

DOI: 10.12737/22647

Бестужева О.В., соискатель,
Федоренко М.А., д-р техн. наук, проф.,
Бондаренко Ю.А., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

bestuzheva.o@yandex.ru

В различных отраслях промышленности для производства цемента, извести, гипса, керамических изделий для измельчения твердых материалов применяют шаровые трубные мельницы. В процессе эксплуатации под действием нагрузки мельницы происходит износ основных опор скольжения барабана трубных мельниц – цапф, в результате чего на её поверхности появляются различные дефекты. Качество и эффективность работы оборудования цементных заводов находятся в прямой зависимости от точности его восстановления, ремонта и правильности содержания, определяющих в значительной степени технико-экономический эффект от применения современных технических устройств. Мельницы работают в зоне больших динамических нагрузок, что приводит к потере работоспособности и как результат к длительным простоям в ремонте. С целью их сокращения, в настоящее время для восстановления промышленного оборудования используются переносные станки. Оптимизация процесса обработки поверхностей вращения при восстановлении крупногабаритных деталей позволит получить рациональное сочетание варьируемых параметров.

Ключевые слова: крупногабаритное вращающееся оборудование, восстановление работоспособности, ротационная обработка, оптимизация процесса.

Введение. Для производства цемента применяются различные крупногабаритное оборудование – вращающиеся сушильные, обжиговые печи, шаровые трубные мельницы. Одним из главных факторов повышения производительности работы является надежность, зависящая от качества монтажных работ, своевременного ремонта и технического обслуживания, которые являются наиболее трудоемкими, но слабо оснащенными.

Основными конструктивными элементами мельниц являются барабан, загрузочное и разгрузочное устройства, подшипники, на которые опирается барабан мельницы, и привод, состоящий из электродвигателя и редуктора [1]. Барабаны мельниц изготавливают из стальных листов и с двух сторон имеют крышки с цапфами, которые выполняют роль несущих узлов, а также служат для загрузки и выгрузки продукции.

Исследуя наружные поверхности цапфы установлено, что из-за постоянных динамических нагрузок, приводящих к возникновению вибраций, вследствие их несоосности и неуравновешенности, изменяется форма цапфы. В процессе эксплуатации формируются определенные наследственные дефекты, которые вызывают повышенный износ цапф, в результате чего появляется износ поверхности скольжения. Цапфа теряет наружную цилиндрическую форму и, как частный случай, приобретает форму поверхности, близкую к усеченному конусу [2].

Наиболее прогрессивным является способ восстановления работоспособности приставным станком на месте эксплуатации [3]. В процессе обработки, а также последующей эксплуатации, поверхности подвергаются механической обработке с использованием специального переносного станка, состоящего из силового стола с закрепленным на нем кубом, суппорта с установленным ротационным резцом, и механизма самоустановки стоек для базирования деталей [4].

Эффективность качества обрабатываемой поверхности оценивались по следующим параметрам: по величине площади среза $S_{ср}$ и по шероховатости R_a , определяемой по ГОСТ 2789-73 [5]. Поиск зависимости параметров от технологических и геометрических параметров позволит установить оптимальные значения технологических режимов для формирования цилиндрической поверхности с использованием приставного станка.

Рассмотрим влияние углов установки, режимов резания, заточки и радиуса режущей чаши на площадь поверхности среза и его качества при обработке детали в форме усеченного конуса.

Основная часть. Исходными данными для решения поставленной задачи являются уравнения регрессии $S_{ср} = f(\gamma, \omega, \varphi, r)$ и $R_a = f(\gamma, \omega, \varphi, r)$, выступающие как функции цели, зависящие от четырех (x_1, x_2, x_3, x_4) переменных: передний угол γ , град.; угол установки ω , град.;

угол поворота φ , град.; радиус режущей чашки
резца r , мм.

