

УДК 621.314.26:622.647.2

В.М.Прокуда

(Украина, Днепропетровск, ГВУЗ „Национальный горный университет“),

Ю.А.Мишанский

(Украина, Павлоград, ПАО „ДТЭК Павлоградуголь“),

С. Н. Проценко

(Украина, Днепропетровск, ГВУЗ „Национальный горный университет“)

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ГРУЗОПОТОКОВ НА МАГИСТРАЛЬНОМ КОНВЕЙЕРНОМ ТРАНСПОРТЕ ПСП «ШАХТА ”ПАВЛОГРАДСКАЯ”» ПАО «ДТЭК ПАВЛОГРАДУГОЛЬ»

Постановка проблемы. Магистральный конвейерный транспорт угольных шахт является средством доставки угля от места его добычи к главному стволу. Проблемы, связанные с уменьшением его энергоэффективности из-за особенностей работы очистных комплексов, остаются актуальными в настоящее время. Так, расчетный удельный расход электроэнергии по шахте ”Павлоградская” составляет 1,2–2,6 кВт·ч/т·км, при том, что в нормативных документах [1] регламентируется значение 0,6 кВт·ч/т·км. Одно из возможных средств повышения энергоэффективности магистрального конвейерного транспорта – применение асинхронного частотного регулируемого привода.

Анализ последних исследований. В работе [4] приведены результаты исследования применения средств повышения энергоэффективности на одиночном конвейере. Исследования энергоэффективности магистрального конвейерного транспорта по отдельно взятой угольной шахте не обнаружено.

Цель работы заключается в исследовании способа энергоэффективного управления магистральным конвейерным транспортом шахты ”Павлоградская”

Основная часть. Схема магистральных конвейерных линий шахты ”Павлоградская” приведена на рис. 1. Штреки 4-го ЗМКШ и 4-го ВМКШ расположены на 160 горизонте и принимают угольный поток от 415 и 414 лавы соответственно. Выемка угля в 415 и 414 лав производится при помощи добычного комбайна УКД200/400. Для транспортирования угля по 4 ВМКШ установлены два конвейера 2ЛТП1000КСП длиной 400 и 1050 м соответственно, а по 4 ЗМКШ типа 2ЛТ80КСП – оба длиной 640 м. Транспортировка угля осуществляется производится от лавы до приемного гезенка, в низу которого установлен качающийся питатель, дозирующий выгрузку угля на приемный конвейер магистрального конвейерного штрека пл. С1. Результаты расчетов показывают, что конвейеры имеют практически четырех кратный запас по производительности. Это связано с тем, что ранее эта транспортная ветвь работала на два добычных участка 413 и 403.

Грузопоток с усредняющего бункера поступает на магистраль пласта (пл.) С1, которая состоит из трех конвейеров: 1Л100У длиной 220 м, 1Л1000 длиной 780 м и 1Д100УД длиной 400 м. Максимальную производительность этой цепочки конвейеров ограничивает конвейер 2Л100У – 684 т/ч.

Конвейерные квершлагы №2 и №5 ЗМКШ принимают уголь от добычного комплекса «Ostroj», 304 лава. Он состоит из двух конвейеров ЛТП1000КСП длиной 1020 и 290 м соответственно. Комплекс «Ostroj» обеспечивает производительность до 2500 т/сут.

Грузопотоки из магистрального конвейерного штрека пл. С1 и конвейерного квершлага №2 объединяются на втором конвейере магистрального конвейерного штрека пл. С5. Конвейер типа 2Л100У длиной 620 м. оборудован двумя двигателями по 110 кВт. Первый в этой линии конвейер 2Л120 имеет длину 780 м и оборудован двумя двигателями по 250 кВт каждый.

Перед первым конвейером МКШ, пл. С5, установлен усредняющий бункер объемом 7 м³, уголь с которого поступает на конвейер 1ЛУ120 длиной 740 м, расположенный в конвейерном угольном квершлаг. На конвейере производительностью 1260 т/ч установлены два двигателя мощностью по 250 кВт. На этот же конвейер производится выгрузка угля с конвейера 1Л100У №1 длиной 590 м с 1-го восточного магистрального конвейерного штрека.

