

РОЗДІЛ «БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ»

УДК 622.465.3

ЕВСТРАТЕНКО Л.И., аспірант
ЮРЧЕНКО А.А., к.т.н., доцент

Криворожский национальный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ВОЗДУХА
В ПОРИСТОЙ СРЕДЕ ОБРУШЕННЫХ ЗОН РУДНИКОВ КРИВБАССА

Введение. Опыт эксплуатации рудников Кривбасса свидетельствует о значительном влиянии аэродинамически активных зон обрушений на эффективность функционирования вентиляционных систем при добыче руды с глубоких рудников. В этих условиях для правильного решения основных вопросов по повышению эффективности проветривания глубоких рудников важнейшей задачей является достоверная оценка параметров фильтрационных потоков и режимов движения воздуха в пористой среде обрушенных зон рудников.

Постановка задачи. Движение газа в пористой среде обрушенных зон связано с возникновением сильных возмущений, обусловленных чрезвычайно сложной конфигурацией пор. Поэтому скорости движения газа в пористой среде незначительны по сравнению с движением в каналах. Факторами такого возмущения являются: множество резких поворотов на сравнительно малых отрезках длины поровых каналов; срыв струи с многочисленных выступов и образование местных вихрей; возникновение возмущений в потоке в результате слияния отдельных струек, которые зачастую разнонаправлены и имеют различную величину скорости. В связи с этим при фильтрации в пористой среде отклонение от закона Дарси происходит достаточно плавно и при малых числах Рейнольдса (Re). Плавный переход одного режима фильтрации в другой при движении газа в пористой среде обусловлен также наличием пор различного диаметра.

При достижении значений числа Рейнольдса выше критического, т.е. когда имеет место увеличение скорости движения флюида в пористой среде, нарушается линейный закон фильтрации и происходит переход через неустойчивую зону к турбулентному режиму.

Целью настоящей публикации является проведение исследований по установлению режимов фильтрации воздуха в пористой среде обрушенных зон рудников Кривбасса.

Результаты работы. С известной долей приближения суммарный градиент давления при движении жидкости в порах породы можно представить как сумму потерь от инерционных сил и от сил трения [1]:

$$\Delta P = \frac{2L\mu}{k_{np}} v_{\phi} + \frac{2L\rho}{k_T} v_{\phi}^2, \quad (1)$$

где ΔP – перепад давления, Па;

L – длина (или толщина слоя) пористой среды, м;

ρ – плотность воздуха, кг/м³;

μ – динамическая вязкость воздуха, Н·с/м²;

v_{ϕ} – скорость фильтрации, м/с;

k_{np} – коэффициент проницаемости пористой среды, определяемый экспериментально при ламинарном режиме течения;

k_T – коэффициент проницаемости пористой среды, определяемый экспериментально при турбулентном режиме течения.

Турбулентность потока в различных порах возникает не одновременно. Если в некоторых из них движение идет при уже сформировавшемся турбулентном потоке, то в других он может только зародиться. При этом общего перемешивания потока, которое происходит в трубах при турбулентном движении, в пористой среде не может быть из-за наличия перегородки между отдельными порами.

Таким образом, все перечисленные выше факторы снижают критическое значение числа Re для пористой среды и приводят к плавному переходу режима фильтрации от чисто ламинарного до вполне сформировавшегося турбулентного режима и вызывают его значительно быстрее, чем это наблюдается в единичных каналах (щелях или трубах). Выделить из этого множества фактор, преобладающий для данной пористой среды, пока не представляется возможным.

В условиях сформировавшегося турбулентного режима фильтрации газа в пористой среде, когда коэффициент гидравлического сопротивления λ_T не зависит от параметра Re_T , для определения потери давления принят параметр, учитывающий суммарно все изложенные выше факторы [2]. Таким параметром для пористой среды является параметр турбулентности k_T или иначе ее проницаемость при вполне сформировавшемся турбулентном режиме фильтрации.

