

УДК 615.035.4

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЁТА РЫЧАЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДОБЫЧИ ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**Бейсембаев К.М., Мендикенов К.К., Шманов М.Н., Зверев Н.А.,
Есмагамбетов А.Б., Разов И.О.**

*Карагандинский государственный технический университет, Караганда,
e-mail: Kakim08@mail.ru*

На примере Карагандинского бассейна рассмотрены недостатки лавных технологий для разработки пластовых месторождений. С целью вовлечения в добычу запасов угля залегающих в сложных условиях представлены новые конструктивные элементы и схемы применения механизированных крепей и углового скребкового конвейера. Предложенная методика на основе пакета автоматизированного проектирования ADAMS с контролем полученных результатов программой VBA обеспечивает силовой анализ конструкций. Разработанные модели позволяют получить реальные параметры машины при её движении, при этом на основе анализа работы и исследования объектов ADAMS выполнено моделирование основных взаимодействующих узлов машины. Исследования рычажных механизмов лемнискатных крепей подтверждает работоспособность схем работы с повышенным коэффициентом раздвижности. Подтверждена работоспособность углового скребкового конвейера и получены распределения опорных усилий в рештках от скребков в зоне поворота транспортирования. Получены основные прогнозные модели этих устройств, которые расширяют возможности их использования в системах управления.

Ключевые слова: забалансовые запасы, ADAMS, коэффициент раздвижности, опорные нагрузки, угловой конвейер.

FEATURES OF CALCULATION OF LEVER DESIGNS FOR NEW TECHNOLOGIES OF PRODUCTION OF SHEETED FIELDS

**Beysembayev K.M., Mendikenov K.K., Shmanov M.N., Zverev N.A.,
Esmagambetov A., Razov I.O.**

Karaganda state technical university, Karaganda, e-mail: Kakim08@mail.ru

On the example of the Karaganda basin considered flaws development technologies bedded deposits longwall. In order to involve in the production of coal reserves lying under difficult conditions proposed new design elements and patterns of use of powered supports and corner scraper conveyor. The proposed methodology, based on computer-aided design package ADAMS results obtained with the control program VBA provides power analysis of designs. The developed models provide real parameters of the machine as it moves, thus on the basis of analysis and research of the objects modeled ADAMS major interacting components of the machine. Research linkages with shoring lemniscate and increased coefficient of moving apart confirms efficiency of the proposed schemes of work. Confirmed performance scraper conveyor and angular distributions are obtained support efforts of pan scrapers in the swivel transportation. Obtain the basic predictive models of these devices that will better enable their use in control systems

Keywords: off-balance stocks, ADAMS, coefficient of sliding, basic loadings, angular conveyor.

Введение

Разработка угля современными лавами при несовпадении мощности пласта и вынимаемой мощности механизированных комплексов приводит к существенным его потерям. Это особенно очевидно в условиях обострившейся конкуренции, когда производители стремятся развить максимальную скорость выемки, применяя комплексы в благоприятных условиях, не считаясь с потерями угля. Поэтому лавами не эффективна отработка пластов имеющих сингенетические нарушения (возникают на возвышенных участках древнего рельефа, где торф отсутствовал, а также за счёт неравномерности опускания или поднятия отдельных участков при наличии карстовых отложений) и угольных пластов с торфодо-

ломитовыми конкрециями с высокой механической прочностью [2, 3]. При встрече с такими нарушениями возможно прекращение добычи и демонтаж тяжёлой дорогостоящей техники. Такое, например, имело место на ш. Казахстанская в Караганде при эксплуатации комплекса Glinik. С учётом таких факторов пласты относят к забалансовым, т.е. не пригодными к добыче, см., например, «Концепция развития угольной промышленности Республики Казахстан на период до 2020 года», таблица 1.