Грузопоток для 1-го восточного магистрального конвейерного штрека начинает формироваться с 888 лавы, где добыча осуществляется комбайном УКД-800ДМ. Уголь со сборного конвейера этой лавы поступает на конвейеры 2ЛТП1000КСП длиной 440 м 1ВКШ пл. С8 и 2ЛТП1000КСП длиной 640 м восточного конвейерного квершлага пл.С5-С8, затем на конвейер 1ЛТ100У длиной 175 м. и далее, через усредняющий бункер – на конвейер 1Л100У длиной 650 м. На этот же конвейер выгружается уголь со сборного конвейера 563 лавы. В дальнейшем уголь по четырем конвейерам 1Л100У поступает на конвейерный угольный квершлаг, далее, на наклонный конвейерный квершлаг и затем в угольный гезенк гл. ствола высотой 37 м и с углом наклона 80°.

Анализ режимов работы транспортной схемы шахты "Павлоградская", показал, что средствами управления грузопотоками являются лишь усредняющие бункера с настраиваемыми в широких пределах питателями, чего недостаточно для существенного повышения энергоэффективности. Существующий гезенк объемом 60 м³ может усреднять получасовые значения, а остальные объемом менее 7 м³ могут только сглаживать неравномерности грузопотока лишь в течение двух — пяти минут. Средства регулирования скорости движения ленты на шахте отсутствуют.

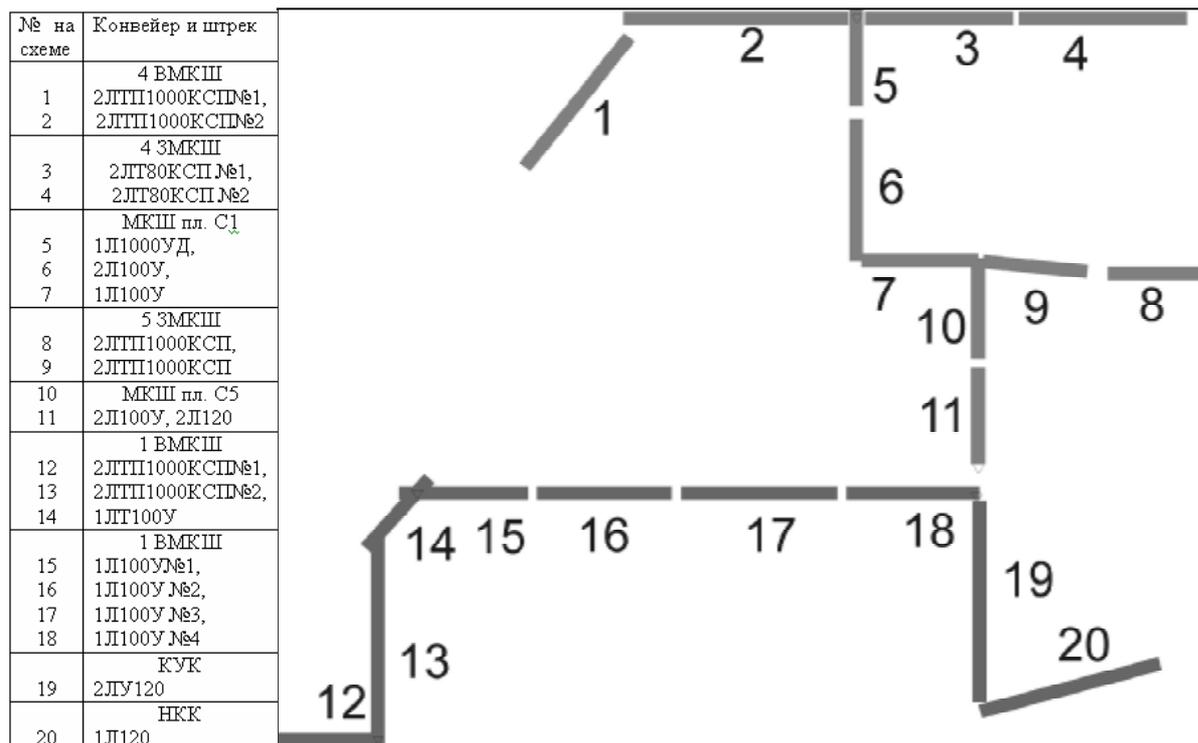


Рис. 1. Схема магистральных конвейерных линий шахты "Павлоградская"

Для оценки потенциала возможного повышения энергоэффективности магистрального конвейерного транспорта шахты "Павлоградская" необходимо было получить минутные реализации угольных потоков из очистных забоев. Средства для измерения реальных грузопотоков на шахте "Павлоградская" отсутствуют, поэтому для этого применялось имитационное моделирование, опираясь на расчет величин по косвенным показателям. Такими показателями стали:

1. Данные о сменной добычи по шахте и каждой лаве.
2. Геометрические, геологические показатели очистных забоев и технические показатели добычных комплексов.

