

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов направления подготовки 23.03.02
«Наземные транспортно-технологические комплексы»
дневной формы обучения*



Могилев 2021

УДК 625.76.08
ББК 39.3
С46

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой ТТМ «28» июня 2021 г., протокол № 10

Составитель ст. преподаватель А. Н. Хустенко

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. Е. Науменко

В методических рекомендациях изложена последовательность проведения лабораторных работ.

Учебно-методическое издание

СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ

| | |
|-------------------------|-------------------|
| Ответственный за выпуск | И. В. Лесковец |
| Корректор | Т. А. Рыжикова |
| Компьютерная верстка | Е. В. Ковалевская |

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2021

Содержание

| | |
|---|----|
| 1 Лабораторная работа № 1. Основные свойства дорожно-строительных материалов | 4 |
| 2 Лабораторная работа № 2. Исследование рабочего процесса валковой дробилки | 9 |
| 3 Лабораторная работа № 3. Исследование рабочего процесса щековой дробилки | 12 |
| 4 Лабораторная работа № 4. Исследование рабочего процесса грохота | 15 |
| 5 Лабораторная работа № 5. Шаровая мельница | 18 |
| 6 Лабораторная работа № 6. Исследование работы и определение мощности вибрационной мельницы | 22 |
| 7 Лабораторная работа № 7. Исследование рабочего процесса смесителя принудительного действия | 24 |
| 8 Лабораторная работа № 8. Определение экспериментальной характеристики вибраторов для уплотнения бетонных смесей | 27 |
| 9 Лабораторная работа № 9. Изучение конструкции пневматического рассеивателя порошкообразных материалов | 31 |
| 10 Лабораторная работа № 10. Исследование рабочего процесса смесителя с пружинными рабочими органами | 35 |
| 11 Лабораторная работа № 11. Изучение конструкции и определение рабочих давлений в гидросистеме погрузчика | 38 |
| 12 Лабораторная работа № 12. Подбор оборудования для пневмотранспортирования бетонной смеси | 40 |
| 13 Лабораторная работа № 13. Исследование заглабления отвала бульдозера | 44 |
| Список литературы | 47 |

1 Лабораторная работа № 1. Основные свойства дорожно-строительных материалов

Цель работы: изучение основных свойств дорожно-строительных материалов и получение практических навыков экспериментального определения некоторых из них на примере бетона и его компонентов.

Теоретическая часть.

Строительные материалы – это основа строительства. Производство строительных материалов связано с добычей и переработкой огромного количества сырья (более 2 млрд т ежегодно). На всех этапах получения и обработки строительных материалов необходимы самые разнообразные машины. Для конструирования высокопроизводительных, экономичных и долговечных машин требуется хорошо знать свойства тех материалов, на которые эти машины будут воздействовать.

Основным строительным материалом является бетон, производство которого в нашей стране составляет около 800 млн т.

Бетон – искусственный камень, образованный путем объединения, равномерного распределения, уплотнения и последующего твердения смеси щебня (гравия), песка, цемента и воды, а нередко и специальных добавок. Раствор отличается от бетона тем, что крупность заполнителей превышает 5 мм.

При производстве бетона контролируют свойства отдельных компонентов, полученных смесей и изделий из них. Рассмотрим некоторые из этих свойств.

Свойства отдельных компонентов бетона.

Щебень. Крупность. По крупности щебень делят на несколько фракций: 5...10, 10...20, 20...40, 40...70 мм.

Марка – это прочность образцов на сжатие. Различают следующие марки щебня: 1200, 1000, 800, 600, 400, 300 кг/см².

Песок. Модуль крупности песка определяют по формуле

$$M_K = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,83} + A_{0,315} + A_{0,14}}{100} \quad (1.1)$$

где $A_{2,5} \dots A_{0,14}$ – полные остатки на ситах с размерами 2,5...0,14 мм, %.

Пустотность песка характеризуется отношением объема пор к объему в насыпном состоянии. В доброкачественном песке пустотность не должна превышать 38 %.

Цемент. Тонкость помола определяют как остаток на сите № 008 в процентах к первоначальной массе просеиваемой пробы по формуле

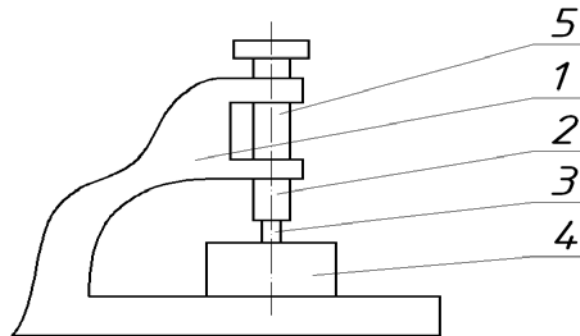
$$X_{008} = \frac{P_{008} \cdot 100}{P_0}, \quad (1.2)$$

где P_{008} – остаток на сите № 008, г;

P_0 – исходная навеска цемента, г.

Нормальная густота и сроки схватывания цементного теста.

Нормальную густоту теста определяют с помощью прибора «Вика» (рисунок 1.1), который имеет станину 1, в которой вертикально перемещается стержень 2 с пестиком или иглами 3. На нижней части станины устанавливают кольцо 4 с тестом. Стержень снабжен указателем для отсчета перемещения его относительно шкалы 5, прикрепленной к станине. Шкала имеет цену деления 1 мм.



1 – станина; 2 – стержень; 3 – пестик или игла; 4 – кольцо; 5 – шкала

Рисунок 1.1 – Прибор «Вика»

Началом схватывания цемента считается время, прошедшее от начала затворения до того момента, когда игла не будет под тяжестью стержня доходить до основания станины на 1...2 мм. Концом схватывания считают время от начала его затвердения до момента, когда игла будет опускаться на тесто не более чем на 1 мм.