Таким образом, учитывая факторы изложенные в [1], можно сделать вывод, что упор на лавные технологии в условиях монополизации продаж механизированных комплексов и существующей системе поставок угля привёл к существенному подо-

рожению подземной добычи и распространению технологий наносящих большой ущерб экологии. Стремление уменьшить потери угля и вовлечь в добычу сложно залегающие месторождения приводит к схемам выемки с уменьшенной длиной лавы и увеличенным коэффициентом раздвижности крепи (отношение вынимаемой мощности пласта к рабочей податливости) [3], а также к новым схемам короткозабойной выемки. При этом станет реальной разработка запасов, оставленных мощных

угольных пластов K12 и K10, K2 Карагандинского бассейна и запасов представленных в таблице 1. Исследования и опыт отработки межтрековых целиках, показали, что эффективной системой их выемки является камерная. Недостатки использованных ранее таких систем в том, что годовая добыча не превышала 100-150 тыс. тонн в год, при потерях до 40-50%. Но производительность труда рабочего по добыче, из-за мало операционности и гибкости процесса добычи достигала 70 т/месяц.

Таблица 1

Забалансовые запасы на некоторых основных месторождениях Казахстана

Область	Показатели, млн. тонн	
	балансовые	забалансовые
1	2	3
Алматинская	936,9	9975,3
Карагандинская	10065,0	4446,8
Костанайская	7535,9	12081,6
Павлодарская	11920,0	1798,4

Конструктивные решения

Многовариантное проектирование и исследование таких систем привели к общей проблеме расчета и моделирования новых рычажных конструкций. Так для уменьшения количества единиц оборудования и

операционности работы предложен угловой скребковый конвейер, обеспечивающий транспортирование угля из забоя, что позволяет устранить перегрузку вынести соответствующее оборудование за пределы выемочного участка, рис.1.

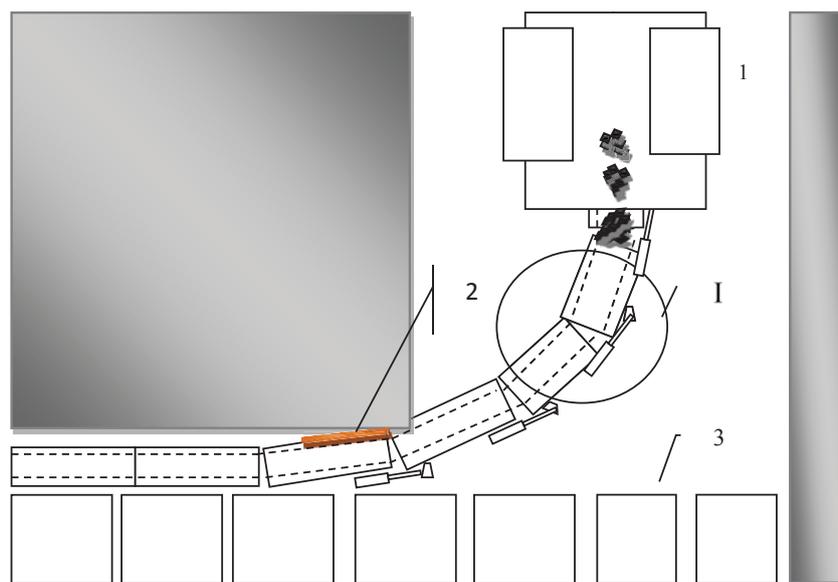


Рис. 1. Угловой скребковый конвейер на сопряжении:
1 – привод с группой решетаков; 2 – передняя опора комбайна; 3 – секции крепи

Конвейер имеет группу шарнирно соединённые рештаков. В группе рештаков через один рештак его средние листы, разделяющие полость на рабочее и холостое отделение, выполнены с торцов с прикреплёнными к их нижней или верхней поверхности упругими сегментами, заходящими под соседний лист (или заходящими над соседним листом), в полости холостой (или рабочей) ветви таким образом, что бы длина внешней дуги упругого сегмента при развороте рештаков на максимальный угол поворота для изменения направления транспортировки, предотвращала просыпание груза из рабочей в холостую полость. Рештаки в группе вертикальной осью вращения соединены между собой. А угол их поворота регулируется с помощью гидроцилиндров с гидравлически запираемыми, штоковыми и поршневыми полостями, при этом запираение осуществляется после фиксации группы рештаков в заданном положении; рештаки в группе, могут иметь пластинчатые направляющие для удержания цепи и скребков в зоне поворота от отклонения от