3. Визуальные наблюдения и реализованный хронометраж грузопотоков из очистных забоев.

4. Гистограммы токов комбайнов за смену.

Для увеличения достоверности расчет выполнялся двумя способами.

1. С помощью гистограмм токов комбайна и известной сменной добычи.

Гистограммы токов комбайна были получены на шахте "Павлоградская" в виде растровых изображений (рис. 2).

С помощью программы оцифровки графиков были получены сменные значения реализации процесса регистрирования тока комбайна с периодом в минуту. Эта операция выполнялась такое количество раз, которое достаточно для репрезентативности выборки. Принято, что грузопоток пропорционален току комбайна от уровня холостого хода до сглаженных пиков. Учтено, что кратковременные броски токов (менее минуты) не являются пропорциональными грузопотоку, а есть следствием заштыбовки, и поэтому выход угля в это время равен нулю.

При таких допущениях сменный объем добычи угля $Q_{см}$ равен сумме минутных Q_i реализаций за смену, умноженных на константу, т. е.

$$Q_{см} = \sum_{360} Q_i = \sum_{360} (K_{П} \cdot a_i) = K_{П} \sum_{360} a_i ,$$

где K_{II} – коэффициент пропорциональности реализаций процессов a_i и Q_i ; a_i – реализации процесса, определенного по гистограммам токов комбайна.

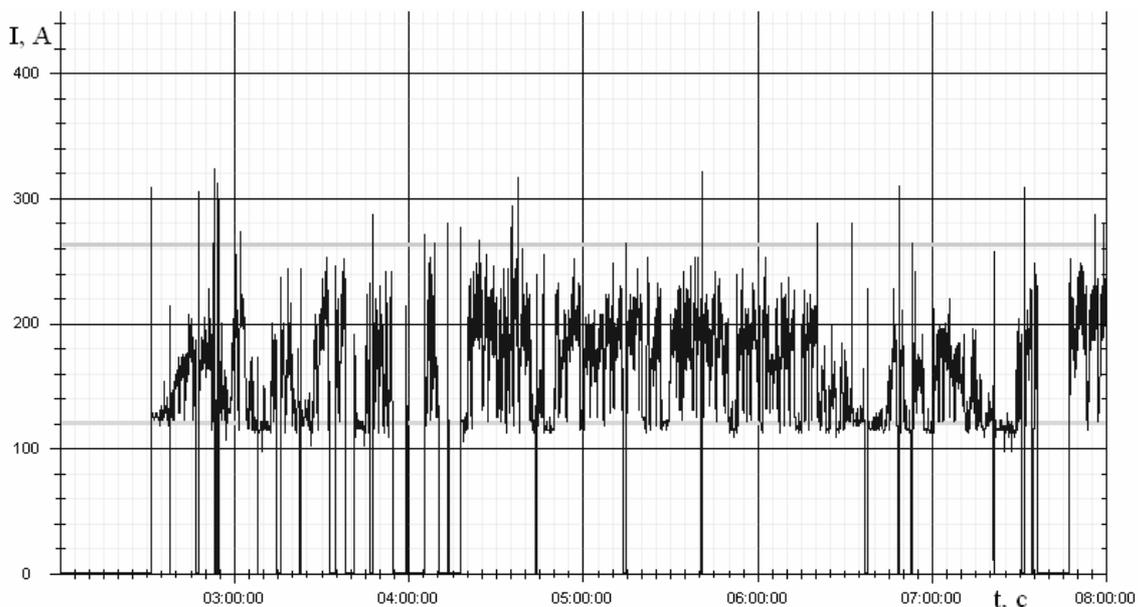


Рис 2. Гистограмма токов очистного комбайна лавы 414

2. С помощью технологических параметров и известном объеме сменной добычи

Вычислялся средневзвешенный объем добычи угля за достаточное количество для репрезентативности выборки смен. Далее, согласно работе [2], определялся коэффициент машинного времени K_m лавы по данным очистного забоя. Считалось, что угольный поток соответствует нормальному закону распределения вокруг своего среднего значения на оси машинного времени [2,3]. Определены значения математического ожидания реализаций грузопотока на оси машинного времени Q'_i , которые вошли в 95%-ный доверительный интервал, определенный ранее для Q'_i , что подтверждало достоверность ожидаемого результата.

