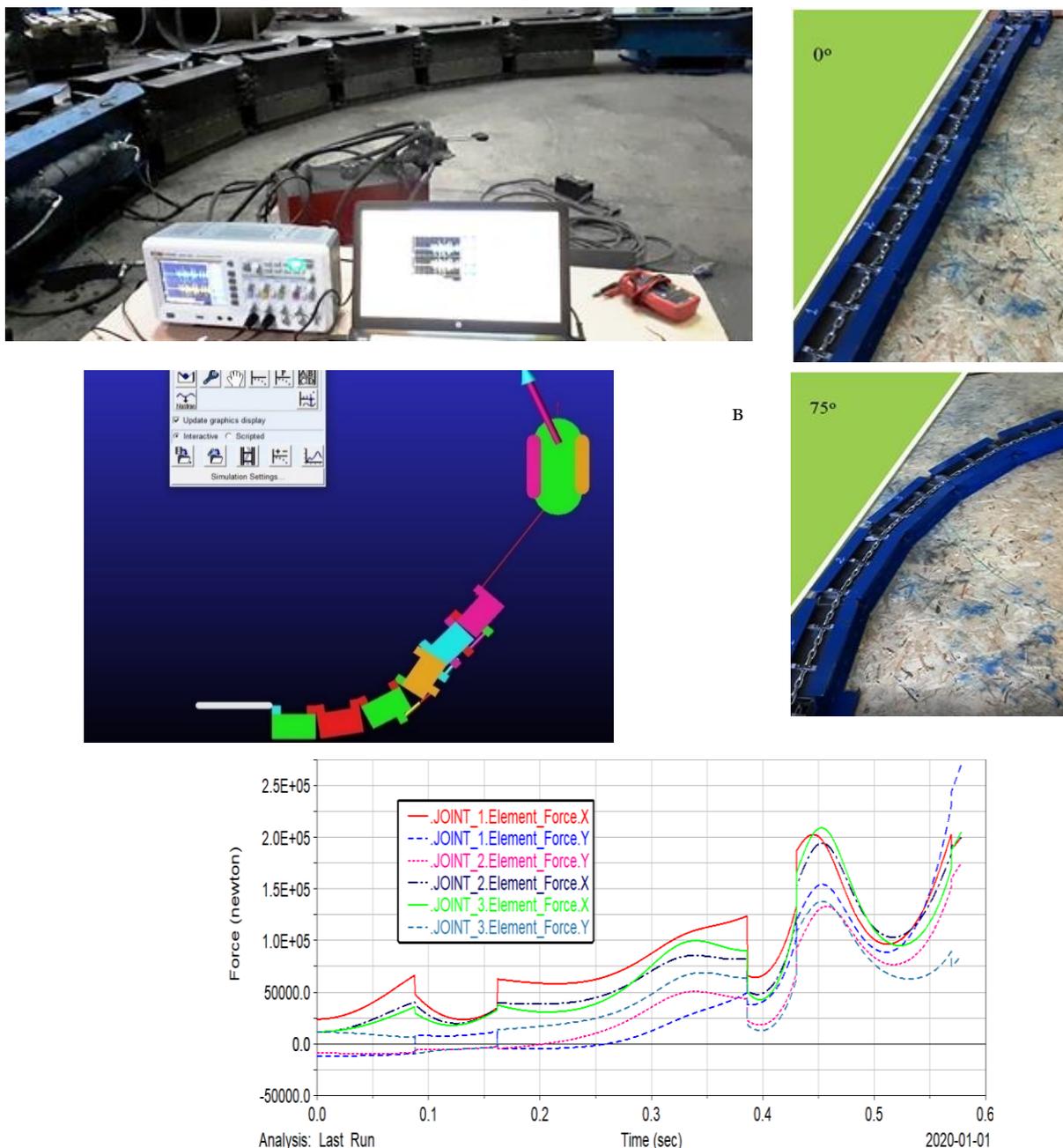


Рисунок 2. Поворот и протяжка конвейера при заводских испытаниях (а), в модели Adams (б) и на макете масштаба 1:3 (в), г – проекции опорных реакций в шарнирах при наличии активных усилий на домкратах поворотно-поступательных шарниров

