УДК 622.27

В.А. Федорин, В.Я. Шахматов, Е.Л. Варфоломеев, А.Ю. Михайлов

АСПЕКТЫ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНОГО СПОСОБА ДОБЫЧИ УГЛЯ

Представлены основные аспекты открыто-подземного (комбинированного) способа. Объединение прогрессивного открытого способа добычи угля и подземного с использованием общей инфраструктуры на строящихся и действующих угольных разрезах, позволит продлить эксплуатацию угольного месторождения, а так же будет иметь значительный недросберегающий эффект за счет более полного освоения месторождения. Обзор комбинированных геотехнологий показал, что в Кузбассе применяется одновременное ведение открытых и подземных работ (параллельная разработка), открытый затем подземный способ (последовательная разработка) и технология с использованием в приконтурной зоне угольного разреза — комплекса глубокой разработки пластов. Разработанная в Институте угля концепция объединения открытых и подземных горных работ определяет современную тенденцию освоения угольных месторождений Кузбасса открыто-подземным способом. Установлено, что технологические схемы открытых горных работ оптимально сочетаются с модульными горно-технологическими структурами подземных шахтоучастков. Проведенная оценка добычи угля в Кузбассе с 2008 по 2016 гг. по способам разработки (открытый, подземный, комбинированный) показала, что добыча угля в целом комбинированным способом увеличилась более чем в 2 раза, добыча на модульных участках увеличилась в три раза, а добыча открытым способом при комбинированной геотехнологии увеличилась в полтора раза.

Ключевые слова: открытая разработка, подземная разработка, аспекты, угольный бассейн, модульный шахтоучасток, технологические структуры, добыча угля.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-2-0-50-56

Ведущее место при добыче угля в Кузбассе занимает прогрессивный открытый способ, на долю которого приходится свыше 60% (145 091,7 тыс. т) общего объема (227 356,7 тыс. т), добываемой продукции на территории Кемеровской области. Подземным способом добыча угля в Кузбассе составила 82 265,0 тыс. т (по данным Администрации Кемеровской области).

Однако открытый способ добычи угля наносит весьма заметный ущерб экологии, выражающийся в нарушении поверхности земли, в выбросе больших объемов вредных веществ в атмосферу вследствие взрывных работ, использование автосамосвалов, бульдозеров и др. [1].

Объединения открытых и подземных горных работ с использованием общей производственной инфраструктуры на строящихся и действующих угольных разрезах позволит продлить эксплуатацию угольного месторождения, а так же будет иметь значительный недросберегающий эффект [2, 3, 4].

Обзор комбинированных геотехнологий показал, что в Кузбассе применяется одновременное ведение открытых

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 2. С. 50–56.
© В.А. Федорин, В.Я. Шахматов, Е.Л. Варфоломеев, А.Ю. Михайлов. 2018.

и подземных работ (разрез «Сибиргинский»), последовательная разработка — открытый затем подземный способ (разрез «Моховский»), а так же технология с использованием в приконтурной зоне угольного разреза — комплекса глубокой разработки пластов (КГРП) [5], впервые в России примененный на разрезе «Распадский» [6, 7].

Разработанная в Институте угля Федерального исследовательского центра угля и углехимии СО РАН (Институт угля) концепция объединения открытых и подземных горных работ с использованием общей производственной инфраструктуры на строящихся и действующих угольных разрезах, определяет современную тенденцию освоения угольных месторождений Кузбасса открыто-подземным (комбинированным) способом. Использование в приконтурной зоне угольного разреза — КГРП (геотехнология «Highwall») как эффективной технологии переходного звена в комбинированном способе разработки пластовых месторождений расширяет возможности безопасной работы открыто-подземным способом [8, 9, 10].

