

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-5>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/113TVN515.pdf>

DOI: 10.15862/113TVN515 (<http://dx.doi.org/10.15862/113TVN515>)

УДК 693

Илюхин Андрей Владимирович

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»

Россия, г. Москва

Заведующий кафедрой «Автоматизация производственных процессов»

Доктор технических наук, профессор

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=331654

E-mail: aviluhin@mail.ru

Кочетков Андрей Викторович

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Россия, г. Пермь¹

Профессор кафедры «Автомобили и технологические машины»

Доктор технических наук

E-mail: soni.81@mail.ru

Буй Конг Тхань

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»

Россия, г. Москва

Аспирант

E-mail: madi-app@mail.ru

Пэн Линь

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»

Россия, г. Москва

Аспирант

E-mail: madi-app@mail.ru

Селезнев Виктор Сергеевич

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»

Россия, г. Москва

Аспирант

E-mail: madi-app@mail.ru

Выбор критериев оценки качественных характеристик технологических процессов дробления

¹ 410022, Саратов, ул. Ново-Крекингская, д. 2«Б», кв. 97

Аннотация. Описан метод использования для оценки технологических показателей качества первичного дробления щековой дробилки линейного и квадратичного интегралов, устанавливающих связь технологических показателей качества первичного дробления с косвенными интегральными критериями оценок и позволяющих наилучшим образом отразить особенности процессов изменения производительности разгрузки и уровня заполнения камеры дробления. Установленная связь технологических показателей качества первичного дробления с косвенными интегральными критериями дают возможность воспользоваться разработанным математическим аппаратом теории управления для расчета и исследования систем дробления. Выбор наилучшей структуры управления процессом дробления, оптимальных параметров настройки может быть осуществлен, исходя из принципа минимизации интегральных оценок. Лучшей считается система регулирования производительности первичного дробления, соответствующие интегральные оценки которой являются наименьшими.

Ключевые слова: дробление; щековая дробилка; интегральные оценки; система регулирования; управление; измерение; контроль.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Илюхин А.В., Кочетков А.В., Буй Конг Тхань, Пэн Линь, Селезнев В.С. Выбор критериев оценки качественных характеристик технологических процессов дробления // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/113TVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/113TVN515

Введение

В теории автоматического управления характеристиками для оценки показателей качества систем в динамическом режиме, традиционно служит стандартный набор параметров (время регулирования, перерегулирование, колебательность и т.п.), с помощью которого оценивается вид кривой переходного процесса. Значения величин параметров качества, определяют степень выполнения системой основной функции регулирования - их стабилизацию, где на первом месте стоит быстродействие и режим слежения с малыми ошибками входных воздействий определенной формы. Ставится традиционная для теории автоматического управления (ТАУ) задача точного воспроизведения желаемого сигнала на выходе системы.

При создании любой новой системы управления необходимо сформулировать требования к некоторым ее точностным, динамическим и иным качественным показателям, а также учесть тот факт, что понятия качества систем управления и технологических показателей качества регулируемого процесса, как правило, не совпадают [1, 2]. Необходим тщательный анализ технологии, учет особенностей ее организации, требований нормативных документов с тем, чтобы сформировать функционал или критериальную функцию стандартного (принятого в теории управления) вида, трансформировать технологические требования к качеству процесса в стандартные показатели качества систем управления. Поэтому качественные показатели, используемые в ТАУ, не могут в ряде случаев быть автоматически приняты для оценки конкретных технологий; необходим их дифференцированный отбор в соответствии с принятыми нормативными показателями.

Нормативно-методическое обеспечение по теме статьи отражено в работах [3-9].

Постановка задачи

Рассмотрим с этих позиций процесс первичного дробления. Есть два варианта регулирования производительности щековой дробилки первичного дробления: изменением ширины разгрузочного отверстия (РОД), изменением производительности загрузочного устройства. Наиболее наглядно связь технологических показателей качества процесса дробления и стандартных оценок динамического процесса, принятых в ТАУ, прослеживается в варианте автоматизации дробилки по величине разгрузочного отверстия.

