

УДК 622.232.71

Н.Г. Бойко, д-р техн. наук, проф.,
О.В. Федоров, канд. техн. наук, доц.,
Е.Н. Бойко, канд. техн. наук, доц.,
В.А. Мельников, инж.,

Донецкий национальный технический университет,
Ю.А. Федотов, инж., ООО «Машиностроитель»

РАЗРУШЕНИЕ КРЕПКИХ ГОРНЫХ ПОРОД РЕЖУЩИМ ИНСТРУМЕНТОМ С ВРАЩАЮЩЕЙСЯ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТЬЮ

В работе рассмотрено разрушение крепкой горной породы типа песчаника очистными комбайнами в том случае, когда происходит полное или частичной замещение пласта этой породой.

Ключевые слова: комбайн очистной, орган исполнительный, инструмент режущий, износ, порода, разрушение.

Актуальность вопроса. Разрабатываемые в настоящее время угольные пласты иногда замещаются пустой породой. В основном это крепкая горная порода с коэффициентом крепости по шкале проф. М. Протодяконова не менее 8. И чем глубже залегают пласты, тем чаще происходит такое замещение пласта. В некоторых случаях число замещений пласта по длине лавы бывает и более одного. Длина замещения достигает 30 м.

Добыча угля из таких лав происходит следующим образом. При подходе комбайна к месту замещения работы по добыче угля останавливаются. Производится бурение шпуров на глубину, как правило, двойной ширины захвата комбайна с последующим взыванием и очисткой от породы этого участка лавы. Это процедура занимает до двух рабочих смен в сутки. В случае, когда таких замещений два или три по длине лавы, добыча угля может быть остановлена на сутки.

В этой связи, создание такого режущего инструмента, который позволял бы производить выемку угля и породы существующими очистными комбайнами, является актуальным.

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами. Попытки производить разрушение крепких пород замещения существующим режущим инструментом (резцами радиального или тангенциального типа) не дали положительного результата. Из-за большой абразивности породы режущий инструмент довольно быстро выходит из строя – происходит его интенсивный износ. Основная

причина этого явления заключается в том, что при разрушении массива пласта (угля или породы) существующий режущий инструмент скользит задней гранью относительно неразрушенной части пласта. При этом на задней грани резца формируется усилие пропорциональное сопротивляемости угля или породы резанию, точнее, разрушению и проекции площадки затупления задней грани резца на плоскость, перпендикулярную вектору скорости резания, рис. 1.

Это обуславливает интенсивный износ режущего инструмента как радиального, так и тангенциального типа, рис. 2. Характерной особенностью износа резцов тангенциального типа при повороте их в процессе разрушения – образование «грибка», рис. 2,б.

