

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/56TVN515.pdf>

DOI: 10.15862/56TVN515 (<http://dx.doi.org/10.15862/56TVN515>)

УДК 693

Марсова Екатерина Вадимовна

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»
Россия, г. Москва

Профессор кафедры «Автоматизация производственных процессов»

Доктор технических наук, доцент

E-mail: Evmarsova@rambler.ru

Колбасин Александр Маркович

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»
Россия, г. Москва¹

Доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов»

Кандидат технических наук

E-mail: alex081979@yandex.ru

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=702654

Кочетков Андрей Викторович

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
Россия, г. Пермь

Профессор кафедры «Автомобили и технологические машины»

Доктор технических наук

E-mail: soni.81@mail.ru

Толмачев Алексей Геннадьевич

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»
Россия, г. Москва

Аспирант

E-mail: alex081979@yandex.ru

Ли Чжой

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

¹ 125319, Москва, Ленинградский Проспект, 64

Оценка эффективности процессов дробления нерудных строительных материалов

Аннотация. Основным возмущающим воздействием, оказывающим существенное влияние на гранулометрический состав продуктов дробления конусных дробилок, является прочность поступающей на дробление горной массы. На гранулометрический состав продуктов дробления оказывают влияние прочность, крупность, производительность поступавшей за дробление горной массы, а также абразивный износ конусов дробилки.

В качестве управляющих воздействий в системе автоматического регулирования гранулометрического состава продуктов дробления могут быть использованы регулируемые приводы изменения величины разгрузочной щели или скорости качания подвижного конуса дробилки. Задача регулирования будет заключаться в том, чтобы при произвольном изменении основного возмущения и при медленном изменении формы экстремальной характеристики выбирать такие значения регулирующего воздействия, чтобы точка, характеризующая состояние системы, все время находилась на гребне экстремального холма.

Ключевые слова: структурная схема; программное обеспечение; автоматизированная система; банк данных; оптимальное управление; строительные материалы; планирование.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Марсова Е.В., Колбасин А.М., Кочетков А.В., Толмачев А.Г., Ли Чжой, Пэн Линь Оценка эффективности процессов дробления нерудных строительных материалов // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/56TVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/56TVN515

Введение

Тематика оценки эффективности процессов дробления нерудных строительных материалов актуально для промышленно-гражданского и транспортного строительства [1-6].

Для построения систем автоматического регулирования и оптимизации процессов дробления конусной дробилки, как объекта автоматического управления, необходимо знание ее статических и динамических характеристики [7-9].

Основным возмущающим воздействием, оказывающим существенное влияние на гранулометрический состав продуктов дробления конусных дробилок, является прочность поступающей на дробление горной массы.

При использовании нерудных строительных материалов для дробилок конечных стадий процесса дробления возникает задача оценки их эффективности.

На рис. 1 представлена структурная схема конусной дробилки как объекта автоматического регулирования гранулометрического состава продуктов дробления.

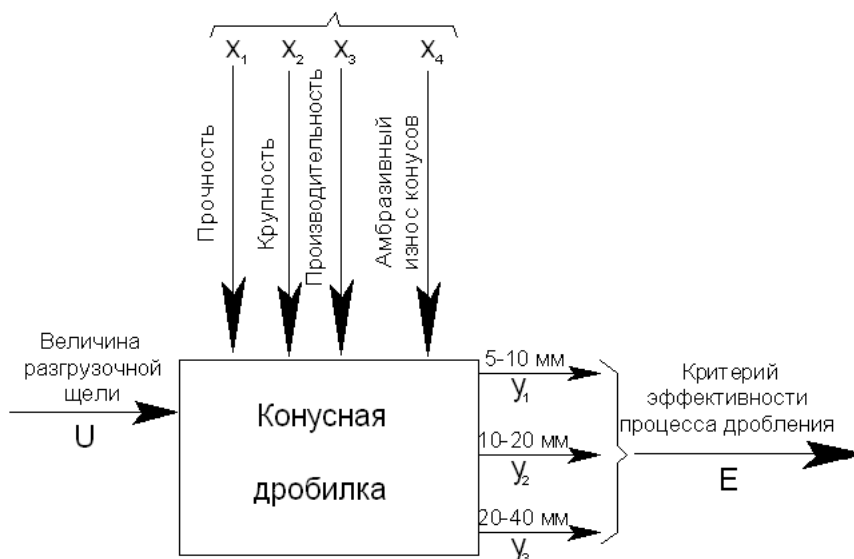


Рис. 1. Структурная схема конусной дробилки как объекта автоматического регулирования гранулометрического состава продуктов дробления (рис. авт.)

