

УДК 621.926.32
ГРНТИ 55.53.39

**ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ВИБРОВАЛКОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ-
АКТИВАТОРА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПЕРЕРАБОТКИ
СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

Сотник Леонид Леонидович

Старший преподаватель кафедры технологии и оборудования машиностроения

Винничек Ксения Сергеевна

Старший преподаватель кафедры технологии и оборудования машиностроения

Дерман Елена Александровна

Старший преподаватель кафедры технологии и оборудования машиностроения

УО Барановичский государственный университет

Республика Беларусь, г. Барановичи

Аннотация: В статье представлена конструкция вибровалкового измельчителя-активатора. Представлен анализ возможностей предложенной конструкции агрегата, особенности его работы и особенности воздействия на перерабатываемые материалы. Рассмотрена проблема строительных отходов и строительного мусора и возможность их рециклинга в системе строительных организаций, при производстве и вторичном использовании переработанных материалов. Основной уклон сделан на строительный мусор, остатки строительных материалов, оставшиеся после возведения объектов или демонтажа старых построек. Проведена оценка возможностей вибровалкового измельчителя-активатора и его внедрения в технологические линии переработки строительных отходов. Проведена сравнительная оценка предложенной схемы с имеющейся на предприятии схемой переработки материалов. Сделана оценка изменения производительности и энергоемкости процесса переработки строительного мусора в вибровалковом измельчителе-активаторе.

Ключевые слова: Вибровалковый измельчитель-активатор, отходы, рециклинг, строительство, измельчение.

**INDUSTRIAL TEST VIBRAROLL GRINDER-ACTIVATOR IN THE PROCESS LINE
FOR PROCESSING CONSTRUCTION WASTE**

Sotnik Leonid Leonidovich

Senior Lecturer at the Department of Technology and Equipment for Mechanical Engineering

Vinnichak Kseniya Sergeevna

Senior Lecturer at the Department of Technology and Equipment for Mechanical Engineering

Dzerman Alena Aleksandrovna

Senior Lecturer at the Department of Technology and Equipment for Mechanical Engineering

Educational institution «Baranovichi State University»

Republic of Belarus, the city of Baranovichi

Annotation: The article presents the design of a vibraroll grinder-activator. The analysis of the capabilities of the proposed design of the unit, the features of its operation and the features of the impact on the processed materials are presented. The problem of processing waste and construction waste and their recycling in the system of construction organizations, in the production and secondary use of resources is considered. The main slope was made on construction waste, the remnants of building materials left after the construction of objects or dismantling of old buildings. The assessment of the capabilities of the vibraroll grinder-activator

and its implementation in the processing lines of construction waste has been carried out. A comparative assessment of the proposed scheme with the existing scheme of materials processing at the enterprise has been carried out. An assessment is made of the change in the productivity and energy consumption of the process of processing construction waste in a vibraroll grinder-activator.

Key words: Vibraroll grinder-activator, waste, recycling, construction, grinding.

Современная отечественная и мировая промышленность направлена на создание различных комплексов с более высокими уровнями технологичности и производительности. Такое движение возможно лишь при совместном взаимодействии системы «Наука—Техника—Технология». Процессы измельчения встречаются практически в любой отрасли. В сегодняшних условиях конкуренции продукции в ряде передовых предприятий горной промышленности в процессах рудоподготовки и переработки; химической и нефтехимической промышленности при производстве удобрений и различных химических компонентов; промышленности строительных материалов при производстве мела, цемента, извести и т. д. наблюдается стремление внедрения в технологические линии оборудования зарубежных производителей. Однако, немаловажной задачей в современных производственных условиях является создание нового и модернизация имеющегося оборудования.

Процессы дробления и помола различных материалов в производственных линиях являются достаточно энергоёмкими. Согласно известным данным [1–5] на них расходуется порядка 10 % всей производимой энергии, что в натуральном виде может достигать 100 кВт · ч / т, при этом расход электроэнергии увеличивается с увеличением дисперсности готового продукта [5].

Данное обстоятельство ведет к необходимости создания новых технологий и оборудования для измельчения различных материалов и утилизации отходов различных производств.

Повторное вовлечение в производство строительных отходов распространено в ряде западных стран. Так в странах Евросоюза строятся центры рециклинга строительных материалов, за счет государства с возможностью их коммерческого использования [6]. Для стимулирования использования данных центров предусмотрена высокая стоимость захоронения отходов, а также введение дополнительных налогов для тех предприятий, которые не используют в производстве переработанные материалы. Еще одним направлением государственного регулирования является создание специальных комиссий проверяющих возможность либо невозможность переработки материалов перед их захоронением. Загруженность современных производственных помещений для хранения отходов достаточно дорогое удовольствие, поэтому их переработка является актуальной задачей.