Марка цемента. Марка цемента – условная величина; показывает, что прочность при сжатии образцов из цементного раствора, приготовленных и испытанных в точном соответствии со стандартом, не ниже цифры, обозначающей марку (300, 400, 500, 550, 600, 700 кг/см²).

Свойства бетонной смеси и раствора.

Бетонная смесь. Удобоукладываемость определяется посредством конуса (рисунок 1.2), подвижность – величиной осадки конуса в сантиметрах, которую измеряют сразу же после снятия формы.

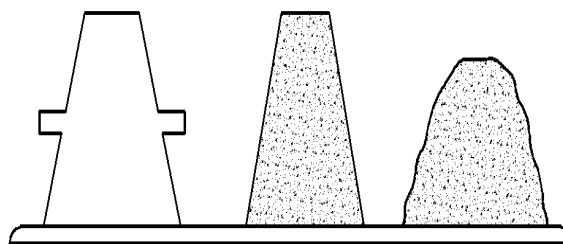


Рисунок 1.2 – Конус

Смеси бывают подвижные (осадка конуса – от 1...2 до 10...12 см и более) и жесткие, которые не дают осадки. Удобоукладываемость жесткой смеси определяют с помощью прибора Скрамтаева (рисунок 1.3).

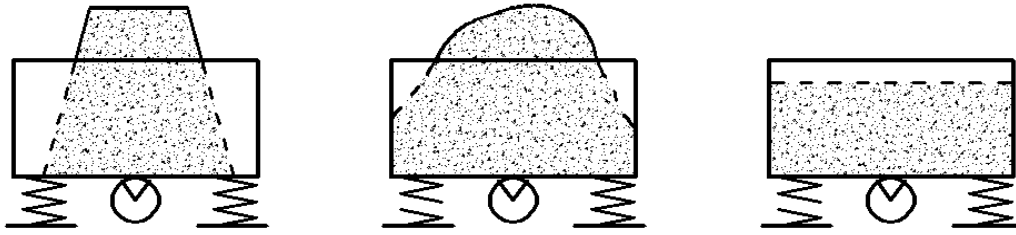
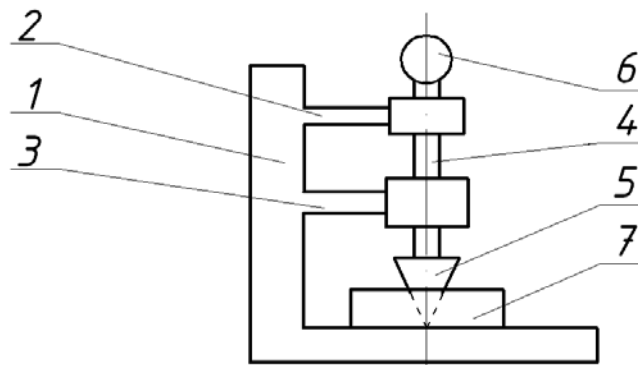


Рисунок 1.3 – Устройство Скрамтаева

В обычную металлическую форму для приготовления кубов размером $20 \times 20 \times 20$ см помещают конус со смесью, вынимая последний, смесь подвергают вибрации на виброплощадке до тех пор, пока бетонная смесь не станет горизонтальной. Время вибрации принимают за меру жесткости (удобоукладываемости) смеси.

Раствор. Подвижность свежеприготовленного раствора характеризует его способность растекаться под действием сил тяжести. Подвижность определяют при помощи конуса СтройЦНИЛ (рисунок 1.4). На штативе 1 прибора закреплены держатели 2 и 3, в которых установлен скользящий стержень 4 с конусом 5. О подвижности раствора судят по величине погружения конуса в смесь.



1 – штатив; 2, 3 – держатели; 4 – стержень; 5 – конус; 6 – ручка стержня; 7 – сосуд

Рисунок 1.4 – Прибор СтройЦНИЛ

Бетон. Основным потребительским свойством бетона является его прочность на сжатие. Существуют три метода определения прочности бетона: испытание конструкции в натуральную величину (изготовление модели), вырезание образцов из конструкций и их испытание и изготовление отдельных образцов. Последний наиболее распространен.

Испытания образцов производят в соответствии с ГОСТ 10180–78.

Прочность бетона определяют по формуле

$$R = a \cdot \frac{P}{F} \cdot K_W, \quad (1.3)$$

где a – масштабный коэффициент прочности в образцах;

P – разрушающая нагрузка, Н;

F – средняя площадь рабочего сечения образца, м²;

K_W – поправочный коэффициент, учитывающий влажность образца.

Прочность бетона в серии образцов рассчитывают по формуле

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}, \quad (1.4)$$

где R – среднее значение прочности в серии образцов, Н/м²;

R_i – среднее значение прочности отдельного образца, Н/м²;

n – число образцов.

Для пользования данной формулой необходимо, чтобы коэффициент вариации прочности образцов не превышал 15 %.

$$\frac{R_{imax} - R_{icp}}{R_{icp}} \cdot 100 \% \leq 15 \% . \quad (1.5)$$

$$\frac{R_{icp} - R_{imin}}{R_{icp}} \cdot 100 \% \leq 15 \% . \quad (1.6)$$

Асфальтобетонные смеси.

Асфальтобетон – монолит, полученный в результате уплотнения асфальтобетонной смеси, образуемой щебнем, песком, минеральным порошком и битумом (ГОСТ 9121–76, ГОСТ 9128–97, СТБ 1033–96).

В зависимости от структуры и содержания щебня асфальтобетоны делятся на следующие типы: А – содержание щебня 50 %...65 %, Б – содержание щебня 35 %...50 %, В – содержание щебня 20 %...35 %, Г – песчаные, из дробленого песка с содержанием фракции 1,25...5,0 мм более 33 %, Д – песчаные из природного песка с содержанием фракций 1,25...5,00 мм более 14 %, пористые крупнозернистые асфальтобетоны для нижнего слоя покрытия с содержанием щебня 50 %...73 %.