На гранулометрический состав продуктов дробления оказывают влияние следующие возмущающие воздействия: прочность, крупность, производительность поступавшей за дробление горной массы, а также абразивный износ конусов дробилки.

В качестве управляющих воздействий в системе автоматического регулирования гранулометрического состава продуктов дробления могут быть использованы регулируемые приводы изменения величины разгрузочной щели или скорости качания подвижного конуса дробилки.

Экспериментальные исследования влияния скорости качания подвижного конуса на гранулометрический состав продуктов дробления при изменении различных возмущающих воздействий показали следующее. Уменьшение скорости качания подвижного конуса дробилки ведет к резкому снижению ее производительности. Повышение скорости качания несколько увеличивает выход фракции 5-20 мм, но при этом также повышается выход отходов (фракция 0-5 мм), кроме того, возрастает показатель удлинения (лещадность).

Изменение соотношения фракций продуктов дробления изверженных пород, вызванное увеличением разгрузочной щели из-за абразивного износа конусов, не удается компенсировать повышением скорости качания подвижного конуса. Однако увеличение выхода мелких товарных фракций можно обеспечить изменением величины разгрузочной щели дробилки, что является более эффективным управляющим воздействием, чем изменение скорости качания подвижного конуса [7].

На различные товарные фракции, содержащиеся в дробленной смеси, существуют различные оптовые цены. Мелкие фракции щебня 5-10 мм и 10-20 мм отпускаются потребителям по более высокой цене и пользуются повышенным спросом. Поэтому для предприятий, перерабатывающих нерудные строительные материалы, целесообразно выбрать критерий эффективности процесса дробления, который учитывал бы изменения не только гранулометрического состава дробленого материала, но и его стоимость.

Решение задачи

При оценке эффективности различных технологических процессов в современных исследованиях пользуются стоимостными оценками качества произведенного продукта [9].

В качестве критерия эффективности процесса дробления, функционально связанного с относительным выходом товарных фракций щебня, может быть принят удельный доход E , что наиболее полно согласуется с функцией цели всего предприятия:

$$E_1 = 0.01 \sum_{i=1}^n \varphi_i y_i - \sum_{j=1}^m Z_j = 0.01 \sum_{i=1}^n K_i c_i y_i - \sum_{j=1}^m Z_j, \quad (1)$$

где: E_1 – удельный доход от реализации единицы продукции дробленого материала, руб./м³;

y_i – относительный выход контролируемых товарных фракций щебня, %;

n – количество контролируемых товарных фракций;

φ_i – весовые коэффициенты;

K_i – коэффициенты спроса на щебень контролируемых товарных фракций;

c_i – отпускная цена на продукцию контролируемых товарных фракций, руб./м³;

Z_j – эксплуатационные затраты на единицу продукции, руб./м³;

m – виды затрат, связанных с выпуском данного вида продукции.

Пренебрегая некоторыми колебаниями в расходе электроэнергии при регулировании разгрузочной щели дробилки, можно принять, что сумма эксплуатационных затрат $\sum_{j=1}^m Z_j = C$

сохраняет постоянное значение и может быть заранее учтена. Тогда выражение для критерия эффективности примет вид:

$$E_1 = 0.01 \sum_{i=1}^n K_i c_i y_i - C, \quad (2)$$

где: C – себестоимость дробленого щебня, руб./м³.

Рассмотрим изменение дохода предприятия Э от эксплуатации дробилки в единицу времени при совместном изменении производительности и физико-механических свойств поступающей на дробление горной массы.

Пусть производительность конусной дробилки при изменении разгрузочной щели изменяется по линейному закону:

$$Q = Q_0 \pm K\Delta u, \quad (3)$$

где: Q – производительность конусной дробилки при новой величине разгрузочной щели u , м³/час;

Q_0 – производительность конусной дробилки при данной величине разгрузочной щели u_0 , м³/час;

K – коэффициент допустимого изменения производительности для установленной величины разгрузочной щели дробилки данного типоразмера, м³/час. мм.

