**Виталий Калинчик, Мейта А.В., Несен Л.И.**

**(Киев, Украина)**

**СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДРОБИЛЬНО-ПОМОЛЬНОГО КОМПЛЕКСА**

**Вступление.** Энергосбережение как деятельность, направленная на рациональное использование энергии и природных энергетических ресурсов – особо острая и актуальная государственная проблема Украины [1]. Технология дробления и измельчения горных пород является одной из наиболее энергоемких технологий. Исследования показывают, что работа дробильно-помольного комплекса определяется несколькими десятками факторов, многие из которых носят случайный характер.

**Цель и задачи исследования.** Выбор метода моделирования и разновидности моделей зависят от степени полноты информации об объекте моделирования и используемом математическом аппарате для отображения параметров и свойств объекта моделирования [2].Объекты дробильно-помольного комплекса характеризуются наличием эмпирических сведений о протекающих внутри системы процессах. Данные процессы носят вероятностный характер и могут быть описаны методами математической статистики, теории вероятностей и регрессионного анализа.Целью работы является оценка корреляционных связей между основными показателями технологического процесса производства силикатного кирпича.Для достижения поставленной цели в работе выделяются факторы характеризующие процессы дробильно-помольного комплекса, и проводится их статистическая обработка.

**Результаты исследований.**При анализе работы дробильно–помольного комплекса выделяют следующие факторы [3]: подача сырья, физико-механические свойства сырья (крепость, влажность, плотность, абразивность, кусковатость), скорость вращения рабочего органа, масса измельчаемых тел, состояние футеровочных плит, производительность по готовому продукту, электропотребление привода, тонина помола. В работе будут рассматриваться производительность, тонина, электропотребление и шаровая загрузка, как наиболее весомые факторы выделенные экспертами.

В основу методики обработки экспериментальных данных положена методика [4]. Для исследования свойств и построения модели дробильно-помольного комплекса принимаются следующие характеристики оборудования:

1. Суточный график электрических нагрузок и производительности шаровой барабанной мельницы с заданным интервалом измерения
2. Посуточный график потребления электроэнергии, произведенной продукции, тонины помола и догрузки шаров в первую камеру мельницы за заданный период.

Согласно приведенной методикеобработка серии измерений производится в следующем порядке:

1. Определение среднего арифметического;
2. Нахождение средней квадратической ошибки отдельного измерения;
3. Определение наибольшей возможной ошибки Δ отдельного измерения. Оценка выбросов измерений. Среди результатов измерений не должно быть отклонений от среднего арифметического на величину больше Δ;
4. Определение средней квадратической ошибки σ0 среднего арифметического;
5. Определение дисперсии и среднеквадратического отклонения;
6. Определение дополнительных характеристик: вероятную ошибку среднего арифметического r0, меру точности отдельных наблюдений h и меру точности среднего арифметического H.

Проведена обработка суточного графика в условиях работы Обуховского завода силикатного кирпича. Для определения достоверности данных приняты такие величины как математическое ожидание, средний квадрат, дисперсия, среднеквадратическое отклонение, корреляционные функции. На основании информации о этих величинах можно сделать вывод о достоверности данных описывающих систему и возможности их использования для построения модели системы.

Дисперсии для электропотребления и производительности равны соответственно DW=295,9832 иDQ=4,8565062. Среднеквадратические отклонения =17,20 и =2,2037.

Вероятная ошибка среднего арифметического:

, (1)

. (2)

Кривые распределения вероятностей описываются уравнениями:

 (3)

 (4)

Результаты расчетов приведены в таблице 3.1

### Таблица 1 - Оценкадостоверностирезультатовэксперимента (1-й этап)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 297 | 9.83 | 51.8 | 6.63 | 1.282 | 0.1643 | 0.865 | 0.1109 | 0.0409 | 0.319 | 0.55 | 4.29 |

Данные второго этапа эксперимента включают в себя такие последовательности: суточное электропотребление, количество произведенного продукта за сутки, среднесуточная тонина и производительность, количество электроэнергии на тонну продукта, шаровая загрузка. Интервал проведения измерений 4 месяца. Проверка данных осуществляется по приведенной выше методике. Результаты расчетов сведены в таблицу 2.