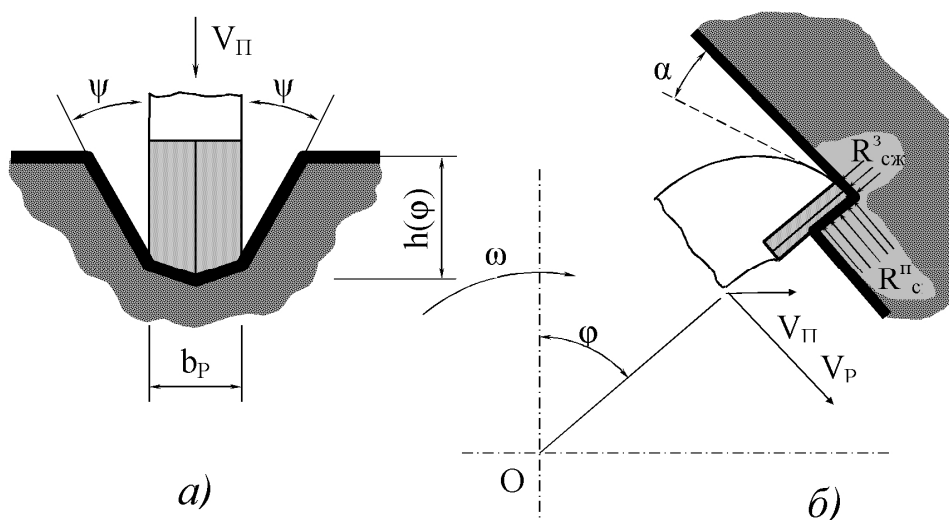


Рис. 1. – Характер разрушения пласта резцом радиального типа

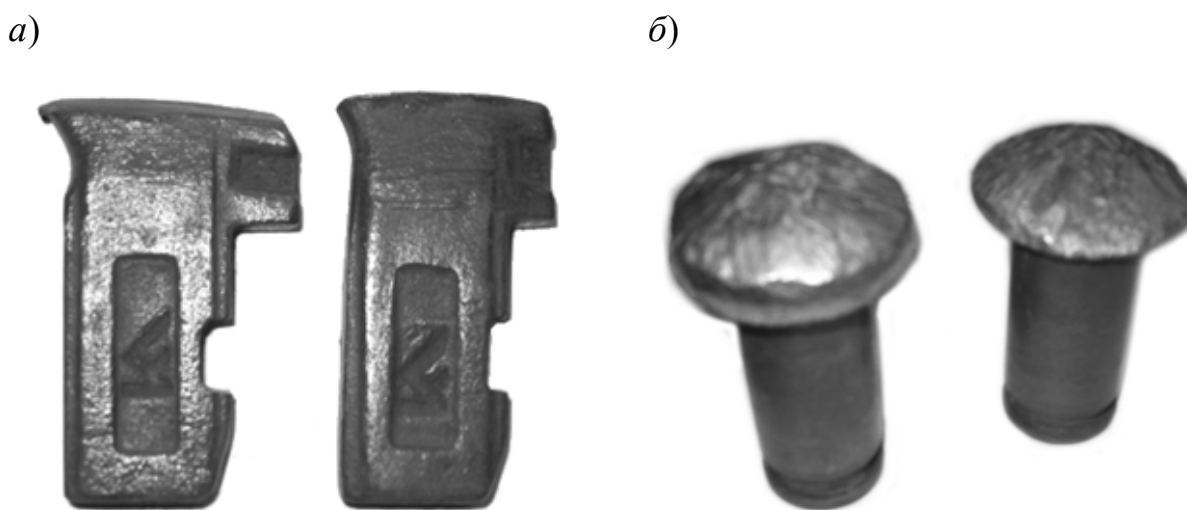


Рис. 2. – Вид изношенного режущего инструмента: радиального (а) и тангенциального (б) типа

Регламентированный расход режущего инструмента для шахт Донбасса составляет до 26 резцов на 1000 тонн добытого угля [1]. Расход же режущего инструмента при разрушении крепких пород никакими документами не регламентируется. Это обусловлено тем, что при добыче угля современными очистными комбайнами допускается наличие пустой породы с коэффициентом крепости по шкале проф. М. Протодьяконова до 4 и по мощности не более 10 % от мощности пласта. Это в основном глинистые сланцы, аргиллиты и алевролиты.

Поэтому, создание такого режущего инструмента, который обеспечивал бы работу комбайна в лаве, как по углю, так и по крепкой породе, является актуальной и сложной научной задачей.

Анализ исследований и публикаций. Вопросу износа режущего инструмента горных машин посвящено очень мало работ. Среди известных работ по этому вопросу - работы школы проф. М.Г. Крапивина [1], работы ИГД им. А.А. Скочинского [2, 3] (Россия) и некоторые работы авторов этой статьи [4, 5]. Во всех указанных и др. работах, посвященных вопросу износа режущего инструмента, износ инструмента описывается детерминированными зависимостями с применением ряда поправочных коэффициентов, полученных экспериментально. Поскольку экспериментально практически возможно получение данных для ограниченных условий, следует полагать, что эти зависимости если и дают приемлемые результаты, то только для тех условий, в которых проведены экспериментальные исследования. Это, во-первых. И во-вторых, все разработки относятся к режущему инструменту типа «резец», который перемещаясь относительно неразрушенной части пласта, формирует на гранях, в основном, задней грани, силы трения скольжения. Это и является основной причиной интенсивного износа инструмента.