расчётной траектории движения под действием отклоняющей силы тягового усилия цепи [5]; Для различных технологических схем их применения необходимо определить силовые характеристики нагружения конструкции в зоне поворота. Конструктивные и технологические изменения требуют создания новых методик расчёта обновлённого оборудования. Так на рис. 2 представлена схема демонстрирующая возможности изменения вынимаемой мощности пласта в более широких пределах (с повышенным коэффициентом раздвижности для крепи типа Glinik). В данном случае также следует выяснить характер изменения нагруженности крепи в зависимости от взаимного расположения звеньев, включая и углы предварительного наклона гидростойки. Следует учитывать и то, что изменение нагруженности может также произойти от перераспределения давления обрушенных пород на крепь. Опыт такого применения известен для крепи 2МКМ и 3МК, в 80-е годы, выпуск которых в СССР был налажен гораздо раньше, чем Glinik.

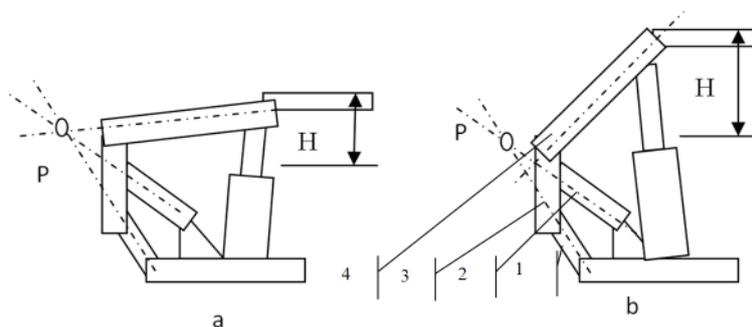


Рис. 2. Повышение коэффициента раздвижности: а – стандартная раздвижность; б – увеличенная; Р – мгновенный центр вращения; 1 – нижний рычаг; 2 – верхний рычаг, 3 – ограждение; 4 – перекрытие.

Моделирование и исследование

Расчёт усилий, в узлах, скоростей и ускорений при движении звеньев основан на решении систем уравнений равновесия, для опорных реакций в узлах и реализован в системе языка VBA Excel [6], а также на основе известного пакета авто проектирования ADAMS. Его применение в КарГТУ малоизвестно и особенно для углового конвейера. Ещё меньше сведений о сопоставлении полученных на его основе результатов с практикой, чем и вызвана необходимость иметь дополнительные программы для про-

верки. Модели оборудования собираем из твёрдых тел, соединений (шарниры вращения и поступательного движения) и силовых факторов.

Для крепи анализ усилий по осям X, Y, при смещении секции (рис. 3) показывает, что при изменении угла между перекрытием и ограждением, верхний и нижний рычаги лемнискатного механизма нагружены в противоположные стороны с максимальным по абсолютной величине значением при пересечении осями рычагов и перекрытия точки Р, являющейся мгновенным центром вращения.