Величина флуктуаций Q'_i определялась из визуальных наблюдений за грузопотоком из лавы. Предельное значение флуктуаций 3σ равнялось $\pm 30\%$, т. е. $\sigma = 10\%$, что при математическом ожидании грузопотока на оси машинного времени $MQ'_i = 3,37$ т/мин составляет 0,34 т/мин. Эта величина входит в 95%-ный доверительный интервал для параметра σ .

Найденные по первому и второму способу величины хорошо согласуются, о чем свидетельствует попадание в 95%-ный доверительный интервал величин, рассчитанных по второму способу. Также следует отметить, что рассчитанные значения параметров согласуются с паспортными данными конвейера, на который работает лава.

Виды законов распределения грузопотоков были взяты из литературы [2,3].

Нормальный, для флуктуаций угольного потока на оси машинного времени, имеет следующий вид:

$$f(Q') = \frac{1}{s_{Q'} \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(Q' - M_{Q'})^2}{2s_{Q'}^2} \right].$$

Пуассоновский для распределения времени поступления горной массы

$$f(t_n) = I \exp(-It).$$

Таким образом для лав 414, 415, 304, 888, 563 были получены:

1. Математическое ожидание времени наличия грузопотока.
2. Математическое ожидание величины грузопотока на оси машинного времени.
3. Дисперсия грузопотока на оси машинного времени.
4. Законы распределения угольного потока на оси машинного времени и времени поступления горной массы из очистного забоя.

Для оценки возможного повышения энергоэффективности магистрального конвейерного транспорта использовались расчетные коэффициент машинного времени и коэффициент использования конвейеров по производительности.

$$K_M = \frac{T_{II}}{T_{CM}},$$

где T_{II} – время поступления груза на конвейер; T_{CM} – временной промежуток, на котором вычисляется K_M , обычно смена. При работе одной лавы на конвейер коэффициент K_M равен коэффициенту машинного времени лавы. Флуктуации минутных значений на оси машинного времени вокруг среднего значения потока горной массы при этом незначительны и, по исследованиям для шахты "Павлоградская" составляют 15–30%.

$$K_{II} = \frac{Q_{CM}}{Q_{MAX}}$$

где Q_{MAX} – максимальная производительность конвейера; Q_{CM} – объем добычи за временной промежуток, на котором вычисляется K_{II} , обычно смена.

К примеру, для 414 лавы и соответственно магистральных конвейеров 4-го ЗМКШ, которые принимают уголь только из этой лавы, расчетный коэффициент $K_M = 0,33$, а расчетное недоиспользование конвейеров по производительности составляет 90%. Если на один магистральный конвейер сходится несколько угольных потоков от лав и в месте загрузки конвейера отсутствует усредняющий бункер, то коэффициент K_M нельзя считать показателем использования конвейера по производительности. Например, для 2Л100У МКШ пл. С5 $K_M = 0,9$, а недоиспользование конвейера по сменной производительности составляет 66%.

В месте слияния 4-го ВМКШ и 4-го ЗМКШ, как уже отмечалось, присутствует гезенк. Расчетный коэффициент машинного времени на его входе равняется 0,54, а на выходе – 0,8. Это объясняется большим объемом гезенка – около 60 м², достаточным для аккумуляции поступающей горной массы за период до получаса. При этом конвейеры МКШ пл. С1 без регулирования скорости ленты выбраны на близкую к оптимальной производительность, благодаря чему K_{II} для них составляет около 0,5, что выше, чем у конвейеров КУК и НКК, на которые сходятся по 5 потоков.

После анализа транспортной схемы шахты "Павлоградская" и существующих грузопотоков были приняты два варианта повышения энергоэффективности магистрального конвейерного транспорта:

1. Все магистральные конвейерные установки оснастить асинхронным регулируемым приводом – частотными преобразователями ПЧВ-К У5 (УкрНИИВЭ).

2. Четыре конвейера 4-го западного и восточного направления, а также семь конвейеров 1ВМКШ пл. С8. и конвейера МКШ пл. С1 оснастить частотным регулируемым приводом – частотными преобразователями ПЧВ-К У5 (УкрНИИВЭ) с существующими двигателями. Конвейеры МКШ пл. С5, КУК и НКК рекомендуем оснастить устройствами плавного пуска КУВП-250М (УкрНИИВЭ).