Тогда:

$$\mathcal{E} = E_1 \cdot Q = E_1(Q_0 \pm K\Delta u), \quad (4)$$

где: \mathcal{E} – доход предприятия в единицу времени от реализации дробленого щебня, руб./час.

Подставляя (2) в (4) получим:

$$\mathcal{E} = (0.01 \sum_{i=1}^n K_i \pi_i y_i - C)(Q_0 \pm K\Delta u)$$

В настоящее время широкое распространение получили системы стабилизации производительности на первой стадии дробления [7] обеспечивающие равномерную подачу горной массы в камеру дробления конусной дробилки. При этом выражение для критерия эффективности процесса дробления при постоянных значениях производительности Q и себестоимости C упрощается и достаточно рассматривать критерий вид:

$$E_1 = 0.01 \sum_{i=1}^n K_i \pi_i y_i \quad (5)$$

Задача управления процессом дробления может быть, сформулирована как задача получения продуктов дробления определенного качества и цены, характеризующаяся некоторой целевой функцией E .

Основным возмущающим воздействием, влияющий на процесс дробления в конусной дробилке и гранулометрический состав дробленого щебня, является изменение физико-механических свойств поступающей на дробление горной массы (прочность). Это объясняется тем, что колебание средней крупности на входе конусных дробилок мелкого дробления, устанавливаемых на конечных стадиях многостадийного процесса, незначительно, а производительность поступающей на дробление в конусную дробилку горной массы стабилизируется предыдущей системой поддержания заданной производительности на выходе щековой дробилки [9].

При технологических исследованиях гранулометрического состава продуктов дробления обычно пользуются обобщенными характеристиками, построенными следующим образом: по оси абсцисс откладывается размер сит в мм или размер продукта дробления в долях ширины щели, а по оси ординат – выход надрешетного продукта в %. Такое

представление результатов гранулометрического анализа дробленой смеси представляет определенные затруднения для решения вопросов автоматического управления процессом дробления с целью увеличения процентного выхода более ценных товарных фракций щебня и значения критерия эффективности дробления.

Для удобства изучения и последующего использования результатов гранулометрического анализа при управлении процессом дробления целесообразно по оси абсцисс откладывать величину разгрузочной щели дробилки U в мм., а по оси ординат - значения выхода основных контролируемых товарных фракций Y_i в % и критерия эффективности процесса дробления E в руб./м³.

На рис. 2 приведены статические характеристики процентного выхода основных товарных фракций щебня Y_i и критерия эффективности процесса дробления E при различных значениях величины разгрузочной щели U и прочности горной массы X .

Статические характеристики процентного выхода товарных фракций щебня и критерия эффективности процесса дробления могут быть аппроксимированы степенными полиномами второго порядка:

$$E = a_0 + a_1 u + a_2 u^2 + a_3 X + a_4 uX + a_5 X^2 \quad (6)$$

где: E – критерий эффективности процесса дробления, руб./м³;

u – управляющее воздействие (величина разгрузочной щели), мм;

X – возмущающее воздействие (прочность материала), кг/см²;

a_0, a_i – коэффициенты уравнения статической характеристики.

