

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/55TVN515.pdf>

DOI: 10.15862/55TVN515 (<http://dx.doi.org/10.15862/55TVN515>)

## УДК 693

### **Суэтина Татьяна Александровна**

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»  
Россия, г. Москва  
Заведующая кафедрой «Гидравлика»  
Доктор технических наук  
Профессор  
E-mail: madi-app@mail.ru

### **Кочетков Андрей Викторович**

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»  
Россия, г. Пермь<sup>1</sup>  
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

## **Особенности автоматического управления дробилками первичного дробления**

---

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

**Аннотация.** В статье приводятся результаты экспериментальных исследований статических характеристик дробилок первичного дробления, полученные при максимальном усреднении свойств дробимого материала, которые показывают тенденцию в изменении чувствительности производительности и мощности, потребляемой на дробление, от свойств щебня, величины разгрузочного отверстия дробилок и уровня заполнения камеры дробления в установившемся режиме загрузки. Результаты экспериментальных исследований зафиксированы в виде статических характеристик, полученных при максимальном усреднении свойств дробимого материала. Они показывают тенденцию в изменении чувствительности производительности и мощности, потребляемой на дробление, от свойств щебня и уровня заполнения камеры дробления в установившемся режиме загрузки щековой дробилки.

**Ключевые слова:** экспериментальные исследования; дробилки первичного дробления; камера дробления; статические характеристики; мощность; производительность; регулирование.

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Суэтина Т.А., Кочетков А.В., Толмачев А.Г., Ли Чжой, Пэн Линь Особенности автоматического управления дробилками первичного дробления // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015)  
<http://naukovedenie.ru/PDF/55TVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI:  
10.15862/55TVN515

## Введение

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

Рассматривая дробилки первичного дробления необходимо определить их особенности с позиций автоматического управления. Если управляемый параметр – производительность первичного дробления, является качественным показателем работы щековой дробилки, то в качестве управляющих величин могут быть выбраны производительность загрузочного устройства и величина разгрузочного отверстия щековой дробилки (РОД) [7-9].

Рассмотрим специфические требования к системе регулирования первичного процесса дробления, являющейся составной частью комплексной системы управления. При этом следует исходить из того, что щековая дробилка является не автономными, изолированными агрегатами, а головными механизмами поточно-транспортной системы дробильно-сортировочной установки. Так как дробилки первичного дробления, осуществляющие предварительную операцию дробления, не производят готовой продукции, к ним не предъявляется требование стабилизации гранулометрического состава дробленого материала.

Основное требование, предъявляемое к системе регулирования процесса крупного дробления, сводится к поддержанию заданной по условиям работы поточно-транспортной системы производительности первичного дробления. Обоснованность этого требования вытекает из того положения, что дробилки первичного дробления являются единственными агрегатами потока, позволяющими осуществить регулирование производительности ПТС. Это возможно благодаря наличию поддающегося автоматизации загрузающего устройства - пластинчатого питателя, установленного под аккумулялирующей емкостью - приемным бункером.

В связи с тем, что агрегаты первичного дробления находят широкое применение в различных технологических схемах, не представляется возможным сформулировать единые требования к точности поддержания регулируемого параметра и показателям качества процесса регулирования. Действительно, эти показатели могут быть различными в зависимости от количества стадий дробления, резерва по производительности дробильных машин на последующих стадиях, их типа (конусные, роторные) и степени автоматизации потока. Основное требование к системе автоматического регулирования процесса крупного дробления в щековых дробилках сводится к стабилизации производительности, заданной последующими звеньями поточно-транспортной системы дробильной установки.

Требования к точности поддержания регулируемого технологического параметра и качеству процесса регулирования зависят от технологической схемы и решаются в процессе проектирования.

Однако можно допустить что, исходя из условий безаварийной работы, дробилки последующей стадии должны выбираться с резервом по производительности не менее, чем 10-15%, что позволяет изменять производительность первичного дробления в этих пределах. Однако система автоматического регулирования не может ориентироваться на всю величину резерва, который должен быть использован при аварийных ситуациях. С другой стороны чрезмерное ужесточение требований по точности регулирования может привести к неоправданным трудностям при синтезе системы регулирования [1].

Поэтому представляется обоснованным принять точность поддержания средней производительности около  $\Delta = \pm 5\% Q_d$ .

Необходимо оценить эффективность управления производительностью щековой дробилки по различным каналам [8].

### Решение задачи

Оценка чувствительности дробилки к входным воздействиям по различным каналам производится по статическим характеристикам, связывающим переменные выхода и входа.

