

СТАТЬЯ

УДК 621.317.75

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВА
ДЛЯ ИМИТАЦИИ НАГРУЖЕНИЯ ПРИВОДА****Бейсембаев К.М., Малыбаев Н.С., Мендикенов К.К., Оразбеков Д.Е., Левщанов Р.В.***Карагандинский государственный технический университет, Караганда, e-mail: kakim08@mail.ru*

Спроектированы и изготовлены полноразмерные макеты приводного, поворотного, натяжного рештаков поворотного конвейера в комплектации с мотором-редуктором, насосной станцией и гидро-оборудованием. Ранее был испытан макет масштабом 1:3, исследованы и подтверждены возможности разворота става на любом рештаке на угол до 90 градусов. Конвейер перемещался за комбайном и был связан с ним гибкой связью. Каждый из рештаков последовательно разворачивался на угол до 15 градусов. Схема выполнена для применения с камерной технологией выемки пластов твердых минералов, залегающих в сложных условиях. Обоснована устойчивость движения системы скребков тягового органа из круглозвенной цепи с имитацией аварийных состояний и восстановлением нормального положения скребков, при движении скребков через зазоры между рештаками. Это позволяет выявить и утвердить основные параметры конвейера, разворачивающегося в обе стороны на 90 градусов. Для имитации нагрузки на конвейер кроме использования насыпного груза разработан имитатор нагружения (ИН) в виде колодочного тормозного устройства на шкиве вала натяжной звездочки выдвигной платформы. На основе пакета динамического моделирования Adams выполнена модель нагружения и уточнены методические особенности расчета его возможностей. ИН спроектирован, изготовлен, проведена его проверка при запуске полноразмерных, скомплектованных в единый макет, трех основных типов рештаков поворотного конвейера. Сформулированы особенности контроля нагружения конвейера с применением гидравлических датчиков давления и датчиков сжатия.

Ключевые слова: полноразмерные макеты, модели, гидравлическое оборудование, имитатор нагрузки

DESIGN FEATURES OF THE DEVICE FOR SIMULATION OF DRIVE LOADING**Beyssembaev K.M., Malybaev N.S., Mendikenov K.K., Orazbekov D.E., Levschanov R.V.***Karaganda State Technical University, Karaganda, e-mail: kakim08@mail.ru*

Designed and manufactured full-size models of the drive, rotary, tension sections of the rotary conveyor complete with gear motor, pump station and hydraulic equipment. Previously, a 1:3 scale model was tested, the possibilities of turning the stake on any reshtak at an angle of up to 90 degrees were investigated and confirmed. The conveyor moved behind the harvester and was connected to it by a flexible link. Each of the sections was rotated sequentially at an angle of up to 15 degrees. The scheme is designed for use with chamber technology of excavation of layers of solid minerals occurring in difficult conditions. Substantiates the stability of the system motion of the scrapers traction on round-link chains with simulated emergency conditions and restore normal position of the scrapers, when the movement of the scrapers through the gaps between the sections. This allows you to identify and approve the main parameters of the conveyor, turning in both directions at 90 degrees. To simulate load on the conveyor in addition to using bulk cargo developed simulator loading (LS) a drum brake device on the pulley shaft idler sprocket retractable platform. On the basis of the Adams dynamic modeling package, a loading model is performed and the methodological features of calculating its capabilities are refined. LS is designed, manufactured, tested when running full-size, assembled into a single layout, the three main types of sections of the rotary conveyor. The features of conveyor loading control using hydraulic pressure sensors and compression sensors are formulated.

Keywords: full-size models, models, hydraulic equipment, load simulator

При проектировании конвейеров встает вопрос об устройстве имитации нагрузки (ИН) на мотор-редуктор. Использование же насыпного груза замедляет проведение испытаний. Ряд процедур при испытаниях можно решить и без использования громоздких способов, характерных при использовании насыпных грузов. Эти вопросы особенно актуальны при испытаниях поворотных конвейеров, когда на один из бортов воздействуют торцы скребков, проходящих зону поворота между состыкованными рештаками [1, 2], поскольку требуется проводить большие объемы измерений. Нагрузки на борт определяются

усилием в тяговой цепи и могут в несколько раз превосходить те, которые возникают в плоскости основания конвейера от веса груза. Причем их значения во времени могут характеризовать и особенности работы привода [3]. Это особенно важно для конвейеров, работающих в сложных условиях очистных забоев, когда особое значения приобретают возможности моделировать процессы добычи и транспортирования груза [4].

Цель исследования: исследование особенностей имитации нагружения привода и расчет конструктивных элементов поворотного конвейера.