Для величины площади среза:

$$S_{cp} = 0,088 + 0,05\gamma - 0,011\omega - 0,049\varphi - 0,032r + \\ + 0,00015\gamma^2 + 0,00041\omega^2 + 0,00015\varphi^2 + 0,00102r^2 - \\ - 0,000113\gamma\omega + 0,000115\gamma\varphi - 0,000286\gamma r - 0,00021\omega\varphi + \\ + 0,00058\omega - 0,00012\varphi r.$$

Для шероховатости поверхности R_a :

$$R_a = 9,34 - 0,014\gamma - 0,019\omega - 0,176\varphi - 0,434r + \\ + 0,000525\gamma^2 + 0,00231\omega^2 + 0,00189\varphi^2 + 0,00878r^2 + \\ + 0,001727\gamma\omega + 0,000731\gamma\varphi - 0,002214\gamma r + \\ + 0,000769\omega\varphi - 0,004285\omega r + 0,001868\varphi r.$$

Функции цели необходимо рассматривать совместно, так как они дают полную картину о технологичности получения продукта и его качественных показателях.

Поиск экстремумов осуществляется исходя из следующих требований: величин площади среза должно стремиться к максимуму, а значение шероховатости – к минимуму.

$$S_{cp} \rightarrow \max, \quad R_a \rightarrow \min$$

Зачастую, если рассматривается многокритериальная задача, то критерии являются противоречивыми. Задача оптимизации – найти тот режим обработки на специальном станке, который удовлетворял бы наиболее эффективным условиям её эксплуатации. Для решения задачи оптимизации воспользовались методом покоординатной оптимизации [6]. Сущность метода заключается в сведении поиска экстремума функции n -переменных к одномерному поиску, то есть поиску функции с одной переменной.

На рис. 1 – 4 представлены комплексные графики функций отклика: площади среза и шероховатости S_{cp} , $R_a = f(\gamma, \omega, \varphi, r)$.

Для анализа многокритериальной задачи оптимизации функций n -переменных воспользуемся «методом лица, принимающего решение». Термином «оптимизация» в литературе обозначают процесс или последовательность операций, позволяющих получить уточненное решение. Хотя конечной целью оптимизации является поиск наилучшего или оптимального решения, обычно приходится довольствоваться улучшением известных решений, а не доведением их до совершенства [7].

Рис. 1 показывает изменение площади среза S_{cp} и шероховатости поверхности R_a от переднего угла γ при остальных фиксированных параметрах.

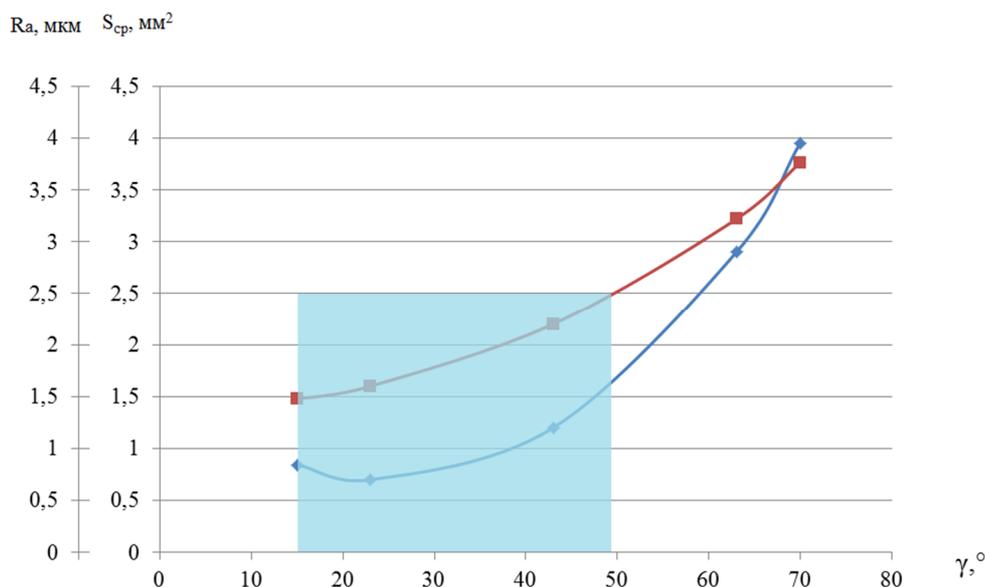


Рис. 1. График зависимости рациональных значений функций отклика от переднего угла γ (■ R_a , ◆ S_{cp})

Рис. 1 показывает изменение площади среза S_{cp} и шероховатости поверхности R_a от перед-

него угла γ при остальных фиксированных параметрах.