Для разрушения крепких горных пород необходимо иметь такой режущий инструмент, у которого трение скольжения заменено трением качения. Поскольку силы перекачивания инструмента значительно (примерно на порядок) меньше сил трения скольжения, надо полагать, что и износ такого режущего инструмента будет значительно меньше, а ресурс его, соответственно, больше.

Постановка задачи. Задача повышения износостойкости (ресурса) режущего инструмента, обеспечивающего возможность одновременной работы очистного комбайна (без замены инструмента) как по углю, так и крепкой горной породе, должна решаться, в первую

очередь, с определения сил, формирующихся на гранях такого режущего инструмента при разрушении крепкой породы.

Изложение материала и результаты. Результаты экспериментальных тензометрических исследований процесса разрушения крепкой породы (песчаника) подтвердили гипотезу о том, что разрушение и крепких пород режущим инструментом горных машин происходит «сколами», рис. 3. Силы, формирующиеся на гранях инструмента, имеют явно выраженный динамический характер с крутыми фронтами, как нарастания, так и спада.

Пренебрегая малыми сколами, мгновенные значения усилий, формирующиеся на режущем инструменте с вращающейся режущей частью, и их линеаризации, рис. 4, представим в виде [5]:

– усилие перекатывания:

$$Z_i(l_i) = \begin{cases} \bar{k}_{zi} A_{pi} h_i l_i, & 0 \leq l_i \leq l_0; \\ \bar{k}_{zi} A_{pi} h_i l_0 \frac{l_1 - l_i}{l_1 - l_0}, & l_0 < l_i \leq l_1; \\ 0, & l_1 < l_i \leq l_2; \end{cases}$$

– усилие подачи:

$$Y_i(l_i) = \begin{cases} \bar{k}_{yi} A_{pi} h_i l_i, & 0 \leq l_i \leq l_0; \\ \bar{k}_{yi} A_{pi} h_i l_0 \frac{l_1 - l_i}{l_1 - l_0}, & l_0 < l_i \leq l_1; \\ 0, & l_1 < l_i \leq l_2; \end{cases}$$

– усилие скалывания:

$$X_i(l_i) = \begin{cases} \bar{k}_{xi} A_{pi} (t_i - k_{h1} h_i^2 - k_{h2} h_i - h_n) l_i, & 0 \leq l_i \leq l_0; \\ \bar{k}_{xi} A_{pi} (t_i - k_{h1} h_i^2 - k_{h2} h_i - h_n) l_0 \frac{l_1 - l_i}{l_1 - l_0}, & l_0 < l_i \leq l_1; \\ 0, & l_1 < l_i \leq l_2, \end{cases}$$

где \bar{k}_{zi} , \bar{k}_{yi} , \bar{k}_{xi} – математическое ожидание коэффициентов, учитывающих влияние хрупко-пластических свойств породы и геометрических параметров режущего инструмента; A_{pi} – сопротивляемость