Материалы и методы исследования

Рассматриваются конструктивные схемы, проектирование и моделирование поворотного конвейера, его узлы, обеспечивающие нагружение привода, применение системного анализа ранее выполненных работ в этой области, а также данные получаемые при видеонаблюдениях и из результатов графического и имитационного моделирования движения деталей и работы установки, а также моделирования в пакете программирования динамических задач Adams [5, 6].

Результаты исследования и их обсуждение

В опытах углы между соседними решетками достигали 30 градусов и более, но в конструкции поворотного конвейера они будут меньше, не превышая 15 градусов. Поскольку возникает трение между скребками и бортами, то скребок в результате торможения, переходя границу между решетками, наклоняется, но его опрокидывания не происходит, поскольку в противоположных друг другу ушках крепления звена к цепи возникают силы, создающие восстанавливающий момент (рис. 1), поэтому при достаточном натяжении цепи происходит восстановление положения скребка. Причем использование ИН (рис. 2) позволяет резко увеличить нагрузку на цепь. Восстановление происходит и при достижении больших углов поворота скребка. Для чего на макете производилась имитация аварийных состояний, когда через зазоры между решетками происходило зацепление листа борта со скребком вплоть до его срыва и смятия (рис. 1, а–в). Заметим, что в этом случае скребки имели крюкообразную суженную часть, которыми захватывался лист, в то время как для скребков с плоскими закругленными торцами этого не происходило. Конструктивные схемы с зазором наиболее просты, и для них направление транспортирования может реализоваться в обе стороны за счет реверса двигателя. Как было установлено ранее, центрально-расположенная цепь приводит к колебаниям в двух взаимно перпендикулярных плоскостях [2], что предъявляет особые требования к конструкции бортов для беспрепятственного прохождения скребков и, особенно в зонах поворота со стороны бортов максимально удаленных от центра поворота, где в свободном пространстве возможен подъем скребка и его столкновение с бортом решетки (поэтому здесь борта выполнены, приподнято-наклонными (рис. 3)).

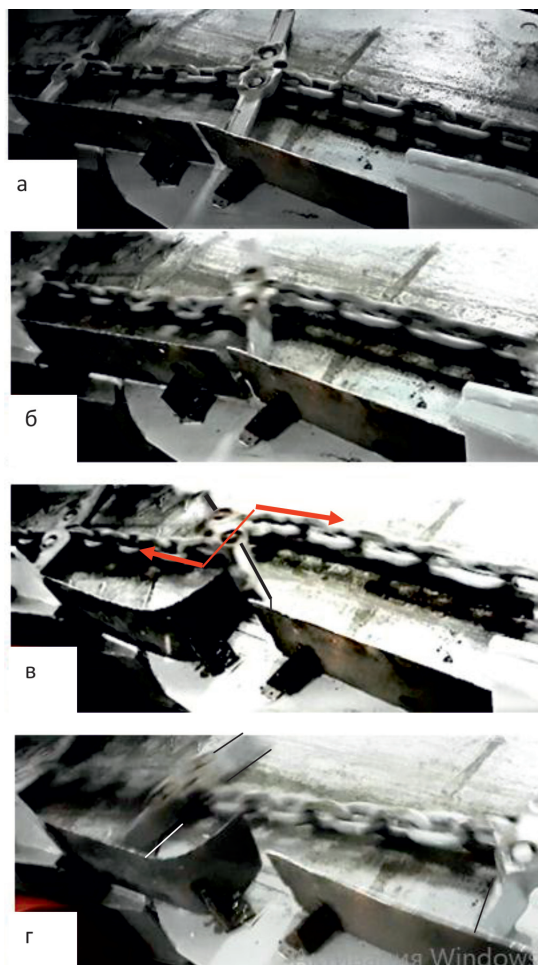


Рис. 1. Имитация аварийной ситуации и самовосстановление при движении скребка через зазор: а) скребок перед зазором; б) скребок смещен в зазор и наклонен; в) смятие борта; г) выравнивание скребка после смятия

ИН укреплен на подвижной платформе натяжной звездочки со стороны, выдвинутой из подшипниковой коробки вала со шкивом. К нему с помощью рычажного механизма 9 и винта 10 прижимаются тормозные колодки 11, усилие поджатия которых контролируется стрелочным индикатором 12 (рис. 2, б). Расчет усилия поджатия и параметров устройства производится в пакете динамического программирования Adams (рис. 2, а). Это позволяет получить силу прижатия на колодках, а следовательно, и момент торможения на валу звездочки и цепи, и дополнительную нагрузку на привод. С увеличением давления на тормозные колодки, увеличивается натяжение цепи, а в зоне поворота и давление торцов скребков на борт. Фиксация давления может производиться датчиками сжатия через