Технологические схемы открытых горных работ оптимально сочетаются с модульными структурами подземных шахтоучастков и позволяют быстро вводить в действие новые мощности по добыче угля, эффективнее использовать запасы месторождений, обеспечить более экономичную и безопасную их разработку. В Институте угля разработаны модульные горно-технологические структуры шахтоучастков мирового технико-экономического уровня, адаптированные к открыто-подземным технологиям добычи угля:

• модульный шахтоучасток по структуре автономности вскрытия и подготовки приконтурной зоны угольного разреза адаптирован по размеру простирания разрабатываемых угольных пластов до 6—8 км;

• модульный шахтоучасток рассматривается в системе комбинированной разработки как элемент рационального освоения недр при переходе от открытого на подземный способ добычи полезного ископаемого;

• дренаж и осушение поля угольного разреза может рассматриваться с позиции открыто-подземной разработки обводненного угольного пласта как в пределах, так и за пределами горного отвода разреза;

• применение безвзрывной технологии при открытых и подземных работах на средних и мощных угольных пластах пологого залегания определяет систему высокоэффективной комбинированной разработки угольных пластов с внутренним отвалообразованием.

Область применения схем вскрытия и подготовки полей угольных разрезов по модульной горно-технологической структуре комбинированного способа угледобычи охватывает, практически, весь диапазон условий действующих, проектируемых и перспективных разрезов на пологих пластах Кузбасса. Особенно целесообразна она для разработки первоочередных подземных участков при предельном коэффициенте вскрыши разреза, так как предусматривает увеличение срока существования угледобывающего предприятия без значительных капитальных затрат в условиях рационального использования недр. Целесообразно применение открыто-подземной разработки при дренаже поля разреза для угольных месторождений со сложными гидрогеологическими условиями, где требуется взаимная увязка горной и дренажной частей проекта угольного разреза.

При этом эффективность ведения горных работ повышается за счет целого ряда факторов:

• совместного использования большей части производственной инфраструктуры, линий электопередач и под-

Рис. 1. Добыча в Кузбассе в зависимости от способа разработки, тыс. т/год

станций, автомобильного транспорта для перевозки угля, автодорог, ж.-д примыканий и т.п.;

• возможности транспортирования угля из открытых работ на поверхность конвейерным транспортом подземного шахтоучастка, что может исключить движение груженых углем самосвалов на подъем, повысить их производительность, уменьшить износ и аварийность;

• использования техники угольного разреза для существенного уменьшения трудоемкости вскрытия пластов для подземных работ;

• дренажа осушения поля угольного разреза и осветления шламовых вод в подземных условиях за счет ведения горных работ на обводненных угольных пластах;

• возможности внутреннего отвалообразования при граничном коэффициенте вскрыши открытых горных работ в условиях рациональной отработки горного отвода угольного разреза.

Освоение угольных месторождений Кузбасса должно базироваться на новых научных концепциях и принципах строительства технологических объектов развиваемых в Институте угля на основе структурно-сетевой теории вскрытия пологих угольных пластов. Это позволит разработать технологические решения по автономным шахтоучасткам модульной структуры для действующих разрезов с открыто-подземной разработки пологих угольных пластов. Выделяется необходимая и достаточная горно-технологическая структура вскрытия и подготовки шахтоучастка, адаптированная к технологической схеме отработки угольного разреза, для одного высокопроизводительного очистного забоя [11, 12].

В отличие от традиционного статистического анализа (шахты, разрезы, общая добыча угля) нами была выделена добыча угольными компаниями, использующими единую производственную инфраструктуру на основе комбинированного (открыто-подземного) способа разработки угольных месторождений Кузбасса [13, 14] (рис. 1).

Установлено, что с 2008 по 2015 гг. добыча угля комбинированным способом увеличилась более чем в 2 раза (с 25 065 тыс. т до 54 228 тыс. т).

