

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ РАБОТЫ ВАЛКОВОГО ЖЕЛОБА СО ШНЕКОВЫМ ИНТЕНСИФИКАТОРОМ

С.М. КОЧКАНЯН, канд. техн. наук, А.В. КОНДРАТЬЕВ, д-р техн. наук

Тверской государственной технической университет,
170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, 22, e-mail: avkondr@ya.ru

© Кочканян С.М., Кондратьев А.В., 2024

С помощью трехфакторного планирования эксперимента на испытательном стенде валкового сита со шнековым интенсификатором получены уравнения регрессии, описывающие влияние кинематических параметров устройства и подачи гравия на желоб на эффективность разделения материала и удельную производительность просеивания мелкой фракции. Приведены графические зависимости эффективности грохочения и удельной производительности на валковом желобе от изменения скорости вращения валов с дисками и от частоты вращения шнека. Рассмотрено влияние изменения величины подачи материала на показатели удельной производительности валкового сита для всего диапазона варьирования частоты вращения валов с дисками и скорости вращения шнека. Для максимальной подачи гравия определены рациональные режимные параметры валов желоба и шнекового интенсификатора, обеспечивающие высокие показатели разделения каменного материала.

Ключевые слова: валковый желоб, шнековый интенсификатор, частота вращения валов, шнек, эффективность грохочения, подача гравия, удельная производительность, просеивание, каменный материал, рациональные параметры.

DOI: 10.46573/2658-5030-2024-3-67-73

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время все чаще для разделения сыпучих материалов используются валково-дисковые разделительные устройства, производительность и эффективность которых существенно выше по сравнению с другими видами сортировок [1–5]. С позиции применения дисковых сит несомненный интерес вызывает валковый желоб со шнековым интенсификатором, преимущества которого проявляются при разделении сложных сыпучих смесей [6, 7]. Основным отличительным признаком данной конструкции является движение разделяемого материала вдоль валов желоба по ломаной линии, когда материал одновременно поднимается вверх по боковой стороне желоба и скатывается вниз. При этом происходит сегрегация компонентов разделяемой смеси по ширине желоба, т.е. чем меньше частица, тем выше она транспортируется дисками по возрастающей крутизне желобообразной поверхности. Это, в свою очередь, создает наиболее благоприятные условия для просеивания мелкой фракции [7]. Принимая во внимание особенности работы желобообразного валкового устройства со шнековым интенсификатором, необходимо было проанализировать результативность работы сортировки при фракционировании каменного материала и исходить при этом из максимальной производительности и высоких показателей эффективности грохочения. Чтобы достичь поставленной цели, основываясь на итогах предварительных исследований, планировали провести многофакторный эксперимент для изучения процесса классификации гравия на валковом желобе со шнековым интенсификатором.

Проводимые исследования предполагали решение следующих вопросов:

- 1) получения регрессионных уравнений эффективности грохочения и удельной производительности сита по просеянному материалу в зависимости от изменения основных факторов;
- 2) аналитического изучения влияния величины подачи материала, кинематических параметров валов и шнека на эффективность фракционирования гравия;
- 3) выявления воздействия величины подачи материала, кинематических параметров валов и шнека на удельную производительность 1 м^2 поверхности валкового сита по просеянному материалу;
- 4) определения рациональных кинематических параметров валов с дисками и шнека из условия максимальных показателей удельной производительности и эффективности грохочения при наибольшей подаче каменного материала на валковое сито.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования проводились на стенде валкового желоба со шнековым интенсификатором (рис. 1). На раме 1 были установлены пять валов 2 с восьмигранными дисками 3, образующие желобообразную просеивающую поверхность, которая сверху и внизу ограничивалась боковыми стенками 4. Внутри желоба вдоль валов 2 установлен вал 5 со шнековыми лопастями (шнековый интенсификатор). С торца желоба расположен загрузочный лоток 6. Продольный угол наклона γ валов 2 в сторону движения материала составлял -5° , а максимальный угол α_{\max} желоба был равен 65° . В конце желоба валы 2 были без дисков, что обеспечивало просеивание крупной фракции между ними. Просеивающий промежуток между дисками составлял 30 мм.