круговые отверстия в борту, когда сферическая часть датчика, выставленная в отверстие, поджимается движущимся скребком (рис. 3). После освобождения она вновь выдвигается на исходную позицию и позволяет фиксировать следующий элемент. Амплитуды давления зависят от режима движения скребка его колебаний и накло-

нов. Усложнение конструкции конвейеров и применение гидравлических элементов с встроенными датчиками давления и сжатия позволяет повысить уровень универсальности системы управления, особенно при наличии процедур обработки данных, позволяющих дифференцировать составляющие элементы суммарных процессов.

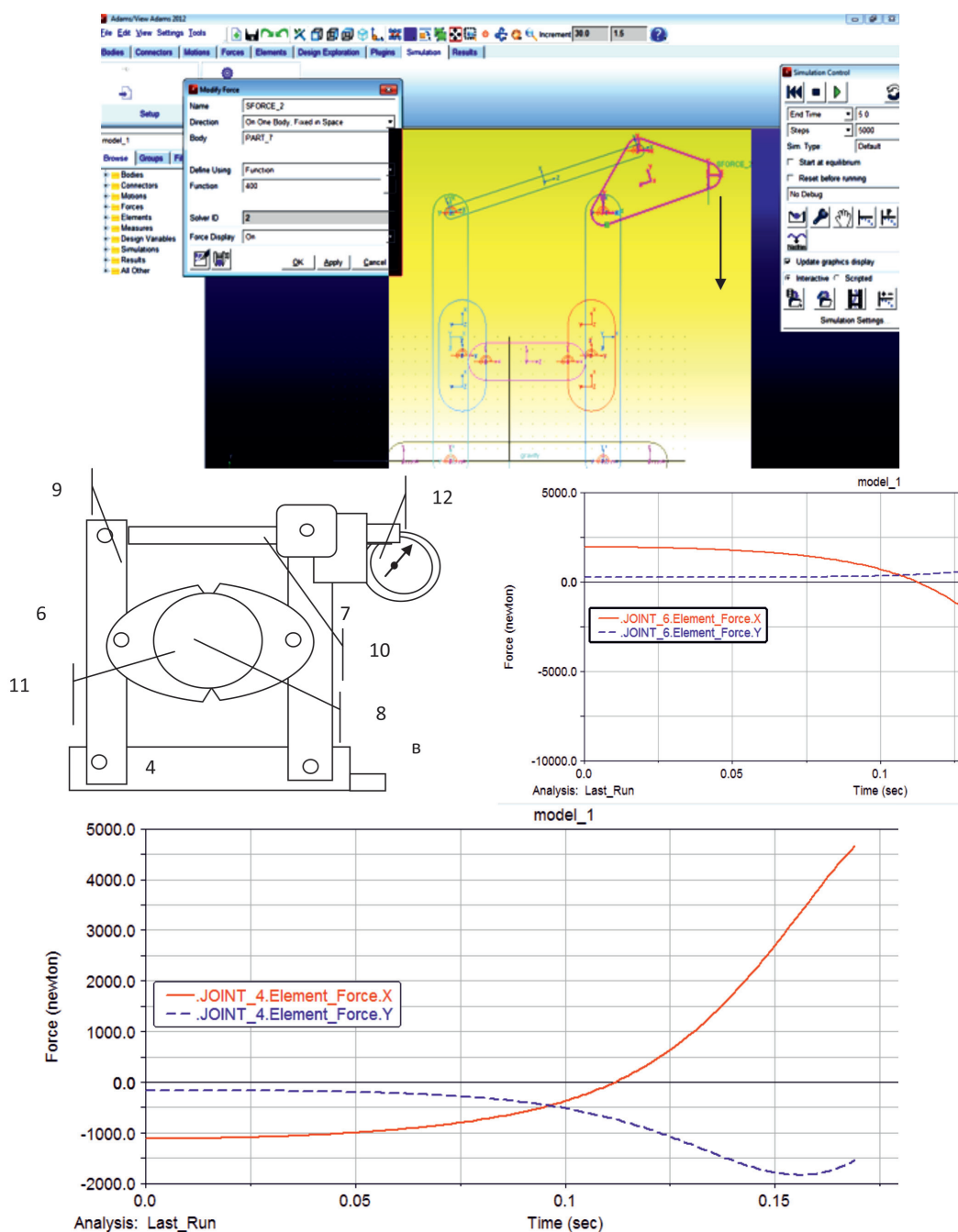


Рис. 2. Схема ИИ и моделирование нагружения: моделирование в Adams (фото с экрана ПК): а) окно симуляции; в, г графики опорных реакций по X и Y в шарнирах; б) схема ИИ: 1, 4, 6, 7 – шарниры, 8 – шкив, 9 – рычаг, 10 – винт, 11 – колодки, 12 – индикатор

