

УДК 621.03.07:519.233.5

**РЕГРЕССИОННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЕЗИНТЕГРАТОРА С ВРАЩАЮЩИМСЯ ИНТЕНСИФИКАТОРОМ И ЭЛЕКТРОПРИВОДАМ РАБОЧИХ ОРГАНОВ**

*Петренко Р. А., ассист.*

*Национальный горный университет*

*пр. К. Маркса, 19, 49005, г. Днепропетровск, Украина*

*E-mail: r\_petrenko@live.ru*

Рассматривается вопрос экспериментального определения регрессионных зависимостей эффективности процесса дезинтеграции и мощностей приводных двигателей барабанной промывочной машины (дезинтегратора) с вращающимся интенсификатором (ДВИ). На основании полученных зависимостей будет создан закон управления электроприводами ДВИ для поддержания заданной эффективности дезинтеграции при минимальной потребляемой мощности.

Ключевые слова: регрессионная зависимость, эффективность, мощность.

**Введение.** Основной проблемой промывки в барабанных промывочных машинах является поддержание на заданном уровне эффективности процесса дезинтеграции и большая энергоемкость процесса. Решение этих задач возможно только при создании закона управления приводами барабанных промывочных машин на основе регрессионных зависимостей, которые описывают процесс дезинтеграции и потребляемую электроприводами мощность. Для их получения необходимо провести экспериментальные исследования и по результатам экспериментов получить уравнения регрессии.

Группой исследователей национального горного университета под руководством Воробьева А.А. были проведены экспериментальные исследования барабанной промывочной машины (дезинтегратора) с вращающимся интенсификатором (ДВИ) на Иршанском ГОКе, а именно ДВИ 2,5x6,0 [1]. По результатам исследования были получены уравнения регрессии, которые описывают эффективность процесса дезинтеграции и мощности приводов барабана и интенсификатора.

Для эффективности дезинтеграции

$$e = 84,5 + 0,000103Q_{\dot{a}\delta}n_{\dot{a}}n_{\dot{e}},\% \quad (1)$$

где  $Q_{\dot{a}\delta}$  - входная производительность, т/ч;

$n_{\dot{a}}$  - частота вращения барабана, об/мин.;  $n_{\dot{e}}$  - частота вращения интенсификатора, об/мин.

Для суммарной мощности приводов

$$P_{\dot{a}} + P_{\dot{e}} = 98,8 + 0,000448Q_{\dot{a}\delta}n_{\dot{a}}n_{\dot{e}} \quad (2)$$

На рис. 1 представлены экспериментальные данные эффективности процесса дезинтеграции и расчетные данные, полученные по уравнению регрессии (1).

Из рис. 1 видно, что данные, полученные по уравнению регрессии (1), не совпадают с экспериментальными и явно должны описываться нелинейным уравнением регрессии, что демонстрирует рис. 2.

Аналогичное наблюдение можно сделать относительно уравнения регрессии (2), описывающего суммарную потребляемую мощность электроприводов барабана и интенсификатора.

**Цель работы.** Получение максимально точных аппроксимирующих уравнений регрессии для эффективности процесса дезинтеграции и суммарной мощности приводов барабанной промывочной машины с вращающимся интенсификатором, что дает возможность сформировать закон управления электроприводами барабана и интенсификатора.

**Материал и результаты исследований.** Для выполнения поставленной задачи воспользуемся экспериментальными данными, полученными ранее [1], которые приведены в табл. 1.

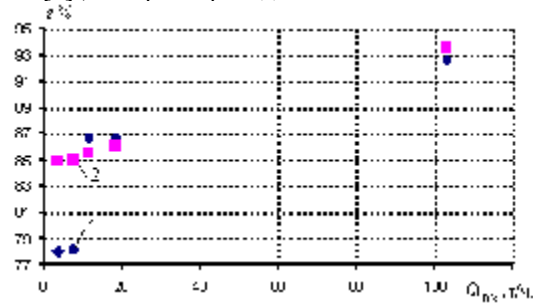


Рисунок 1 – Значения эффективности процесса дезинтеграции: 1 – экспериментальные данные; 2 – расчетные данные по уравнению (1)

Математическая обработка выполнялась с помощью метода наименьших квадратов [2]. Данный метод наиболее подходил для получения уравнения регрессии, так как полученные данные имели случайный характер.