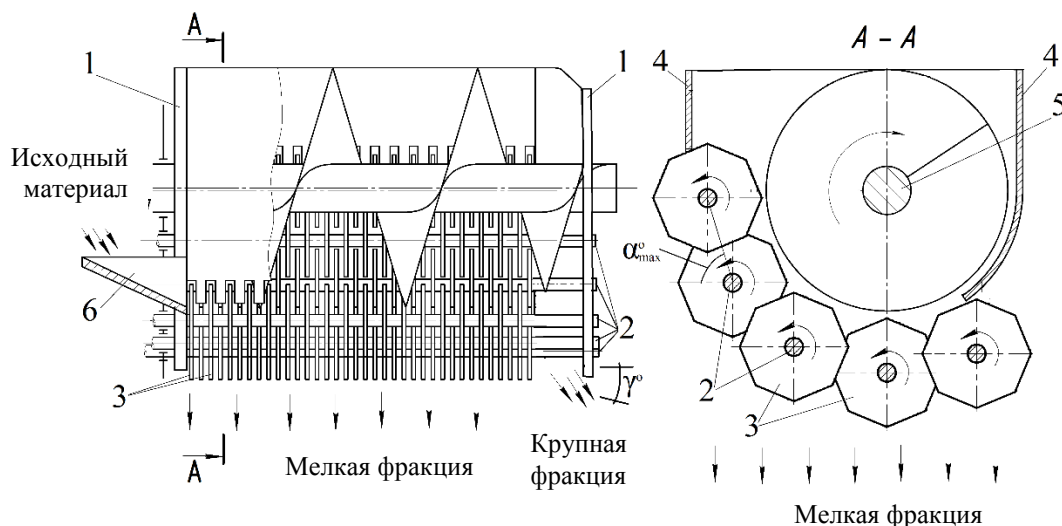


Рис. 1. Схема стенда валкового желоба со шнековым интенсификатором

Каменная смесь состояла из зерен гравия размером $5 \dots 70$ мм, при этом фракция нижнего класса была равна 60% , а верхнего – 40% . Каменная масса подавалась на желоб с помощью ленточного транспортера.

В ходе ранее выполненных исследований были установлены три основных фактора с границами их варьирования: частота вращения валов с дисками $n = 70 \dots 141$ об/мин, скорость вращения шнека $n_{\text{шн}} = 31 \dots 51$ об/мин, подача гравия на валковое сито $q = 90 \dots 630$ кг/мин.

Изменение частот вращения валов с дисками и шнека осуществлялось с помощью частотных преобразователей электрического тока F1500-G0055T3B и Toshiba VFS11-4075PL.

Чтобы получить уравнения регрессии, использовали методику планирования центрального композиционного плана второго порядка для трех факторов (частоты вращения валов с дисками, скорости вращения шнека, подачи каменного материала).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Согласно поставленным задачам, по результатам трехфакторного планирования эксперимента были получены уравнения регрессии для эффективности грохочения и удельной производительности валкового желоба со шнековым интенсификатором:

$$E = 101,344\,434\,25 - 0,007\,077\,9n - 0,041\,230\,78n_{\text{шн}} - 0,001\,639\,82q; \quad (1)$$

$$P_y = 9,276 - 0,041n - 0,085n_{\text{шн}} + 0,85q - 0,000\,054\,12q^2. \quad (2)$$

Используя уравнение (1), получили графические зависимости эффективности грохочения от изменения подачи материала на валковый грохот для среднего и крайних значений частоты вращения валов с дисками (рис. 2).