Зависимости производительности дробилки  $Q_d$  и мощности  $N$ , потребляемой на дробление, от уровня  $H$  заполнения камеры дробления  $[Q_d = f_1(H), N = f_2(H)]$ , для фракций 20-25 м при ширине разгрузочной щели  $S = 8$  м, приведены на рис. 1.

Экспериментальная зависимость с достаточной степенью точности аппроксимируется в диапазоне  $0,3H \div H$  полиномом первой степени  $Q_d = 102 + 18,8H$ .

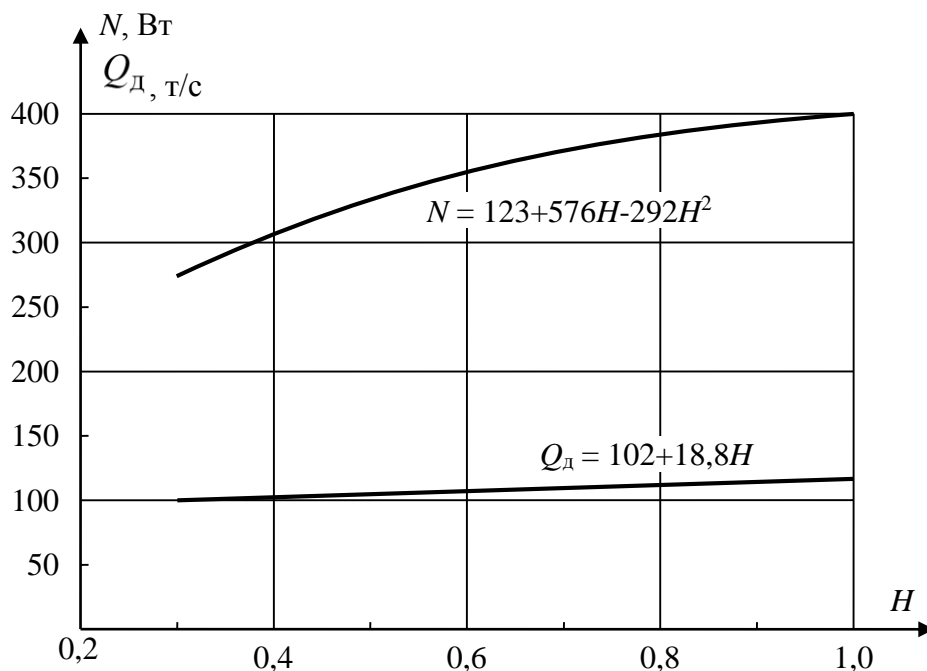


Рис. 1. Статические зависимости  $Q_d = f(H)$  и  $N = f(H)$  (рис. авт.)

Анализ зависимости  $Q_d = f_1(H)$  позволяет установить, что при изменении уровня заполнения от  $0,3H$  до  $H$  производительность дробилки возросла на 19% от минимального значения, что подтверждает положение, согласно которому степень воздействия запаса материала на производительность дробилки при уровне выше  $0,3H$  менее эффективна, чем ниже этой зоны заполнения камеры дробления.

Очевидно, что в случае поддержания производительности  $Q_d = 0,5Q_{дн}$  потребуется стабилизация уровня заполнения камеры дробления значительно ниже  $0,3H$ .

Испытания, проведенные на промышленных установках, показали, что изменение уровня заполнения камеры дробления в диапазоне  $0,7-0,9 H$  не оказывает существенного влияния на производительность дробилки.

