

## ЛЕНТОЧНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ С РЕГУЛИРУЕМОЙ СКОРОСТЬЮ

В статье представлены результаты эксплуатации и экономические показатели использования современных ленточных конвейеров, работающих с помощью частотных преобразователей. Данный анализ был сделан с учетом используемых технических и экономических решений и на основе результатов измерений, сделанных в польских и немецких шахтах.

### 1. Вступление

Динамичное развитие частотных преобразователей и их использование в работе приводных двигателей ленточных конвейеров подтвердили их полную пригодность к регулированию скорости ленточного конвейера. Преимущества данного типа питания особенно очевидны на главных транспортных путях шахты, когда от лав отбивается порода большой концентрации и переменной концентрации. Возможность регулирования скорости ленты (конвейера) в зависимости от находящегося на ней веса позволяет значительно экономить энергию, понизить износ механических частей конвейера и, таким образом, увеличить срок их действия и снизить эксплуатационные и инвестиционные расходы.

### 2. Приводы ленты с регулируемой скоростью

В настоящее время на рынке есть несколько разных типов частотных преобразователей для приводов горного оборудования. В данном случае примером могут служить частотные преобразователи производства Фирмы „**BARTEC**“ (БАРТЕК)/Германия. На этой базе Акционерное Общество PKiMSA «CARBOAUTOMATYKA», производит частотные преобразователи представленные в таблице 1.

Данные преобразователи помимо прочего могут быть использованы для приводных двигателей ленточных конвейеров. В зависимости от устройства привода можно использовать преобразователи с напряжением питания 500 или 1000В переменного тока в взрывобезопасных корпусах или корпусах типа IP54. Для преобразователей тока характерна возможность электрического торможения с возвратом энергии торможения в сеть – они могут затем работать в четырех четвертях диаграммы работы двигателя. Это представляется весьма важным, так как позволяет найти кинетическую энергию приводной машины в случае необходимости остановки машины. В случае ленточных конвейеров при остановке конвейера кинетическая энергия находящихся в движение масс не расходуется в тормозах конвейера, а переносится в питающую сеть. Торможение происходит с установленным опозданием, которое устанавливается каждый раз программой для приводного оборудования.

В преобразователях напряжения, в варианте для подземной добычи, с напряжением до 500В нет электрического торможения с возвратом энергии в питающую сеть. Есть доступ к электрическому торможению на резисторы, однако в данном случае минутная мощность торможения может составлять до 50кВт. Преобразователи напряжения не рекомендуются для питания машин с активным моментом опоры, которые требуют длительного электрического торможения.

Для питания приводных двигателей ленточных конвейеров можно использовать как преобразователи тока, так и напряжения. Выбор типа преобразователя зависит от условий устройства конвейера, мощности двигателя, напряжения питания и т.д. Для преобразователей напряжения ограничением служит напряжение питания и мощность. Для мощности двигателя более 250кВт рекомендуется использовать преобразователи

тока с напряжением питания 1000В. Это связано с нехваткой польских двигателей с мощностью выше 250кВт при подаче напряжения 500В, нехваткой трансформаторных станций, обеспечивающих правильное питание таких двигателей и с проблемами с питающими кабелями (необходимость использования покрытых кабелей с диаметром жил выше 140 мм<sup>2</sup> – например 2 жилы покрытого кабеля с диаметром 95мм<sup>2</sup>)