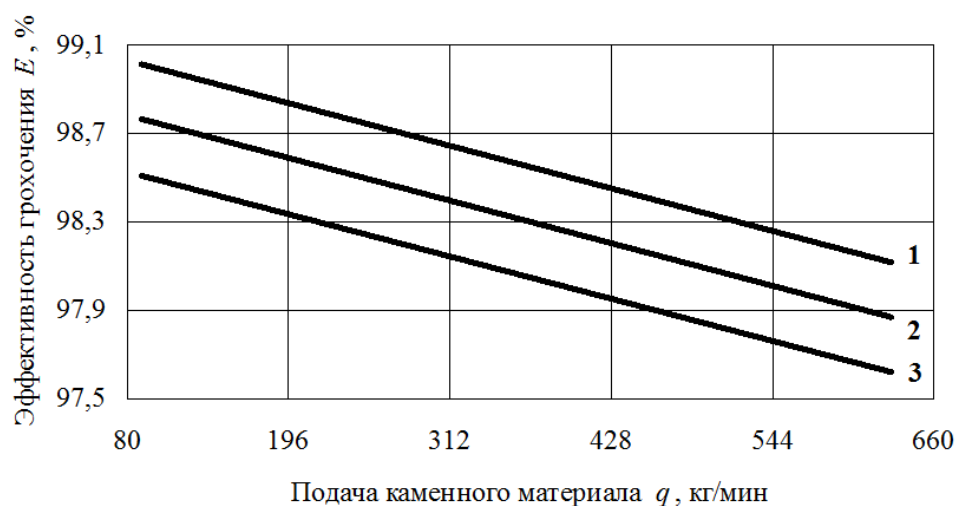


Рис. 2. Влияние подачи гравия на эффективность его грохочения при n , об/мин:
1 – 70,4; 2 – 105,7; 3 – 141 ($n_{\text{шн}} = 41$ об/мин)

Зависимости показывают линейное снижение эффективности грохочения с увеличением подачи материала на разделительное устройство при всех значениях n . Однако наибольшие значения эффективности получены при наименьшей частоте вращения валов с дисками – 70,4 об/мин, когда даже при самой большой подаче материала ($q = 630$ кг/мин) $E = 98\%$ (см. рис. 2, линию 1).

Подобные линейные зависимости были получены и для всего диапазона изменения частоты вращения шнекового интенсификатора при скорости вращения валов с дисками $n = 70,4$ об/мин (рис. 3).

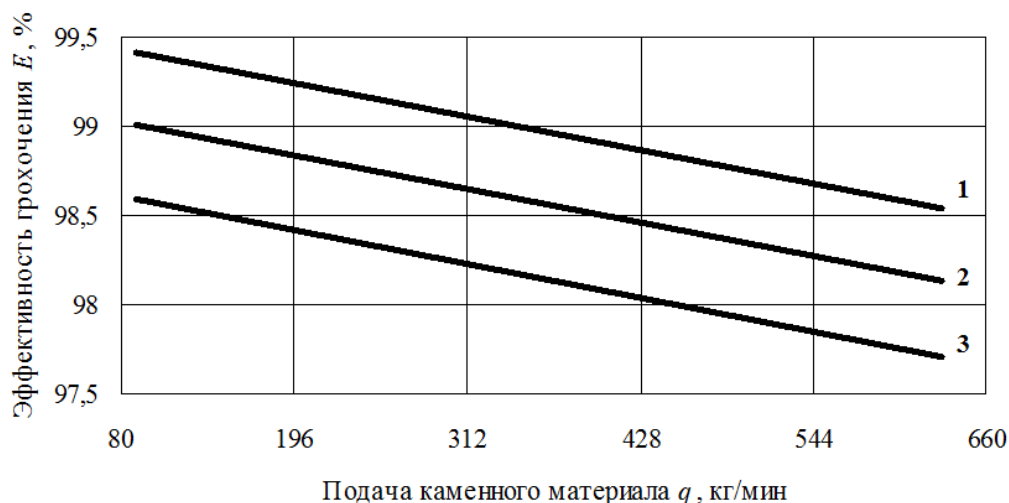


Рис. 3. Влияние подачи гравия на эффективность его грохочения при $n_{мин}$, об/мин:
1 – 31; 2 – 41; 3 – 51 ($n = 70,4$ об/мин)

Здесь видны аналогичные зависимости, когда повышение частоты вращения шнека вызывает снижение эффективности просеивания мелкой фракции гравия с увеличением его подачи на устройство. При этом самый высокий показатель эффективности ($E = 98,54$ %) для наибольшей подачи материала был получен при наименьшей частоте вращения шнека ($n_{мин} = 31$ об/мин). Если ориентироваться на показатели эффективности более 98 %, то интервал значений $n_{мин} = 31...41$ об/мин можно считать наиболее рациональным.