Проведен также анализ добычи угля в Кузбассе комбинированным способом разработки с выделением как открытого способа добычи, так и подземного по модульной геотехнологической структуре

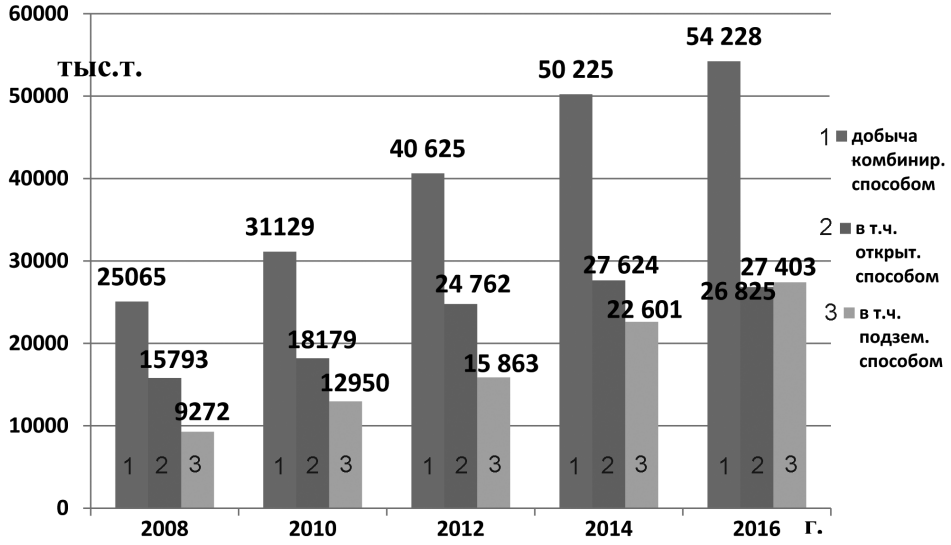

Рис. 2. Соотношение объемов добычи угля в Кузбассе комбинированным способом, тыс. т/год

шахтоучастков на угольных разрезах с использованием единой производственной инфраструктуры угледобывающего комплекса (рис. 2).

Установлено, что добыча на модульных шахтоучастках угольных разрезов за 8 лет была увеличена в 3 раза (с 9272 до 27 403 тыс. т). Открытым способом при комбинированной технологии добыча угля была увеличена в 1,7 раза (с 15 793 до 26 825 млн т).

Общее соотношение открытого и подземного способов добычи угля в комбинированной (физико-технической) геотехнологии разработки угольных месторождений Кузбасса в 2008 г. составляла 63/37% при общей добыче комбинированным способом — 25 065 тыс. т угля. В 2016 гю соотношение изменилось на 49/51% при общей добыче комбинированным способом — 54 228 тыс. т в год.

Практическое значение работы заключается в том, что полученные результаты позволяют:

• использовать методические положения и технологические принципы проектирования комбинированной разработки при освоении угольных месторождений Кузбасса, для ускоренного ввода в действие производственных мощностей с минимальными капитальными и эксплуатационными затратами;

• синтезировать подземные модульные шахтоучастки с пространственно-временной и структурной увязкой элементов открытой и подземной технологий ведения горных работ для снижения потерь угля в недрах и сокращения сроков перехода от открытых к подземным горным работам;

• установить рациональные параметры технологических звеньев подземных модульных шахтоучастков для угольных разрезов с целью снижения себестоимости и экологической нагрузки на природную среду;

• обеспечить поточность технологических процессов угледобычи подземных модульных шахтоучастков для повышения производительности и их адаптацию к горно-геологическим условиям ведения горных работ на угольных разрезах;

• увеличить коэффициент извлечение запасов угля по эффективным технологиям и продлить срок эксплуатации угледобывающих предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Федорин В.А., Варфоломеев Е.Л., Борисов И.Л.* Внедрение и развитие современной высокопроизводительной технологии извлечения угля без присутствия людей в подземных выработках для условий Терсинского геолого-экономического района / Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сборник научных статей, Сибирский государственный индустриальный университет; под ред. В.Н. Фрянова. — Новокузнецк, 2014. — С. 35—39.

2. *Михайлов А.Ю.*, *Варфоломеев Е.Л.* Развитие открыто-подземного способа добычи угля в Терсинском геолого-экономическом районе // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 10. — С. 51—58.