По технологическим особенностям и марке применяемого вяжущего смеси разделяют на горячие, теплые и холодные. Горячие смеси приготавливают с применением вязких битумов марок БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130 и др. при температуре 120 °С...160 °С и уплотняют при температуре 90 °С...140 °С; теплые асфальтобетонные смеси – на основе вязких битумов марок БНД 200/300, БНД 130/200 и др. при температуре 90 °С...140 °С и уплотняют при 70 °С...100 °С; холодные смеси готовят на жидких битумах марок СГ 70/130 и МГ 70/130 при температуре не ниже 5 °С.

Применяемое оборудование, приборы и материалы.

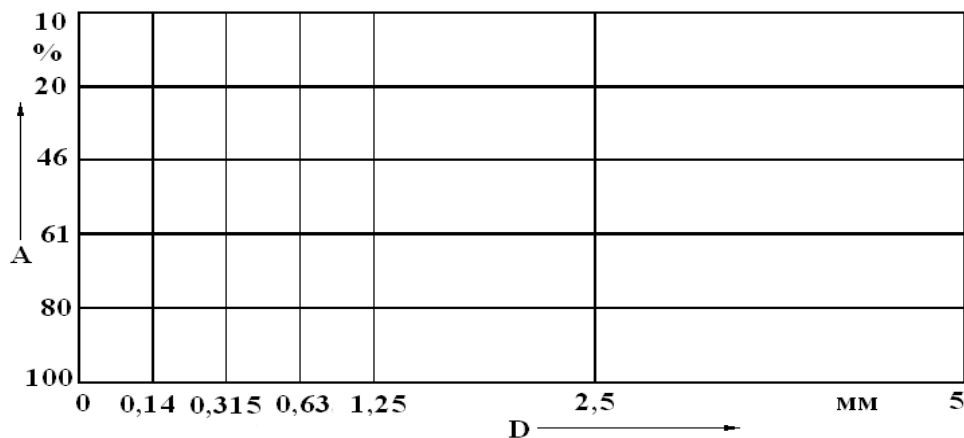
Для определения основных свойств строительных материалов применяют следующее оборудование: весы технические, пресс гидравлический, набор сит для песка, сито для цемента № 008, прибор «Вика», формы для образцов из цемента, емкость для смешивания цемента и бетонной смеси, линейку, секундомер.

Порядок выполнения работы.

Работу выполняют в следующей последовательности: определяются свойства отдельных компонентов, бетонной смеси и раствора, а также изделий из бетона.

Щебень. Крупность щебня определяют путем просеивания его через сита с размерами отверстий 5, 10, 20 и 40 мм.

Песок. Модуль крупности песка определяют по формуле (1.1). Навеску песка массой 1 кг последовательно просеивают через сита с размерами 1,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,14. По результатам опыта строят график зернового состава песка (рисунок 1.5) и определяют модуль крупности. Результаты опытов заносят в таблицу 1.1.



A – полные остатки на ситах; D – размер ячейки сита

Рисунок 1.5 – График зернового состава песка

Таблица 1.1 – Результаты ситового анализа кварцевого песка

| | | | | | | |
|----------------------------|-----|------|------|-------|--|------|
| Размер ячеек сит, мм | 2,5 | 1,25 | 0,63 | 0,315 | | 0,14 |
| Полные остатки на ситах, % | | | | | | |

Цемент. Тонкость помола определяют по формуле (1.2) как остаток на сите № 008, выраженный в процентах от массы навески. Масса навески – 50 г, время просеивания – 5...7 мин. Тонкость помола считают удовлетворительной, если через сито № 008 проходит свыше 85 % массы навески.

Нормальную густоту цементного теста определяют с помощью прибора «Вика». Взвешивают навеску цемента в количестве 400 г, перемешивают с водой, заполняют кольцо и, опуская стержень массой 300 г с пестиком на конце в тесто, определяют его нормальную густоту, выраженную в отношении массы воды к массе цемента.

Сроки начала и конца схватывания определяют с помощью прибора «Вика», заменив пестик иглой. Время, когда игла не доходит на 1...2 мм до основания кольца, – начало схватывания, когда не внедряется больше чем на 1 мм – конец. Для обычных цементов примерное начало схватывания 1,45...2,0 ч, конец – 4,5...6,0 ч.

Свойства бетонной смеси и раствора.

Удобоукладываемость. Конус устанавливают на горизонтальную плиту, а его внутренние поверхности слегка смачивают, затем его в три слоя заполняют бетонной смесью с обязательным штыкованием 25 раз каждого слоя металлическим стержнем диаметром 16 мм. Излишек смеси срезается линейкой, а конус осторожно поднимается вверх и устанавливается рядом с отформированной смесью. Определяют величину осадки конуса в сантиметрах посредством линейки.

Подвижность растворной смеси определяют посредством прибора СтройЦНИЛа. Заполняют сосуд раствором, который уплотняют штыкованием 25 раз стержнем диаметром 10...12 мм. Установив сосуд на подставку штатива, острие конуса приводят в соприкосновение с поверхностью раствора. Снимают отсчет по шкале прибора. Затем дают возможность конусу свободно погружаться в раствор. По окончании процесса погружения снимают второй отсчет. Глубину погружения конуса в раствор вычисляют как разность второго и первого отсчетов.

Свойства изделий из бетона.

Марка бетона. Приготавливают смесь, состоящую из щебня, песка, цемента и воды, и ею заполняют формы для трёх образцов с размерами каждой из них 100×100×100 мм и уплотняют. Формы с образцами остаются для твердения, а через 14 суток предварительно расформированные образцы взвешивают с целью определения их объёмной массы и подвергают разрушению на гидравлическом прессе. По формуле (1.3) определяют прочность на сжатие, по формулам (1.5) и (1.6) – коэффициент вариации прочности, по формуле (1.4) – прочность бетона в серии (3 шт.) образцов.