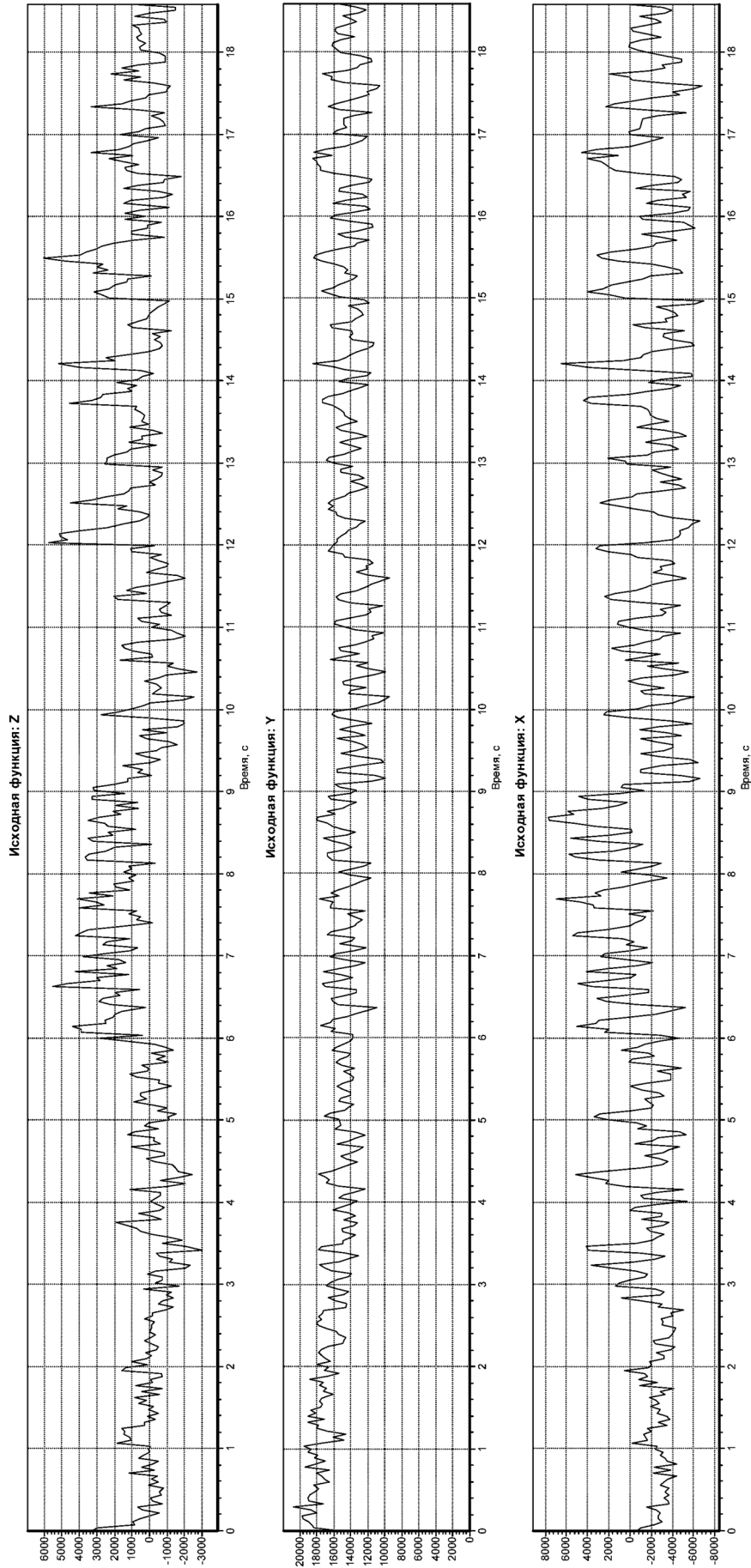


Рис. 3. – Фрагмент осциллограммы сил, формирующихся на гранях инструмента при разрушении песчаника: Z – сила перекатывания инструмента, Y – сила лобового сопротивления (сила подачи инструмента на забой), X – сила на рабочей боковой грани (сила скалывания межщелевого целлика)