3. *Шахматов В.Я.*, *Федорин В.А.*, *Анферов Б.А.*, *Кузнецова Л.В.*, *Михайлов А.Ю.* Патент РФ № 2387836, 27.04.2010. Способ открытой добычи угля с использованием инфраструктуры смежной шахты. Бюл. № 12.

4. *Montiel L., Dimitrakopoulos R., Kawahata K.* Globally optimising open-pit and under-ground mining operations under geological uncertainty // Mining Technology. 2016, vol. 125, no 1. pp. 2—14.

5. *Walker S.* Highwall miners keep the coal flowing // World Coal. December 2001 — vol. 10, no 12. pp. 20—27.

6. *Федорин В.А., Михайлов А.Ю.*, *Ивершина Г.Е.* Геотехнологические аспекты открыто-подземного (совмещенного) способа освоения угольных месторождений Кузбасса // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2008. — № 11. — С. 261—269.

7. *Федорин В.А., Михайлов А.Ю.*, *Ивершина Г.Е.* Геотехнологические аспекты комплекса глубокой разработки угольных пластов / Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности: Труды международной научно-практической конференции. — Кемерово: ИУУ СО РАН, КузГТУ, ННЦ ГП — ИГД им. А.А. Скочинского, ЗАО КВК «Экспо-Сибирь», 2007. — С. 49—53.

8. *Федорин В.А., Шахматов В.Я.*, *Михайлов А.Ю.*, *Варфоломеев Е.Л.* Условия регламентирующие безлюдную технологию разработки угольных пластов с использованием комплекса глубокой разработки пластов // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. — 2016. — № 4. — С. 83—88.

9. *Федорин В.А., Шахматов В.Я.*, *Михайлов А.Ю.* О приоритетных направлениях объединения открытых и подземных геотехнологий в единую систему ведения горных работ в Кузбассе // Вестник КузГТУ. — 2012. — № 3. — С. 102—106.

10. *Ялевский В.Д.*, *Федорин В.А.*, *Анферов Б.А.*, *Варфоломеев Е.Л.*, *Кассина О.В.* Патент РФ № 2285121, 10.10.2006. Способ открыто-подземной разработки свиты пологих угольных пластов. Бюл. № 28.

11. *Ялевский В.Д., Федорин В.А.* Модульные горнотехнологические структуры вскрытия и подготовки шахтных полей Кузбасса (теория, опыт, проекты). — Кемерово: Кузбассвузиздат, 2000. — 224 с.

12. *Bowen L. et al.* Influence of Underground Mining Direction under Plane Condition over Slope Under Open-underground Combined Mining // Physical and numerical simulation of geotechnical engineering. — 2015. — № 21. —Pp. 51.

13. *Федорин В.А., Шахматов В.Я.*, *Михайлов А.Ю.* Регламентирующие условия комбинированного способа разработки угольных месторождений Кузбасса // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. — 2015. — № 2. — С. 49—53.

14. *Клишин В.И., Федорин В.А.*, *Шахматов В.Я.*, *Михайлов А.Ю.* Регламентирующие условия комбинированного способа разработки угольных месторождений Кузбасса / III-я Международная научно-практическая конференция «Промышленная безопасность предприятий минерально-сурьевого комплекса в XXI веке»: Тезисы докладов. — СПб.: Санкт-Петербургский горный университет, 2016. — С. 96. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Федорин Валерий Александрович[1] — доктор технических наук,
зав. лабораторией, e-mail: fva@icc.kemsc.ru,
Шахматов Вячеслав Яковлевич[1] — кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник, e-mail: ShakhmatovVY@ic.sbras.ru,
Варфоломеев Евгений Леонидович[1] — научный сотрудник, e-mail: kku@icc.kemsc.ru,
Михайлов Алексей Юрьевич[1] — ведущий технолог, e-mail: lexus@icc.kemsc.ru,
[1] Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 2, pp. 50–56.