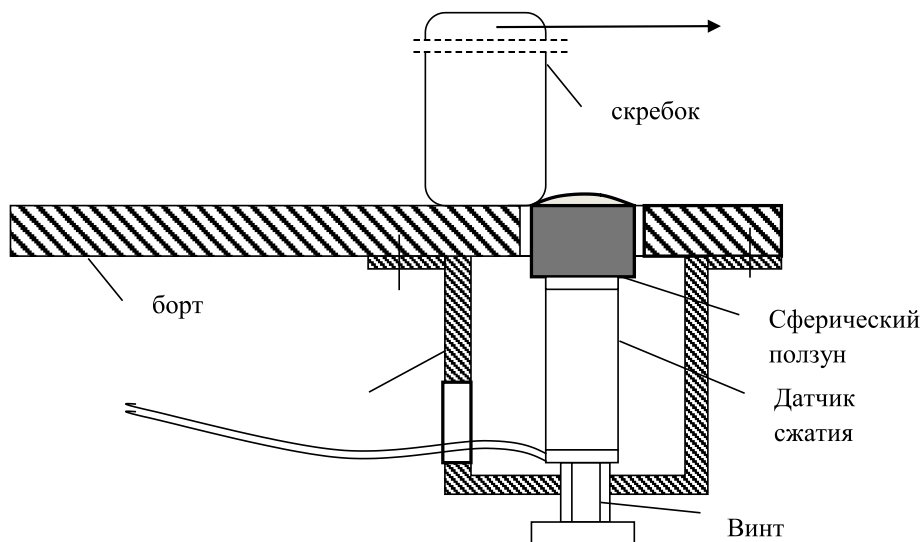


Рис. 3. Элементы контроля нагруженности поворотного конвейера

Исходя из ранее выполненных работ, усилие прижатия скребка к борту возрастает при подходе к стыку рештаков, причем избежать прохождения им неровностей не удастся и при конструктивных схемах с прикрытием зазоров упругими пластинками [1], поскольку в этом случае имеются стыки между пластинкой и бортом. В зонах контакта при скольжении скребков или при качении опорных роликов возникают высокие напряжения, вызывающие пластические деформации, которые характеризуются процессами приведенными в [7]. Их описание возможно на основе приведенной методики или за счет стандартного для Ansys приложения ContactWizard. Методика объемного моделирования приводилась и ранее, а для плоской схемы можно использовать два типа конечных элементов типа Plane182 и Plane42, используя большие возможности моделирования упругих или упругопластических свойств материалов контактных пар, задавая в том числе и их существенно отличные значения с целью подбора рациональных значений из условий прочности и технологичности их конструкции. Полноразмерный макет из приводного, поворотного и натяжного рештаков изготовлен и апробирован (рис. 4), его исследования позволяют уточнить конструктивную схему поворотного конвейера.

Заключение

Для привода скребкового тягового органа используются асинхронные элект-

рические двигатели. Расчет привода производится с учетом дополнительного сопротивления движению скребков на повороте, при этом тяговое усилие кроме известных факторов, таких как вес транспортируемого груза, определяется углом поворота направления транспортирования и возрастает с его увеличением. Обычно при длине конвейера 30–50 м и его использования для транспортирования груза в очистных забоях зона поворота одна, представлена 5–6 секциями. Укорочение секций позволяет решить вопрос повышения гибкости конвейера и, в частности, в плоскости нормальной к плоскости транспортирования за счет изгиба гибких транспортных пластин, установленных под средними листами. При этом угол поворота на каждой секции и, соответственно, межсекционные зазоры уменьшаются.

Устройство для имитации нагрузки на приводные звездочки в виде тормозного механизма для шкива звездочки позволяет имитировать тяговое усилие цепи и соответственно имитировать степень загрузки конвейера. При этом увеличивается и давление на борта от скребков в зоне поворота. Силовой режим работы в этом случае соответствует увеличению груза на полотне конвейера, но запас устойчивости скребков несколько уменьшается поскольку фактор «сдерживания» скребка грузом, когда скребок с обеих сторон от цепи окружен материалом, гасящим колебания, не присутствует, т.е. скребки работают в усложненных условиях.