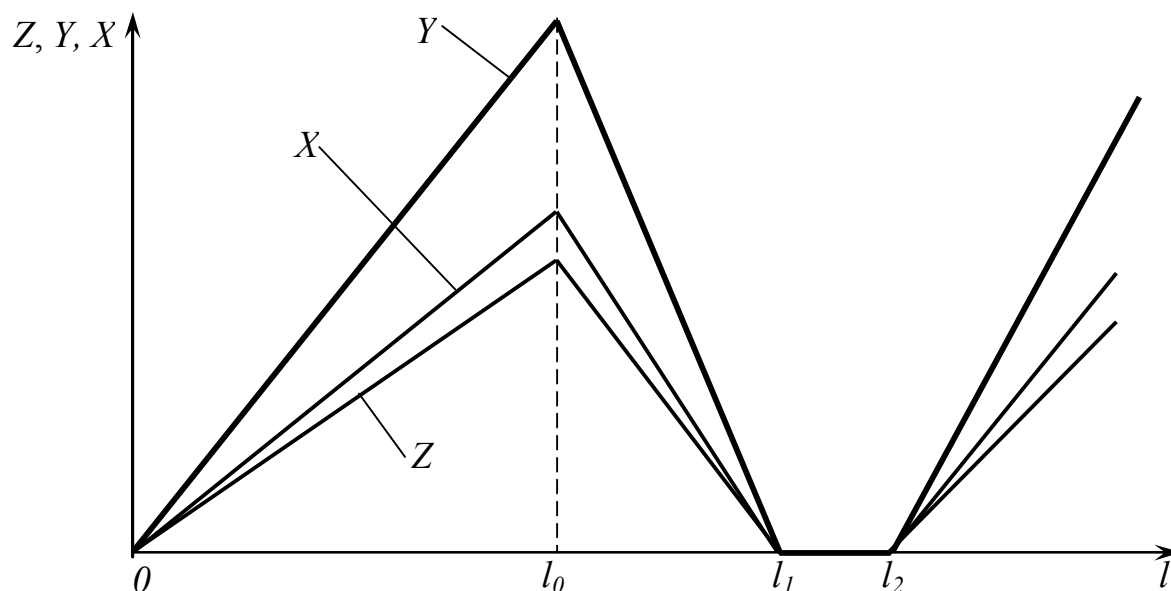


Рис. 4. – Линеаризованное представление мгновенных усилий, формирующихся на режущем инструменте с вращающейся режущей частью

породы резанию в зоне, разрушаемой инструментом; h_i, t_i – ширина и толщина среза; l_i, l_0, l_1, l_2 – соответственно, текущее значение пройденного режущим инструментом пути и значения длины скола породы, при которых меняется характер усилий.

Распределение частоты длины сколов породы, по данным экспериментальных исследований, носит характер, близкий к закону Вейбулла, рис. 5.