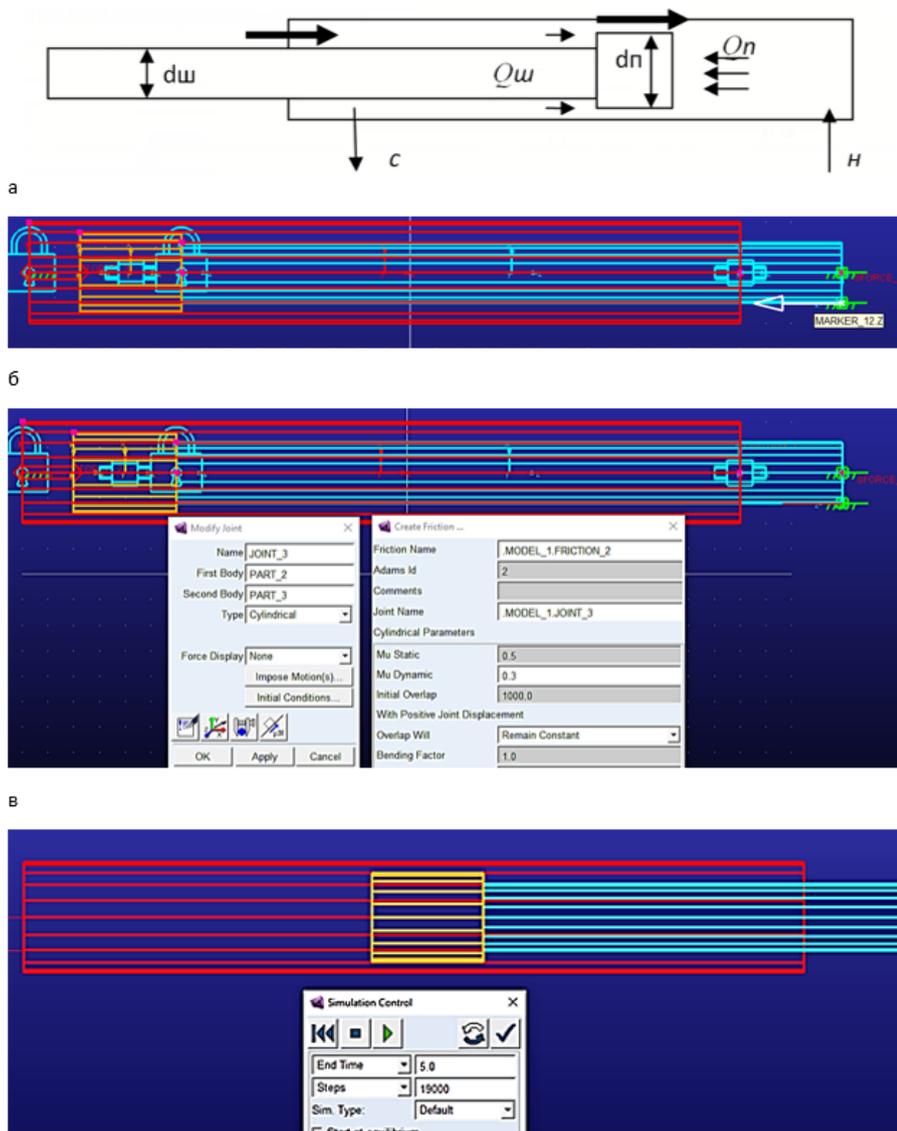


Рисунок 3. Поворотно- поступательный шарнир в виде гидроцилиндра с учетом эксцентриситета нагрузки: а- схема сил, б-модель гидроцилиндра в Adams, в – установка трения у грунд -букся и поршня, г – имитация движения

Для разработки и исследования ППШ в варианте с гидроцилиндрами использовался пакет Adams, где рассмотрена методика имитации движение штока с поршнем при осевой и нагрузке с эксцентриситетом, возникновение которого возможно при износе проушин крепления штока или цилиндра к проушинам борта конвейера, рисунок 3. Моделирование действия давление от насосной станции произведено за счет силы со свойством «Two bodies», когда сила F равная произведению площади на давление действует между двумя телами: цилиндром и поршнем. На шток действует противоположно направленная сила, которая препятствует повороту рештаков и определяется их трением о поверхность почвы, включая и сопротивление от неровностей которые либо срезаются, либо рештаки скользят по ним с подъемом по склонам. Для создания эксцентриситета при 3D проектировании на торцевую поверхность штока должна быть нанесена точка, расстояние которой от цетра равно эксцентрисистету и к ней прикладывается искомая сила сопротивления $F_{соп}$