Структура системы регулирования выходной производительности щековой дробилки изменением ширины разгрузочного отверстия (рис. 1) включает в себя дробилку с силовым исполнительным механизмом изменения разгрузочного отверстия и весовой транспортер (ВТ) с плоскопараллельным типом подвески.

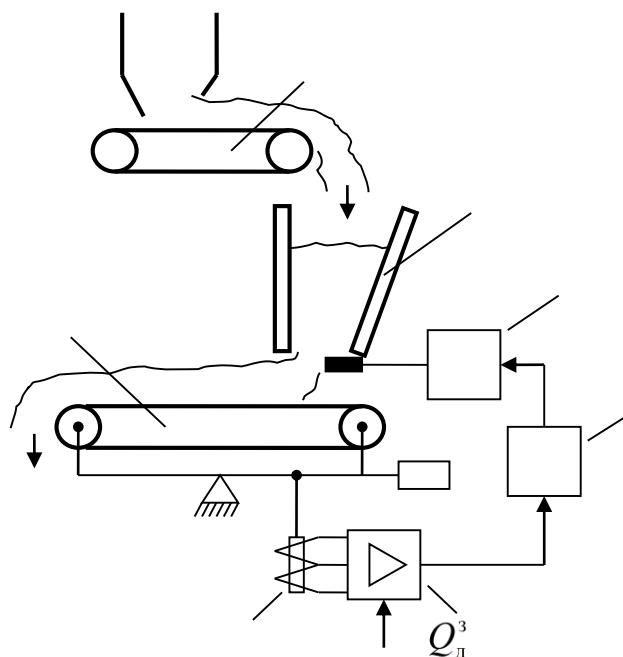


Рис. 1. Система регулирования производительности щековой дробилки [10]:
1 – пластинчатый питатель; 2 – щековая дробилка; 3 – весовой транспортер; 4 – привод РОД; 5 – регулятор; 6 – усилитель; 7 – датчик измерения массы материала на ленте

Отклонение массы материала на ленте транспортера от среднего значения, соответствующего заданному значению выходной производительности дробилки Q_d^3 , фиксируется индуктивным датчиком (Д). Замыкание системы осуществляется отрицательной обратной связью, которая с помощью регулятора (Р) реализует управляющее воздействие на привод разгрузочного отверстия.

Весовой транспортер при постоянной скорости ленты V является измерителем расхода Q_d на выходе дробилки, фиксируя его через среднее значение массы $G_{тр}$ на ленте:

$$G_{тр} = \int_0^{\tau} Q_d dt,$$

где τ - время перемещения материала по ленте.

В динамическом процессе управления, происходит компенсация возмущающего воздействия, в виде изменения производительности дробилки ΔQ_d от заданного номинала Q_d^3 . Масса материала на ленте меняется, отображая тем самым во времени переходный процесс в системе (рис. 2).

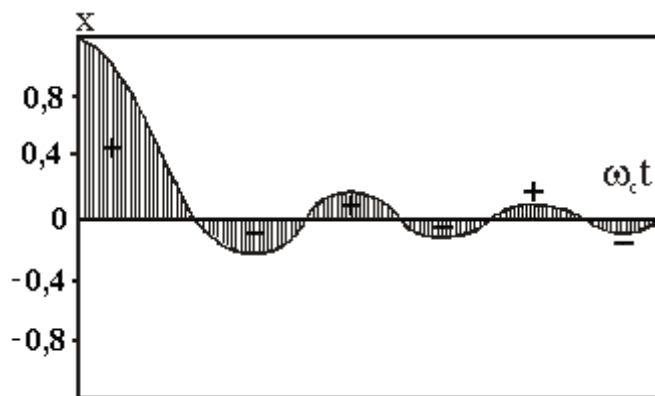


Рис. 2. Переходный процесс в системе [10]

Для приближения к идеальному, процесс выдачи дробилкой дробленого материала должен обладать минимальными нескомпенсированными отклонениями $\Delta Q_d(t)$ от Q_d^3 . При постоянной скорости ленты это то же самое, что минимизировать отклонение $\Delta G_{тр}(t)$ от G_d^3 . Таким образом, система регулирования производительности должна обеспечить минимум статической и нескомпенсированной ошибок регулирования, равной сумме площадей, ограниченных кривой переходного процесса ΔQ_d и установившимся значением Q_d .