Полученные по уравнению (2) зависимости удельной производительности от подачи материала на сито для всего диапазона изменения n представлены на рис. 4.

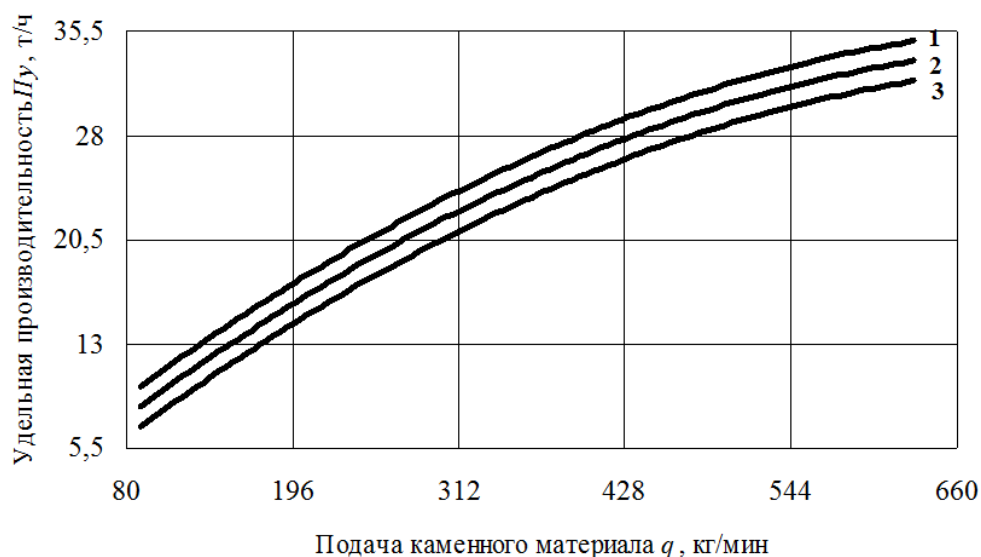


Рис. 4. Зависимость удельной производительности от подачи материала при n , об/мин:
1 – 70,4; 2 – 105,7; 3 – 141 ($n_{мин} = 41$ об/мин)

Расчетные кривые показывают увеличение удельной производительности валкового грохота с повышением подачи материала на сито. При этом с возрастанием

частоты вращения дисков производительность разделительного устройства снижается в среднем на 8 % относительно крайних значений n .

Влияние подачи материала на удельную производительность для всего диапазона изменения скорости вращения шнека представлено на рис. 5.