Все факторы, резко снижающие критическое значение параметра Re_T для пористой среды по сравнению с трубами и приводящие к плавному отклонению сопротивления при увеличении скорости фильтрации от найденного согласно линейному закону, зависят от структуры порового пространства. Следовательно, параметр турбулентности пористой среды k_T является ее функцией. В свою очередь структура порового пространства обуславливается породообразующим материалом, его укладкой, цементирующим веществом и рядом дополнительных причин, влияющих на обычные характеристики пористой среды: проницаемость, пористость, эффективный диаметр зерна, средний радиус пор и т.д. Поэтому вполне естественно связывают параметр турбулентности пористой среды с обычными характеристиками породы.

Параметр турбулентности пористой среды можно рассчитать по следующей формуле [3]:

$$k_T = \frac{gd_{cp}^2}{N_T\gamma}, \quad (2)$$

где N_T – постоянная величина для определенного гранулометрического состава пористой среды, обладающей свойственной лишь ей структурой шероховатости на внешней поверхности кусков и присущим ей эквивалентным диаметром каналов [4]; для устойчивого турбулентного режима в пористой среде можно принимать $N_T = f$ [4];

d_{cp} – средний диаметр пор, мм;

γ – удельный вес воздуха, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

f – коэффициент аэродинамического сопротивления пористой среды.

На рис.1 показана зависимость параметра турбулентности пористой среды от среднего диаметра зерна породы.

Как видно из графика (рис.1), параметр k_T возрастает с увеличением среднего диаметра пор d_{cp} , который определяется по зависимости, полученной на основании исследований [4]:

$$d_{cp} = 1,311 \exp 0,0575d_k, \quad (3)$$

где d_k – диаметр частиц породы, мм.

Количество приведенных данных на графике ограничено в связи с тем, что не по всем образцам пористых сред, на которых исследовались режимы фильтрации жидкостей и газов, проводился ситовой анализ породообразующего материала.

Подставляя в выражение (2) зависимость (3) и с учетом того, что $N_T = f$, получим

$$k_T = 1,719 \frac{g(\exp 0,0575 d_k)}{f\gamma}$$

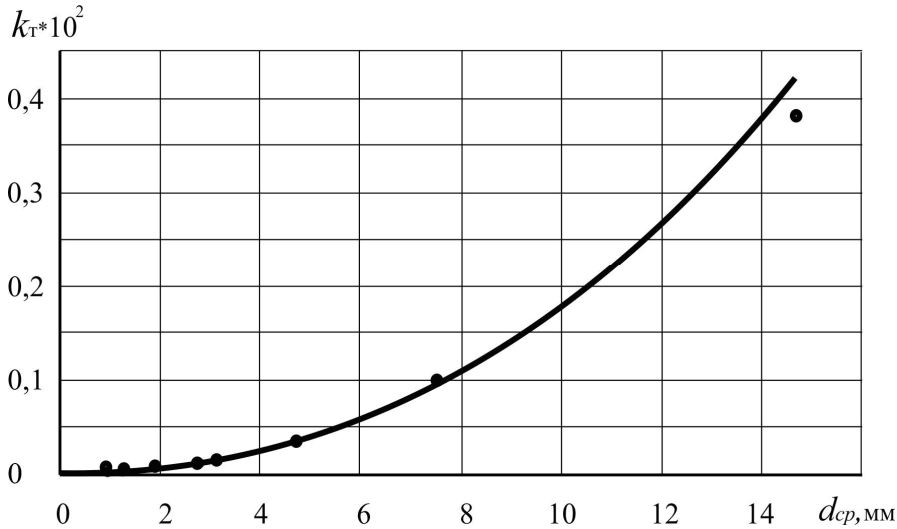


Рисунок 1 – Зависимость k_T от d_{cp}

Изменение параметра k_T наблюдается и от коэффициента пористости m (рис.2).