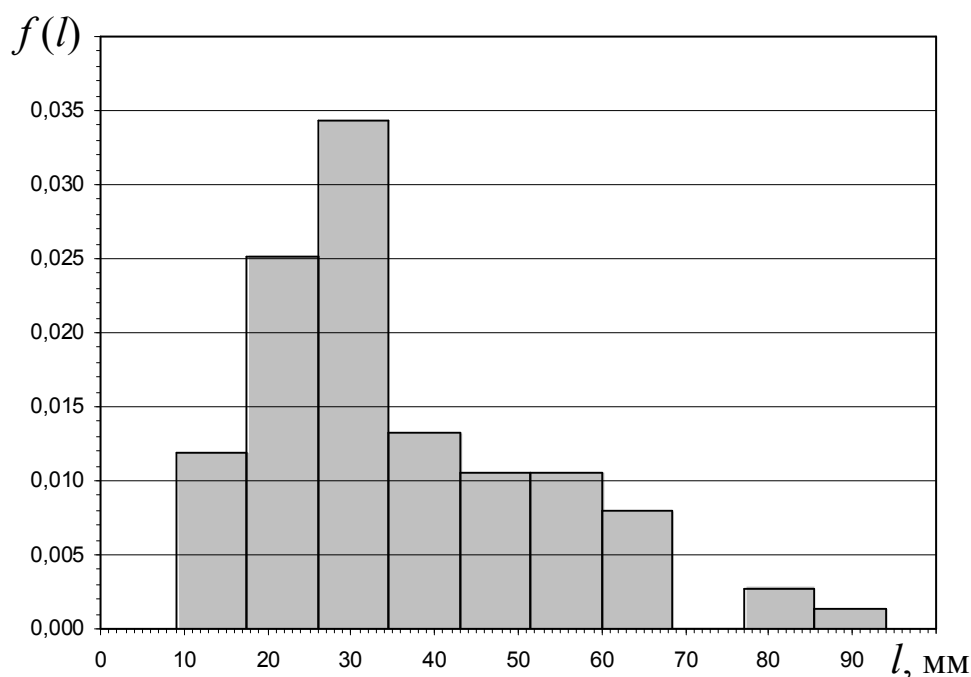


Рис. 5. – Гистограмма распределения частоты сколов

Распределение частоты или статистической вероятности сил, одновременно зависящих от ряда параметров, имеющих случайный характер, весьма близок к нормальному распределению, рис. 6.