С помощью разработанных алгоритмов и имитационной модели был выполнен анализ фактического и удельного энергопотребления магистрального конвейерного транспорта до и после внедрения средств повышения энергоэффективности. Получены математические ожидания, входящие в 95%-ный доверительный интервал, сменного электропотребления каждого конвейера и угольной транспортной сети (по состоянию на апрель 2011 г.) в целом. Для существующей транспортной схемы, варианта регулирования скорости движения ленты всех конвейеров и варианта регулирования скорости движения ленты конвейеров с $K_M < 0,7$, значения суточного электропотребления следующие: 12992,92, 6717,83 и 8074 кВт·ч.

При регулировании скорости движения ленты всех магистральных конвейеров расчетное снижение потребления электроэнергии составит 6275 кВт·ч/см, соответственно удельный расход электроэнергии снизится на 13,9 кВт·ч/т, а при регулировании скорости с $K_M < 0,7$ соответственно 5119 кВт·ч/см и 11,38 кВт·ч/т. Из анализа удельного снижения энергопотребления, как и предполагалось, наибольший эффект от регулирования скорости наблюдается на конвейерах с наибольшей неравномерностью грузопотока – удельное энергопотребления снижается от 1,16 до 1,57 кВт·ч/т·км, что составляет 50–80% удельного энергопотребления от существующего. Эффект наибольшего снижения энергопотребления наблюдается у конвейеров, работающих с отрицательными углами установки (более 80 %), наименьший – у конвейе-

ров, работающих на подъем, особенно с равномерной загрузкой – снижение удельного энергопотребления при внедрении частотного регулируемого привода составляет 15–30 %.

Из анализа ресурсосбережения при внедрении асинхронного регулируемого привода показал увеличение видно, что срок службы верхних роликоопор в 1,7 раза, нижних роликоопор – в 3,6 раза. При использовании устройств плавного пуска срок службы верхних роликоопор увеличивается в 1,47 раза, нижних – 1,19 раз. Срок службы ленты по критерию износа верхней обкладки увеличивается в 3,1–4,8 раза. Предполагаемое снижение эксплуатационных затрат от уменьшения количеств замены поврежденного и изношенного оборудования – 5068 тыс. грн/год, а от уменьшения времени простоев – 4573 тыс. грн/год.

При внедрении частотного регулируемого привода на всех конвейерах шахты "Павлоградская" можно получить снижение оплаты за расход электроэнергии практически вдвое – с 8440 тыс. грн/год до 4364 тыс. грн/год. При внедрении регулируемого привода к конвейерам с $K_M < 0,7$ снижение оплаты за расход электроэнергии составит 40 % – с 8440 тыс. грн/год до 5115 тыс. грн/год.

Годовая рентабельность проекта внедрения частотного регулируемого привода ко всем конвейерам составит 0,57, срок окупаемости варианта – 1,75 года. При внедрении регулируемого привода к конвейерам с $K_M < 0,7$ (к остальным устройством плавного пуска) – 0,56, срок окупаемости варианта – 1,78 года (см. рисунок 3).

Выводы. Применение преобразователей частоты для регулирования режимов работы конвейерного транспорта с неравномерным грузопотоком представляется эффективным по снижению расхода электроэнергии и ресурсосбережению. Разнообразие горно-технологических условий и схем магистрального конвейерного транспорта требует индивидуального подхода к анализу энергосбережения каждого горного предприятия.

Список литературы

1. Нормирование топливно-энергетических ресурсов и регулирование режимов электропотребления [Текст]: сб. инструкций. / Под общ. ред. В.В.Дегтярева.—М.: Недра, 1983.—223 с
2. Кариман, С.А. Моделирование и оптимизация производственных процессов при добыче угля [Текст]/: С.А. Кариман, А.В. Брайцев, Шрамко В.М.—М.: Наука, 1975. —135 с.
3. Шахмейстер, Л.Г. Вероятностные методы расчета транспортирующих машин [Текст]/ Л.Г. Шахмейстер. —М.: Наука:1983. —312 с.
4. По материалам сайта <http://www.bartec.de/russia/>

Рекомендовано до друку: проф. Разумный Ю.Т.