

and micro-component content of rocks. At the same time there is a significant transformation of the chemical composition of infiltrating waste water. The heavy metals concentration decreases before the water reaches the groundwater horizons and the environmental friendliness of groundwater in the area of ponds rises.

Originality. We have found that the aeration zone rocks serve as geochemical barrier that reduces inflow of heavy metals from the ponds into the groundwater. The efficiency of metal absorption depends on pH and mineral composition of rock and chemical properties and concentration of each metal. The important role of the calcium carbonate minerals in the sorption of heavy metals has been determined.

Practical value. The regularities of the sorption in the aeration zone rocks allow developing the effective ways of reduce of groundwater contamination by heavy metals in the zone of ponds location. Aeration zone rocks can be used as a geochemical barrier, which concentrates contaminants from the ponds, and thereby contribute to reducing of the pollution of groundwater in mining areas.

Keywords: *ponds, groundwater, aeration zone rocks, heavy metals*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.Є. Колесником. Дата надходження рукопису 16.01.13.

УДК 622.457.36

**В.И. Голинько, д-р. техн. наук, проф.,
И.О. Лутс**

Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г. Днепропетровск, Украина, e-mail: golinko@nmu.org.ua

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ПРОСЫПЕЙ ПРИ РАБОТЕ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

**V.I. Golinko Dr. Sci. (Tech.), Professor,
I.O. Luts**

State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: golinko@nmu.org.ua

STUDY OF SPILLAGE FORMATION DURING OPERATION OF BELT CONVEYOR

Цель. Изучение налипания марганцевой руды на конвейерную ленту, определение основных факторов, влияющих на процессы взаимодействия глинистых частиц с рабочей поверхностью ленты. Изучение интенсивности отложения просыпей и определение минимально допустимого временного промежутка между их уборкой при транспортировании марганцевой руды ленточным конвейером. А также исследование зависимости повышения запыленности воздуха от наличия просыпей в подленточном пространстве.

Методика. Методика промышленных исследований заключалась в выборе и обозначении замерных площадок через равные расстояния по длине конвейерного става. Расстояния между соседними роликостопорами на верхней ветви составляет 1,4 м, а на нижней ветви 2,8 м. Замерные площадки выбирались под обеими ветвями конвейера, причем ширина замерной площадки принималась равной ширине листов перекрытия, а длина равной шагу роликостопор. При этом фиксировалось время работы конвейера и его производительность, учитывалась эффективность работы очистных устройств. Производились еженедельные взвешивания количества просыпей на замерных площадках.

Результат. Определены зависимости интенсивности отложения просыпей: B_x/A_k и B_p/A_k – отношение массы просыпей с одного квадратного метра холостой и рабочей ветви конвейера соответственно к его производительности. Математической обработкой этих данных установлены эмпирические зависимости, позволяющие определить суточную интенсивность просыпания как функцию длины конвейерной ленты.

Научная новизна. Заключается в том, что была изучена интенсивность отложения просыпей в подленточном пространстве конвейера.

Практическая значимость. Разработана методика, позволяющая определить интенсивность образования просыпей по длине конвейера в зависимости от его производительности, ширины ленты, степени эффективности очистки и центровки ленты, установить их влияние на концентрацию пыли в воздухе и прогнозировать периодичность уборки.

Ключевые слова: *конвейер, образование просыпей, атмосфера, налипание руды, источники пылеобразования*

Постановка проблемы. Опыт эксплуатации ленточных конвейеров в шахтах Марганецкого ГОКа показывает, что происходит процесс залипания

вращающихся частей (роликов, барабанов) и транспортной ленты. Наиболее рациональным способом борьбы с залипанием ленточных конвейеров является профилактический метод, заключающийся в предотвращении или значительном уменьшении

налипания материала на рабочие поверхности посредством воздействия на основные факторы залипания. Для этого надо выявить причины залипания и найти пути воздействия на них в нужном направлении. Необходимо учитывать то, что залипание ленточных конвейеров является плохо организованной системой, в которой действует множество различных факторов, механизм совместного действия которых недостаточно изучен.

Основные факторы можно разделить на группы.