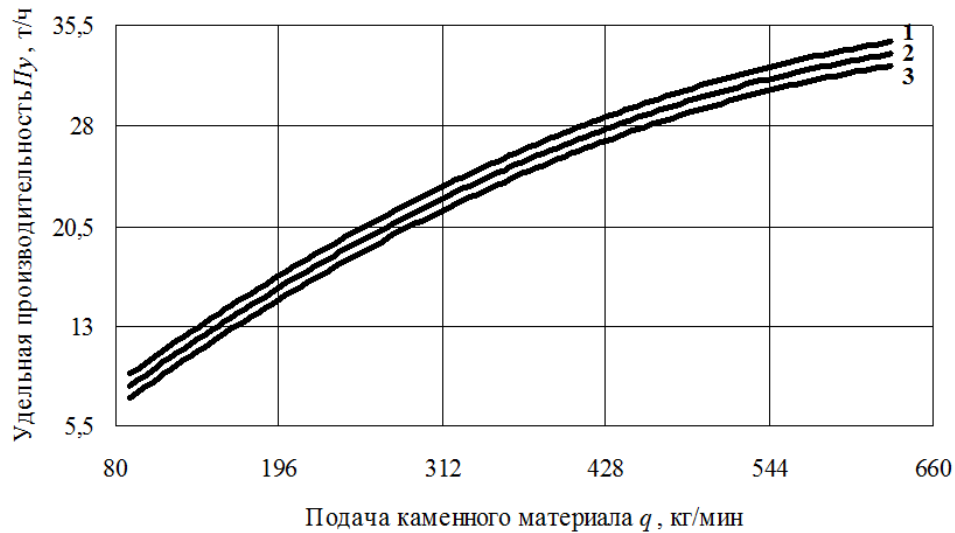


Рис. 5. Зависимость удельной производительности от подачи материала при $n_{шн}$, об/мин: 1 – 31; 2 – 41; 3 – 51 ($n = 70,4$ об/мин)

Из графического материала следует, что изменение частоты вращения шнека в меньшей степени влияет на изменение интенсивности просеивания мелкой фракции по сравнению со скоростью вращения дисков. При этом разница удельной производительности валкового грохота варьируется в пределах 5 % при граничных значениях частоты вращения шнека $n_{шн} = 31$ об/мин и $n_{шн} = 51$ об/мин.

Отмечая в целом достаточно высокие показатели эффективности грохочения, которые не опускались ниже 97,6 % даже при наибольшей подаче материала ($q = 630$ кг/мин), с использованием уравнения (2) получили зависимость изменения P_u удельной производительности 1 м² поверхности сита от частоты вращения дисков n (рис. 6).

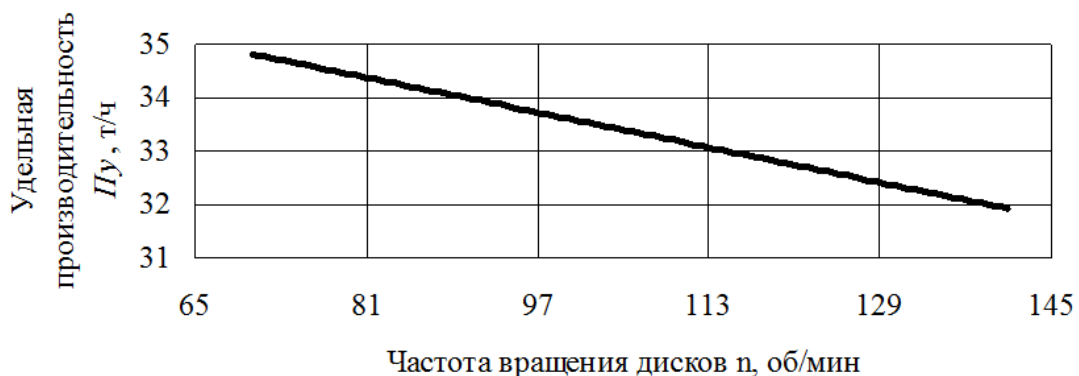


Рис. 6. Влияние частоты вращения дисков на удельную производительность валкового сита ($n_{шн} = 41$ об/мин)

Графические данные показывают, что наибольшая удельная производительность по просеянному материалу достигается при $n = 70,4$ об/мин.

Далее для подачи материала $q = 630$ кг/мин была построена графическая зависимость $П_u$ от частоты вращения шнекового интенсификатора (рис. 7).

Увеличение частоты вращения шнека вызывает снижение удельной производительности валкового желоба по прохождению мелкой фракции в промежутках между дисками.