Из графиков видно, что с увеличением переднего угла с 15° до 70° площадь среза возрастает с $0,84$ до $3,95 \text{ мм}^2$, при этом шероховатость увеличивается от $1,47$ до $3,77 \text{ мкм}$, при остальных фиксированных параметрах, равных $\omega = 15^\circ$, $\varphi = 38^\circ$, $r = 20 \text{ мм}$. Рациональной областью для переднего угла является $15...49^\circ$, так как шероховатость при этом соответствует техниче-

ским требованиям поверхности цапфы [8], при следующем значении функции отклика $S_{cp} = 1,63 \text{ мм}^2$.

Зависимости функции отклика: площади среза S_{cp} и шероховатости поверхности R_a от угла установки ω представлены на рис. 2.

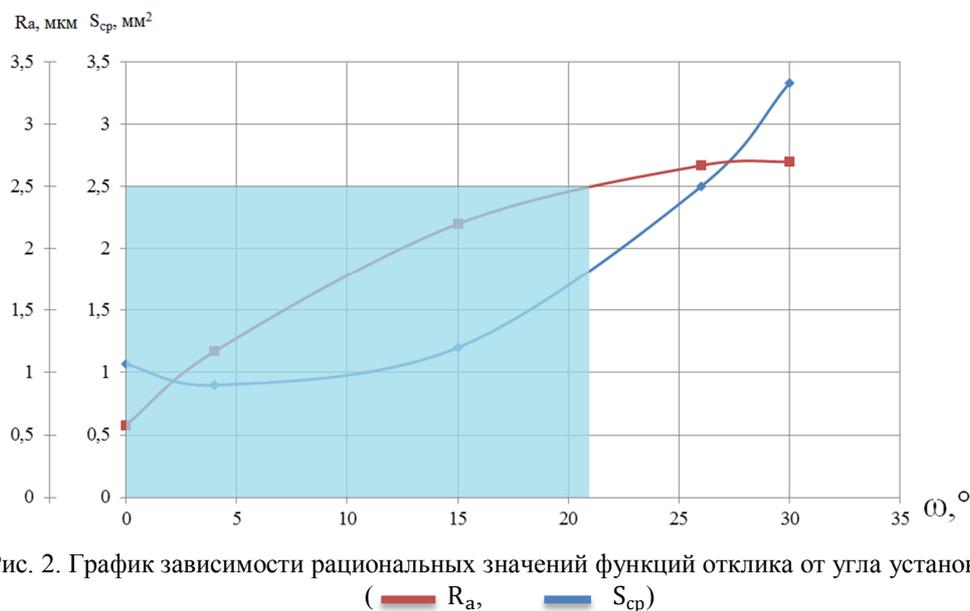


Рис. 2. График зависимости рациональных значений функций отклика от угла установки ω (— R_a , — S_{cp})

Как видно из графиков, угол установки оказывает существенное влияние на исследуемые функции. Площадь среза при увеличении угла установки меняется от $1,07$ до $0,9 \text{ мм}^2$ и далее увеличивается до $3,33 \text{ мм}^2$, при этом шероховатость монотонно возрастает на всем интервале графика от $0,58$ до $2,7 \text{ мкм}$. при угле установки $\omega = 0...30^\circ$.

Рациональной областью для угла установки является $\omega = 0...21^\circ$ при следующих значениях функций отклика: $S_{cp} = 1,8 \text{ мм}^2$, $R_a = 2,5 \text{ мкм}$.