Результаты всех опытов заносят в отчет.

2 Лабораторная работа № 2. Исследование рабочего процесса валковой дробилки

Цель работы: изучение конструкции валковой дробилки и исследование ее рабочего процесса, определение максимального угла захвата и усилий, действующих в элементах дробилки при ее работе, расчет и экспериментальное определение потребляемой мощности и степени измельчения.

Теоретическая часть.

Валковая дробилка (рисунок 2.1) имеет два вращающихся с одинаковой скоростью гладких валка 1 и 2.

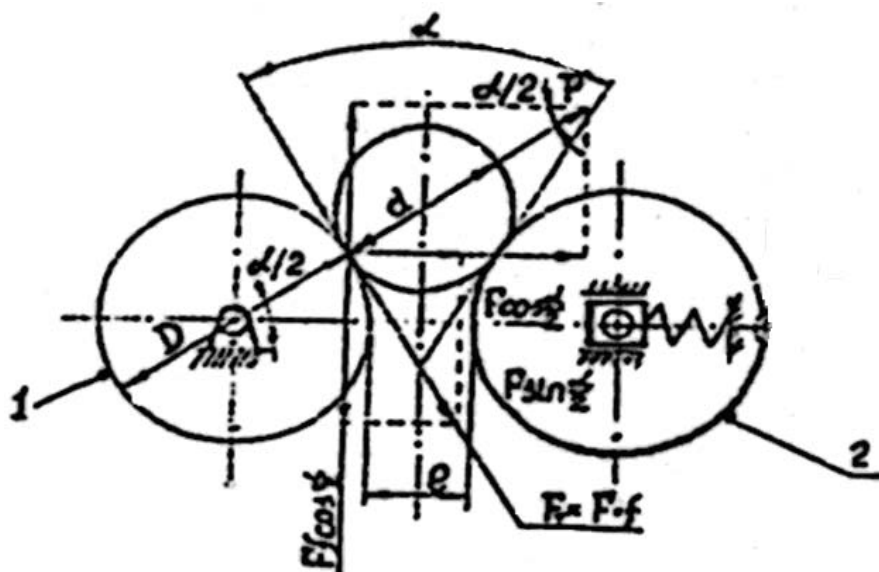


Рисунок 2.1 – Расчетная схема валковой дробилки

Изменение ширины выпускного отверстия e между валками осуществляется двумя регулировочными устройствами, каждое из которых состоит из двух боковых и одного среднего клиньев и регулировочного болта с гайкой и контргайкой. Механизмы установлены на раме между подшипниками валков. Для увеличения щели ослабляют контргайку и, вращая основную гайку, поднимают средний клин в вертикальной плоскости. При уменьшении щели клин требуется опустить, вращая гайку в обратную сторону.

Корпуса подвижного валка удерживаются от перемещения спиральными пружинами. Степень нажатия пружин регулируется болтом через упорную балку.

Вращение подвижному валку передается зубчатой парой с зубьями специального удлиненного профиля от неподвижного валка, связанного с электродвигателем, посредством клиноременной передачи.

Углом захвата α называется угол, образованный касательными в точках соприкосновения куска материала с поверхностью валков.

Для нормальной работы валков необходимо, чтобы угол захвата был меньше двойного угла трения материала о поверхность валка $\alpha \leq 2\varphi$.

Для дробилок с гладкой поверхностью валков куски материала, поступающие в дробилку, должны быть в 20 раз меньше диаметра валков. Это обстоятельство в значительной степени ограничивает применение валковых дробилок.

Усилие между валками (распорное усилие) определяют по формуле

$$F = 0,16K \cdot L_B \cdot D_B \cdot \sigma, \quad (2.1)$$

где L_B – длина валка, м;

D_B – диаметр валка, м;

σ – предел прочности дробимого материала, МПа;

K – коэффициент, учитывающий недогрузку валков, $K = 0,2 \dots 0,6$.

3 Лабораторная работа № 3. Исследование рабочего процесса щековой дробилки

Цель работы: закрепление теоретических знаний по теории дробления каменных материалов, получение навыков теоретического расчета основных параметров дробилки согласно вариантам задания (таблица 3.1), практическое определение усилия дробления, степени дробления, производительности дробилки и потребляемой мощности.

Таблица 3.1 – Исходные данные

| Вариант | D_{CB} , мм | d_{CB} , мм | Материал | σ , МПа | E , $10^2 \cdot$ МПа |
|---------|---------------|---------------|---------------------------|----------------|------------------------|
| 1 | 200 | 70 | Мрамор | 120...140 | 565...700 |
| 2 | 180 | 75 | Известняк мягкий | 40...60 | 350...500 |
| 3 | 160 | 60 | Гранит мелкозернистый | 180...200 | 600...700 |
| 4 | 140 | 70 | Гранит крупнозернистый | 120...140 | 515...700 |
| 5 | 120 | 30 | Кварц | 180...200 | 600...700 |
| 6 | 100 | 40 | Песчаник | 50...80 | 340...500 |
| 7 | 80 | 30 | Диабаз | 190...250 | 612...780 |
| 8 | 60 | 30 | Доломит | 50...80 | 340...500 |
| 9 | 180 | 40 | Базальт | 200...300 | 660...970 |
| 10 | 140 | 40 | Порфир | 150...270 | 680...800 |

Теоретическая часть.

К основным параметрам щековых дробилок относят угол захвата α между неподвижной и подвижной дробящими плитами, самую выгодную частоту вращения эксцентрикового вала n , c^{-1} , производительность дробилки Q , $m^3/ч$, требуемую мощность двигателя P , кВт.