Первая группа факторов (влажность, состав жидкой фазы, гранулоцентрический, минералогический и химический составы) определяет липкость руды. *Вторая группа* факторов (скорость движения, натяжение и погонный вес ленты, погонный вес груза, шаг роликкоопор) влияет на подбрасывание, скольжение и шевеление руды. *Остальные факторы* (свойства и состояние ленты, длина конвейера, конструкция перегрузочного устройства) учитываются в отдельных случаях.

Существенное влияние оказывает липкость марганцевой руды и ее перемещение относительно ленты. Материал при транспортировании испытывает шевеление, которое зависит от скорости ленты и ее провеса между роликкооперами.

В результате относительного движения частиц груза на ленте происходит его расслоение или стратификация, то есть закономерное распределение по крупности и удельному весу. Крупные куски „всплывают“, а мелкие „мигрируют“ вниз. Интенсивность и степень стратификации возрастают при увеличении скорости движения ленты. Существуют три основных вида состояния руды на ленте:

1. Усредненное состояние марганцевой руды в месте ее погрузки, когда мелкие липкие компоненты не успели еще образовать сплошной слой.

2. На движущейся по роликкооперам ленте в результате подбрасывания, шевеления, перемешивания происходит расслоение материала, на ленте сплошным слоем выделяется мелкая липкая фракция.

3. Липкие частицы скользят по ленте, испытывая при этом давление вышележащих слоев, происходит „намазывание“ или экстенситация материала, образуя налипший слой.

По составу нерудных минералов марганцевые руды делятся на преимущественно глинистые и преимущественно песчанистые. Содержание в рудном пласте липкого глинистого материала 25–55%, не липкого 45–75%. Глины наиболее характерны для зоны карбонатных руд.

По данным НИГРИ количество твердых включений в пласте марганцевой руды с размерами отдельных зерен более 5 мм составляет в среднем 30–40%, содержание частиц класса более 35 мм не превышает 10–11%. В песчанистых марганцевых рудах содержится песков 5–15%, марганцевых минералов 60–70%, глин 25–35%. Коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протодьяконова колеблется в пределах от 1–3, а твердых пропластков карбонатной руды до 6. Естественная влажность рудного пласта мо-

жет достигать 47%. При обнажении пласта, т. е. при проходческих и очистных работах, влажность снижается почти вдвое за счет сжатия. Влажность придает марганцевой руде ряд свойств (липкость, вязкость), влияющих на работу ленточных конвейеров и обычных комбайнов.

Силы прилипания глинистых частиц к ленте являются результатом молекулярного взаимодействия, которые характеризуются ван-дерваальсовскими силами, проявляющимися между молекулами на расстоянии от одного до нескольких сот их диаметров и зависящими от зазора между контактирующими телами. Если в этом зазоре присутствует вода, содержащая обычно ионы, то силы прилипания обуславливаются также действием капиллярных и ионных сил. В развитии сил прилипания глинистых частиц, являющихся мелкодисперсными системами, основная роль принадлежит капиллярным силам, результирующее действие которых вызвано силами поверхностного натяжения менисков воды. Если зазор мал, то силы молекулярного взаимодействия суммируются в капилляры и прилипание возрастает, а если зазор велик, то возникающее расклинивающее действие воды существенно уменьшает силу прилипания.

При достижении капиллярными силами определенной величины со временем происходит самопроизвольное движение частиц глины и поверхности ленты, результатом которой является возникновение молекулярной связи между ними. С течением времени в формировании и увеличении силы прилипания глины, помимо капиллярных, молекулярных и ионных взаимодействий, существенную роль начинают играть и цементационные связи, возникающие по причине кристаллизации вещества из раствора и увеличения площадок непосредственного контакта. При удалении жидкости из пограничного слоя за счет испарения и отсоса ее менее влажными вышележащими частицами глины, удельное прилипание глины к ленте увеличивается.

Налипание влаги в зоне контакта липкого материала и ленты вызывает появление силы сцепления, направленной тангенциально к поверхности контакта, и силы прилипания, направленной нормально к поверхности контакта.

Марганцевая руда представляет собой влажную рыхлую массу черного (окисные руды) или буровато-серого (карбонатные руды) цвета, состоящую из смеси песка, глины, землистых окислов марганца и твердых конкреций марганцевых минералов разнообразных размеров и форм. Встречаются также твердые пропластки в нижней части пласта, которые, в большинстве случаев, представляют сцементированную кальцитом песчано-глинистую массу.