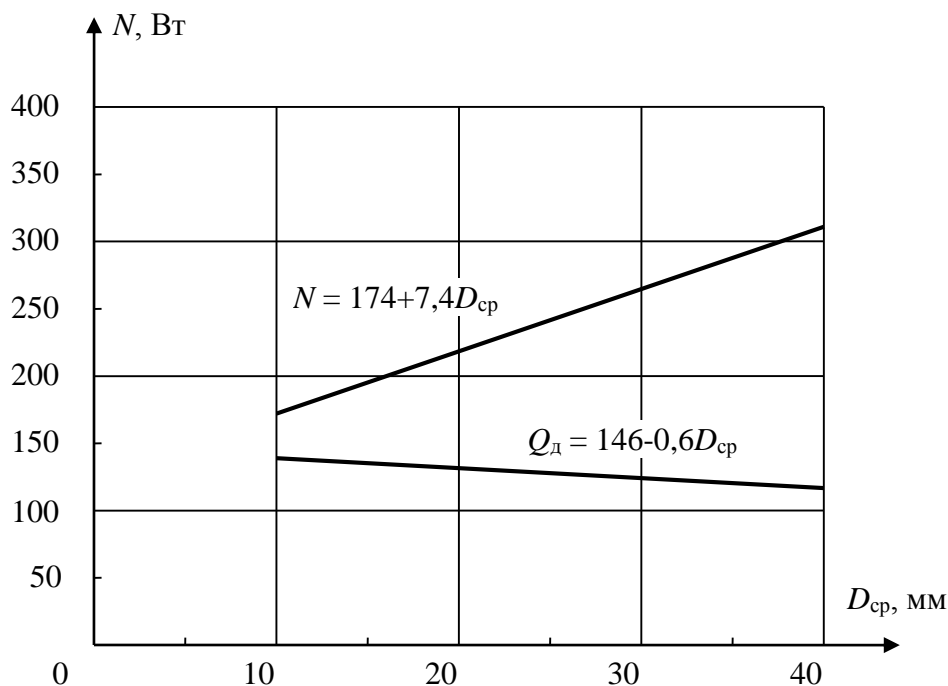
Зависимость  $N = f_2(H)$  (рис. 1) с достаточной степенью точности аппроксимируется полиномом второй степени  $N = 123 + 576H - 292H^2$ .

В то время как при изменении уровня от  $0,3H$  до  $H$  производительность возросла на 19%, мощность, потребляемая на дробление, возросла на 52%. Это объясняется тем, что

чувствительность потребляемой на дробление мощности дробилки к изменению запаса материала больше, чем к изменению ее производительности.

Зависимости производительности и мощности, потребляемой на дробление, от крупности  $D_{cp}$  исходного материала  $[Q_d = f(D_{cp}), N = f_2(D_{cp})]$  приведены на рис.2 для ширины разгрузочной щели  $S = 8$  мм.

Обе зависимости с достаточной степенью точности аппроксимируются полиномами первой степени  $Q_d = 146 - 0,6D_{cp}$  и  $N = 174 + 7,4D_{cp}$ .



**Рис. 2.** Статические характеристики  $Q_d = f(D_{cp})$  и  $N = f(D_{cp})$  (рис. авт.)

Анализ этих зависимостей позволяет установить, что в диапазоне  $D_{cp} = 12,5 \div 32,5$  мм производительность дробилки и мощность, потребляемая на дробление, изменяются по линейному закону в функции крупности. При изменении крупности от 12,5 до 32,5 мм мощность изменилась в 1,57 раза, а производительность в 1,09 раза.

Это объясняется тем, что дробящие органы являются достаточно жесткой системой, приводимой в движение двигателем повышенной мощности.

При таких условиях дробилка справляется с переработкой щебня любой крупности в допустимых по технологическим условиям пределах без существенного снижения производительности.

Очевидно, что увеличение крупности материала и связанное с этим повышение трудности дробления приводит к увеличению потребляемой мощности.

Анализ зависимостей  $Q_d = f_1(H)$ ,  $N = f_2(H)$  показывает, что изменение крупности является одним из основных возмущающих воздействий, оказывающим заметное влияние на обе выходные координаты объекта.

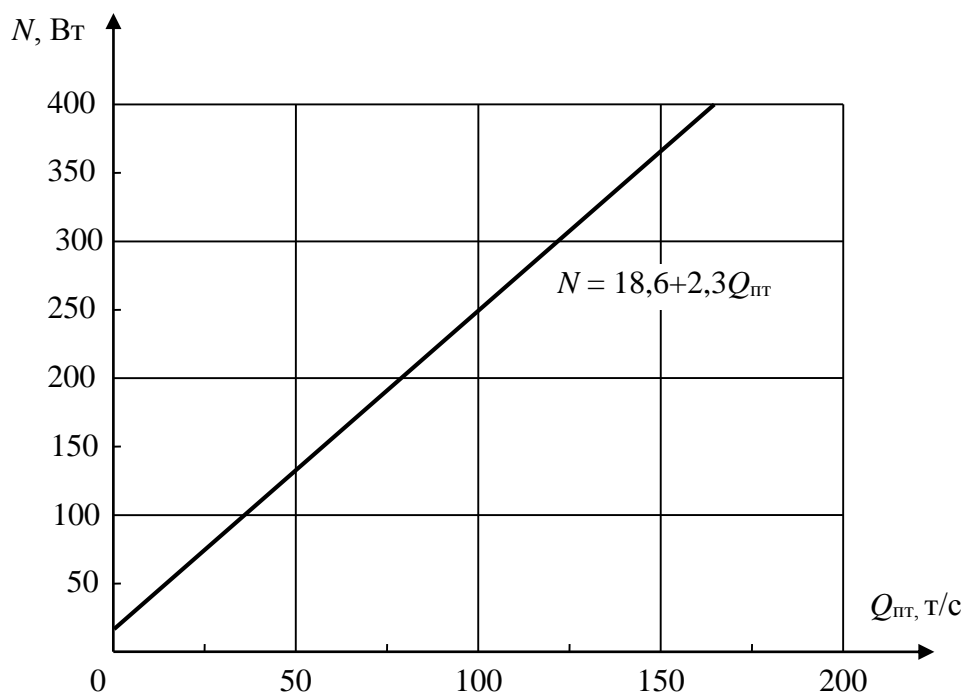
Экспериментальные зависимости  $Q_d = f_1(D_{cp})$  и  $N = f_2(D_{cp})$  при различных фиксированных положениях разгрузочной щели показывают, что если увеличение крупности исходного материала является фактором, увеличивающим трудность дробления, то увеличение ширины разгрузочной щели равносильно компенсации этого возмущения, т.е. облегчению условий дробления.