Примитив уравнения, определяющего движение штока:

$$F = M \cdot dV_{\text{ш}}/dt + (\pi \cdot D_{\text{п}}^2/4) \cdot Q_{\text{п}} - \pi \cdot (D-d)^2 \cdot Q_{\text{ш}} - \mu \cdot (N_{\text{гб}} + N_{\text{erb}}) - \mu \cdot (N_{\text{п}} + N_{\text{еп}}) - \sim f(V_{\text{от}})$$

M – масса штока и поршня и рабочей жидкости;

$N_{\text{гб}}$ – нормальная сила к грунд-буксе;

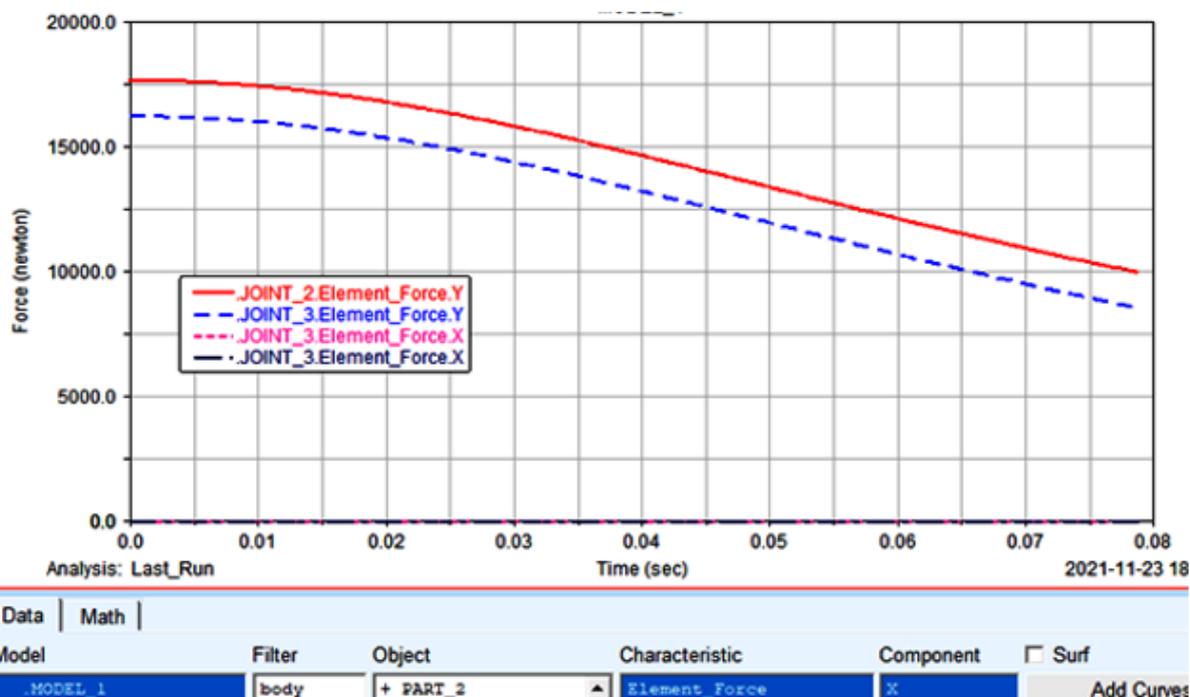


Рисунок 4. Опорные реакции в грунд-буксе и поршне при эксцентричной нагрузке

N_{erb} - добавочная нормальная сила к грунд-буксе за счет эксцентриситета нагрузки на шток;

$N_{\text{еп}}$ - добавочная нормальная сила к поршню за счет эксцентриситета на шток;

$\sim f(V_{\text{от}})$ – переменная сила сопротивления при перетоке жидкости в сливное отверстие штоковой полости, зависящая от скорости штока.