Тип преобразователя	PPC-1 (MONOVERTER BbM 160/500)*	PPC-2 MONOVERTER BbM 310/1000)*	PPC-3 (MONOVERTER BbM 160/500)*	PPC-3/1 (DYNAVERT BbD ..../1000)**	PPC-3/2 (DYNAVERT BbD ..../1000)**
Напряжение питания	500В	1000В	500В	1000В	1000В
Номинальная мощность	160кВА	310кВА	195кВА	330кВА 415кВА 660кВА	330кВА 415кВА 660кВА
Макс. суммарная мощность двигателей	120кВт	265кВт	150кВт	265кВт 315кВт 500кВт	265кВт 315кВт 500кВт
Количество отливок	1	2	2	2	2
Тип постройки взрывобезопасный	взрывобезопасный	IP54	взрывобезопасный	взрывобезопасный	IP54
Тип преобразователя	ток	ток	ток	ток	ток
Диапазон регулирования частоты	5-50 Гц	2-70Гц	5-50Гц	2-70Гц	2-70Гц

)\* Частотный горный преобразователи производства АЭГ - до 1.10.1998г.

)\*\* Частотный горный преобразователи производства фирмы БАПТЕК - от 1.10.1998г.

Таблица 1. Частотные преобразователи для приводного горнодобывающего оборудования, производство АО РКiMSA «CARBOАУТОМАТУКА»

В стадии проектирования главного устройства шахты прежде всего рассматриваются возможные объемы добычи породы со лав данного эксплуатационного района шахты. Однако лавы не отдаются в эксплуатацию одновременно, и поэтому полная мощность работы конвейера необходима только спустя некоторое время, также может меняться в процессе эксплуатации или нужна время от времени. Вследствие этого ленточные конвейеры главного устройства данного района не эксплуатируются на полную мощность. В такой ситуации существует необходимость уменьшения скорости ленты конвейера до степени, которая обеспечивает получение нужной работоспособности конвейера при номинальной единичной загрузке породы. Это обеспечивается работой привода с высокой производительностью и высоким показателем мощности. Уменьшение скорости ленты конвейера в таких условиях обеспечивает значительное уменьшение количества оборотов ленты, цельных опор движения конвейера, необходимости раздробления породы на местах пересыпки, уменьшение износа механических частей конвейера – барабанов, элементов вращения, сцеплений и ленты. Сигнал, полученный с датчика заполнения конвейера (объема или тензометрического) используется для регулирования частоты напряжения преобразователей, питающих приводные двигатели ленточного конвейера. Регулирование проводится таким образом, чтобы при малой подаче породы со стен на конвейер была получена единичная номинальная загрузка на 1 метр бегущей ленты конвейера. При увеличении подачи породы со стен частотный преобразователь увеличивает частоту напряжения, питающего двигателя конвейера, в результате чего для сохранения постоянной единичной загрузки породой на ленту конвейера увеличивается скорость ленты. Данный регулирующий процесс происходит самостоятельно в зависимости от количества груза, транспортированного с лавы к шахте с помощью ленточных конвейеров. Результаты эксплуатационных исследований, проведенны в шахте WESTFALEN в Германии подтвердили то, что в натуральных условиях эксплуатации скорость ленты конвейера с четырьмя приводными двигателями мощностью 80кВт каждый, с питанием от частотных преобразователей была значительно

ниже скорости, обозначенной  $V_n$ . Со скоростью в отрезке до 1 м/сек (до  $0,25 V_n$ ) конвейер работал 47,6% всего времени работы, со скоростью 1-2,5м/сек ( $0,25-0,65 V_n$ ) – 42,3% всего времени работы, а со скоростью 2,5-3,8 м/сек ( $0,65-1 V_n$ )- 10,1% всего времени работы.

