

А.В. Рухлов, канд. техн. наук, А.В. Козарь
(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)

ВЫБОР КРИТЕРИЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА ШАХТ В АСПЕКТЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Постановка задачи. Основные задачи угольной промышленности Украины – увеличение объемов добычи, повышение эффективности использования и снижение себестоимости добываемого угля. Их реализация, наряду с внедрением новых видов оборудования, заключается в более эффективной эксплуатации существующих технологических систем шахт, в том числе и конвейерного транспорта. Динамика горного производства, непостоянство пространственного расположения горных выработок, неравномерность грузопотоков, частые отказы элементов транспортной системы – вот основные условия, предопределяющие целесообразность применения аккумулирующих бункеров с целью повышения эффективности подземного транспорта. Для раскрытия всего потенциала систем конвейерных линий с аккумулирующими угольными бункерами необходимо учитывать существующие опытные данные и использовать новые возможности моделирования производственных процессов при помощи ЭВМ. Это позволит получить и проанализировать различные режимы работы транспорта, место расположения и вместимость бункеров. В свою очередь, выбор оптимального режима функционирования системы конвейеров будет зависеть от различных условий и соответствующих критериев, вытекающих из необходимости выполнения требований по энергосбережению.

В этой связи **цель работы** – обоснование критериев выбора оптимального режима работы системы конвейерного транспорта с применением аккумулирующих угольных бункеров в аспекте снижения энергозатрат и уменьшения размера оплаты за потребленную электроэнергию.

Изложение основного материала. Для повышения эффективности работы конвейерного транспорта существует ряд мероприятий, одно из которых – установка аккумулирующего угольного бункера перед малозагруженным конвейером или конвейерной линией.

Эффективного управления грузопотоками и снижения удельного расхода электроэнергии можно достичь путем регулирования скорости движения конвейерной ленты, в зависимости от поступающего грузопотока, с помощью частотно-регулируемого привода. Однако такой способ имеет свои недостатки. Во-первых, диапазон регулирования частоты в установившемся режиме особенно для конвейеров, установленных в наклонных выработках, ограничен, чтобы говорить о существенном изменении производительности. Увеличению скорости движения ленты будут препятствовать свойства транспортируемого груза, который будет просыпаться с конвейера. При уменьшении частоты вращения необходимо обеспечить рабочий момент на валу двигателя, к тому же использовать высокопроизводительный конвейер для транспортирования малого объема

груза просто нецелесообразно. Во-вторых, длительная работа преобразователя в режиме пониженных частот требует дополнительного принудительного охлаждения как двигателя, так и самого преобразователя. Значительно больший интерес частотно-регулируемый привод асинхронного двигателя конвейера представляет для режима его ступенчатого или плавного запуска (особенно в загруженном состоянии).

При определении возможности установки аккумулирующего бункера, его типа и вместимости следует учитывать:

- горно-геологические условия;
- стоимость бункера и его обустройства;
- срок окупаемости капитальных затрат;
- срок службы сопряженных горных выработок и др.

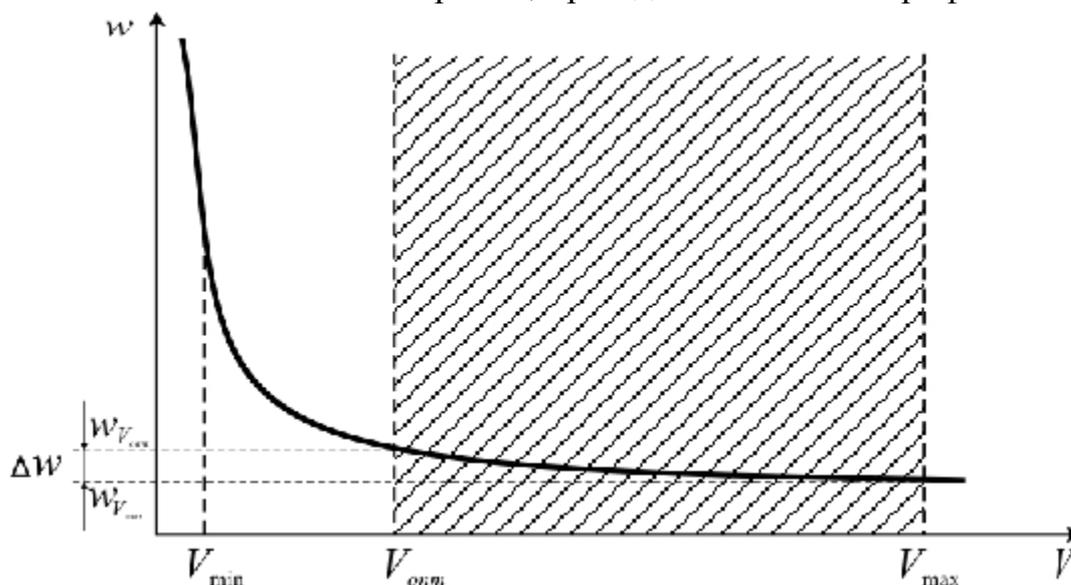
Основным критерием при применении аккумулирующего бункера выступает экономическая эффективность, которая напрямую зависит от снижения электропотребления, т.е. от удельного расхода электроэнергии на транспортирование угля.