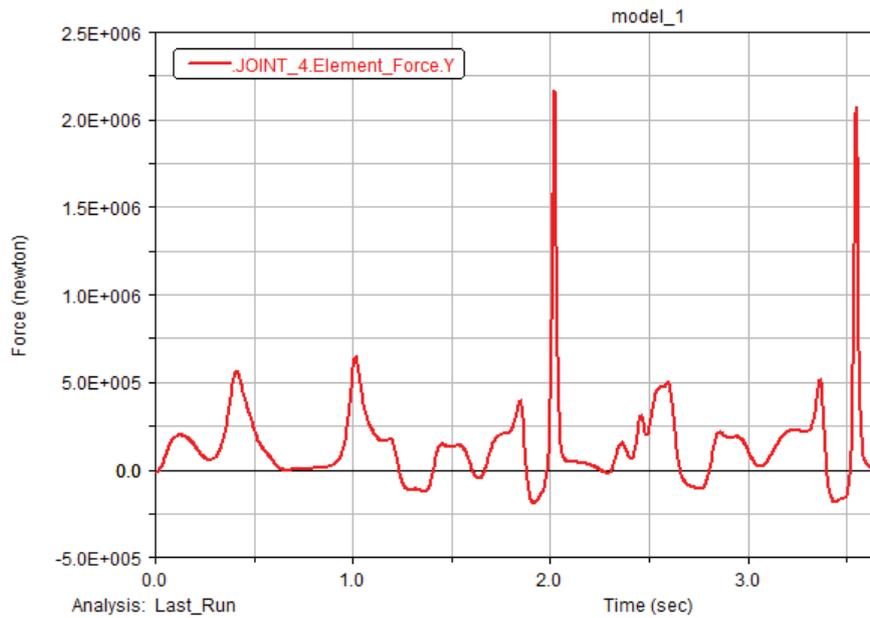


Рис. 3. Фото с экрана: изменений опорных реакций в шарнире верхнего рычага

Как следует из рис. 2 в положении в нагрузки в рычагах могут уменьшиться, конечно общая величина давления пород на крепь может увеличиться, из-за увеличения вынимаемой мощности пласта, однако факты возможности снижения нагрузки на рычаги за счёт

оптимального взаимного расположения элементов крепи при повышении коэффициента раздвижности подтверждают возможности применения таких схем. На рис. 4 представлена идеализированная схема для расчета опорных усилий в скребках углового конвейера.

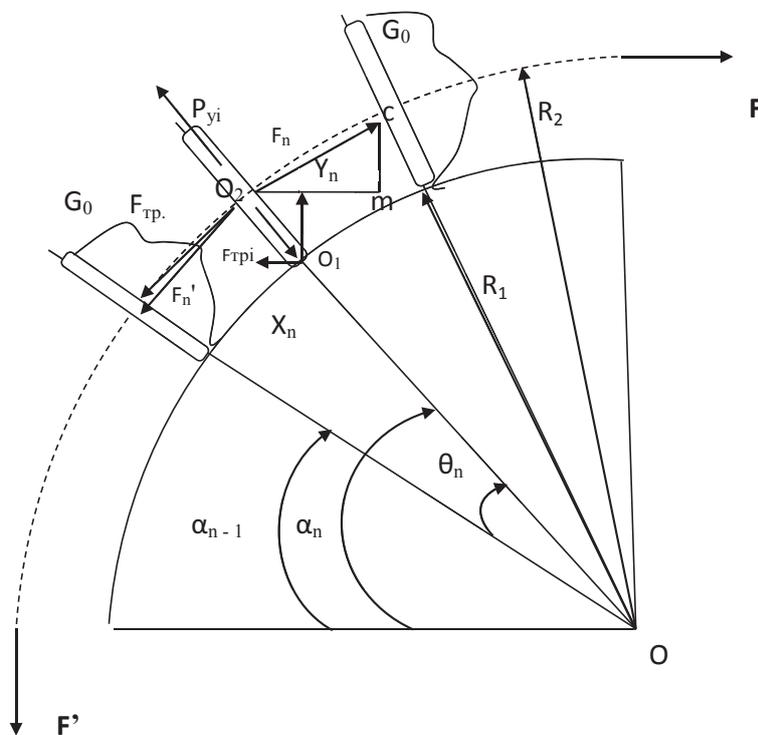


Рис. 4. Идеализированная схема нагрузки на поворотные решетки

Исходя из геометрии проекция силы на ось Y , действующей на скребок с номером n в шарнире соединения цепей со скребком справа от O_2 :

$$F_{ny} = F_n \times \sin((90^\circ + \theta)/2 - \alpha_n),$$

силы сопротивления части груза G_0 на скребке и самого скребка при коэффициенте трения $f_{тр}$