При сопоставлении зависимостей, снятых при одних и тех же условиях, но для различных значений прочности материала установлено, что изменение прочности по своему воздействию на выходные координаты объекта аналогично влиянию крупности.

На рис. 3 приведена зависимость потребляемой на дробление мощности от производительности питателя  $N = f(Q_{пт})$  при ширине РОД  $S=6$  мм для щебня фракций 10-15 мм.

Достаточная степень аппроксимации экспериментальных данных достигается полиномом первого порядка  $N = 18,6 + 2,3Q_{пт}$ .

Из анализа приведенной зависимости можно установить, что потребляемая на дробление мощность изменяется практически пропорционально изменению производительности питателя.



**Рис. 3.** Статическая характеристика  $N = f(Q_{пт})$  (рис. авт.)

Следовательно, контролируя мощность приводного двигателя дробилки при однородном материале, можно получать информацию о производительности питателя.

Потребляемая на дробление мощность является очень чувствительным показателем, характеризующим условия дробления. Действительно, производительность дробилки понижается при увеличении крупности и прочности исходного материала, а также при уменьшении ширины разгрузочной щели.

Эти же факторы вызывают повышение потребляемой на дробление мощности, что является информацией о возросшей трудности дробления. При этом следует учитывать, что

увеличение заполнения камеры дробления при однородном материале приводит к повышению производительности дробилки и потребляемой на дробление мощности, т.е. этот фактор оказывает прямое воздействие на  $N$  и  $Q_d$ , в то время как на  $D_{ср}$  и  $S$  - обратное.

Однако в системах стабилизации производительности дробилки изменение уровня заполнения камеры дробления является результатом несоответствия производительностей дробилки и питателя из-за изменения трудности дробления.

Можно утверждать, что и в рассматриваемом случае увеличение потребляемой мощности соответствует снижению производительности дробилки.

Зависимости производительности дробилки и мощности, потребляемой на дробление, от ширины разгрузочной щели  $Q_d = f(S)$  с использованием фракций 20-40 мм щебня приведены на рис. 4.