Зависимости функций отклика: площади среза S_{cp} и шероховатости поверхности R_a от угла поворота φ представлены на рис. 3.

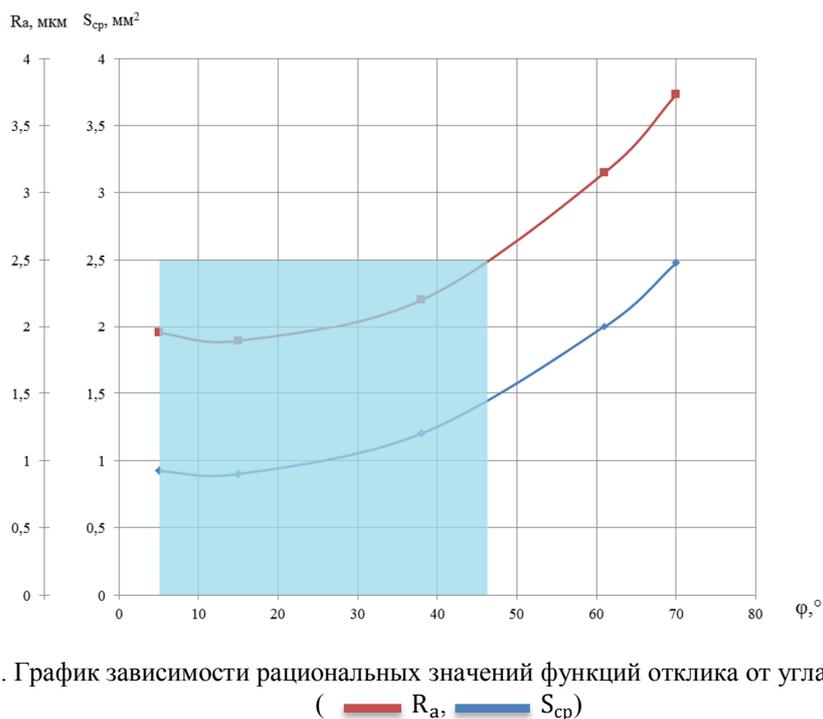


Рис. 3. График зависимости рациональных значений функций отклика от угла поворота φ (— R_a , — S_{cp})

Анализ графиков $S_{cp}, R_a = f(\varphi)$, представленных на рис. 3, позволяет сделать следующий вывод. С увеличением угла поворота φ , площадь среза растет при остальных фиксированных значениях. Шероховатость достигает требуемого значения при $\varphi = 10...46^\circ$ и не превышает 2,5 мкм.

Зависимости функций отклика S_{cp}, R_a от радиуса режущей чаши r приведены на рис. 4. При