Уравнение называем примитивом так как оно в дискретном режиме должно корректироваться по данным экспериментальных исследований и в начале отражает качественную связь параметров. У поршня и грунд-буксы для соединения с цилиндром установлены цилиндрические шарниры с поступательным и вращательным вокруг оси движением и введены статические и динамические коэффициенты трения, цилиндр прикреплен к основанию. Моделирование в пакете Adams позволяет уточнить примитив в количественном и качественном отношении путем постепенного ввода данных при имитации движения, и особенно $\sim f(V_{\text{п}})$, с отслеживанием параметров скорости, ускорения и опорных реакций на поршне и грунд-буксе в сравнение с реальными данными. Как следует из исследований и рисунка 4а эксцентриситет существенно повышает компонент нормальной нагрузки за счет возникновения постоянно действующего изгибающего момента. Роль возрастания этих сил при контакте поверхностей цилиндра и поршня требует уточнения, поэтому было проведено моделирование работы этой пары на основе конечно-элементной технологии в пакете Ansys APDL причем для возможности использования этих программ в системах обратной связи как это производится в системах управления лавой их создание, для повышения скорости исполнения файлов, производилось в процессоре /prer7 твердотельного моделирования. С этой

целью были разработаны и исследованы две модели. Суть моделей в том, что цилиндр и поршень склеены и для их проскальзывания не используется контакт-менеджер приложения ContactPair и Ansys Fluid существенно удлиняющие код и время исполнения программы, когда результаты решения определяются сложной технологией назначения контактных пар, коэффициентов пластичности и др., требующих предельно точного анализа данных. Для модели применена тонкослойная легко деформируемая сплошная оболочка, которая практически устраняет сжатие цилиндра за счет склейки с поршнем, позволяет привести в соответствие нагрузку на штоке и давление в поршневой полости, а по результатам её исследования рекомендованы укороченные оболочки расположенные по концам поршня, которые позволяют оценить и работу расположенных в этих зонах манжет, а также характеризовать зоны повышенного износа гидродомкрата.

Заключение

С учетом необходимости корректировок результатов в системах обратной связи с показателями работы реальных гидродомкратов для шарниров поворотного конвейера проведено имитационное моделирование, стендовые и заводские исследования. По их результатам созданы моделирующие программы, которые позволяют оценить положение конвейера в зоне поворота, уточнить параметры выработки. Полученные в различных условиях результаты качественно совпадают, а небольшие отличия корректируются учетом трения по верхности движения и в шарнирах. Показано влияние сил действующих в поворотно-поступательных шарнирах при их выполнении в виде гидродомкратов, позволяющих регулировать угловую величину поворота, а также оценено их влияние на нагружение шарнирной системы. Приведены особенности расчетных схем при их выполнении в пакете динамического программирования Adams с конечно-элементным моделированием и с учетом возникновения эксцентричной нагрузки.

Моделирование предполагает разбиение его на стадии для переменной величины выдвигания штока, когда все параметры определяются для каждой стадии. Результаты позволяют определять опасный по износу режим работы и уточнить зоны контроля и упрочнения поверхностей цилиндра и поршня.

Список литературы

1. Кабиев С.К. Оптимизация параметров комбайнов для добычи калийных руд. – Москва: Недра. – 1992. – 164 с.
2. Жетесова Г.С., Бейсембаев К.М., Малыбаев Н.С., Юрченко В.В., Шманов М.Н. Разработка базовой технологии выемки ископаемого с поворотом конвейера / // Известия томского политехнического университета. инжиниринг георесурсов. – 2018. – №8. – С.37-49.
3. Бейсембаев К.М., Малыбаев Н.С., Туганов С.К., Шманов М.Н. Разработка модели лавы для системы управления механизированной крепью с обратной связью // Горный журнал. – 2019. – № 8. – С.38-42.
4. Krzysztof Cenacewicz, Andrzej Katunin Modeling and simulation of longwall scraper conveyor considering operational faults *Studia Geotechnica et Mechanica*. – 2016. – Vol. 38, No. 2. – pp. 32-36. DOI: 10.1515/sgem-2016-0015.
5. Marian Dolipski. Dynamics of non-uniform loads of AFC drives/ Marian Dolipski, Eryk Remiorz, Piotr Sobota//*Arch.Min,Sci*. – 2014. – Vol.59. No 1. – p. 155-168.
6. Talli A.L., Kotturshettar B.B. Forward Kinematic Analysis, Simulation &Workspace Tracing of Anthropomorphic Robot Manipulator by Using MSC. ADAMS. – 2015. V.4. – №. 1. pp. 18462- 18468.
7. Ashok K.J., Partha P.R. Modeling and Simulation of SCORA-ER14 Robot in ADAMS Platform // *International Journal of Engineering and Technical Research*. – 2014. – V. 2. – pp. 105-109.