$$F_{тр,y} = G_0 \times f_{тр} \times \sin(90^\circ - \alpha_n),$$

для силы тяги скребка слева от шарнира O_2 :

$$F'_{ny} = F_n \times \sin((90^\circ - \theta)/2 - \alpha_n),$$

В направлении к центру поворота от центра массы O_2 скребка и груза, входящего на него действует сила инерции определяемая вращательным движением с линейной скоростью v :

$$P_{yi} = m_{пр} \times v/R_2,$$

его смещению препятствует сила сопротивления $F_{три}$ направленная к центру вращения, которую можно приближенно определить :

$$F_{три} = G_0 \times f_{тр}.$$

При существующей скорости транспортирования угля из лавы величина сила инерции будет не значительной. В решении не учитывается и трение торца самого скребка о рештак в месте опоры, хотя предполагаем, что прижимающее усилие при небольшом количестве рештаков и длине лавы около 200 м может быть существенной.

Тяговое усилие:

$$F = x_1 + x_2 + \dots + x_n + F',$$

$$F = y_1 + y_2 + \dots + y_n + F',$$

где F' – часть тягового усилия для приведения в движение прямолинейной части конвейера. Сумма проекций сил действующих на скребки участвующих в повороте на оси X и Y , а также сумма моментов, например относительно точки O_1 составленная для каждого скребка в общем случае определит выражения для VBA в Excel. В результате определяется нагруженность бортов рештаков и скребков на повороте, что позволит улучшить надёжность проектирования конвейера. Аналогичная задача, но с возможностью конкретизировать конструкцию к условиям работы представлена в пакете ADAMS, где рассмотрена группа рештаков, осуществляющих поворот, группа моделируется элементами (Link) из 3 – 13 прикреплённых неподвижно к «земле» (ground) секций по поверхности которого движутся

скребки по три на рештак. Скребки своим внутренним концом – опорой контактируют с гранями элементов моделирующих борта рештаков. Движение элементов рассматривается только в пределах каждого рештака, но поскольку они кинематически связаны через модель цепи, то учитывается полная группа рештаков в зоне поворота. Проектирование и испытания модели целесообразно начинать с создания минимального количества скребков, которые затем доводим до полного, что позволяет выявить особенности влияния, на характер движения конструктивных решений, включая неточности компоновки деталей. Скребки находятся в неустойчивом состоянии, поскольку сила тяги приложена к центральной точке возможного вращения скребка, опорные реакции в точках контакта с рештаком направлены по оси скребка и эти факторы не препятствуют колебаниям относительно шарниров. Создание всей поворотной системы не приводит к качественным изменениям в нагрузках. Графики опорных усилий при движении скребков под действием тяговой силы имеют периодический характер, рис 5.

Для скребка 3 в зоне установившегося движения имеем значения усилий изменяющихся знак, что объясняем колебаниями большей чем на остальных амплитуды. Моделирование полной зоны поворота показывает, что проекции опорных усилий изменяются от максимума к минимуму и наоборот на каждом скребке. По длине зоны поворота проекции усилий на ось X изменяются от минимума в зоне разгрузки конвейера до максимума в зоне привязки линейной части конвейера.

Выводы

Сопоставление аналитических и моделей и моделей на не авторских программных пакетах типа ADAMS зарубежного производства позволило выделить группу объектов (твёрдых тел и соединений) ADAMS, которые обеспечивают требования для моделирования подвижной системы из взаимодействующих элементов. При этом аналитические модели используются как дополнительные для тестирования отдельных моментов движения, а вся модель требует проведения испытаний характерных для сложных систем. Получены возможность использования моделей для класса рычажных механизмов входящих в системы горного оборудования крепей и угловых конвейеров.