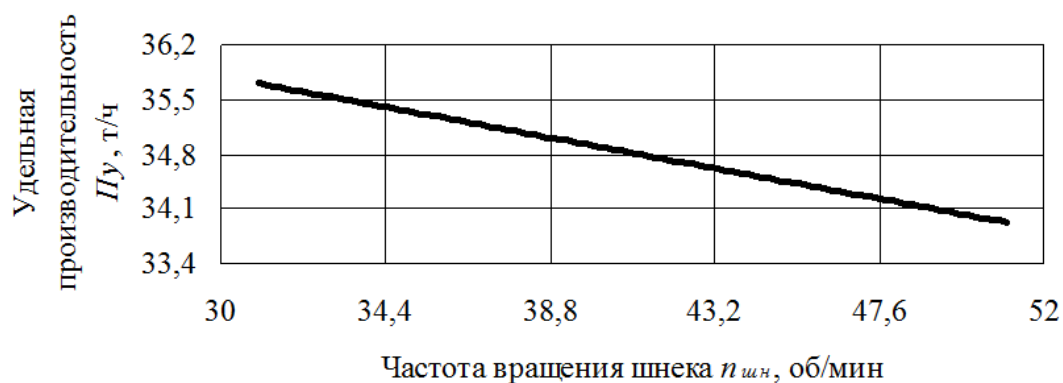


Рис. 7. Влияние частоты вращения шнека на удельную производительность валкового сита ($n = 70,4$ об/мин)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты аналитических исследований путем построения расчетных линий регрессии показывают обобщенную тенденцию влияния подачи каменного материала на эффективность процесса грохочения и на удельную производительность по просеянному материалу. Руководствуясь значениями эффективности грохочения ≥ 98 %, частоту вращения валов с дисками $n = 70 \dots 90$ об/мин и скорость вращения шнекового интенсификатора $n_{шн} = 31 \dots 46$ об/мин можно считать рациональными кинематическими параметрами, которые обеспечивают наиболее высокие показатели удельной производительности по просеянному материалу при максимальной подаче гравия на валковый желоб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юдин А.В., Шестаков В.С. Выбор оборудования и оценка схем мобильных карьерных комплексов при отработке закарстовых месторождений // *Известия вузов. Горный журнал*. 2017. № 1. С. 92–100.
2. Валково-дисковый сепаратор автономного комплекса добычи и переработки торфяного сырья на топливо / Ю.Ю. Бондарев [и др.] // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело*. 2015. № 14. С. 72–81.
3. Михайлова Н.В., Бизяев О.Ю., Спиридонов П.А. Устройство валкового типа для классификации влажного сырья // *Обогащение руд*. 2016. № 4. С. 48–55.
4. Абдуллах А.К. Обоснование конструкции и параметров валкового грохота для сортировочных комплексов дорожно-строительных машин. Дисс... канд. техн. наук. Тверь. 2014. 118 с.
5. Кузюев Д.П. Повышение износостойкости дисков валкового грохота для сортировки кокса. Дисс... канд. техн. наук. М. 2009. 140 с.

6. Русинкевич В.А., Кочкян С.М., Кондратьев А.В. Результативность грохочения гравия в зависимости от параметров валковой желобообразной сортировки со шнековым интенсификатором // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2014. № 5. С. 188–192.

7. К вопросу распределения и просеивания гравия по поверхности желобообразного валкового сита / А.В. Кондратьев [и др.] // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2022. № 4 (16). С. 46–53.

Для цитирования: Кочкян С.М., Кондратьев А.В. Анализ результативности работы валкового желоба со шнековым интенсификатором // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2024. № 3 (23). С. 67–73.

ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF OPERATION OF A ROLLER CHUTE WITH A SCREW INTENSIFIER

S.M. KOCHKANYAN, Cand. Sc., A.V. KONDRATYEV, Dr. Sc.

Tver State Technical University,
22, Af. Nikitin emb., 170026, Tver, e-mail: avkondr@ya.ru

Using a three-factor experimental design on a test bench of a roller screen with a screw intensifier, regression equations were obtained that describe the influence of the kinematic parameters of the device and the supply of gravel to the chute on the efficiency of material separation and the specific productivity of sifting the fine fraction. The graphical dependences of screening efficiency and specific productivity on a roller chute on changes in the rotation speed of shafts with disks and on the screw rotation speed are presented. The influence of changes in the amount of material supply on the specific productivity of a roller screen is considered for the entire range of varying the rotation speed of shafts with disks and the speed of rotation of the screw. For maximum gravel supply, rational operating parameters of the chute shafts and auger intensifier were determined, ensuring high separation rates of the stone material.

Keywords: roller chute, auger intensifier, shaft and auger rotation speed, screening efficiency, gravel supply, specific productivity, sifting, stone material, rational device.

Поступила в редакцию/received: 29.03.2024; после рецензирования/revised: 02.04.2024;
принята/accepted: 04.04.2024