Направлением для ориентира могут служить такие примеры по переработки отходов как:

- национальные рекомендации о рециклинговом бетоне (Германия);
- налог на применение природного заполнителя (Великобритания);
- исследования, направленные на устранение технологических и экономических барьеров для использования вторичного сырья в производстве (США).

Для Республики Беларусь и Российской Федерации использование строительных отходов и внедрение системы рециклинга в производство — относительно новое и перспективное направление. Поэтому разработка оборудования и технологий для процессов дезинтеграции строительных отходов в системе рециклинга является перспективным направлением, которым занимаются многие ученые [1, 7–11].

Возможным вариантом решения вышесказанных задач по модернизации имеющихся агрегатов и созданию новых является конструкция виброролкового измельчителя-активатора [12, 13].

Вибровалковый измельчитель-активатор (рисунок 1) состоит из несущей рамы 1, на которой в опорах установлен вал 2 с ведущим валком 3, и эксцентриковый вал 4 с эксцентриковым валком 5. Ведущий валок 3 приводится в движение от электродвигателя через ременную передачу 6. Ведомый валок — от электродвигателя через ременную передачу 7.

Вибрационное воздействие подается на эксцентриковый вал 4 при помощи электродвигателя через ременную передачу 8. На эксцентриковом валу 4 установлены противовесы 9 и 10 для уравнивания системы. Для загрузки и выгрузки материала предусмотрены устройства, выполненные в виде люков в бункере. При попадании недробимого материала в межвалковое пространство ведущий валок 3 имеет возможность горизонтального смещения при помощи предохранительного устройства в виде системы пружин 11 упирающихся в раму 1. Обработанный таким образом материал удаляется из рабочей зоны агрегата через выгрузной люк.

Эксцентриковый вал 4 имеет эксцентриситет e относительно центральной оси эксцентрикового валка 5.

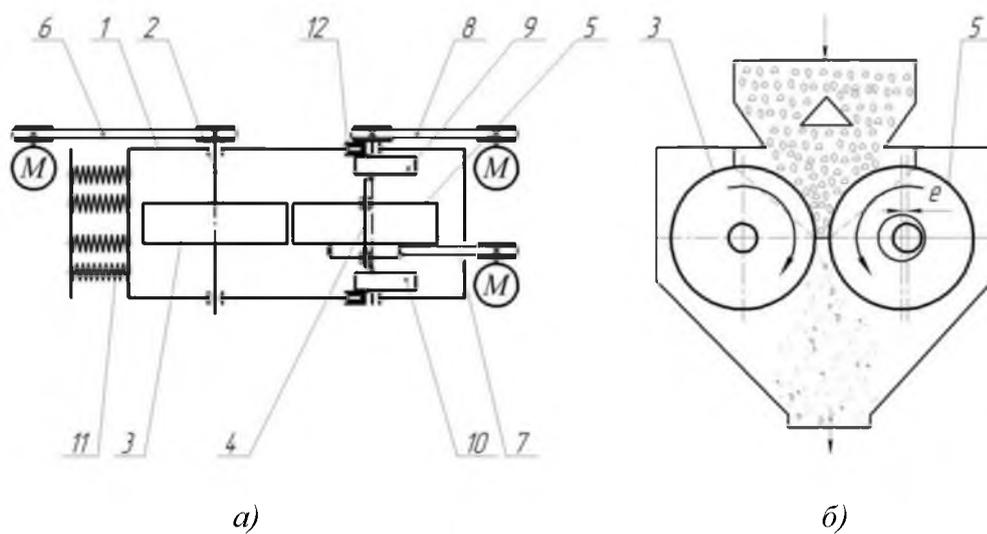


Рисунок 1 — Схема вибровалкового измельчителя-активатора:
а — вид сверху, *б* — вид сбоку

Установка одного из валков на эксцентриковый вал создает в исходном материале, проходящем через межвалковое пространство, сложное напряженно-деформированное состояние. Разрушение материала происходит под воздействием раздавливающе-сдвигового и вибрационного воздействия. Постоянное изменение параметров межвалкового пространства равномерно распределяет материал по длине валков, вызывает перераспределение контактных давлений, и, как следствие, изменяет механизмы дезинтеграции. Все эти обстоятельства улучшают интенсивность и производительность процесса.