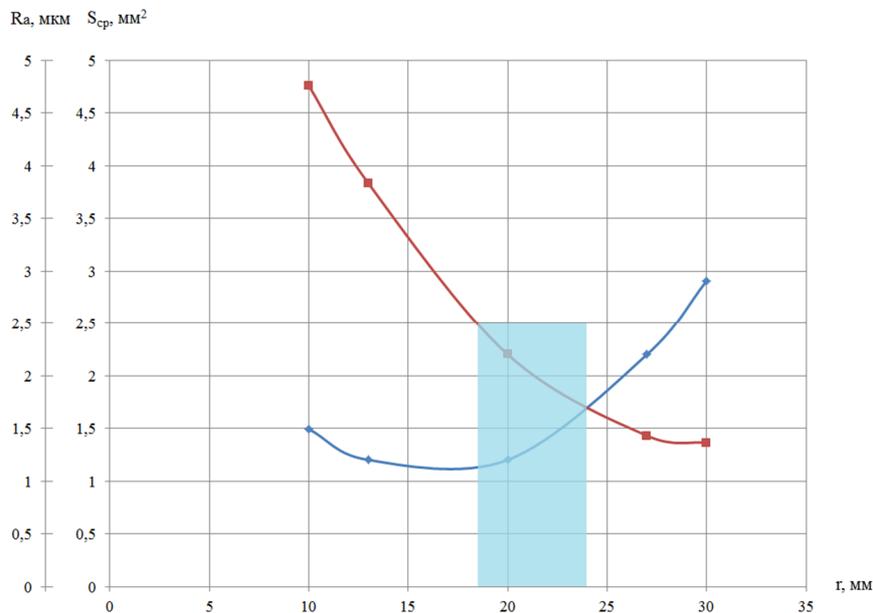


Рис. 4. График зависимости рациональных значений функций отклика от радиуса режущей чаши r (— R_a , — S_{cp})

Выводы. Найденные рациональные значения графиков, представленные на рисунках 1 – 4, имеют практический интерес. Используя их, можно спрогнозировать характеристики обработанной поверхности, не только регулировать параметры технологической обработки, но и получить поверхность с заданными параметрами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Банит Ф.Г. Механическое оборудование цементных заводов: учебник для техникумов промышленности строительных материалов. М.: Машиностроение, 1975. 318 с.
2. Маркова О.В. Математическая модель оптимизации обработки цилиндрических поверхностей крупногабаритного вращающегося оборудования // «Труды Госнिति». 2015. Т. 119. С. 219–224.
3. Погонин А.А., Шрубченко И.В. Концепция проектирования встраиваемых станочных модулей для мобильной технологии восстановления // Горные машины и автоматика. 2004. №7 С. 37–39.

росте радиуса режущей чаши r минимальные значения площади среза находятся на отрезке при $r = 13...24$ мм, при этом шероховатость будет варьироваться от 2,25 до 3,75 мкм. Оптимальными значениями радиуса режущей чаши будут $r = 17...24$ мм, так как при этих значениях площадь среза S_{cp} минимальна, а шероховатость поверхности R_a не выходит за рамки требуемой.

4. Пат. 75339 Российская Федерация, МПК7 В23В5/00. Станок для обработки цапф помольных мельниц / М.А. Федоренко, Ю.А. Бондаренко, Т.М. Федоренко// заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. – № 2008104754/22 (005171); заявл. 19.05.07; опубл. 10.18.08, Бюл. №22. 1 с.

5. Bates Ch. Повышение эффективности токарной обработки. «American Machinist», США. 2008. №1. С. 40–43.

6. Мухачёв В.А. Планирование и обработка результатов эксперимента: Учебное пособие. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. 118 с.

7. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий/ Ю.П. Адлер, Е.В. Макарова, Ю.В. Грановский. М.: 1972. 132 с.

8. Богданов В.С., Ильин А.С., Булгаков С.Б. Технологические комплексы и механическое оборудование предприятий стройиндустрии: Учебник. СПб.: Проспект науки, 2010. 624 с.

Bestuzheva O.V., Fedorenko M.A., Bondarenko Yu.A.**DETERMINATION OF RATIONAL PARAMETERS OF ROTARY SURFACE TREATMENT ROTATION WHEN RESTORING LARGE PARTS**

In various industries for production of cement, lime, gypsum, ceramic products for grinding solid materials using ball tube mills. In the process of operation under load of the mill, the wear of the main bearings of the drum tube mills – axles, with the result that on the surface appear different defects. The quality and performance of cement plants are directly dependent on the accuracy of its reconstruction, repair and content validity, determining largely technical and economic effect from the use of modern technical devices. Mill work in the area of large dynamic loads, leading to loss of efficiency and as a result long downtime to repair. With a view to their reduction, currently, to restore industrial equipment used in portable machines. Optimization of processing of surfaces of rotation when restoring large parts will allow you to obtain a rational combination of the varied parameters.

Key words: *large rotating equipment, restoring health, rotary machining, process optimization.*

Бестужева Ольга Васильевна, соискатель кафедры технологии машиностроения.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: bestuzheva.o@yandex.ru

Федоренко Михаил Алексеевич, доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Бондаренко Юлия Анатольевна, доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.