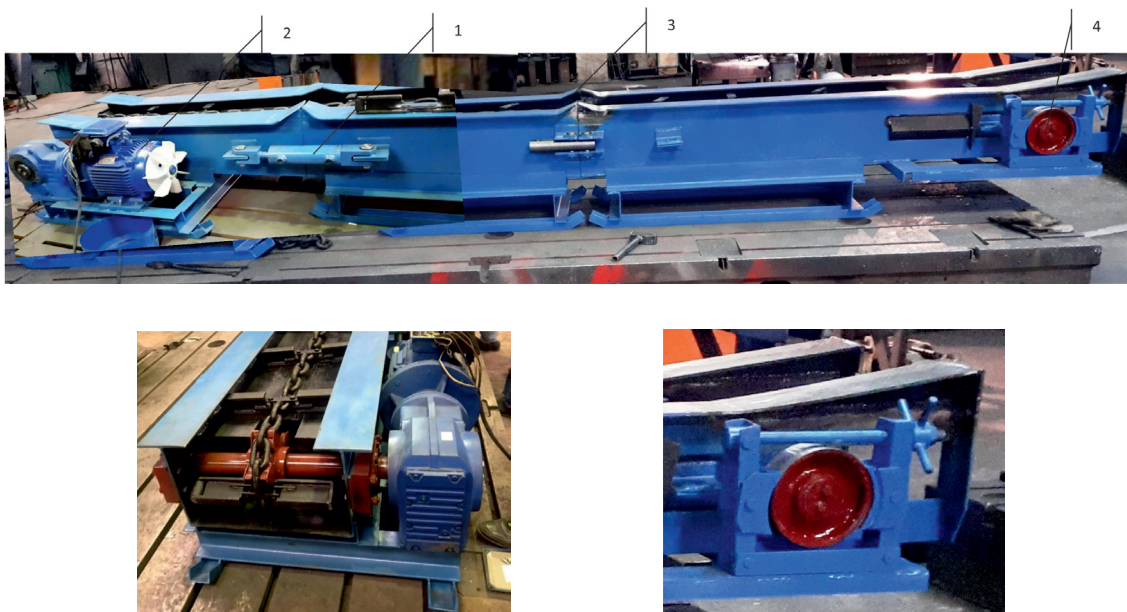


Рис. 4. Нагрузочное устройство на полноразмерном макете комплекса приводного, поворотного и натяжного рештаков: а) общий вид: гидродомкрат поворота 1, мотор-редуктор 2, наклонно-подъемные борты, ИН 4 3; б) вид со стороны привода; в) нагрузочное устройство с тормозными колодками и винтом

ИН представляет собой многорычажную шарнирно соединённую систему, которая моделируется в Adams, при этом вычисляются усилия на тормозных колодках, что с учетом данных на индикаторе усилия натяжения винтового устройства позволяет определять тормозной момент.

Параметры давления скребков на борт конвейера множественны и представляют широкий спектр нагружения скребка с учетом его поперечных и продольных колебаний, включая и зависимости от усилия тяговой цепи.

Список литературы

1. 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.
2. Жетесова Г.С., Бейсембаев К.М., Мендикенов К.К., Телиман И.В., Акижанова Ж.Т. Моделирование работы скребкового конвейера в зоне поворота // Известия вузов. Горный журнал. 2019. № 6. С. 108–117. DOI: 10.21440/0536-1028-2019-6-108-117.
3. Осичев А.В., Ткаченко А.А. Оценка влияния приводной звездочки на динамические усилия в рабочем органе скребкового конвейера СР72 // Вестник КГПУ имени Михаила Остроградского. 2009. № 4 (57). Часть 1. С. 10–13.
4. Gaofeng Song, Yoginder P. Chugh; Jiachen Wang. A numerical modelling study of longwall face stability in mining thick coal seams in China. Int. J. of Mining and Mineral Engineering. 2017. Vol. 8. No. 1. P. 35–55.
5. Dragos A., Gheorghe S. The determination of the velocities and of the accelerations of action belonging to the parallel robots with delta 3 d of structure using the software msc. Adams package. Journals, Reviews and Scientific Publications from University of Bacau. 2013. V. 3. № 1. P. 17–20.
6. 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.
7. Sidorová M., Beysembayev K.M., Shmanov M.N., Mendikеноv K.K., Esen A.M. Plastic Flow Modeling in Rock Fracture. Acta Montanistica Slovaca. 2018. Vol. 23. No. 4. P. 357–367.