8. Осичев А.В., Ткаченко А.А. Оценка влияния приводной звездочки на динамические усилия в рабочем органе скребкового конвейера СР72 // Вестник КДПУ имени Михаила Остроградского. – 2009. – Выпуск 4 (57). – С.10-13.

9. Marian Dolipski. Determination of dynamic loads of sprocket drum teeth and seats by means of a mathematical model of the longwall conveyor/ Marian Dolipski, Eryk Remiorz, Piotr Sobota // Arch.Min,Sci. – 2012. – Vol.57, No 4. – p. 1101-1119.

10. 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. – pp. 125-133.

11. Marina Sidorová, Kakim Manapovich Beysembayev, Mahambet Nazhmetdinovich Shmanov, Kanat Kenzhegalievich Mendikenov and Aizat Murathankyzy Esen Plastic Flow Modeling in Rock Fracture Acta Montanistica Slovaca. – 2018. – Volume 23, number 4. –pp. 357-367.

Д.К. Асмағамбет, Г.С. Жетесова, К.М. Бейсембаев, Н.С. Малыбаев

Қарағанды техникалық университеті коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Қарағанды

Айналмалы конвейердің топсалы жүйесін әзірлеу

Аңдатпа. Тасымалдау бетінің жазықтығында рештактарды бұру арқылы конвейерді модельдеу Adams динамикалық бағдарламалау пакетінде жасалды. Ол Лагранж – Эйлер теориясына негізделген Конвейердің айналмалы және айналмалы-трансляциялық топсалары бар болды. Сонымен қатар, ақырғы элемент технологиясы талдау үшін қолданылды. Нәтижесінде, конвейерлердің жұмысы енді 3D форматында жүзеге асырылуы мүмкін. Мұндай мүмкіндіктер конвейерді камераға проходка комбайның соңынан бұрып, тарту кезінде және иілісі бар штректермен тасымалдау үшін қажет. Броньды айналмалы конвейерлерді БЖЖ кендерін ұсақтау кезінде де қолдануға болады. Есептеу әдістері конвейердың ставын кез-келген аймағында берілген бұрышқа (15°) бұрылуын ескереді. Олар рештактардың бүйірлерінде орналасқан айналмалы және айналмалы-трансляциялық топсалар жүйесін ескере отырып, оның жағдайын анықтайды. Кенжарды алған кезде комбайнның қозғалыс ерекшеліктері трассаның қысқа аралықтарында жылдамдатылған. Гидравликалық домкрат түріндегі топсалардың жұмыс схемалары штоктағы эксцентрикалық жүктемені ескереді. Бұл поршеньдегі қысқа қабықшалары бар моделін жасауға және қарқынды тозу аймақтарын анықтауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: айналмалы, айналмалы-трансляциялық буың, жылдамдық, үдеу, тірек, жүк, макет.

D.K. Asmagambet, G.S. Zhetesova, K.M. Beisembaev, N.S. Malybaev

Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

Development of the pivoting system of the turning conveyor

Abstract. The application of simulation modeling methods for the design of transport systems and conveyors with the rotation of lattices in the plane of the transportation surface due to rotary and rotary-translational hinges is carried out in the Adams dynamic programming package based on Lagrange–Euler theory and using finite element technologies. As a result, the work of the conveyors can now be carried out in 3D. Such capabilities are necessary when entering the conveyor into the chamber after the tunneling combine and for transportation along with curved workings. It is also possible to use armored turning conveyors for the extraction of DBO ores. The above expressions consider the rotation of the conveyor's lattices in any zone of its installation at a given angle up to 15° and allow determining its position in the chamber, taking into account the system of special hinges located on the sides of the lattices. The features of the movement of the combine as accelerated at short intervals of the route and the model of the turning process are substantiated.