Объемная гипотеза Кирпичева-Кика основана на известной формуле теории упругости, дающей абсолютную величину работы деформации A , МДж:

$$A = \frac{\sigma_0^2 \cdot V}{2E} = \frac{\pi \cdot \sigma^2 \cdot (D_{CB}^2 - d_{CB}^2) \cdot b}{12E}, \quad (3.1)$$

где σ и E – предел прочности и модуль упругости дробимого материала, МПа (см. таблицу 3.1);

D_{CB} – средневзвешенный размер материала до дробления, м;

d_{CB} – средневзвешенный размер выходного материала, м;

b – ширина камеры дробления, м (рисунок 3.1).

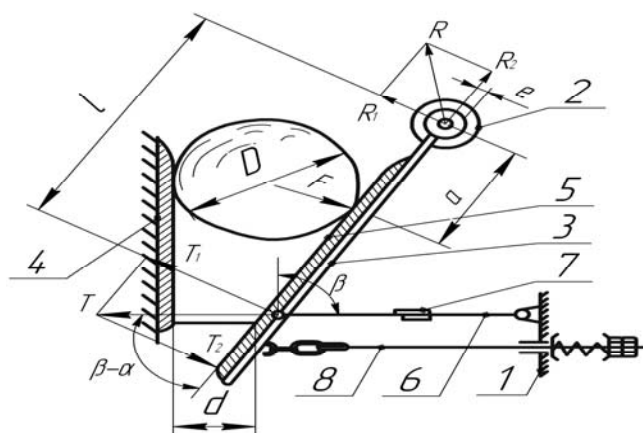


Рисунок 3.1 – Расчетная схема для определения опытного значения усилия дробления

Усилие дробления F , кН, определяется по формуле

$$F = \frac{2A}{S_0}, \quad (3.2)$$

где S_0 – ход подвижной щеки в месте приложения силы F , мм.

Используемое оборудование, приборы и материалы.

Лабораторный стенд выполнен на базе щековой дробилки СМ-165 со сложным движением щеки.

Основой дробилки является станина 1, на которой в роликовых подшипниках установлен эксцентриковый вал 2. На одном конце вала расположен маховик, а на противоположном – шкив. В средней части вала крепят подвижную щеку 3. Внутренние боковые поверхности станины защищены от изнашивания. С помощью клиньев на станине крепится неподвижная дробящая плита 5, а подвижная щека 3 закрепляется на ней накладками с помощью болтов. Для поддержания подвижной щеки 3 в рабочем положении и передачи усилий на дробление материала служит распорная плита 6, являющаяся также предохранительным устройством от перегрузок при попадании недробимых материалов, а на поверхности наклеены тензодатчики 7.

Крупность дробления регулируют изменением зазора d между дробящими плитами клиновым регулировочным устройством, состоящим из двух клиньев и винта.

Для замыкания и удержания подвижной щеки 3 и распорной плиты 6 служит замыкающее устройство 8 с пружиной. Привод осуществляется от электродвигателя через клиноременную передачу.

Порядок выполнения работы.

После изучения теоретической части и безопасных приемов работы необходимо выполнить экспериментальную часть в следующем порядке:

– включить осциллограф, тензоусилитель и другую регистрирующую аппаратуру;

- используя комплект тензометрической аппаратуры, мерную линейку, известный дробимый материал, тарировочный график установленного тензометрического моста, измерить размеры камня D_{CP} до дробления и определить по таблице его прочностные показатели E (см. таблицу 3.1);
- определить усилие дробления по формуле (3.2);
- установить размер выпускного отверстия нужной величины;
- записать рабочий процесс дробления на осциллограмму и измерить размеры щебня после дробления и значения потребляемой мощности;
- определить максимальное значение усилия T , H , в распорной плите по формуле

$$T = K_M \cdot \Delta, \quad (3.3)$$

где Δ – отклонение шлейфа, мм;

K_M – коэффициент масштаба, Н/мм;

- определить опытное значение усилия дробления $F_{оп}$, Н:

$$F_{оп} = \frac{T \cdot L \cdot \sin(\beta - \alpha)}{a}, \quad (3.4)$$

где L и a – расстояния, определяемые замером на дробилке согласно рисунку 3.1;

β – угол между распорной плитой и вертикалью, обычно $\beta = 83^\circ$;

α – угол захвата, $\alpha = 18...22^\circ$;

- определить напряжения σ_n , Па, возникающие в распорной плите,

$$\sigma_n = \frac{T}{S \cdot \phi}, \quad (3.5)$$

где S – площадь поперечного сечения распорной плиты, m^2 ;

ϕ – коэффициент продольного изгиба, $\phi = 0,4...0,7$.

Принять материал для изготовления распорной плиты с учетом $K_{зап}$.

Производительность Q , $m^3/ч$, щековой дробилки с учетом ее параметров определяют по формуле

$$Q = \frac{3600b \cdot n \cdot \mu \cdot d_{cp} \cdot S_0}{tg\alpha}, \quad (3.6)$$

где n – частота вращения эксцентрикового вала, c^{-1} ;

μ – коэффициент, учитывающий разрыхление материала при дроблении, $\mu \approx 0,4$.

Мощность P , кВт, приводного электродвигателя рассчитывают по формуле

$$P = \frac{\sigma^2 \cdot Q \cdot (i-1)}{2,4E \cdot \eta_d \cdot \eta_n}, \quad (3.7)$$

где η_d – КПД дробилки, $\eta_d \approx 0,2 \dots 0,3$;

η_{Π} – КПД привода, $\eta_{\Pi} = 0,9$.

Результаты теоретических и экспериментальных данных заносятся в таблицу 3.2. При получении заведомо неверных значений опыт повторить несколько раз.

Таблица 3.2 – Теоретические и экспериментальные значения

| Параметры | Размерность | Опыт 1 | Опыт 2 | Опыт 3 |
|----------------|-------------|--------|--------|--------|
| D_{CP} | м | | | |
| d_{CP} | м | | | |
| $\sigma_{сж}$ | МПа | | | |
| E | МПа | | | |
| F | кН | | | |
| $F_{оп}$ | кН | | | |
| σ_{Π} | МПа | | | |

Содержание отчета.