Проблема переработки отходов строительного производства и строительного мусора в настоящее время решена в ряде строительных организаций РБ. Рециклинг строительного мусора, оставшегося после возведения объектов или демонтажа старых построек, происходит в несколько стадий. Это позволяет на первой стадии провести сортировку и измельчение строительных отходов, на второй подготовить их к дальнейшему помолу или довести до необходимого гранулометрического размера, обеспечив, тем самым, возможность их повторного использования на различных предприятиях.

Представленные линии переработки строительных отходов включают в свой состав роторные дробилки, которые могут быть почти равнозначно заменены вибровалковым измельчителем-активатором.

Дробление отходов из боя бетона, боя силикатного и керамического кирпича, боя изделий из ячеистого бетона приводит к образованию мелкого щебня и пылевидного заполнителя. Заполнитель может в дальнейшем использоваться для производства непосредственно бетона. Он также может заменить портландцемент и позволить сократить затраты на его стоимость. Щебень можно использовать как наполнитель бетонных конструкций, для отсыпки и других целей.

Технологическую схему рециклинга отходов строительных материалов можно видоизменять и перестраивать, в зависимости от вида строительных отходов, их состава и требований к конечному продукту.

В Республике Беларусь в год образуются более 3,5 млн. т строительных отходов, часть из которых используется повторно, а часть отправляется на захоронение. К таким материалам относятся: бой керамической плитки (около 1%), бой кирпича керамического (17%), отходы бетона (7%), С (около 1%), бой изделий из ячеистого бетона (около 1%), бой бетонных изделий (12%). Данные материалы могут подвергаться переработке в вибровалковом измельчителе-активаторе.

Оценка строительных отходов показывает, что практически 40% строительных отходов могут быть переработаны с использованием вибровалкового измельчителя-активатора.

Проведенный теоретический анализ, а также предварительные экспериментальные исследования позволили спроектировать и изготовить вибровалковый измельчитель-активатор (КД ВВИА.613242.003) (рисунок 2) для измельчения отходов строительного производства [14].



Рисунок 2 — Вибровалковый измельчитель-активатор

Вибровалковый измельчитель-активатор был встроен в линию измельчения боя бетона, керамических и силикатных кирпичей перед молотковой дробилкой (рисунок 3) Измельчению проводилась на бое материалов собственного производства, так и привезенных.

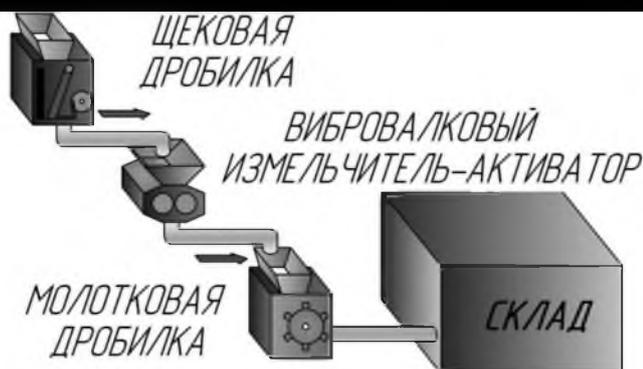


Рисунок 3 — Внедрение вибровалкового-активатора измельчителя в линию рециклинга строительных отходов

Вибровалковый измельчитель-активатор имеет следующие технические характеристики:

- размеры валков $D \times B = 0,25 \times 0,2$ м;
- эксцентриситет $e = 3 \times 10^{-3}$ м;
- зазор между валками $b = (2 \dots 8) \times 10^{-3}$ м;
- частота колебаний эксцентрикового вала $n_{эв} = 15 \dots 40$ Гц;
- окружная скорость $v = 0,8$ м / с;
- суммарная мощность привода $N = 6$ кВт;
- производительность $Q = 1,5 \dots 3,5$ т / ч.

Для защиты валков от интенсивного износа предусмотрена конструкция сменных бандажей.

Результаты промышленных испытаний вибровалкового измельчителя-активатора с вышеуказанными техническими характеристиками в технологической линии переработки отходов показали, что разработанная конструкция измельчителя обладает достаточной работоспособностью и надёжностью в эксплуатации при измельчении материалов.

В результате проведения промышленных испытаний вибровалкового измельчителя-активатора при измельчении материалов было установлено, что он может использоваться для измельчения различных материалов с различными физико-механическими характеристиками (бетон, пенобетон, газосиликатный кирпич и др.).