В результате для эффективности дезинтеграции получено уравнение регрессии:

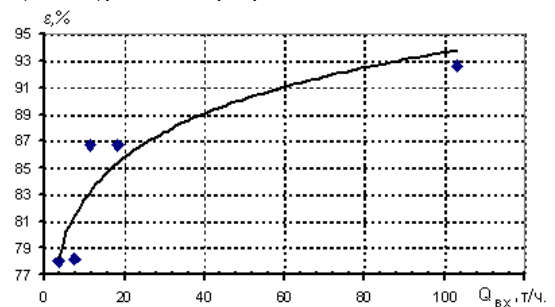


Рисунок 2 – Экспериментальные данные эффективности процесса дезинтеграции, аппроксимированные линией регрессии

**Таблица 1 – Экспериментальные данные для эффективности процесса дезинтеграции**

$Q_{\dot{a}\delta}$ , т/ч.	$n_{\dot{a}}$ , об/мин.	$n_{\dot{e}}$ , об/мин.	$e_{\text{эксп}}$ , %	$e_{\text{рег}}$ , %
103	27,7	31	92,6	92,7
18,5	27,7	30	88,65	86,15
11,5	24,5	33,6	86,7	86,24
3,72	29,2	32,7	78,0	77,4
7,6	18	38,9	78,7	77,7

$$e = 0,163 + 0,092Q_{\dot{a}\dot{o}} + 4,992n_{\dot{a}} + 4,221n_{\dot{e}} - 0,13n_{\dot{a}}^2 - 0,089n_{\dot{e}}^2 \quad (3)$$

Поскольку экспериментальные данные носили случайный характер, необходимым допущением было принято наименьшее расхождение между экспериментальными данными и значениями, полученными по уравнению регрессии  $\sum_{u=1}^N / Y_u - \hat{Y}_u / ^2 = \min$ , которое составило 0,93 единицы. Значения эффективности дезинтеграции, полученные по уравнению регрессии (3), представлены в табл. 1. Коэффициент детерминации составил  $i = 0,96$ .

На рис. 3 представлены экспериментальные данные эффективности дезинтеграции и значения, полученные по формулам (1) и (3).

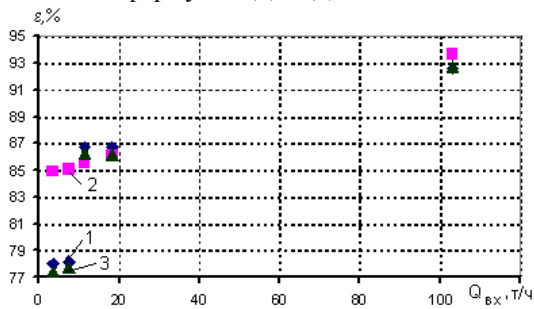


Рисунок 3 – Значения эффективности процесса дезинтеграции: 1 – экспериментальные данные; 2 – расчетные данные по уравнению (1); 3 – расчетные данные, полученные по уравнению (3)

По уравнению регрессии (3) построена поверхность отклика  $e = f(n_{\dot{a}}, n_{\dot{e}})$  представленная на рис. 4.

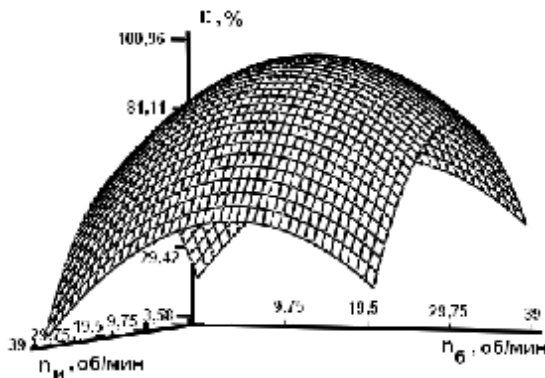


Рисунок 4 – Поверхность отклика эффективности дезинтеграции

При определении уравнений регрессии для мощностей барабана и интенсификатора были приняты те же допущения, что и при определении уравнения регрессии для эффективности. Результаты сравнительного анализа экспериментальных данных и данных, полученных по уравнению регрессии, представлены в табл. 2 (для мощности привода барабана  $D_{\dot{a}}$ ) и табл. 3 (для мощности привода интенсификатора  $D_{\dot{e}}$ ). Коэффициент множественной детерминации при этом составил  $i = 0,99$ .