В отчете приводятся данные, полученные экспериментальным путем и рассчитанные теоретически: расчетные схемы, осциллограмма рабочего процесса, замеренные величины и определенные усилия теоретических и опытных значений усилий дробления, напряжений в распорной плите, мощности двигателя и производительности. Анализируются причины расхождения между теоретическими и экспериментальными значениями данных и дается заключение.

4 Лабораторная работа № 4. Исследование рабочего процесса грохота

Цель работы: изучение конструкции вибрационного грохота, определение эффективности грохочения, производительности, теоретической и опытной мощности двигателя.

Теоретическая часть.

Сортировка (грохочение) – операция разделения по крупности кусковых и сыпучих материалов с помощью жестких поверхностей с отверстиями; процесс, эффективность которого оценивается по формуле

$$E = \frac{c - d \cdot (100 - c)}{c}, \quad (4.1)$$

где E – эффективность грохочения, %;

d – процентное отношение (по массе) зерен нижнего сорта, не прошедших сквозь сито, к материалу верхнего сорта;

c – процентное отношение (по массе) зерен нижнего сорта в исходном материале.

На практике эффективность грохочения для вибрационных грохотов определяется на основе эмпирических зависимостей с учётом эталонного значения эффективности грохочения. Для производительности, не превышающей расчетную, она принимается постоянной:

$$E = e \cdot k'_1 \cdot k'_2 \cdot k'_3, \quad (4.2)$$

где e – эталонное значение эффективности грохочения (при средних условиях), равное для виброгрохотов горизонтальных и наклонных соответственно: для щебня – 0,89 и 0,86 %, для гравия – 0,91 и 0,87 %;

k'_1 – коэффициент, учитывающий угол наклона грохота (для наклонных грохотов) (таблица 4.1);

k'_2 – коэффициент, учитывающий содержание частиц нижнего класса (C_H , %) в исходном материале (таблица 4.2);

k'_3 – коэффициент, учитывающий содержание частиц меньше половины отверстия сита в нижнем классе зерен, размер которых ($C_{0,5H}$, %) (см. таблицу 4.2).

Таблица 4.1 – Значения коэффициента k'_1

| | | | | | |
|-----------------|------|------|------|------|------|
| α , град | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 |
| k'_1 | 1,03 | 1,02 | 1,00 | 0,96 | 0,88 |

Таблица 4.2 – Значения коэффициентов k'_2 и k'_3

| | | | | | | | |
|---------------------------|------|------|------|------|------|-------|------|
| C_H , $C_{0,5H}$, % | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| k'_2 | 0,86 | 0,9 | 0,94 | 0,97 | 1,00 | 1,015 | 1,02 |
| k'_3 | 0,9 | 0,94 | 0,98 | 1,00 | 1,01 | 1,02 | 1,03 |

На процесс грохочения при одновальной схеме (рисунок 4.1) оказывает влияние направление вращения вала вибратора. При прямом вращении частицы материала перемещаются быстрее по поверхности сита и меньшее число раз соприкасаются с ней, при обратном – картина меняется.

Наличие двойного дебаланса (вибровозбудитель направленного действия) позволяет сообщать подвижной раме грохота (коробу) колебания в направлении, перпендикулярном плоскости вращения осей валов вибратора, но в противоположных направлениях с переменной амплитудой (рисунок 4.2).

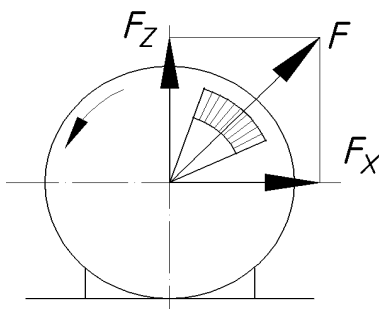


Рисунок 4.1 – Схема сил одновального дебалансного вибровозбудителя

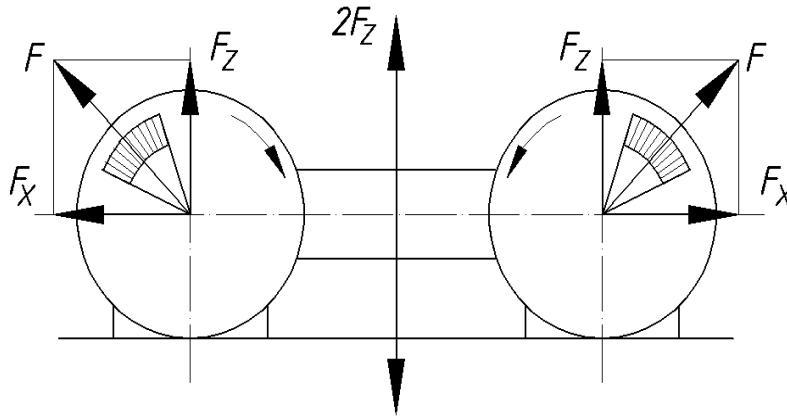


Рисунок 4.2 – Схема сил двухвального дебалансного вибровозбудителя

Мощность, необходимая для работы вибрационного грохота,

$$P_{дв} = 4\pi^3 \cdot n^3 \cdot m_{д} \cdot r_{д} \cdot d_{в} \cdot f / \eta, \quad (4.3)$$

где f – приведенный коэффициент трения вала подшипников; для подшипников скольжения $f = 0,6 \dots 0,1$; для шарикоподшипников $f = 0,001 \dots 0,004$; для роликоподшипников $f = 0,0025 \dots 0,01$;

$m_{д}$ – масса дебаланса грузов, т;

n – частота эксцентрикового вала, c^{-1} ;

$r_{д}$ – расстояние от оси вращения вала до центра тяжести дебаланса, м;

$d_{в}$ – диаметр цапфы вала под подшипник, м;

η – КПД привода, $\eta = 0,8 \dots 0,9$.