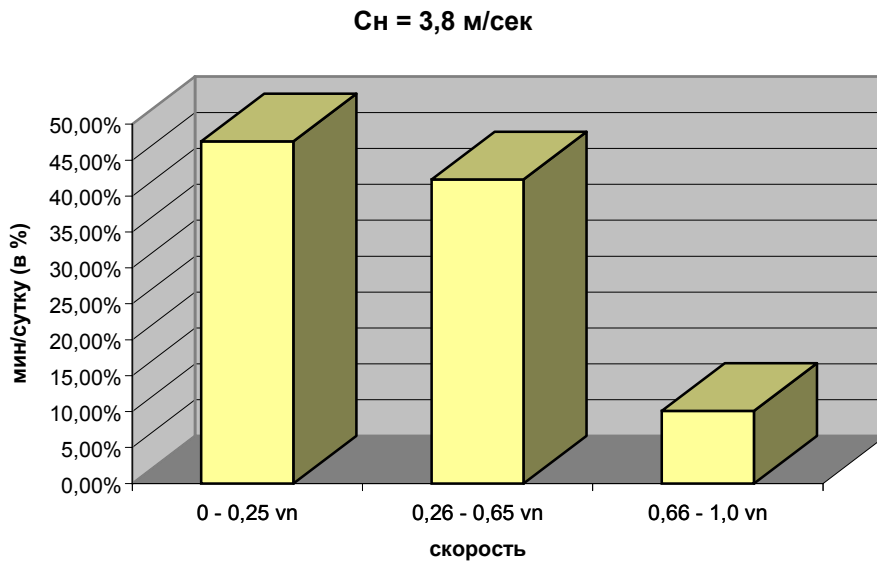


Рис.1 График скорости ленточного конвейера на протяжении суток в шахте WESTFALEN

На предприятии KWK ANNA в условиях питания ленточного конвейера GWAREK 1400 на уровне 1000м с двумя приводными двигателями мощностью 132кВт каждый, питание с частотного преобразователя PPC-2 получены следующие результаты:

- В период скорости до  $0,4 V_n$  конвейер работал 53,3% всего времени работы,
- В период скорости  $0,4-0,6 V_n$  - 38,3% всего времени работы,
- В период скорости  $0,6-0,8 V_n$  - 7,1% всего времени работы,
- В период скорости  $0,8-1 V_n$  - 1,3% всего времени работы.