Величина интеграла $J_1 = \int_{(t)} \Delta Q_d dt = \Delta G$ за время переходного процесса является

значением суммарной нескомпенсированной в процессе управления массы материала ΔG , определяющей изменение степени загрузки дробилок последующих стадий дробления.

Интеграл $J_1 = \int_{(t)} x_p dt$, где x_p - отклонение регулируемой величины от ее нового

установившегося значения, служит линейной интегральной оценкой качества управления щековой дробилкой.

Связь линейной интегральной оценки J_1 с технологической оценкой степени отклонения производительности дробилки от номинала и ее влиянием на эффективность работы не только последующих, за первой, стадий дробления, но и самой щековой дробилки первичного дробления, очевидна. Ведь интеграл J_1 характеризует изменение загрузки камеры дробления первичной дробилки за время переходного процесса. Рекомендованная в теории автоматического управления только для оценки времени аperiodических процессов линейная интегральная оценка приобретает другой смысл в приложении к конкретной технологии и выступает обобщенным критерием качества процесса первичного дробления.

Большим достоинством оценки является простота ее вычисления:

$$J_1 = \lim \Phi(p) / p,$$

где $\Phi(p)$ - передаточная функция замкнутой системы, p - оператор Лапласа.

Однако и в случае непрерывного дробления, есть ограничения на применение оценки J_1 . Так, оптимизация процесса дробления, стремлением уменьшить ее до нуля, вызывает появление в системе переходного процесса, близкого к незатухающему.

Можно установить верхнюю границу частоты переходного процесса, если дополнить интеграл J_1 еще одной оценкой его качества в виде квадратичного интеграла:

$$J_2 = \int_0^{t_p} x^2_p dt.$$

Интеграл J_2 дает возможность косвенно оценить неравномерность δ и время регулирования $J_2 \equiv \delta \equiv t_p$. При этом переходный процесс при минимизации J_2 будет близок к [10]:

$$x(t) = x(0) \frac{\sin(\omega_c t)}{\omega_c t},$$

где ω_c - частота переходного процесса.

Оценка качественных технологических характеристик варианта автоматизации щековой дробилки с использованием управляющего воздействия в виде изменения производительности загрузочного устройства полностью совпадает с уже описанным методом интегральных оценок. Так же как и в варианте с управлением величиной разгрузочного отверстия, необходимо стремиться к минимизации колебаний отклонений уровня загрузки камеры дробления и выходной производительности дробилки от номинала. Различия в описанных способах регулирования производительности дробилки очевидны, однако временные характеристики изменения уровня заполнения камеры дробления и производительности различны только количественно, а не качественно. Критериями оценки, являющимися математическим результатом действия процесса, для обоих вариантов управления будут соответственно линейный J_1 и квадратичный J_2 интегралы.

Одновременная минимизация интегральных оценок J_1 и J_2 позволяет оптимизировать процесс первичного дробления по параметрам.

На практике линейная интегральная оценка очень часто не имеет ярко выраженной точки экстремума, а ее величина, определяемая, в основном, значением коэффициента усиления системы, уменьшается с его увеличением. Оптимизация системы по линейному интегральному критерию может быть осуществлена за счет увеличения коэффициента усиления до критического значения. При этом время и неравномерность регулирования возрастут до недопустимых пределов, резко возрастет значение квадратичной интегральной оценки. Необходим компромисс при одновременном использовании интегральных оценок.

Невозможность одновременной минимизации интегральных оценок делает необходимым решение задачи в следующей последовательности. В плоскости параметров системы находится область минимальных значений квадратичных интегралов. Параметры системы выбираются в этой области так, чтобы обеспечить минимум линейной интегральной оценки.