Таблица 2 - Оценка достоверности результатов эксперимента (2-й этап)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Среднее  значение |  | D |  |  |  |  |  |
|  | 29,83 | 14,73 | 24,125 | 4,911 | 0,425 | 0,287 | 0,144 | 1,564 |
|  | 10,23 | 2,218 | 0,547 | 0,739 | 0,068 | 0,046 | 0,956 | 10,38 |
|  | 17,48 | 9,75 | 10,58 | 3,25 | 0,299 | 0,202 | 0,217 | 2,357 |

Для оценки степени связи между наборами величин служит коэффициент корреляции, характеризующий их степень линейной связности. Для ряда значений  и соответствующего ему ряда , где и , соответственно средние арифметические значения, а , - отклонения от средних, среднеквадратические отклонения будут иметь вид:

. (5)

Тогда коэффициент корреляции выражается следующей формулой:

. (6)

Для оценки тесноты связи между переменными в случае множественной корреляции вводится коэффициент множественной корреляции R, который определяется следующей формулой:

, (7)

где: - значения переменной , взятые из корреляционной таблицы;

- значения переменной вычисленные по корреляционной формуле.

Через коэффициенты парных корреляций можно получить следующее выражения коэффициента множественной корреляции:

. (8)

При исследовании многофакторной зависимости Yот переменных Xi значение так же имеет степень влияния каждой из переменных Х на переменную Y. Для оценки этого влияния в статистике применяют частные коэффициенты корреляции.Частный коэффициент корреляции оценивает степень влияния одного из факторов на переменную при условии, что влияние прочих факторов исключено.

Согласно приведенным формулам проводится исследование корреляционной связи между удельной производительностью, тониной помола, потребляемой энергией и степенью загрузки мельницы.

Первым этапом изучение корреляционной зависимости между величинами является нахождение соответствующих коэффициентов корреляции. На втором этапе производится расчет коэффициента множественной корреляции. Результаты расчетов коэффициентов корреляции приведены в таблице 3.В таблице приняты следующие обозначения: X 1- производительность мельницы; X2 - степень загрузки мельницы; Y- удельное электропотребление на тонну продукции; Z - тонина помола;

#### Таблица 3 - Расчет коэффициентов корреляции

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Коэффициенты парной корреляции | ryx1 | -0.165 |
| ryx2 | 0.268 |
| rzx1 | 0.313 |
| rzx1 | -0.052 |
| rx1x2 | 0.306 |
| Коэффициенты множественной корреляции | Ry/x1x2 | 0.373 |
| Rz/x1x2 | 0.349 |
| Частные коэффициенты корреляции | ryx1/x2 | -0.271 |
| ryx2/x1 | 0.339 |
| rzx1/x2 | 0.346 |
| rzx1/x1 | -0.163 |

**Выводы.**

1. Результаты расчетов указывают на незначительную корреляцию последовательностей данных. В приведенных последовательностях наибольшая степень связанности выявлена для пар тонина – производительность и удельное электропотребление – степень загрузки. Величина коэффициента корреляции между входными величинами производительности и степени загрузки значительна по сравнению с остальными коэффициентами корреляции, что подтверждает предположение о взаимовлиянии входных величин.

2. Не достаточно большое значение коэффициента множественной корреляции может быть объяснено тем, что работа мельницы определяется не только указанными производительностью и степенью загрузки, но и другими факторами, влияние которых не было учтено, вследствие отсутствия возможности их оценки в ходе эксперимента.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Закладной А.Н., Праховник А.В., Соловей А.И. Энергосбережение средствами промышленного электропривода – К.: Дия, 2001. – 343 с.
2. Федоткин И.М., Бурлай И.Ю., Рюмшин Н.А. Математическое моделирование технологических процессов: Методы математического моделирования и решения процессных задач. - К: Техника, 2002.- 407 с.
3. В.П. Розен, В.П. Калинчик,О.В. Мейта, В.Г. Скосирев. Факторний аналіз електроспоживання складових дробильн-помольного комплексу // Вісник Кременчуцького Національного Університету імені Михайла Остроградського-2015. - №6.- С.16-21.
4. Батунер Л.М., Позин М.Е. Математические методы в химической технике. – Л. “Химия”, 1968. - 824с.