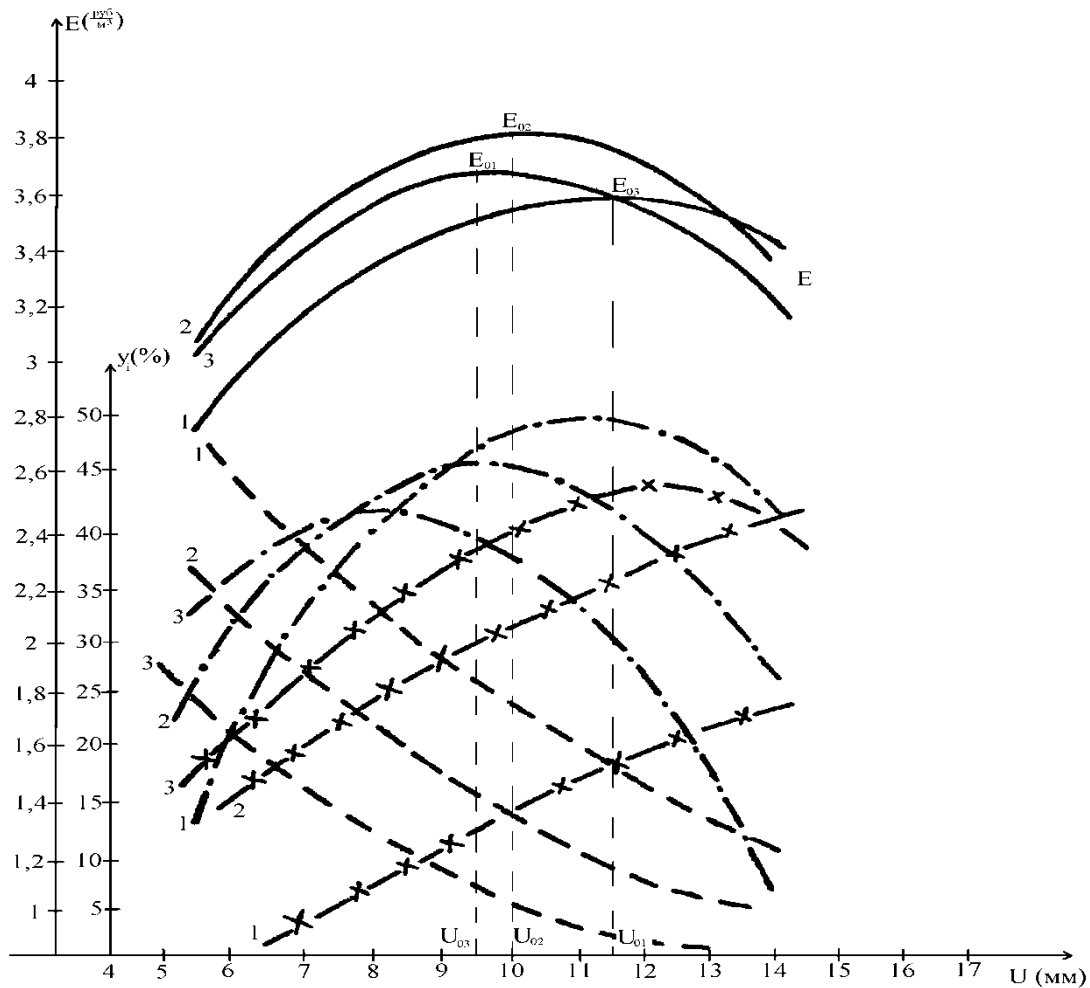


Рис. 2. Статические характеристики процентного выхода основных товарных фракций y_i и критерия эффективности процесса дробления E

- y_1 (5-10 мм) — — — — — 1 – прочность $x = 800 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$
- y_2 (10-20 мм) - · - · - · - · - · - · - 2 – прочность $x = 1600 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$
- y_3 (20-40 мм) - x - x - x - x - x - 3 – прочность $x = 2400 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$

При одном возмущающем X и одном управляющем u воздействиях статическую характеристику критерия эффективности процесса дробления в конусной дробилке можно представить в виде трехмерного экстремального холма. Характеристика объекта предполагается плавной унимодальной (с одним экстремумом).

Определим из (7) значение управляющего u_0 и возмущающего воздействия X_0 , при которых критерий эффективности принимает максимальное значение E_0 .

$$\begin{cases} \frac{\partial E}{\partial u} = a_1 + 2a_2 u + a_4 x = 0 \\ \frac{\partial E}{\partial X} = a_3 + a_4 u + 2a_5 X = 0 \end{cases} \quad (7)$$

Решение системы уравнений (7) позволяет определить следующие значения аргументов X_0 и u_0 при которых критерий эффективности E_0 принимает максимальное значение:

$$\begin{cases} X_0 = \frac{a_1 \cdot a_4 - 2a_2 \cdot a_3}{4a_2 \cdot a_3 - a_4^2} \\ u_0 = \frac{a_3 \cdot a_4 - 2a_1 \cdot a_5}{4a_2 \cdot a_5 - a_4^2} \end{cases} \quad (8)$$

Обсуждение результатов

Анализ статических характеристик, приведенных на рис.2, показывает, что при уменьшении разгрузочной щели наблюдается увеличение процентного выхода мелкой фракции 5-10 мм и уменьшение процентного выхода крупной фракции 20-40 мм. Статическая характеристика процентного выхода средней фракции 10-20 мм имеет экстремальный характер с максимумом, расположенным при средних значениях величины разгрузочной щели.