Значения параметров вибрационного грохота берутся из инструкции по эксплуатации.

Производительность виброгрохотов определяют по формуле

$$Q_T = K \cdot S \cdot q \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (4.4)$$

где K – коэффициент, зависящий от вида сортируемого материала;

S – площадь сита, m^2 ;

q – удельная производительность $1 m^2$ сита, зависящая от размерячеек, $m^3 / (m^2 \cdot ч)$;

k_1 – коэффициент, учитывающий мокрый способ грохочения;

k_2 – коэффициент, зависящий от содержания зерен нижнего сорта в исходном материале;

k_3 – коэффициент, зависящий от содержания в нижнем сорте зерен, размер которых меньше $1/2$ размера ячейки сита.

Материал, способ грохочения и коэффициенты q , k_1 , k_2 , k_3 берутся из таблицы 4.3.

Таблица 4.3 – Значения коэффициентов q , k_1 , k_2 , k_3

| Параметры | Размерность | Значение | | | | | | | | | |
|---|--|----------------|------|------|------|------|------------------|------|------|------|-----|
| | | 3 | 5 | 7,5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| d | мм | 3 | 5 | 7,5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| q | $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 21 | 28 | 36 | 48 | 60 | 83 |
| k_1 | – | 3,4 | 3 | 2,6 | 2,1 | 1,5 | 1,1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Содержание зерен нижнего сорта в материале | % | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | |
| k_2 | – | 0,58 | 0,66 | 0,76 | 0,84 | 0,92 | 1 | 1,08 | 1,17 | 1,25 | |
| Содержание в нижнем классе зерен $\frac{1}{2}$ ячейки | % | 10 | 30 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | |
| k_3 | – | 0,63 | 0,72 | 0,82 | 0,91 | 1,0 | 1,09 | 1,6 | 1,26 | 1,37 | |
| Варианты | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Материал | | Гравий $K = 1$ | | | | | Щебень $K = 0,8$ | | | | |
| Способ грохочения | | M | C | M | C | M | C | M | C | M | |
| <i>Примечание – M – мокрый; C – сухой способ грохочения</i> | | | | | | | | | | | |

Используемое оборудование и приборы.

Вибрационный грохот, ваттметр П-501, набор сит, мерная емкость, весы.

Порядок выполнения работы:

- определить теоретическую мощность, необходимую для работы вибрационного грохота, по формуле (4.3);
- объяснить расхождение теоретической и опытной мощностей;
- определить производительность вибрационного грохота по формуле (4.4);
- результаты теоретических и экспериментальных данных занести в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Результаты эксперимента

| S , м^2 | d_c , мм | Q_z , $\text{м}^3/\text{ч}$ | Q_m , $\text{м}^3/\text{ч}$ | P_z , кВт | P_m , кВт | ε , % |
|--------------------|------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------|-------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |

5 Лабораторная работа № 5. Шаровая мельница

Цель работы: изучение устройства и принципа действия барабанных мельниц с шаровой загрузкой, определение кинетики процесса помола и расчета основных параметров мельницы.

Состав и устройство модели.

В производстве цемента, керамики и стекла для грубого и тонкого помола материалов широко применяют шаровые мельницы. Принцип действия

шаровых мельниц основан на измельчении материала ударом и частично истиранием свободнопадающих мелющих тел во вращающемся барабане.

Модель (рисунок 5.1) состоит из приводного электродвигателя 1, планетарного редуктора 2, кинематически связанного с барабаном 3 посредством муфты 4. Крутящий момент передается на цапфы барабана, которые опираются на подшипниковые опоры 5, 6, связанные общей рамой с приводом.

С помощью пускового устройства 7 приводной электродвигатель 1 приводит во вращение барабан 3 через муфту 4 и редуктор 2 с понижением частоты вращения.

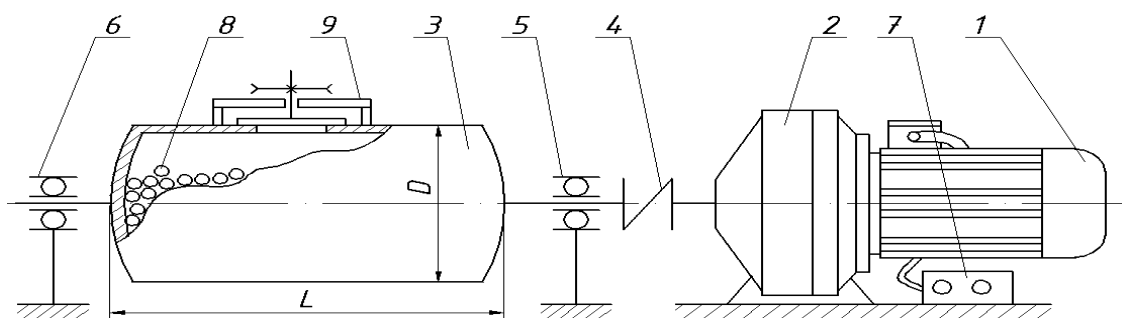


Рисунок 5.1 – Схема шаровой мельницы

Мелющая загрузка в виде шаров или цилиндров 8 вместе с измельчаемым материалом загружается вовнутрь барабана и выгружается из него через люк с фиксатором 9. Объем загрузки барабана составляет 28 %...34 % от общего внутреннего объема последнего.

Измельчение происходит в основном за счет удара и истирания частиц материала шаровой загрузкой. Чем тоньше помол материала, тем больше должен преобладать эффект истирания в рабочем объеме.

Теоретические положения и пример расчета мельницы.

Частоту вращения барабана n , c^{-1} , определяют по формуле

$$n = \frac{2 \cdot (5\phi + 2)}{15\sqrt{D_0}}, \quad (5.1)$$

где ϕ – коэффициент заполнения мельницы шарами, $\phi = 0,28 \dots 0,34$;

D_0 – внутренний диаметр барабана, м.