Положительной стороной интегральных оценок, кроме того, что они наиболее полно отражают технологические показатели качества первичного дробления, является их непосредственная связь с передаточными функциями замкнутых систем. В отличие от других методов оценок переходных режимов, принятых в теории автоматического управления, они наиболее адекватно учитывают вид операторного многочлена числителя передаточной функции замкнутой системы, который весьма существенно влияет на форму кривой переходного процесса. К тому же наиболее эффективно с помощью интегральных оценок

удается сравнить между собой близкие по структуре системы, причем лучшей считается та, у которой соответствующие интегральные оценки будут наименьшими.

Вычисленная интегральная квадратичная оценка является функцией параметров системы $\alpha_1, \dots, \alpha_k$, а именно $J_2(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i)$. Следующий шаг состоит в выборе значений параметров из условия минимума J_2 . Формально это может быть сделано обычным методом, если приравнять частные производные J_2 по параметрам нулю и решить полученную систему уравнений относительно их значений.

$$\text{Эта система из } k \text{ - уравнений имеет вид: } \frac{dJ_2}{d\alpha_k} = 0, (k = 1, 2, \dots, n). \quad (1)$$

К сожалению, во многих практических задачах формальная процедура определения значений параметров, минимизирующих интегральную квадратичную оценку, приводит к системе нелинейных уравнений, для которых не существует простых методов решения [10].

Если уравнения (1) достаточно сложны для решения аналитическими методами, то можно использовать численные методы последовательных приближений. Однако, когда для решения уравнений относительно параметров необходимы такие методы, то удобнее обратиться непосредственно к выражению интегральной квадратичной оценки, изобразив ее как функцию одного параметра и считая остальные значения параметров фиксированными. Используя несколько совокупностей значений параметров, и, соответственно, достаточное число кривых, можно определить значения всех параметров, обеспечивающих интегральную квадратичную оценку, достаточно близкую к ее минимальному значению. Непосредственное использование интегральной квадратичной оценки позволяет избежать сложных и трудоемких вычисления ее частных производных относительно параметров.

Методика определения параметров с использованием линейной интегральной оценки мало отличается от изложенной [10], отличие заключается в том, что уравнение параметрических кривых много проще, и построение этих кривых не вызывает осложнений. Для применения интегральных оценок необходимо иметь аналитическое описание процессов в системе регулирования.

Поведение замкнутых систем автоматического регулирования, к которым относятся и щечковые дробилки первичного дробления с регулированием по производительности, описывается линейным дифференциальным уравнением вида:

$$Q(p)x_p = R(p)Y(t) + F(p)f(t), \quad (2)$$

где x_p - регулируемая величина или ее отклонение; $f(t)$ - внешнее возмущение, влияние которого на регулируемую величину необходимо исключить; $Y(t)$ - задающее воздействие в виде, например, настройки регулятора; $Q(p), R(p), F(p)$ - многочлены любой степени с вещественными постоянными коэффициентами.

С учетом только $Y(t)$ дифференциальное уравнение (2) может быть записано в следующей форме:

$$(a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_0)x_p = (b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_0)Y(t), m \leq n,$$

а при учете только $f(t)$:

$$(a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_0)x_p = (b'_k p^k + \dots + b'_0)f(t), k \leq n.$$

В случае воздействия на систему единичного сигнала $1(t)$ кривая изменения x_p изображается графиком на рис. 2, а площадь под кривой переходного процесса, называемая площадью регулирования, может быть вычислена по формулам:

для статических:

$$J_1^Y = \int_0^{\infty} x(t)dt = \frac{b_0 a_1 - a_0 b_1}{a_0^2}; \quad J^f = \int_0^{\infty} x(t)dt = \frac{b_0' a_1 - a_0 b_1'}{a_0^2}. \quad (3)$$

для астатических систем регулирования:

$$J_1^Y = \int_0^{\infty} x(t)dt = \frac{b_1}{a_0}; \quad J_1^f = \frac{b_1'}{a_0}. \quad (4)$$

Использованные для оценки технологических показателей качества первичного дробления интегральные оценки (3, 4), позволяет наилучшим образом отразить особенности процессов изменения производительности разгрузки и уровня заполнения камеры дробления.