Проведенные промышленные испытания вибровалкового измельчителя подтвердили теоретические и экспериментально полученные результаты и свидетельствуют о целесообразности реализации раздавливающе-сдвигового и вибрационного деформирования измельчаемых материалов. Установлено, что увеличение частоты вращения эксцентрикового вала повышает производительность процесса измельчения 18...30 %, степень измельчения возрастает на 12...25 %, при этом энергоёмкость процесса снижается до 18 %.

Величина эксцентриситета увеличивает производительность процесса измельчения 7...15 %, степень измельчения возрастает на 7...12 %, энергоёмкость снижается до 12 %.

При проведении сравнительных испытаний используемого на предприятии способа измельчения (в щековая дробилка — роторная дробилка — молотковая дробилка) и с измельчением в вибровалковом измельчителе-активаторе, установленном вместо роторной дробилки получены следующие результаты:

- производительность увеличилась на 40 %;
- снижение удельного расхода электроэнергии на 18 %.

Это свидетельствует о целесообразности реализации при измельчении отходов строительного производства раздавливающе-сдвигового и вибрационного деформирования, для снижения порога прочности кусков. Применение бандажей валков значительно уменьшает их износ и повышает срок службы.

Список литературы:

1. Лесовик, В. С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород / В. С. Лесовик. – М. : Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2006. – 526 с.
2. Ревнивцев, В. И. Селективное измельчение минералов / В. И. Ревнивцев [и др.] – М. : Недра, 1988. – 286 с.
3. Богданов, В. С. Оптимизация процесса помола в производстве цемента / В. С. Богданов, Р. Р. Шарапов, Ю. М. Фадин // Междунар. конгресс производителей цемента : сб. докл. БГТУ им. В. Г. Шухова, Белгород, 9-12 окт. 2008 г. – М. : Европейский технич. ин-т, 2008. – С. 20–39.
4. Вайтехович, П. Е. Интенсификация и моделирование процессов диспергирования в поле инерционных сил: монография / П. Е. Вайтехович. – Минск: БГТУ, 2008. – 220с.
5. Ходоков, Г. С. Физика измельчения / Г. С. Ходоков. – М. : Наука, 1972. – 307 с.
6. Строительные отходы: **ВЫБРАСЫВАТЬ НЕЛЬЗЯ ИСПОЛЬЗОВАТЬ** [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://xps.tn.ru/about/eco/arteco/stroitelnye-otkhody-vybrasyvat-nelzya-ispolzovat/> – Дата доступа 30.11.2021
7. Исследование процесса измельчения анизотропных материалов в пресс-валковых агрегатах / А. М. Гридчин [и др.] // Изв. высш. учеб. заведений. Строительство. – 2007. – № 9. – С. 71–78.
8. Севостьянов, В. С. Пресс-валковые измельчители с предварительно-напряженными сегментами / В. С. Севостьянов, А. А. Романович, А. А. Минасян // Ресурсосберегающие технологии строительных материалов, изделий и конструкций : тез. докл. – Белгород : Везелица, 1993. – Ч. 4. – С. 11–12.
9. Романович, А. А. Основы расчета и проектирования пресс-валковых агрегатов для измельчения анизотропных материалов : монография / А. А. Романович, А. В. Колесников. – Белгород : БГТУ, 2011. – 165 с.
10. Ходаков, Г. С. Тонкое измельчение строительных материалов / Г. С. Ходаков. – М. : Стройиздат, 1972. – 238 с.
11. Гуюмджян, В. А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / В. А. Бауман [и др.]; под ред. Ю. Н. Макарова – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1981. – 324с.
12. Интенсификация технологических процессов в аппаратах адаптивного действия : Коллективная монография / Л. А. Сиваченко, Л. Л. Сотник, Т. Л. Сиваченко [и др.] ; Министерство образования Республики Белпрусь, Учреждение образования "Барановичский государственный университет". – Барановичи : Учреждение образования "Барановичский государственный университет", 2020. – 359 с.
13. Сотник, Л. Л. Сравнительный анализ процесса дробления сильвинитовой руды в вибровалковом измельчителе на различных режимах / Л. Л. Сотник, Л. А. Сиваченко, // Труды БГТУ. Серия 2 : Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – Минск : БГТУ, 2020. – № 2. – С. 76–81.
14. Вибровалковый измельчитель-активатор : пат. РФ № 186478 : В02С 4/32 / В. С. Севостьянов, Л. А. Сиваченко, М. В. Севостьянов, Т. Л. Сиваченко, Л. Л. Сотник, П. Ю. Горягин. – № 2018130277 ; заявл. 20.08.2018 ; опубл. 22.01.2019.