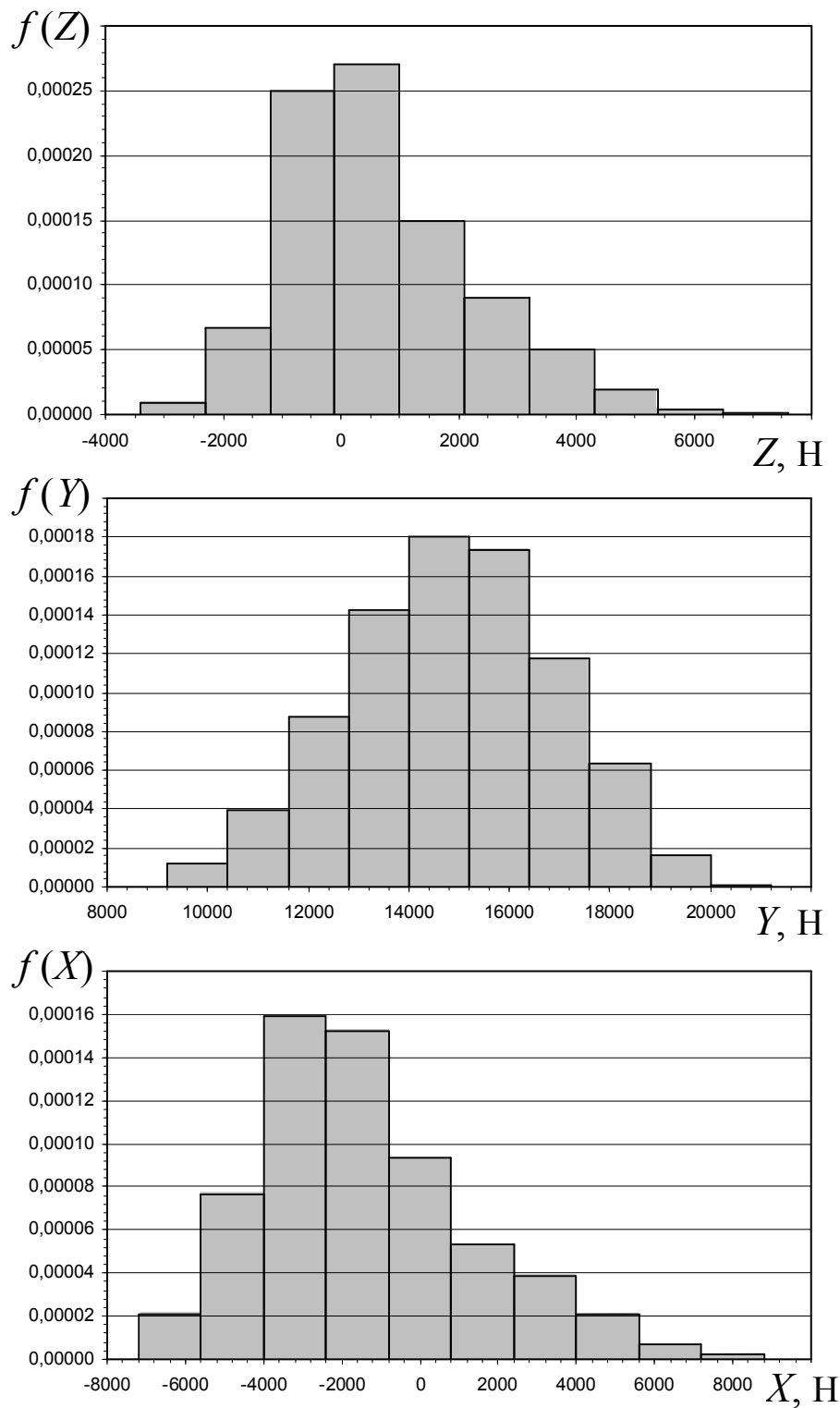


Рис. 6. – Гистограммы распределения вероятности сил, формирующихся на гранях режущего инструмента

Спектральная плотность сил, формирующихся на гранях инструмента, имеет явно выраженную частоту, равную 2...2,5 Гц, рис.7. Это означает, что на указанных частотах имеет место наибольшая дисперсия. Дисперсия сил на указанных частотах обусловлена скоростью движения режущего инструмента, т.е. частотный спектр сил обуславливается скоростью резания – с увеличением скорости резания частотный спектр сил, надо полагать, будет увеличиваться.