Содержание в рудном пласте липкого глинистого материала составляет примерно 50%. Глины наиболее характерны для зоны карбонатных руд, которые, в основном, и добываются в настоящее время. Глинистая масса во влажном состоянии мягкая, легко скатывается в жгут, слегка жирная на

ощупь, имеет шелковистый блеск, при высыхании твердеет и становится более светлой. Влажность марганцевой руды 20–25%. Наличие влаги в зоне контакта липкого материала вызывает увеличение сил сцепления.

Марганцевая руда имеет значительную липкость. В результате движения конвейерной ленты происходит расслоение материала и оседание на ленту сплошным слоем липкой мелкой фракции. Часть этого налипшего слоя очищается скребками. Однако тонкий слой остается на ленте и быстро подсыхает, а затем осыпается в виде чешуек, пыли и комочков. В первую очередь осыпание происходит при набегании ленты на поддерживающие ролики. Постепенно количество просыпей увеличивается, они доходят до поддерживающих роликов, которые вращаются в процессе работы.

Затем, если просыпи не убирать, они поднимаются, достигая конвейерной ленты, скользящей по этой массе и, вследствие трения как роликов, так и ленты, образуется мелкодисперсная пыль, которая ухудшает санитарно-гигиенические условия в горной выработке. Поддерживающие ролики, особенно на холостой ветви, также покрываются липким слоем руды, и при подсушивании руда выпадает в осадок в виде чешуек.

Анализ последних исследований. Опыт эксплуатации ленточных конвейеров показывает, что основными причинами образования просыпей являются:

- а) под рабочей ветвью:
 - неудовлетворительная центровка ленты;
 - порывы и проколы ленты;
- б) под холостой ветвью:
 - трудность очистки ленты в связи с липкостью и влажностью руды.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. При образовании просыпей, последние скапливаются сперва вблизи поддерживающих роликов, а потом постепенно распространяются на всю площадь под холостой и рабочей ветвями конвейера. Наклонный конвейер 2ЛУ120 имеет значительную скорость – 3,15 м/с, что также способствует увеличенному пылеобразованию.

Ручная уборка подленточных просыпей очень трудоемка и непроизводительна, при ее осуществлении также происходит пылеобразование. Отсюда возникает необходимость создания устройства для механической уборки просыпей.

Постановка проблемы. Для разработки способов и средств уборки просыпей необходимо определить интенсивность их отложения.

Изложение основного материала. При определении интенсивности отложения просыпей были выбраны участки вдоль конвейера и намечены замерные площадки через равные расстояния по длине конвейерного става. Расстояния между соседними роликоопорами составляют на верхней ветви 1,4 м, а на нижней ветви 2,8 м. Замерные площадки выбирались под обеими ветвями конвейера, причем

ширина замерной площадки принималась равной ширине листов перекрытия, а длина равной шагу роликоопор.

При этом фиксировалось время работы конвейера и его производительность, учитывалась эффективность работы очистных устройств. Производились еженедельные взвешивания количества просыпей на замерных площадках.

Результаты замеров суточных отложений просыпей приведены на (рис.1).

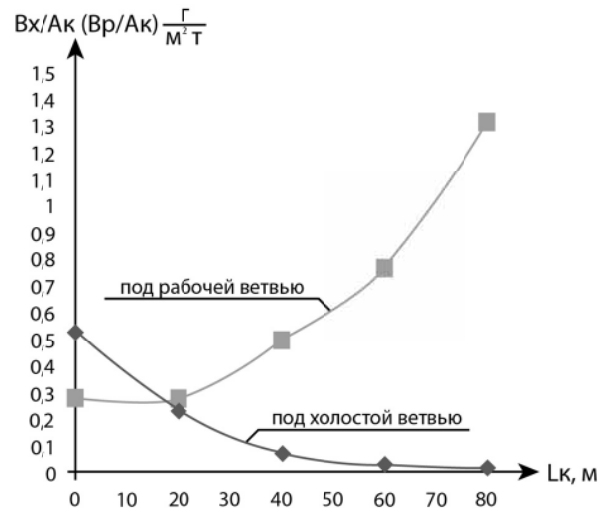


Рис.1. Зависимость интенсивности отложения просыпей, от: V_x/A_k и V_p/A_k – отношение массы просыпей с одного квадратного метра, соответственно, холостой и рабочей ветви конвейера к его производительности