Подобный подход использования минимальных интегральных оценок с учетом анализа особенностей рис.2 может быть реализован на основе критерия декорреляции результатов адаптивного управления технологическим процессом на основе знаковых и пропорциональных адаптивных пульсирующих подналадок [5, 9].

Такой подход позволяет устранить детерминированную и частично коррелированную составляющую погрешностей технологического процесса при условии обеспечения устойчивости и слабой чувствительности алгоритмов управления. Это будет тем более актуально, насколько будет велико влияние случайных факторов и параметров различной природы на изменение технологических характеристик процесса первичного дробления.

Также может быть использован интегральный показатель в виде квадратичной свертки показателей качества, экономичности и производительности [9].

Выводы

Установленная связь технологических показателей качества первичного дробления с косвенными интегральными критериями дают возможность воспользоваться разработанным математическим аппаратом теории управления для расчета и исследования систем дробления. Выбор наилучшей структуры управления процессом дробления, оптимальных параметров настройки может быть осуществлен, исходя из принципа минимизации интегральных оценок. Лучшей считается система регулирования производительности первичного дробления, соответствующие интегральные оценки которой являются наименьшими.

Также для расширенного практического применения рекомендуется использование минимальных интегральных оценок на основе критерия декорреляции результатов адаптивного управления технологическим процессом первичного дробления на основе знаковых и пропорциональных адаптивных пульсирующих подналадок [5, 9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Клушанцев Б.В., Колесниченко С.В. Разработка системы автоматического регулирования ширины разгрузочной щели дробилки крупнокускового дробления: Дисс. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук // Днепропетровский горный ин-т им. Артема. - Днепропетровск. 1990. - 172 с.
2. Марсов В.И., Славуцкий В.А. Автоматическое управление технологическими процессами на предприятиях строительной индустрии. - Л.: Стройиздат. 1975. 287.
3. Попов Е.П. Теория линейных САР и управления. - М.: Наука. 1989. 301 с.
4. Проблемы долговечности цементных бетонов / Рапопорт П.Б., Рапопорт Н.В., Кочетков А.В., Васильев Ю.Э., Каменев В.В. // Строительные материалы. 2011. №5. С. 38-41.
5. Статистические методы контроля качества при производстве цементобетона и цементобетонных смесей / Васильев Ю.Э., Полянский В.Г., Соколова Е.Р., Гарибов Р.Б., Кочетков А.В., Янковский Л.В. // Современные проблемы науки и образования. 2012. №4. С. 101.
6. Диагностика и паспортизация элементов улично-дорожной сети системой идеокомпьютерного сканирования / Васильев Ю.Э., Беляков А.Б., Кочетков А.В., Беляев Д.С. // Интернет-журнал Науковедение. 2013. №3 (16). С. 55.
7. Состояние нормативного обеспечения инновационной деятельности дорожного хозяйства / Аржанухина С.П., Сухов А.А., Кочетков А.В., Карпеев С.В. // Качество. Инновации. Образование. 2010. №9. С. 40.
8. Нормативное и технологическое развитие инновационной деятельности дорожного хозяйства / Аржанухина С.П., Кочетков А.В., Козин А.С., Стрижевский Д.А. // Интернет-журнал Науковедение. 2012. №4 (13). С. 69.
9. Статистические методы организации контроля качества при производстве дорожно-строительных материалов / Кочетков А.В., Васильев Ю.Э., Каменев В.В., Шляфер В.Л. // Качество. Инновации. Образование. 2011. №5 (72). С. 46-51.
10. Ибрагим Б.Х. Автоматизация процессов вторичного дробления конусной дробилки по стоимостному критерию: Дисс. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук // Московский автомобильно-дорожный институт (МАДИ). - М. 2006. - 152 с.

Рецензент: Кокодеева Наталия Евсегнеевна, доктор технических наук, профессор, ФГОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.».