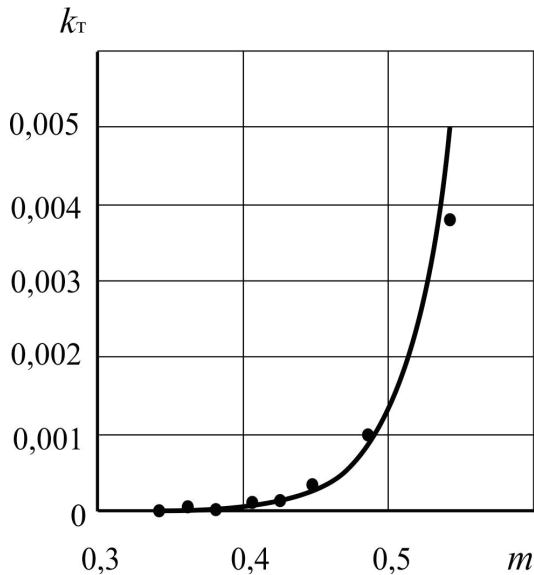


Рисунок 2 – Зависимость k_T от коэффициента пористости m

С увеличением значений m параметр турбулентности пористой среды возрастает. Подобная тенденция к изменению параметра k_T наблюдается и от отношений проницаемости пористой среды к среднему радиусу пор или к эффективному диаметру зерна.

Как видно из графиков рис.1 и 2, параметр турбулентности пористой среды неоднозначно зависит от тех или иных обычных параметров породы. По-видимому, эта зависимость имеет более сложный характер и не остается постоянной для различных серий пористых сред, образовавшихся при отличных геологических условиях.

Параметр турбулентности пористой среды и проницаемость породы имеют различный физический смысл.

Первый обуславливает потерю давления при квадратичном законе фильтрации и имеет размерность длины. Второй характеризует пористую среду при движении в ней жидкостей или газов по закону Дарси и имеет размерность площади. Однако, как видно из рис.3, некоторая зависимость между параметром турбулентности пористой среды и коэффициентом проницаемости для исследованных образцов породы существует. Это

происходит потому, что параметр турбулентности пористой среды обуславливается суммой рассмотренных выше факторов, которые влияют также до некоторой степени и на проницаемость породы, а общее сочетание их, по-видимому, характерно для первого и второго параметров. Найденная эмпирическая зависимость между параметром турбулентности пористой среды и коэффициентом проницаемости нанесена на график (рис.3) и имеет вид

$$k_T = 1 \cdot 10^{-6} e^{1,402k} . \quad (4)$$

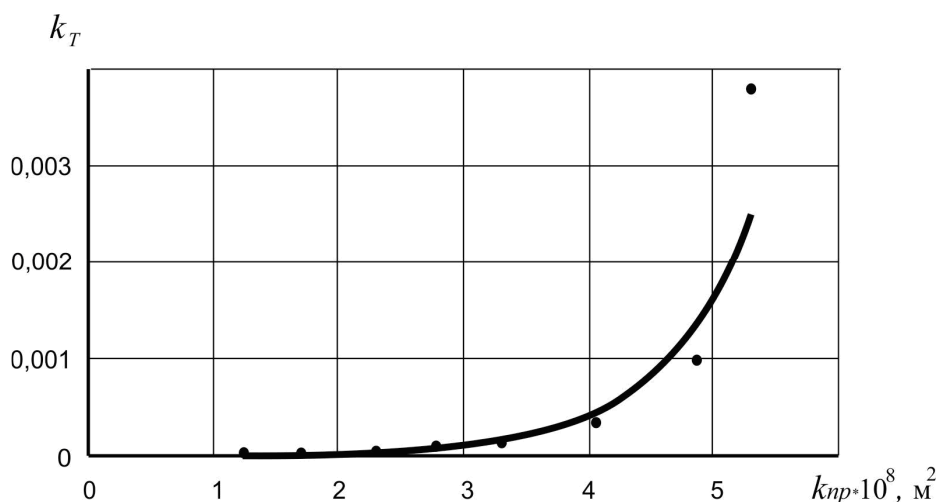


Рисунок 3 – Зависимость параметра турбулентности пористой среды от проницаемости

Полученное выражение не рассчитано на высокую точность определения параметра турбулентности пористой среды по коэффициенту проницаемости, поэтому может быть рекомендовано лишь как оценочное.