В результате математической обработки нами получены эмпирические зависимости, позволяющие определить суточную интенсивность просыпания как функцию длины конвейерной ленты, $\frac{\Gamma}{\text{м}^2\cdot\text{Т}}$.

$$\frac{V_x}{A_k} = 0,52 \exp(-0,047L_k);$$

$$\frac{V_p}{A_k} = a + cL_k^3, \quad (1)$$

где $V_{x/p}$ – масса просыпей на единицу площади холостой и рабочей ветвей соответственно, $\text{г}/\text{м}^2$, A_k – производительность конвейера, $\text{т}/\text{сут}$; 0,52; 0,47 – коэффициенты определены экспериментально; L_k – длина конвейера, м; a, c – опытные коэффициенты, определенные экспериментально; $a = 0,32$; $c = 2,8 \cdot 10^{-6}$.

После подстановки всех величин в формулу (1) получим

$$\frac{V_p}{A_k} = 0,32 + 2,8 \cdot 10^{-6}L_k. \quad (2)$$

Следует заметить, что вид функциональных зависимостей (1) и (2) был выбран в результате линеаризации, а коэффициенты были определены с помощью метода наименьших квадратов.

Так как в общем случае величина просыпей B (масса просыпей на единицу площади) является функцией x и y (ось y лежит в плоскости, параллельной конвейерной ленте и перпендикулярна оси x , т. е. в направлении оси конвейера, за начало координат выбран борт конвейера у приводного барабана), то суммарная суточная величина этих просыпей в подконвейерном пространстве может быть записана в виде следующего интеграла

$$M = \iint_S B dS_p. \quad (3)$$

Исследования показали, что, в первом приближении, величину B можно считать независимой от y .

Рассматривая S_p как прямоугольник длиной L_k и шириной b , интеграл (3) запишем в виде

$$M = \int_0^{L_k} B dx \int dy$$

или

$$M = b \int_0^{L_k} B dx, \quad (4)$$

где b – ширина поверхности, занятая просыпями, м.

С достаточной точностью b можно считать равной ширине листов перекрытия.

Используя для холостой и рабочей ветви конвейера уравнения (1), (2) и (4), получаем зависимости суммарной величины просыпей в подконвейерном пространстве на участке конвейерной линии, длиной L_k .

Для холостой ветви, г/сут

$$M_x = 0,52 A_k b \int_0^{L_k} \exp(-0,047x) dx = 11,06 A_k b (1 - e^{-0,047L_k}).$$

Для рабочей ветви, г/сут

$$M_p = A_k b \int_0^{L_k} (0,32 + 2,8L_k^3 \cdot 10^{-6}) dx = A_k b (0,32L_k + 0,7L_k^4 \cdot 10^{-6}).$$

Ориентировочно уборку просыпей следует производить не реже одного раза в месяц, в противном случае запыленность воздуха в наклонном стволе шахты №9–10 может резко возрасти.

Выводы. Установлено, что запыленность воздуха в конвейерных выработках зависит от количества просыпей рудной мелочи, скапливающихся под холостой и рабочей ветвями ленты. Разработанная методика, позволяющая определить интенсивность образования просыпей по длине конвейера в

зависимости от его производительности, ширины ленты, степени эффективности очистки и центровки ленты, установить их влияние на концентрацию пыли в воздухе и прогнозировать периодичность уборки.

Список литературы / References

1. Голинько В.И. Исследование воздушного и пылевого баланса в наклонном стволе шахты №9–10 Марганецкого горно-обогатительного комбината / В.И. Голинько, И.О. Лутс, Е.А. Яворская // Науковий вісник НГУ. – 2012. – № 3. – С. 98–101.

Golinko, V.I., Luts, I.O. and Yavorskaya, Ye.A. (2012), “Reserch of air and dust balance in inclined shaft of the mine No.9–10 at Marganetskiy Dressing Plant”, Naykovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, Dnepropetrovsk, no. 3, pp. 98–101.