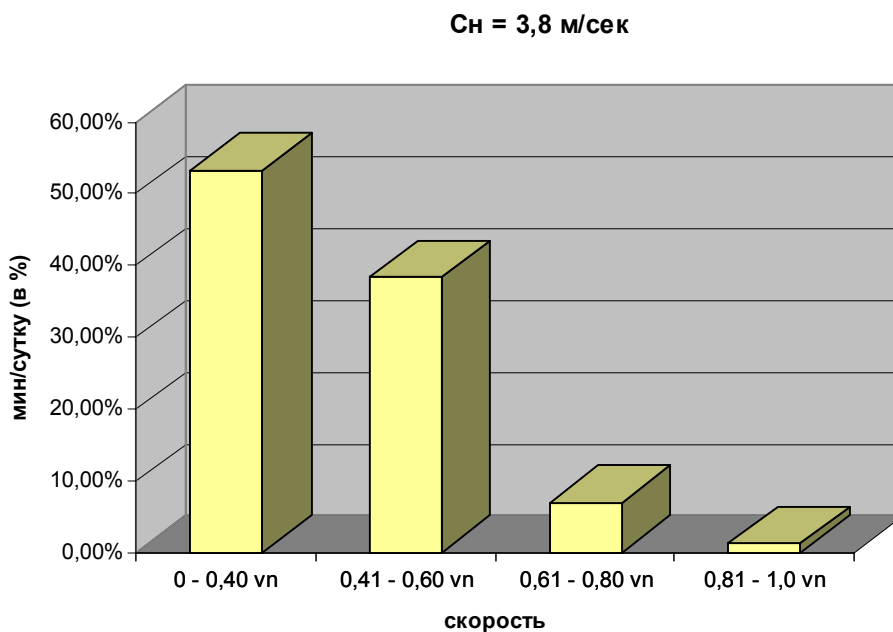


Рис.2 График скорости ленточного конвейера на протяжении суток на шахте KWK ANNA

### **3. Экономический эффект, получаемый при использовании частотных преобразователей в приводах ленточных конвейеров**

Значительное уменьшение скорости ленты конвейера с приводными двигателями, с питанием от частотного преобразователя, послужило причиной уменьшения степени ее износа и износа всех механических элементов привода. В случае KWK ANN начальная толщина однополосной конвейерной ленты типа PVG 1250/1 составляла 13 мм±1,5 мм, после 3 лет эксплуатации ее толщина уменьшилась на 0,8мм. В данный период эксплуатации конвейера не произошло ни одного разрыва ленты, не было повреждений барабанов и сцеплений конвейера. Это значительно повысило дееспособность конвейера. На предприятии KWK ANNA периодически проводились измерения толщины ленты, верхней и нижней окладки с целью установления эмпирической зависимости между данными параметрами и живучестью ленты.

**Через три года эксплуатации ленты были проведены измерения ее толщины. Выяснилось, что толщина верхней окладки составляет 3мм и нижней - 2мм. При этом следует отметить, что толщина данных окладок по каталогу и данная погрешность составляет соответственно 3 (+1; -0,5)мм и 2 (1;-0,5). В настоящий момент на ленте нет разрывов, разломов, вследствие чего нужно было бы менять ленту. Из-за уменьшения количества оборотов ленты в 2 раза случаи перелома ленты на приводных и обратных барабанах уменьшились также в 2 раза, поэтому можно предположить, что лента будет работать еще несколько лет. Производитель дает срок гарантии на безаварийную работу ленты в течение 36 месяцев. Даже если предположить 50% увеличение срока использования ленты конвейера, то можно получить экономический эффект в размере около 479.000 злотых.**

Увеличение живучести ленты типа PVG1250/1 на 50% ведет к уменьшению эксплуатационных расходов в размере 0,068 злотых на тонну транспортированной породы.

В течение исследованного 3-летнего периода было заменено 43,8% вращательных элементов. Для сравнения: в ленточном конвейере без частотного преобразователя в течение 3-х лет было заменено в среднем 71,8% вращательных элементов.

При расчете стоимости каждого вращательного элемента на уровне 29,5 злотых экономия составляет 19.900 злотых, что в перерасчете на тонну перевезенной породы составляет 0,003 злотых/тонну. При этом во внимание не принимались расходы на оплату работы по замене поврежденных вращательных элементов .

Из приведенных расчетов KWK ANNA следует, что потребление энергии двигателями с питанием от частотного преобразователя в перерасчете на тонну перевезенной породы составляет 0,324 кВт/ч/тонна, при этом потребление энергии двигателями конвейера в идентичных условиях загрузки конвейера при питании без частотного преобразователя составляет 0,528 кВт/ч/тонна. Экономия энергии на каждую перевезенную тонну породы составляет 0,204 кВт/ч/т, что при стоимости энергии 0,25зл/кВт/ч дает около 0,05зл/т.

Суммарная экономия, получаемая при использовании частотного преобразователя в KWK ANNA в приводе ленточного конвейера GWAREK 1400, не принимая во внимание экономию на износ ленты, составила 0,053зл/тонна, причем суммарная экономия при уменьшении износа ленты - 0,121зл/тонна, что на количестве перевезенной породы  $7 \times 10^6$  т дает 847000 злотых.

#### **4. Технический эффект при использовании частотных преобразователей в приводах ленточных конвейеров**

При использовании частотного преобразователя в приводе ленточного конвейера достигается следующий технический эффект:

- высокая работоспособность конвейера с частотным преобразователем (97,5%),
- выравнивание моментов приводных двигателей конвейера с питанием от частотных преобразователей,
- меньшее раздробление породы на местах пересыпки,
- простота автоматизации и работа без привлечения персонала,
- устранение избыточных моментов и волнений тока в двигателе
- минимизация динамичных нагрузок во всем приводном устройстве машины, а также во время начала движения и самого движения,
- уменьшение количества выделяемого приводом тепла,
- упрощение систем управления,
- большая гибкость в движении, возможность быстрых изменений алгоритмов управления машин и технологических процессов,
- полная информация о прохождении технологического процесса и работы всех машин в отдельности при использовании режима трансмиссии данных,
- простота локализации места и причин аварии привода,
- хорошее предохранение электрических двигателей приводов от возможных перегрузок и повреждений,
- оптимальное использование машин и их приводов,
- возврат энергии торможения в сеть во время остановки конвейера или в случае конвейера, транспортирующего породу после остановки, при сохранении высокого показателя мощности и действия,
- уменьшение износа обложек тормозов конвейера, особенно при транспортировке породы после остановки,
- рост производительности конвейера на 20% (без инвестиций) благодаря возможности питания двигателей конвейера напряжением с частотой до 60Гц с частотного преобразователя. Это особенно существенно при достижении стенными системами высокой минутной производительности, так как позволяет брать породу со стен без необходимости замены конвейера.

#### **5. Критерии выбора частотного преобразователя**

Факты и доказательства, собранные во время последнего периода использования частотных преобразователей в приводе ленточных конвейеров, подтверждают мысль о том, что при выборе преобразователя для приводных двигателей ленточного конвейера во внимание должны приниматься следующие аспекты:

- единичная и суммарная мощность приводных двигателей конвейера и напряжение питания. В случае приводных двигателей с единичной мощностью выше 250кВт рекомендуется использование преобразователей тока, обеспечивающих питание двигателей напряжением 1000В. Преобразователи напряжения в шахтном варианте производятся на напряжение в 500В. При напряжении питания 500В будут проблемы с подводкой энергии к двигателю мощностью выше 250кВт, не хватает польских трансформаторных станций необходимой мощности, образуются сильные перепады напряжения и потери мощности в проводах, питающих двигатели.
- Способ транспортировки породы: вверх или вниз. В случае транспортировки породы вниз рекомендуется использование преобразователей тока, обеспечивающих постоянную работу с электрическим торможением с возвратом энергии торможения в питающую сеть во всем периоде скорости ленточного

конвейера. Имеющиеся на данный момент преобразователи напряжения в шахтном варианте такой возможности не имеют.

- Классификация помещений, в которых работает преобразователь с точки зрения степени вероятности взрыва метана. В помещениях класса опасности взрыва метана «а» (max. 0,5% CH<sub>4</sub>) можно использовать преобразователи в корпусе типа IP54. В помещениях класса опасности «b» (max.1,0% CH<sub>4</sub>) или «с» (max.1,5% CH<sub>4</sub>) можно использовать преобразователи в взрывобезопасных корпусах.
- Период возврата инвестиционных вложений, связанных с использованием выбранного частотного преобразователя для питания приводных двигателей ленточного конвейера.

## 6. Период возврата инвестиционных средств

Для определения периода возврата вложенных инвестиций в связи с использованием частотного преобразователя для питания приводных двигателей ленточного конвейера приняты за основу экономические показатели, полученные в ходе исследований на предприятии KWK ANNA, связанные с экономией энергии, уменьшением износа вращательных элементов, ленты конвейера и отсутствием необходимости использования классической аппаратуры включения (шахтные контактные выключатели или компактные станции). Ниже в таблице 2 представлены периоды возврата инвестиционных средств для трех конвейеров разной длины при заданной продуктивности 10.000 т/сутки.