Применение аккумулирующего бункера вместимостью, достаточной для остановки подбункерной конвейерной цепочки, позволит отключать мощные конвейеры на период заполнения емкости, который может и должен совпадать по времени с часами максимальных нагрузок в энергосистеме. Таким образом, исключив работу конвейеров в холостом и малозагруженном режимах, можно достичь снижения удельного расхода и потребления электроэнергии, что соответственно приведет к экономии денежных средств. В отличие от показателя экономии электроэнергии, изменение удельного расхода объединяет в себе, помимо экономических, еще и технологические характеристики. Удельный расход для угольного конвейера базируется на технологических затратах электроэнергии и зависит от объема транспортируемого груза, условий и продолжительности работы технологического оборудования. Стремящийся к нормированному (минимальному) значению удельный расход будет являться одним из критериев для оптимизации работы конвейерного транспорта при оплате за потребленную электроэнергию по одноставочному тарифу.

В случае оплаты по дифференцированному по зонам суток тарифу остановка мощных магистральных конвейеров в часы пиковых нагрузок без нарушения технологического процесса приведет к значительной экономии денежных средств. Достичь такой остановки конвейеров возможно при условии применения достаточных по емкости аккумулирующих угольных бункеров. При этом загрузка конвейерной ленты и самого бункера в определенные моменты времени может отличаться от номинальных значений. Связано это с необходимостью преждевременной разгрузки бункера при его неполной загрузке для исключения работы магистральных конвейеров в часы пиковых нагрузок в энергосистеме. Это отличает предыдущие подходы к оптимизации работы конвейерной системы без учета дифференцированного тарифа от сегодняшних требований и условий. Такое положение позволяет выбрать два основных критерия оптимизации – снижение удельного расхода и уменьшение денежных затрат на оплату за потребленную электроэнергию.

С одной стороны, увеличение вместимости угольного бункера может привести к снижению удельного расхода электроэнергии, а с другой стороны – к увеличению стоимости самого бункера. При этом величина минимального объема бункера ограничена условием исключения частых пусков и остановок подбункерных конвейеров, что может привести к преждевременному износу и порыву дорогостоящей конвейерной ленты. Максимальная вместимость бункера будет ограничена горно-геологическими условиями в месте установки и экономической целесообразностью, в том числе сроком эксплуатации прилегающих выработок и планом горных работ.

Наряду с корректным подходом к моделированию грузопотоков и процесса транспортирования угля, важным моментом является представление процессов загрузки и разгрузки самого бункера, учет взаимодействия элементов транспортной системы в условиях, направленных на оптимизацию работы конвейерного транспорта в соответствии с вышеприведенными критериями. Имитационное моделирование процесса работы транспортной системы с аккумулялирующими бункерами показало, что удельный расход электроэнергии подбункерной конвейерной цепочки описывается экспоненциальной зависимостью. При этом максимальному значению вместимости бункера V_{\max} (вместимость бункера выбирается исходя из горно-геологических условий) соответствует значение удельного расхода энергии $w_{V_{\max}}$. Оптимальному значению V_{opt} соответствует значение $w_{V_{\text{opt}}}$ при условии, что разность Δw – незначительна по величине и стремится к минимальному значению. Как видно из рисунка, увеличение объема устанавливаемого бункера от V_{opt} до V_{\max} незначительно влияет на изменение величины w . Таким образом, при одноставочном тарифе на элек-



Зависимость удельного расхода электроэнергии подбункерной конвейерной цепочки от вместимости аккумулялирующего бункера

троэнергию устанавливать более вместительные (объемом более чем V_{opt}) и дорогостоящие бункера для снижения энергозатрат нецелесообразно.

При оплате за потребленную электроэнергию по дифференцированному по зонам суток тарифу вместимость аккумулирующих угольных бункеров должна быть такой, чтобы обеспечить или полную остановку, или наименьшую продолжительность работы мощных подбункерных конвейеров в часы пиковых нагрузок в энергосистеме. Исходя из этого условия, значение вместимости бункера будет лежать в зоне от $V_{\text{онт}}$ до $V_{\text{мах}}$. При выборе объема и типа угольного аккумулирующего бункера в этом случае необходимо учитывать ограничения, связанные с экономической эффективностью применения данного оборудования. В случае отсутствия перепада высот на сопряжении очистного забоя со штреком обустроить аккумулирующие емкости в виде горных бункеров практически невозможно, а с экономической точки зрения и нецелесообразно, так как срок окупаемости такого бункера будет больше срока эксплуатации сопряженных выработок. В этом случае более эффективным будет применение механизированных бункеров, которые после отработки соответствующих очистных забоев можно перенести и использовать на других транспортных ветвях.

Разветвленность и динамика изменений пространственного расположения элементов подземной транспортной системы предполагает наличие большого количества условий и ограничений при имитационном моделировании работы конвейерного транспорта угольной шахты. При этом основными критериями выбора рациональных режимов его функционирования будут снижение удельного расхода электроэнергии и уменьшение размера оплаты за ее потребление.

Выводы. Предложенные критерии оптимизации работы конвейерной транспортной системы шахты в аспекте энергосбережения учитывают как экономические, так и технологические ее характеристики. Область оптимальной вместимости аккумулирующего угольного бункера с учетом вышеназванных критериев при оплате за потребленную электроэнергию по дифференцированному по зонам суток тарифу ограничена минимальным объемом, соответствующим условию технической целесообразности, и максимальным, определяемым горно-геологическими характеристиками места установки самого бункера.