Для получения более точной зависимости суммарной потребляемой мощности определялись уравнения регрессии отдельно по электроприводу барабана и интенсификатора.

Таблица 2 – Экспериментальные и расчетные данные для потребляемой мощности электропривода барабана.

$Q_{\dot{a}\dot{o}}$ , т/ч	$n_{\dot{a}}$ , об/мин	$n_{\dot{e}}$ , об/мин	$D_{\dot{a}.i\ddot{i}}$ , кВт	$D_{\dot{a}.o\dot{a}\ddot{n}}$ , кВт	$D_{\dot{a}.i\ddot{i}} - D_{\dot{a}.o\dot{a}\ddot{n}}$ , кВт
11,5	24,5	33,6	70,8	70,85	0,05
3,72	29,2	32,7	91,6	91,72	0,12
7,6	18	38,9	41,24	41,23	0,03
16,9	14	43,4	30,88	30,88	0,01

Таблица 3 – Экспериментальные и расчетные данные для потребляемой мощности электропривода интенсификатора

$Q_{\dot{a}\dot{o}}$ , т/ч	$n_{\dot{a}}$ , об/мин	$n_{\dot{e}}$ , об/мин	$D_{\dot{e}.i\ddot{i}}$ , кВт	$D_{\dot{e}.o\dot{a}\ddot{n}}$ , кВт	$D_{\dot{e}.i\ddot{i}} - D_{\dot{e}.o\dot{a}\ddot{n}}$ , кВт
18,5	27,7	30	30,2	29,944	0,255
3,72	29,2	32,7	33,4	33,205	0,194
103	27,7	31	32,8	32,035	0,764
16,9	14	43,4	64,6	64,348	0,251

Уравнение регрессии для определения потребляемой приводом барабана мощности выглядит следующим образом:

$$D_{\dot{a}} = 0,63 + 0,086n_{\dot{a}}^2 + 0,539n_{\dot{a}} + 0,000574Q_{\dot{a}\dot{o}}n_{\dot{a}}n_{\dot{e}} \quad (4)$$

На рис. 5 представлена поверхность отклика  $D_{\dot{a}} = f(Q_{\dot{a}\dot{o}}, n_{\dot{a}})$  данного уравнения регрессии.

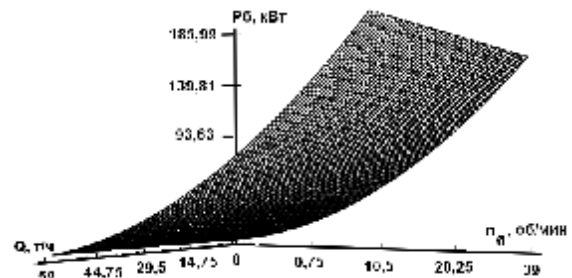


Рисунок 5 – Поверхность отклика по уравнению регрессии мощности, потребляемой электроприводом барабана

Для мощности, потребляемой приводом интенсификатора, получено следующее уравнение регрессии:

$$P_{\dot{e}} = 1,449 - 0,004172Q_{\dot{a}\dot{o}}n_{\dot{a}}n_{\dot{e}} + 0,034n_{\dot{a}}n_{\dot{e}} + 0,11Q_{\dot{a}\dot{o}}n_{\dot{e}} \quad (5)$$

На рис. 6 представлена поверхность отклика  $D_{\dot{e}} = f(n_{\dot{a}}, n_{\dot{e}})$  по уравнению (5).

Таким образом, уравнение регрессии для определения суммарной потребляемой мощности электроприводами барабана и интенсификатора будет выглядеть следующим образом:

$$P_{\dot{a}} + P_{\dot{e}} = 2,081 + 0,086n_{\dot{a}}^2 + 0,539n_{\dot{a}} + 0,034n_{\dot{a}}n_{\dot{e}} + 0,11Q_{\dot{a}\dot{e}}n_{\dot{e}} - 0,00359Q_{\dot{a}\dot{e}}n_{\dot{a}}n_{\dot{e}}. \quad (6)$$