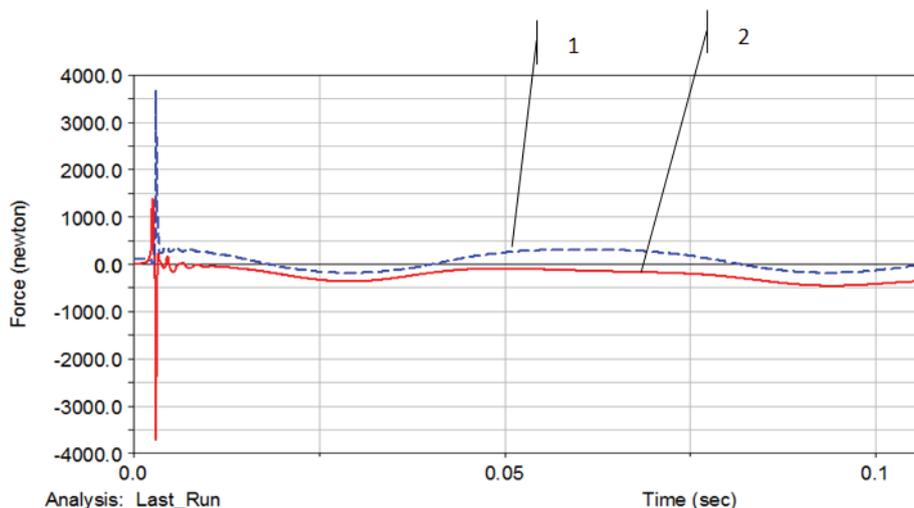


Рис. 5. Фото с экрана: кривые изменений опорных усилий вдоль оси X в шарнирах скребков: 1 – третьего; 2 – второго

В идеальных схемах движения последних возникающие колебания обусловлены отсутствием сил трения сопротивления вращению скребка относительно центральной оси, к которой крепиться цепь. В реальности же вращению скребка препятствуют силы трения в шарнирах, скребков о элементы решетки и за счёт их “зарывания”, в транспортируемую массу. Сила же трения в опоре скребка на рештак, наоборот вызывает его наклон, за счёт момента от силы тяги, но этому препятствует пара сил, создающая момент, направленный в противоположную сторону возникающая за счёт того, что крепление цепей к скребку реально осуществлено в двух точках, а при повороте их межосевое расстояние определяет плечо пары сил, возвращающей скребок в исходное положение. По всему диапазону результирующие усилия в основном одинаковы, все скребки прижаты к внутренним бортам. Средняя нагрузка на опору скребка в зоне поворота определяется количеством скребков. Полученная совокупность моделей и

расчетных выражений подтверждает работоспособность разработанных схем использования имеющихся и вновь разработанных конструкций, позволяет создать методики их автопроектирования.

Список литературы

1. Бейсембаев К.М. Универсализация технологий разработки пластовых месторождений // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 5. – Ч. 1. – С. 126-131.
2. Григорьев В.Е., Любич Г.А., Тихонова С.Д. Горно-геометрический анализ разрывных нарушений угольных пластов // Уголь – 1988. – № 3. – С.61–63.
3. Косарев И.В., Андреев Г.В., Непомнящий А.Л., Васерман И.Г. Механизированные двухстоечные крепи института “Донгипроуглемаш” для пластов мощностью 0,85–4,5 м // Уголь. – 2006. – № 7. – С.12-18.
4. Каренов А.Р. Пути повышения эффективности эксплуатации оборудования на шахтах // Посткризисные ориентиры социально-экономического и инновационного развития Казахстана. – Караганда. – 2010. – № 1. – С. 15-18
5. Бейсембаев К.М., Алпысов М.С., Дёмин В.Ф., Жакенов С.А., Жетесов С.С., Курманов С.Т., Малыбаев Н.С., Мендикенов К.К., Шманов М.Н., Угловой скребковый конвейер // Инновационный патент на изобретение республики Казахстан. № 27024, 14.06.2013. Бюл. № 6
6. Бейсембаев К.М., Жетесов С.С. Практические аспекты разработки промышленных информационных систем: монография. – Караганда: КарГТУ, 2009. – С. 187-191.