V.A. Fedorin, V.Ya. Shakhmatov, E.L. Varfolomeev, A.Yu. Mikhaylov

STRUCTURAL ASPECTS OF HYBRID OPEN PIT/UNDERGROUND METHOD OF COAL MINING

The article describes the basic aspects of hybrid open pit/underground mining method. Integration of the progressive open pit and underground methods of coal mining within a general infrastructure at open pit coal mines currently under construction or operation will extend useful life of deposits and produce considerable resource-saving effect owing to the more complete coal extraction. The review of the hybrid geotechnologies shows that Kuzbass mines either carry out simultaneous open pit and underground mining (parallel operation), or apply first open pit and then underground method (sequential operation), or develop marginal areas of open pit mines using the highwall mining system. Developed at the Institute of Coal, the concept of open pit and underground mining integration governs the current trend of hybrid open pit/underground mining of coal in Kuzbass. It is found that process flowsheets accepted in open pit mining optimally match up modular mine-technical structures of underground mines.

Estimation of coal production output in Kuzbass in 2008 to 2016 with respect to the mining method (open, underground, hybrid) shows that coal production using the hybrid open pit/underground method has doubled, production in modular sites has grown three times, while open pit mining output within the hybrid geotechnology has increased 1.5 times.

Key words: open pit mining, underground mining, aspects, coal basin, modular mine section, technical structures, coal production.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-2-0-50-56

AUTHORS

Fedorin V.A.[1], Doctor of Technical Sciences, Head of Laboratory, e-mail: fva@icc.kemsc.ru,
Shakhmatov V.Ya.[1], Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher,
e-mail: ShakhmatovVY@is.sbras.ru,
Varfolomeev E.L.[1], Researcher, e-mail: kku@icc.kemsc.ru,
Mikhaylov A.Yu.[1], Leading Technologist, e-mail: lexus@icc.kemsc.ru,
[1] Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry,
Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 650065, Kemerovo, Russia.

REFERENCES

1. Fedorin V.A., Varfolomeev E.L., Borisov I.L. *Naukoemkie tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nykh resursov*: sbornik nauchnykh statey, pod obshch. red. V.N. Fryanova (High technologies of mineral mining and use: sbornik nauchnykh statey, Fryanov V.N. (Ed.)), Novokuznetsk, 2014, pp. 35—39.

2. Mikhaylov A.Yu., Varfolomeev E.L. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no 10, pp. 51—58.

3. Shakhmatov V.Ya., Fedorin V.A., Anferov B.A., Kuznetsova L.V., Mikhaylov A.Yu. *Patent RU 2387836*, 27.04.2010.

4. Montiel L., Dimitrakopoulos R., Kawahata K. Globally optimising open-pit and under-ground mining operations under geological uncertainty. *Mining Technology*. 2016, vol. 125, no 1, pp. 2—14.

5. Walker S. Highwall miners keep the coal flowing. *World Coal*. December 2001 vol. 10, no 12, pp. 20—27.

6. Fedorin V.A., Mikhaylov A.Yu., Ivershina G.E. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2008, no 11, pp. 261—269.

7. Fedorin V.A., Mikhaylov A.Yu., Ivershina G.E. *Energeticheskaya bezopasnost' Rossii. Novye podkhody k razvitiyu ugol'noy promyshlennosti*: Trudy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Energy Safety of Russia. New Approaches to Coal Industry Advance: International Conference Proceedings), Kemerovo, 2007, pp. 49—53.

8. Fedorin V.A., Shakhmatov V.Ya., Mikhaylov A.Yu., Varfolomeev E.L. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noy promyshlennosti*. 2016, no 4, pp. 83—88.