Keywords: swivel, rotary-translational joint, speed, acceleration, stand, load, layout.

References

1. Kabiev S.K. Optimizaciya parametrov kombajnov dlya dobychi kalijnyh rud [Optimization of the parameters of combines for the extraction of potash ores]. (Nedra, Moskva, 1992, 164 p.) [in Russian].
2. ZHetesova G.S., Bejsembaev K.M., Malybaev N.S., YUrchenko V.V., SHmanov M.N. Razrabotka bazovoj tekhnologii vyemki iskopaemogo s povorotom konvejera [Development of the basic technology for the extraction of a fossil with a turn of the conveyor]. Vestnik Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georessursov [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Engineering of georesources]. (8, 37-49(2018). [in Russian].
3. Bejsembaev K.M., Malybaev N.S., Tutanov S.K., SHmanov M.N. Razrabotka modeli lavy dlya sistemy upravleniya mekhanizirovannoj krep'yu s obratnoj svyaz'yu [Development of a longwall model for a powered support control system with feedback]. Gornyj zhurnal. 8, 38-42(2019) [in Russian].
4. Krzysztof Cenacewicz, Andrzej Katunin Modeling and simulation of longwall scraper conveyor considering operational faults Studia Geotechnica et Mechanica. 38(2), 32-36 (2016). DOI: 10.1515/sgem-2016-0015.
5. Marian Dolipski. Dynamics of non-uniform loads of AFC drives. Marian Dolipski, Eryk Remiorz, Piotr Sobota. Arch.Min,Sci. 59(1), 155-168(2014).
6. Talli A.L., Kotturshettar B.B. Forward Kinematic Analysis, Simulation & Workspace Tracing of Anthropomorphic Robot Manipulator by Using MSC. ADAMS. 4(1), 18462-18468(2015).
7. Ashok K.J., Partha P.R. Modeling and Simulation of SCORA-ER14 Robot in ADAMS Platform. International Journal of Engineering and Technical Research. 2, 105-109(2014).
8. Osichev A.V., Tkachenko A.A. Ocenka vliyaniya privodnoj zvezdochki na dinamicheskie usiliya v rabochem organe skrebkovogo konvejera SR72 [Assessment of the influence of the drive sprocket on the dynamic forces in the working body of the SR72 scraper conveyor]. Vestnik KDPU imeni Mihaila Ostrogradskogo. 4(57), 10-13(2009) [in Russian].
9. Marian Dolipski. Determination of dynamic loads of sprocket drum teeth and seats by means of a mathematical mode of the longwall conveyor. Marian Dolipski, Eryk Remiorz, Piotr Sobota. Arch.Min,Sci. 57(4), 1101-1119(2012).
10. 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. 2(2), 125-133(2014).
11. Marina Sidorová, Kakim Manapovich Beysembayev, Mahambet Nazhmetdinovich Shmanov, Kanat Kenzhegalievich Mendikenov and Aizat Murathankyzy Esen Plastic Flow Modeling in Rock Fracture Acta Montanistica Slovaca. 23(4), 357-367(2018).

Сведения об авторах:

Асмагамбет Д.К. - докторант кафедры ТОМиС, Карагандинский технический университет, проспект Нурсултана Назарбаева 56, kenzhebaeva_d@mail.ru.

Жетесова Г.С. - д.т.н., профессор, Карагандинский технический университет, проспект Нурсултана Назарбаева 56.

Бейсембаев К.М. - д.т.н., доцент, Карагандинский технический университет, проспект Нурсултана Назарбаева 56, kakim08@mail.ru.

Малыбаев Н.С. - к.т.н., доцент, Карагандинский технический университет, проспект Нурсултана Назарбаева 56, malybaevnurlansakenovich@mail.ru.

Asmagambet D.K. - Doctoral student of the Department of TOMiS, Karaganda Technical University, 56 Nursultan Nazarbayev Avenue, kenzhebaeva_d@mail.ru.

Zhetesova G.S. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Karaganda Technical University, 56 Nursultan Nazarbayev Avenue.

Beissembaev K.M. - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Karaganda Technical University, Nursultan Nazarbayev Avenue 56, kakim08@mail.ru.

Malybaev N.S. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Nursultan Nazarbayev Avenue 56 malybaevnurlansakenovich@mail.ru.