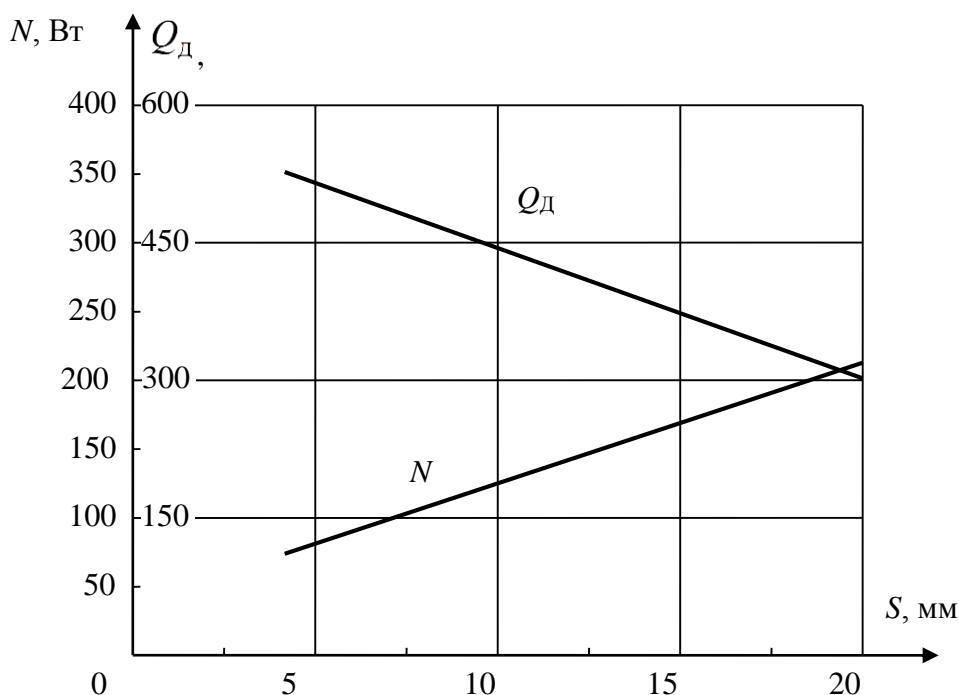


Рис. 4. Статические характеристики  $Q_d = f(S)$  и  $N = f(S)$  (рис. авт.)

Обсуждение результатов.

Усредненные данные экспериментальных исследований аппроксимируются полиномом первой степени  $Q_d = 41.2 \div 8.7S$ ;  $N = 564 \div 18.5S$ .

Приведенные зависимости показывают, что во всем диапазоне ширины разгрузочной щели ( $S = 4 \div 20$  мм) мощность, потребляемая на дробление, и производительность дробилки изменяются по линейному закону в функции  $S$ . При этом степень воздействия изменения величины разгрузочной щели на обе выходные координаты объекта очень эффективна. При изменении щели от 4 до 20 мм производительность изменяется в 2 раза, а мощность в 2,5 раза.

Не маловажным с точки зрения управления является тот факт, что с изменением ширины разгрузочного отверстия соотношение различных фракций щебня, т.е. рецепт остается практически постоянным.

Отсюда можно заключить, что изменением ширины разгрузочной щели можно добиться значительно больших результатов при регулировании производительности дробилки, чем, используя в качестве исполнительного органа пластинчатый питатель, осуществляющий загрузку дробилки. Важно то, что если для снижения производительности дробилки вдвое путем изменения производительности питателя необходимо поддержание уровня заполнения камеры дробления менее  $0,3H$ , то для достижения этого же результата при регулировании РОД заполнение камеры дробления может быть и максимальным.

### **Выводы**

Описанные выше результаты экспериментальных исследований зафиксированы в виде статических характеристик, полученных при максимальном усреднении свойств дробимого материала. Они показывают тенденцию в изменении чувствительности производительности и мощности, потребляемой на дробление, от свойств щебня, величины РОД и уровня заполнения камеры дробления в установившемся режиме загрузки щековой дробилки.



## 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:** Ермолаева Вероника Викторовна, к.т.н. доцент «Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.», эксперт «Поволжского отделения Российской академии транспорта».

**Suetina Tatyana Aleksandrovna**

Moscow state automobile and road technical university  
Russia, Moscow  
E-mail: [madi-app@mail.ru](mailto:madi-app@mail.ru)

**Kochetkov Andrej Viktorovich**

Perm national research polytechnical university  
Russia, Perm  
E-mail: [soni.81@mail.ru](mailto:soni.81@mail.ru)

**Tolmachev Aleksey Gennad'evich**

Moscow state automobile and road technical university  
Russia, Moscow  
E-mail: [madi-app@mail.ru](mailto:madi-app@mail.ru)

**Li Chzhoy**

Moscow state automobile and road technical university  
Russia, Moscow  
E-mail: [madi-app@mail.ru](mailto:madi-app@mail.ru)

**Peng Lin**

Moscow state automobile and road technical university  
Russia, Moscow  
E-mail: [madi-app@mail.ru](mailto:madi-app@mail.ru)

## **Features of automatic control of crushers of primary crushing**

**Abstract.** The results of pilot studies of static characteristics of crushers of primary crushing received at the maximum averaging of properties of crushed material which show a tendency in change of sensitivity of productivity and power consumed on crushing from properties of crushed stone, size of an unloading opening of crushers and level of filling of the camera of crushing in the set loading mode are given in article. results of pilot studies are recorded in the form of the static characteristics received at the maximum averaging of properties of crushed material. They show a tendency in change of sensitivity of productivity and power consumed on crushing from properties of crushed stone and level of filling of the camera of crushing in the set mode of loading of a shchekovy crusher.

**Keywords:** pilot studies; crushers of primary crushing; crushing camera; static characteristics; power; productivity; regulation.

## 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.