При фиксированной величине разгрузочной щели дробилки увеличение прочности горной массы в рассматриваемой диапазоне 800-2400 кг/см² приводит к уменьшению процентного выхода мелкой фракции 5-10 мм и к увеличению процентного выхода крупной фракции 20-40 мм.

Статическая характеристика критерия эффективности процесса дробления имеет экстремальный характер, максимум которой смещается при изменении прочности поступающей на дробление горной массы. Для получения максимального значения критерия эффективности процесса дробления при значениях прочности горной массы: $X_{01}=800$ кг/см²; $X_{02}=1600$ кг/см²; $X_{03}=2400$ кг/см² следует установить соответственно следующие величины разгрузочной щели дробилки: $U_{01} \approx 11,5$ мм; $U_{02} \approx 10$ мм; $U_{03} \approx 9,5$ мм.

Выводы

Задача регулирования будет заключаться в том, чтобы при произвольном, не зависящем от нас, изменении основного возмущения и при медленном изменении формы экстремальной характеристики выбирать такие значения регулирующего воздействия, чтобы точка, характеризующая состояние системы, все время находилась на гребне экстремального холма.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Домбровский В.В. Автоматизация процесса дробления твердых строительных материалов конусными дробилками: Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. - М.: МАДИ. 1992. - 142 с.
8. Камалетдинов А.В. Автоматизация процесса дробления твердых строительных материалов конусными дробилками: Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. - М.: МАДИ. 2002. 187 с.
9. Марсов В.И., Славуцкий В.А. Автоматическое управление технологическими процессами на предприятиях строительной индустрии. - Л.: Стройиздат, 1975. 287 с.

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

Marsova Ekaterina Vadimovna

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

Kolbasin Aleksandr Markovich

Moscow state automobile and road technical university
Russia, Moscow
E-mail: alex081979@yandex.ru

Kochetkov Andrej Viktorovich

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

Tolmachev Alexey Gennadevich

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

Li Chzhoy

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

Assessment of efficiency of processes of crushing of nonmetallic construction materials

Abstract. The main revolting influence having essential impact on particle size distribution of products of crushing of conical crushers is durability of the mountain weight arriving on crushing. Durability, fineness, productivity of the celestial weight arriving for crushing, and also abrasive wear of cones of a crusher have impact on particle size distribution of products of crushing. As the operating influences in system of automatic control of particle size distribution of products of crushing adjustable drives of change of size of an unloading crack or speed of swing of a mobile cone of a crusher can be used. Zadacha regulations will consist in that at any change of the main indignation and at slow change of a form of the extreme characteristic to choose such values of the regulating influence that the point characterizing a condition of system was on a crest of the extreme hill all the time.

Keywords: block diagram; the software; automated system; databank; optimum control; construction materials; planning.

REFERENCES

1. 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.
2. 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. // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2012. №4. S. 101.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Statisticheskie metody organizatsii kontrolya kachestva pri proizvodstve dorozhno-stroitel'nykh materialov / Kochetkov A.V., Vasil'ev Yu.E., Kamenev V.V., Shlyafar V.L. // Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie. 2011. №5 (72). S. 46-51.
7. Dombrovskiy V.V. Avtomatizatsiya protsessa drobleniya tverdykh stroitel'nykh materialov konusnymi drobilkami: Diss. na soisk. uch. step. kand. tekhn. nauk. - M.: MADI. 1992. - 142 s.
8. Kamaletdinov A.V. Avtomatizatsiya protsessa drobleniya tverdykh stroitel'nykh materialov konusnymi drobilkami: Diss. na soisk. uch. step. kand. tekhn. nauk. - M.: MADI. 2002. 187 s.
9. Marsov V.I., Slavutskiy V.A. Avtomaticheskoe upravlenie tekhnologicheskimi protsessami na predpriyatiyakh stroitel'noy industrii. - L.: Stroyizdat, 1975. 287 s.