2. Відкладення просипів на стрічкових конвеєрах та їх вплив на рівень запиленості шахтної атмосфери / К.В. Кузьмін, В.В. Гладирь [та ін.] // Охорона праці та навколишнього середовища на підприємствах гірничо-металургійного комплексу. – 2003. – випуск № 5. – С. 42–47

Kyzminov, K.V. and Gladir, V.V. (2003), “Deposition of spills on belt conveyors and their influence on mine atmosphere dustiness level”, Okhorona pratsi ta navkolyshniogo seredovysha na pidpryemstvakh girnycho-metalurgiynogo kompleksu, no. 5, pp. 42–47.

Мета. Вивчення налипання марганцевої руди на конвеєрну стрічку, визначення основних чинників, що впливають на процеси взаємодії глинистих часток з робочою поверхнею стрічки. Вивчення інтенсивності відкладення просипів і визначення мінімально допустимого часового проміжку між їх прибиранням при транспортуванні марганцевої руди стрічковим конвеєром. Дослідження залежності підвищення запиленості повітря від наявності просипів у підстрічковому просторі.

Методика. Методика промислових досліджень полягала у виборі та позначенні замірних майданчиків через рівні відстані за довжиною конвеєрного ставу. Відстані між сусідніми ролюкооперами становлять на верхній гілці 1,4 м, а на нижній гілці 2,8 м. Замірні майданчики вибиралися під обома гілками конвеєра, причому ширина замірного майданчика приймалася рівною ширині листів покриття, а довжина рівною кроку ролюкоопор. При цьому фіксувався час роботи конвеєра та його продуктивність, ураховувалася ефективність роботи очисних пристроїв. Проводилися щотижневі зважування кількості просипів на замірних майданчиках.

Результати. Визначені залежності інтенсивності відкладення просипів: B_x/A_k та B_p/A_k – відношення маси просипів з одного квадратного метра, відповідно, холостої та робочої гілки конвеєра до його продуктивності. Математичною обробкою цих даних встановлені емпіричні залежності, що дозволяють визначити добову інтенсивність просипання як функцію довжини конвеєрної стрічки.

Наукова новизна. Полягає в тому, що була вивчена інтенсивність відкладення просипів у підстрічковому просторі конвеєра.

Практична значимість. Розроблена методика дозволяє визначити інтенсивність утворення просипів за довжиною конвеєра в залежності від його продуктивності, ширини стрічки, ступеня ефективності очищення та центрування стрічки, встановити їх вплив на концентрацію пилу в повітрі та прогнозувати періодичність прибирання.

Ключові слова: конвеєр, утворення просипів, атмосфера, налипання руди, джерело пилоутворення

Purpose. To study sticking of manganous ore on the conveyer band and to determine the major factors influencing processes of interaction of clay particles and working surface of the conveyer band. To study the intensity of spillage and determine the minimum time interval between cleaning during the process of transportation of manganous ore by the band conveyer. To study the dependence of increase of the dust content in air on presence of spilled ore in the under band space.

Methodology. The technique of industrial research consisted in choosing and marking gauge platforms at regular distances along the conveyer line. The distance between adjacent roller supports on the top branch is 1.4 m, and the same on the bottom branch is 2.8 m. The

gauge platforms were located under both branches of the conveyer, and their width was accepted to be equal to overlap sheets, and their length was equal to the roller supports spacing. During the research the operating time of the conveyer and its productivity has been fixed, and the performance of clearing devices has been considered. The ore spilled on gauge platforms has been weighted weekly.

Findings. We have found out the relation of intensity of spillage: the relation of weight of spilled ore from one square metre of loaded and unloaded branches of the conveyer to its productivity. Mathematical processing of the data allowed to determine the empirical dependences defining the daily intensity of spillage as the function of length of the conveyer band.

Originality. We have studied the intensity of accumulation of spilled ore in the under band space.

Practical value. We have developed the technique allowing us to assess the intensity of accumulation of spilled ore along the conveyer band taking into account its productivity, width of the band, efficiency of cleaning and band centering, to determine its influence on the dust concentration in the air and to predict periodicity of cleaning.

Keywords: *air exchange, conveyer, dust discharge, atmosphere, temperature, shaft*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.С. Колесником. Дата надходження рукопису 31.01.13.