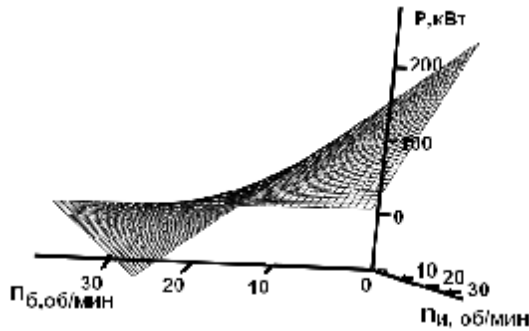


Рисунок 6 – Поверхність отклику по уравнению регрессии мощности, потребляемой электроприводом интенсификатора

Полученные регрессионные зависимости позволяют сформировать закон управления барабанной промывочной машиной с вращающимся интенсификатором, который обеспечит заданную эффективность процесса дезинтеграции при минимальной потребляемой мощности приводами рабочих органов.

Зная потребляемую приводами мощность и частоты их вращения, мы сможем косвенно по уравнению регрессии (6) определять входную производительность барабанной промывочной машины  $Q_{\dot{a}\dot{e}}$ .

Полученная квадратическая зависимость эффективности процесса дезинтеграции (3) в функции скоростей вращения барабана и интенсификатора, а также величины входной производительности позволяет сформировать энергосберегающий закон управления. Поскольку уравнение (3), представляет квадратичную

зависимость, то следовательно мы будем иметь два действительных корня, а следовательно, две скорости вращения барабана  $n_{\dot{a}1}$  и  $n_{\dot{a}2}$ , при заданной скорости вращения интенсификатора  $n_{\dot{e}}$ .

**Выводы.** Таким образом, зная входную производительность  $Q_{\dot{a}\dot{e}}$ , заданную эффективность дезинтеграции  $e_{\dot{c}\dot{a}\dot{a}}$ , скорость вращения интенсификатора  $n_{\dot{e}}$ , можем определить и выдать управляющий сигнал на частоту вращения барабана  $n_{\dot{a}1}$ , которая позволит получить заданную эффективность дезинтеграции при минимальной потребляемой мощности приводами барабана и интенсификатора. При возникновении угрозы запрессовки барабана будем устанавливать задание на скорость вращения барабана  $n_{\dot{a}2} > n_{\dot{a}1}$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет о НИР «Экспериментально – теоретические исследования режимов работы и совершенствование электромеханических параметров скруббера с интенсифицированным способом размыва. Исследование, разработка и создание барабанных промывочных машин с интенсифицированным способом размыва №030310» А.А. Воробьев, О.М. Галушко, С.Л. Вьюн и др. 1982. -79 с.

2. Ивоботенко Б.А. и др. Планирование эксперимента в электромеханике М.: Энергия, 1975. -185 с.

Статья поступила 15.03.10 г.  
Рекомендована к печати к.т.н, доц.  
Прусом В.В.

### РЕГРЕСІЙНІ ЗАЛЕЖНОСТІ ДЕЗИНТЕГРАТОРА З ІНТЕНСИФІКАТОРОМ, ЩО ОБЕРТАЄТЬСЯ ТА ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

*Петренко Р. А., асист.*

*Національний гірничий університет*

*пр. К. Маркса, 19, 49005, м. Дніпропетровськ, Україна*

*E-mail: r\_petrenko@live.ru*

Розглядається питання експериментального визначення регресійних залежностей ефективності процесу дезинтеграції і потужностей приводних двигунів барабанної промивної машини (дезинтегратора) з интенсифікатором, що обертається (ДВІ). На підставі одержаних залежностей буде створений закон керування електроприводами ДВІ для підтримки заданої ефективності дезинтеграції при мінімальній споживаній потужності.

Ключові слова: регресійна залежність, ефективність, потужність.

### THE REGRESSION DEPENDENCES OF DISINTEGRATOR WITH ROTATING INTENSIFIER FND ELECTRIC DRIVES OF OPERATING PARTS

*Petrenko R. A., assist.*

*National mining university*

*K. Marksa Av., 19, 49005, Dnipropetrovsk, Ukraine*

*E-mail: r\_petrenko@live.ru*

The subject of experimental determination of disintegration process efficiency regression dependences and drum washout machine disintegrator operating motors power with rotating intensifier (DRI) is considered. The DRI electric drives control law on determined dependences is to be created for keeping the present disintegration efficiency with minimum if power consumption.

Key words: regression dependences, efficiency, power.