Iluhin Andrey Vladimirovich

Moscow state automobile and road technical university
Russia, Moscow
E-mail: aviluhin@mail.ru

Kochetkov Andrej Viktorovich

Perm national research polytechnical university
Russia, Perm
E-mail: soni.81@mail.ru

Buoy Kong Tkhan

Moscow state automobile and road technical university
Russia, Moscow
E-mail: madi-app@mail.ru

Peng Lin

Moscow state automobile and road technical university
Russia, Moscow
E-mail: madi-app@mail.ru

Seleznyov Victor Sergeyeovich

Moscow state automobile and road technical university
Russia, Moscow
E-mail: madi-app@mail.ru

Choice of criteria of assessment of qualitative characteristics of technological processes of crushing

Abstract. Use method for an assessment of technological indicators of quality of primary crushing of a shchekovy crusher of linear and square integrals establishing connection of technological indicators of quality of primary crushing with indirect integrated criteria of estimates and allowing to reflect in best way features of processes of change of productivity of unloading and level of filling of camera of crushing is described. The established connection of technological indicators of quality of primary crushing with indirect integrated criteria give chance to use the developed mathematical apparatus of the theory of management for calculation and research of systems of crushing. The choice of best structure of management of process of crushing, optimum settings can be carried out, proceeding from the principle of minimization of integrated estimates. The best the system of regulation of productivity of primary crushing which corresponding integrated estimates are the smallest is considered.

Keywords: crushing; shchekovy crusher; integrated estimates; system of regulation; management; measurement; control.

REFERENCES

1. Klushantsev B.V., Kolesnichenko S.V. Razrabotka sistemy avtomaticheskogo regulirovaniya shiriny razgruzochnoy shcheli drobilki krupnokuskovogo drobleniya: Diss. na soisk. uch. step. kand. tekhn. nauk // Dnepropetrovskiy gornyy in-t im. Artema. - Dnepropetrovsk. 1990. - 172 s.
2. Marsov V.I., Slavutskiy V.A. Avtomaticheskoe upravlenie tekhnologicheskimi protsessami na predpriyatiyakh stroitel'noy industrii. - L.: Stroyizdat. 1975. 287.
3. Popov E.P. Teoriya lineynykh SAR i upravleniya. - M.: Nauka. 1989. 301 s.
4. Problemy dolgovechnosti tsementnykh betonov / Rapoport P.B., Rapoport N.V., Kochetkov A.V., Vasil'ev Yu.E., Kamenev V.V. // Stroitel'nye materialy. 2011. №5. S. 38-41.
5. Statisticheskie metody kontrolya kachestva pri proizvodstve tsementobetona i tsementobetonnykh smesey / Vasil'ev Yu.E., Polyanskiy V.G., Sokolova E.R., Garibov R.B., Kochetkov A.V., Yankovskiy L.V. // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2012. №4. S. 101.
6. Diagnostika i pasportizatsiya elementov ulichno-dorozhnoy seti sistemoy ideokomp'yuternogo skanirovaniya / Vasil'ev Yu.E., Belyakov A.B., Kochetkov A.V., Belyaev D.S. // Internet-zhurnal Naukovedenie. 2013. №3 (16). S. 55.
7. Sostoyanie normativnogo obespecheniya innovatsionnoy deyatel'nosti dorozhnogo khozyaystva / Arzhanukhina S.P., Sukhov A.A., Kochetkov A.V., Karpeev S.V. // Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie. 2010. №9. S. 40.
8. Normativnoe i tekhnologicheskoe razvitie innovatsionnoy deyatel'nosti dorozhnogo khozyaystva / Arzhanukhina S.P., Kochetkov A.V., Kozin A.S., Strizhevskiy D.A. // Internet-zhurnal Naukovedenie. 2012. №4 (13). S. 69.
9. Statisticheskie metody organizatsii kontrolya kachestva pri proizvodstve dorozhno-stroitel'nykh materialov / Kochetkov A.V., Vasil'ev Yu.E., Kamenev V.V., Shlyafner V.L. // Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie. 2011. №5 (72). S. 46-51.
10. Ibragim B.Kh. Avtomatizatsiya protsessov vtorichnogo drobleniya konusnoy drobilki po stoimostnomu kriteriyu: Diss. na soisk. uch. step. kand. tekhn. nauk // Moskovskiy avtomobil'no-dorozhnyy institut (MADI). - M. 2006. - 152 s.