	<b>Время возврата вложенных средств</b>				
	Суммарная мощность приводных двигателей конвейера	Преобразователь тока IP 54, 1000В	Преобразователь тока огнеупорный, 1000В	Преобразователь напряжения IP54 500В	Длина конвейера
	кВт	месяц	месяц	месяц	м
1	250	26	30	9	1000
2	500	31	40	18	
3	750	57	65	28	
4	1000	61	79	35	
5	500	21,3	27,3	12	1500
6	750	39,5	30	18,2	
7	1000	42,5	55	24,3	
8	1200	61	75	30,3	
9	750	31,2	23,4	14,4	2000
10	1000	33,7	43,3	19,2	
11	1200	48	59,5	24	
12	1500	50	64,9	28,9	

Таблица 2. Период возврата инвестиционных средств, затраченных на приобретение преобразователей для ленточного конвейера

## 7. Выводы

В результате проведенных на предприятии KWK ANNA исследований эксплуатации и потребления электрической энергии, износа ленты и вращательных элементов в конвейере с установленным частотным преобразователем было установлено, что степень их износа значительно меньше, чем в обычном случае. Это, в свою очередь, означает значительное уменьшение эксплуатационных расходов конвейера. На основе результатов исследований была составлена таблица 2, возврат инвестиционных средств, затраченных на приобретение преобразователей для ленточных конвейеров. Главное устройство эксплуатируется в шахтах в течение 10-20 лет, поэтому ставится задача использования современных устройств питания двигателей ленточных конвейеров с учетом экономических и технологических преимуществ. Таблица 2 позволяет определить все нужное с точки зрения инвестиций и устройства приводного конвейера: т.е. определить количество двигателей, а также количество и тип преобразователей. Использование частотных преобразователей в приводах ленточных конвейеров увеличивает объем инвестиционных средств, однако малое время возврата вложений подтверждает экономическую целесообразность использования данного решения.

Перевод: К.т.н. В. Кучерявенко/СИС, Минск, Беларусь

### Литература:

1. Конвейеры с регулируемой скоростью. Bergwerk WESTFALEN (Deutschland). 02.1996
2. RSW SA, PKiMSA CARBOАUTOMАTYKA SA, KWK ANNA, Современная система добычи предприятия KWK ANNA с автоматическим регулированием скорости ленты.
3. Колек М., Колон С., Технические и экономические показатели отдельных систем управления и питания горнодобывающего оборудования.

## **DYNAVERT® VbD 500/1000** **Взрывобезопасный шахтный трехфазный статический преобразователь частоты**



## Техническая характеристика

	DYNAVERT® BbD 250/1000	DYNAVERT® BbD 315/1000	DYNAVERT ® BbD 500/1000
<b>Вход</b>			
Измеренная поделюченная мощность	330 кВт	415 кВт	660 кВт
Номинальное напряжение	1000 В	1000 В	1000 В
Измеренный ток	190 А	240 А	380 А
частота сети	50 г	50 г	50 г
<b>Выход</b>			
Измеренная выходная мощность	330 кВт	415 кВт	660 кВт
Измеренная мощность на валу	255 кВт	321 кВт	511 кВт
Измеренный выходный ток	190 А	240 А	380 А
Кратковременный выходный ток	209 А	264 А	475 А
Кратковременный выходный ток f<5г	238 А	300 А	475 А
Номинальный коэффициент полезного действия	97,1 %	97,2 %	97,6 %
<b>Оболочка</b>			
высота	880 мм	880 мм	880 мм
ширина	2560 мм	2860 мм	2860 мм
глубина	800 мм	800 мм	800 мм
вес	3000 кг	3500 кг	3700 кг
взрывобезопасное исполнение	EExdel	EExdel	EExdel
охладитель	вода	вода	вода
входная температура макс.	30 °C	30 °C	30 °C
давление макс.	10 бар	10 бар	10 бар
подключение	P 3/4 "	P 3/4 "	P 3/4 "

### Поставщик:

BARTEC Sicherheits-Schaltanlagen GmbH  
Werk Menden  
Holzener Strasse 35-37  
D-58708 Menden  
Германия  
тел . : +49 (0) 23 73/6 84-0  
факс : +49 (0) 23 73/6 842 09  
мобиль . : +49 (0) 17 1/67 032 19  
E-mail: BARTEC-Menden@t-online.de  
Internet:<http://www.bartec-mining.com>