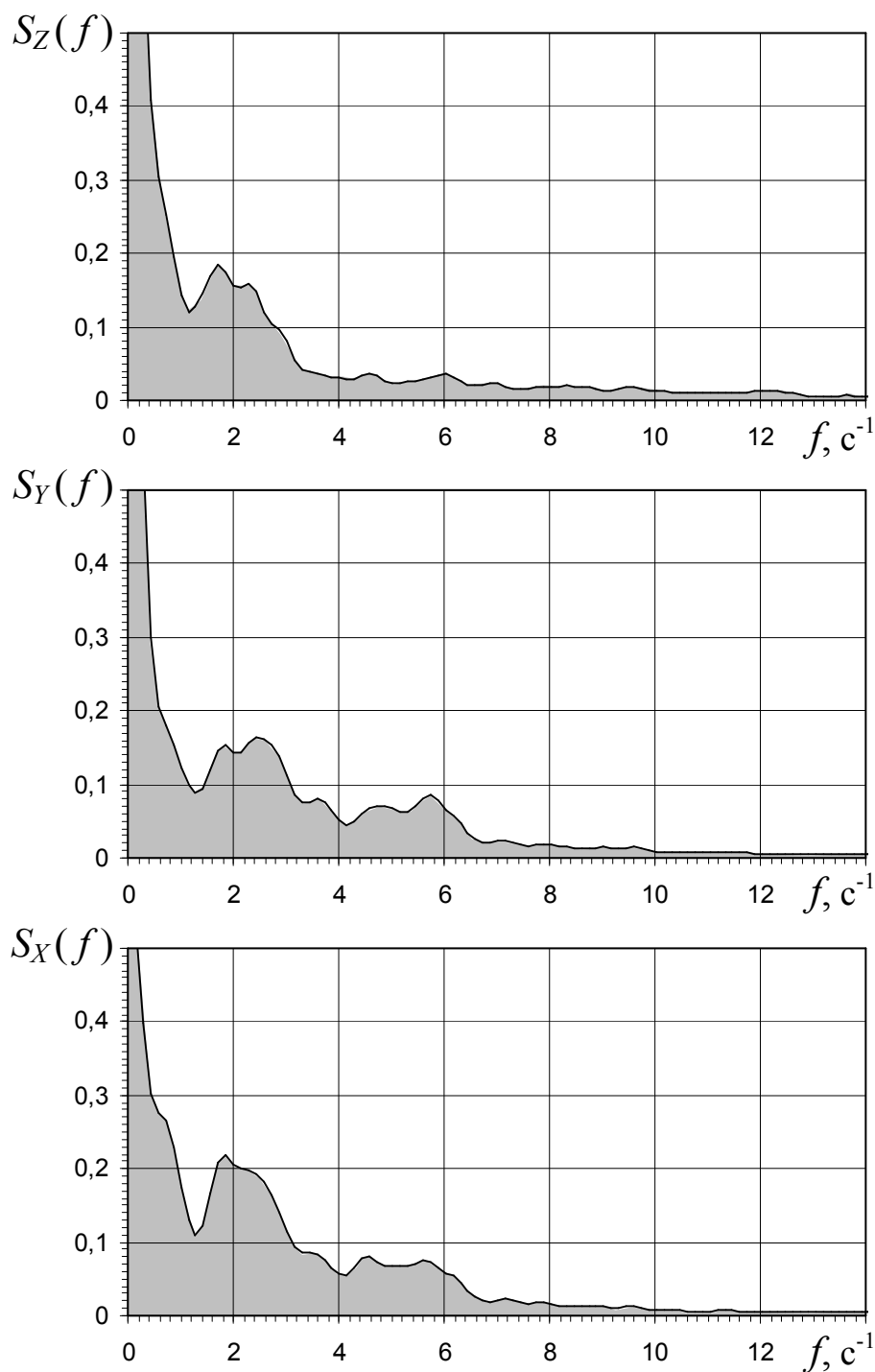


Рис. 7. – Нормированные спектральные плотности сил, формирующиеся на гранях режущего инструмента

Выводы и направление дальнейших исследований. В дальнейшем необходимо проведение исследований по разрушению твердых пород при других параметрах режущего инструмента и параметрах резания, установление законов распределения вероятностей как сил, формирующихся на гранях резца, так и износа инструмента, а также их аналитического описания.

Список литературы

1. Крапивин М.Г. Горные инструменты // М.Г. Крапивин, И.Я. Раков, Н.И. Сысоев. – 3-е изд. – М.: Недра, 1990. – 256 с.
2. Берон А.И. Исследование и выбор режущего инструмента для шнековых исполнительных органов / А.И. Берон, Е.З. Позин, В.В. Тон. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1969.
3. Протодяконов М.М. Исследование хрупкости и пластичности углей / М.М. Протодяконов // В кн. «Разрушение углей и пород». – М.: Углетехиздат, 1968. – С. 3 – 10.
4. Бойко Н.Г. Очистные комбайны для тонких пологих пластов / Н.Г. Бойко. – Донецк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2010. – 476 с.

Стаття надійшла до редколегії 25.10.2011.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Семенченко А.К.

М.Г. Бойко, О.В. Федоров, Є.М. Бойко, В.О. Мельников, Ю.А. Федотов. Руйнування міцних гірських порід різальним інструментом з ріжучою частиною, що обертається. У роботі розглянуте руйнування міцної гірської породи типу піщаника очисними комбайнами в тому випадку, коли відбувається повне або часткове заміщення пласта цією породою.

Ключові слова: комбайн очисний, орган виконавчий, інструмент різальний, знос, порода, руйнування.

N. Boyko, O. Fedorov, E. Boyko, V. Melnikov, Y. Fedotov. Hard Rocks Destruction Using the Cutting Tool with a Rotating Working Part. In the article the destruction of hard rock of sandstone type is described with cutters-loaders in the case, when there occurs complete or partial coal seam to rock substitution.

Keywords: cutter-loader, effector, cutting tool, wear, rock, destruction.

© Бойко Н.Г., Федоров О.В., Бойко Е.Н., Федотов Ю.А., 2012