Учитывая выражение (4), можно без непосредственного определения величины параметра турбулентности пористой среды, что в некоторых случаях значительно затруднено, приближенно рассчитать потерю давления по двучленному уравнению, которое справедливо в любом диапазоне чисел Re_T . Для такого оценочного расчета на основании формулы (1) и эмпирического выражения (4) двучленное уравнение можно представить в виде

$$\Delta P = \frac{2L\mu}{k_{np}} v_{\phi} + \frac{2 \cdot 10^6 L\rho}{\exp 1,402k_{np}} v_{\phi}^2 . \quad (5)$$

Выводы. Таким образом, потерю давления при фильтрации газов в пористой среде более правильно определять по двучленной формуле с применением параметров породы, по которой происходит движение газа (проницаемости и турбулентности пористой среды). При малых значениях параметра Re ошибка в расчете потери давления по уравнению Дарси в сравнении с экспериментом будет незначительной, но при возрастании этого числа значительно выше критического при заданной точности проводимых расчетов будет заметно увеличиваться разница между рассчитанным и замеренным (при экспериментальном исследовании) перепадом давления на участке пористой среды. Во втором случае, при больших значениях параметра Re расчет по квадратичной зависимости будет приближаться к действительности по мере увеличения скорости фильтрации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Ф.А. Рудничная аэрогазодинамика / Ф.А.Абрамов. – М.: Недра, 1972. – 272с.
2. Пятибрат В.П. Подземная гидромеханика / В.П.Пятибрат. – Ухта: УГТУ, 2002. – 100с.

3. Савенко С.К. Аэрогазодинамика массовых взрывов в рудниках / Савенко С.К., Морозов Е.Г., Бережной В.И. – М.: Недра, 1976. – 184с.
4. Луговский С.И. Проветривание глубоких рудников / С.И.Луговский. – М.: Госгортехиздат, 1962. – 323с.

Поступила в редколлегию 27.06.2014.

УДК 613.6.027:669-131.2

РОМАНЮК Р.Я., к.т.н, ст. викладач
ЛЕВЧУК К.О., к.е.н., доцент

Дніпродзержинський державний технічний університет

БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПРИ ПРОКАТЦІ ЖЕРСТІ

Вступ. Жерсть – тонкий холоднокатаний лист з низьковуглецевої сталі, який застосовується для виготовлення легких штампованих та зварних конструкцій в машинобудуванні, електротехнічній, консервній та легкій промисловості, приладобудуванні та інших галузях економіки держави [1].

Аналіз сортаменту сталевого прокату, отриманого у світі за останні 25 років, показує, що обсяг холоднокатаної сталі безупинно збільшувався. В останні роки ця тенденція підсилася і за прогнозами в найближчі 10-20 років збережеться. Поряд зі збільшенням обсягу розширився сортамент і зросли вимоги, що пред'являються до точності геометричних розмірів, якості поверхні і властивостей холоднокатаного прокату. Одночасно з цим, особливу актуальність набули питання економії металу, енергоресурсів, трудових та інших матеріальних витрат (інструмента, технологічного змащення, кислоти, захисного газу тощо) при виробництві.

Особливої уваги потребують і питання, пов'язані із безпекою праці при прокатці, оскільки виробничий травматизм і профзахворювання не випадково прирівнюються до національних лих. Вони не тільки заподіюють горе і біль постраждалим, їх рідним і близьким, але і спричиняють величезні, непоправні суспільні втрати, негативно впливають на економіку країни, рівень життя людей.

В умовах, що не відповідають санітарно-гігієнічним нормам, в Україні працює зараз більше 3,4 млн. чоловік, забезпечення засобами індивідуального захисту складає 40-50%, 850 тис. машин, механізмів, транспортних засобів не відповідають вимогам безпеки, більш як 10 тис. виробничих будівель і споруджень знаходяться в аварійному стані [2].

На думку іноземних фахівців, велика кількість нещасних випадків зі смертельними наслідками в Україні обумовлена наступними причинами: незадовільною підготовкою працівників і керівників з питань охорони праці, відсутністю належного контролю за станом безпеки і виконанням встановлених норм, недостатньою забезпеченістю працюючих засобами індивідуального захисту, повільним впровадженням методів і пристроїв колективної безпеки на підприємствах, зношеністю (у деяких галузях до 80%) засобів виробництва.

Постановка задачі. Метою даної роботи є аналіз небезпечних та шкідливих факторів холодної прокатки жерсті за сучасною технологією і розробка рекомендацій з поліпшення умов праці, зниження травматизму та профзахворювань.

Результати роботи. Для створення безпечних умов праці в прокатних цехах, в тому числі і при холодній прокатці, необхідно передбачати: ефективну аерацію будівель, установку вентиляційних і аспіраційних пристроїв, повітряне та повітряно-водяне