9. Fedorin V. A., Shakhmatov V. Ya., Mikhaylov A. Yu. *Vestnik KuzGTU*. 2012, no 3, pp. 102—106.
10. Yalevskiy V. D., Fedorin V. A., Anferov B. A., Varfolomeev E. L., Kassina O. V. *Patent RU 2285121*, 10.10.2006.
11. Yalevskiy V. D., Fedorin V. A. *Modul'nye gornotekhnologicheskie struktury vskrytiya i podgotovki shakhtnykh poley Kuzbassa (teoriya, opyt, proekty)* (Modular mine-technical structures for opening and preparation of mine fields in Kuzbass (theory, experience, projects)), Kemerovo, Kuzbassvuzizdat, 2000, 224 p.
12. Bowen L. Influence of Underground Mining Direction under Plane Condition over Slope Under Open-underground Combined Mining. *Physical and numerical simulation of geotechnical engineering*. 2015, no 21.Pp. 51.
13. Fedorin V. A., Shakhmatov V. Ya., Mikhaylov A. Yu. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noy promyshlennosti*. 2015, no 2, pp. 49—53.
14. Klishin V. I., Fedorin V. A., Shakhmatov V. Ya., Mikhaylov A. Yu. *III-ya Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Promyshlennaya bezopasnost' predpriyatiy mineral'no-sur'evogo kompleksa v XXI veke»*: Tezisy dokladov (Industrial Safety in Mineral and Raw Materials Supply Sector in the 21st Century: III International Conference Proceedings (Headnotes)), Saint-Petersburg, 2016, pp. 96.

FIGURES

Fig. 1. Coal production in Kuzbass (thou t/yr) per mining method.
Fig. 2. Ratio of coal production outputs in hybrid open pit/underground mining in Kuzbass.

ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ТЯГОВОГО ФАКТОРА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА В УСЛОВИЯХ НЕРАВНОМЕРНОЙ ЗАГРУЗКИ

(2017, № 12, СВ 31, 8 с.)

Каунг Пьей Аунг — аспирант, e-mail: kaungpyae05@gmail.com, НИТУ «МИСиС»,
Кубрин Сергей Сергеевич — доктор технических наук, профессор,
зав. лабораторией, ИПКОН РАН, e-mail: s_kubrin@mail.ru,
Певзнер Леонид Давидович — доктор технических наук, профессор, МИРЭА,
Буй Чунг Кьен — аспирант, e-mail: buitrungkiendkhqui@gmail.com, НИТУ «МИСиС».

Представлены результаты разработки системы, которая обеспечивает стабилизацию величины тягового фактора за счет изменения веса натяжного устройства ленточного конвейера. Переходные процессы по скоростям сосредоточенных масс модели движения ленты конвейера, перемещение натяжного устройства и динамика тягового фактора в следствии регулирования положения каретки натяжного устройства были получены с помощью компьютерного моделирования. Компьютерное моделирование разработанной системы проведено в программе Matlab. Результаты моделирования подтверждают правильность теоретических выкладок.

Ключевые слова: ленточный конвейер, моделирование, автоматическая система, движение конвейерной ленты, тяговый фактор, переходные процессы.

THE SYSTEM OF AUTOMATIC STABILIZATION OF TRACTION FACTOR OF THE BELT CONVEYOR UNDER CONDITIONS OF UNEVEN LOADING

Kaung Pyae Aung[1], Graduate Student, *Trung Kien Bui*[1], Graduate Student,
Kubrin S.S., Institute of Problems of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of RAS, Russia,
Pevzner L.D., Moscow Institute of Radio Engineering, Electronics and Automation (MIREA), Russia,
[1] National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

The paper presents the results of the development of the system, which ensures the stabilization of the value of the traction factor by changing the weight of the belt conveyor tensioner. Transient processes on the velocities of the concentrated masses of the conveyor belt motion model, the movement of the tensioning device and the dynamics of the traction factor as a result of the adjustment of the position of the tensioner carriage were obtained by computer simulation. Computer simulation of the developed system was carried out in Matlab. The simulation results confirm the validity of the theoretical calculations.

Key words: belt conveyor, modeling, automatic system, the movement of conveyor belt motion, traction factor, transient processes.