Для расчета производительности определяют объем камеры измельчения V , m^3 , по формуле

$$V = \frac{\pi \cdot D_0^2 \cdot L_0}{4}, \quad (5.2)$$

где L_0 – внутренняя длина барабана, м.

Массу мелющих тел $m_{ш}$, т, рассчитывают по формуле

$$m_{из} = \varphi \cdot \mu \cdot \rho_{мет} \cdot V, \quad (5.3)$$

где μ – коэффициент пустотности загрузки, $\mu = 0,5 \dots 0,6$;

$\rho_{мет}$ – плотность мелющих тел, $\rho_{мет} = 7,8 \text{ т/м}^3$.

Производительность Q_p , т/ч, определяют по формуле

$$Q_p = 6,45V \cdot \sqrt{D_0} \cdot \left(\frac{m_{из}}{V} \right)^{0,8} \cdot q \cdot K, \quad (5.4)$$

где q – удельная производительность мельницы на 1 кВт полезной мощности (может рассчитываться как отношение $m_{г.п.}/t$); для цементного клинкера и кварца обычно $q = 0,03 \dots 0,06 \text{ т/ч}$;

K – коэффициент тонины помола, зависящий от остатка на сите № 008 (таблица 5.1).

Мощность двигателя привода барабанной мельницы с учетом массы измельчаемого материала (принимается обычно $m_m = 0,14 m_{из}$) P , кВт, определяют по формуле

$$P = \frac{0,45\pi \cdot g \cdot D_0 \cdot m_m \cdot n}{\eta_{п}}, \quad (5.5)$$

где $\eta_{п}$ – КПД привода.

Таблица 5.1 – Исходные данные

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Тонкость помола, $A_{008}, \%$ | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 20 | 7 | 8 | 10 |
| K | 0,77 | 0,86 | 0,91 | 1,04 | 1,13 | 1,21 | 1,29 | 1,37 | 1,42 | 0,86 | 0,89 | 1,01 |

Используемое оборудование, приборы и материалы.

Отбор проб для изучения кинетики измельчения осуществляется через некоторые равные промежутки времени. Масса пробы из-за малости объема измельчаемого материала не должна превышать 50 г.

Крупность загружаемого материала к диаметру шара не должна превышать соотношения $D_m / D_{ш} = 0,1$.

Мощность, потребляемая электродвигателем, фиксируется общим ваттметром П-501. При измерении мощности предел измерений ваттметра должен подбираться таким, чтобы использовалось не менее $2/3$ шкалы прибора.

В связи с тем, что однофазный прибор используют для измерения мощности в трехфазной сети, его показания необходимо умножить на поправочный коэффициент $\sqrt{3} = 1,73$.

Таким образом, значение экспериментально определенной мощности вычисляют по формуле

$$N_{\text{э}} = z \cdot n \cdot \sqrt{3}, \quad (5.6)$$

где n – число делений показания;

z – цена деления шкалы на данном режиме, $z = \frac{V_n \cdot A_n}{n_m}$;

n_m – число делений на шкале прибора;

V_n – предел измерения по напряжению, В;

A_n – предел измерения по току, А.

Порядок выполнения работы.

После тщательного изучения теоретических положений данной лабораторной работы, получения задания от преподавателя и выполнения расчетов основных параметров мельницы необходимо выполнить экспериментальную часть работы в следующем порядке:

– загрузить барабан мельницы на расчетную степень заполнения камеры измельчения $m_{\text{ш}}$;

– загрузить измельчаемый материал с учетом максимальной исходной крупности $m_{\text{ш}} = 1 \dots 2$ кг;

– загерметизировать люк загрузки и произвести измельчение с контролем потребляемой мощности и остатка на сите с помощью П-501, РП-5;

– данные экспериментов занести в таблицу 5.2;

– определить массу готового материала за время измельчения;

– определить энергоемкость процесса помола q , Вт·ч/кг.

Таблица 5.2 – Результаты экспериментальных исследований

| Опыт | t , с | P , Вт | A_{008} , % | m_m , кг | $M_{\text{э.п.}}$, кг | q , Вт·ч/кг |
|------|---------|----------|---------------|------------|------------------------|---------------|
| 1 | 60 | | | | | |
| 2 | 120 | | | | | |
| 3 | 180 | | | | | |
| 4 | 240 | | | | | |
| 5 | 300 | | | | | |

Содержание отчета.

В отчете приводятся данные, полученные путем теоретического расчета основных параметров и полученные экспериментальным путём. Табличные значения экспериментальных и теоретических исследований приводятся с последующими выводами. Делается заключение о сходимости полученных результатов.

Отчет должен содержать схему модели мельницы, таблицу и график экспериментальных исследований, теоретические расчеты и др.

6 Лабораторная работа № 6. Исследование работы и определение мощности вибрационной мельницы

Цель работы: изучение принципа действия вибромельниц, методики расчета мощности, необходимой для привода вибромельниц.

Устройство лабораторной мельницы.

Применение вибрационных мельниц для сверхтонкого помола имеет ряд преимуществ по сравнению с обычными шаровыми мельницами:

- скорость измельчения значительно выше, чем у обычных мельниц;
- удельный расход энергии на 20 % меньше, чем у шаровой мельницы;
- размеры вибромельниц гораздо меньше размеров мельниц других типов той же производительности.

Лабораторная вибромельница (рисунок 6.1) гирационного типа состоит из электродвигателя 1, на валу которого с обеих сторон установлены эксцентрики. На эксцентрики посредством подшипников 2 установлены кронштейны 3 с помольными камерами 4. Угол φ установки помольной камеры в кронштейне 3 может изменяться от 0° до 90° .

Для уравнивания вибромельницы на валу электродвигателя рядом с эксцентриками установлены маховики с противовесами 5.

Реактивный момент подшипников 2 на кронштейне 3 компенсируется с помощью упругих элементов 6.

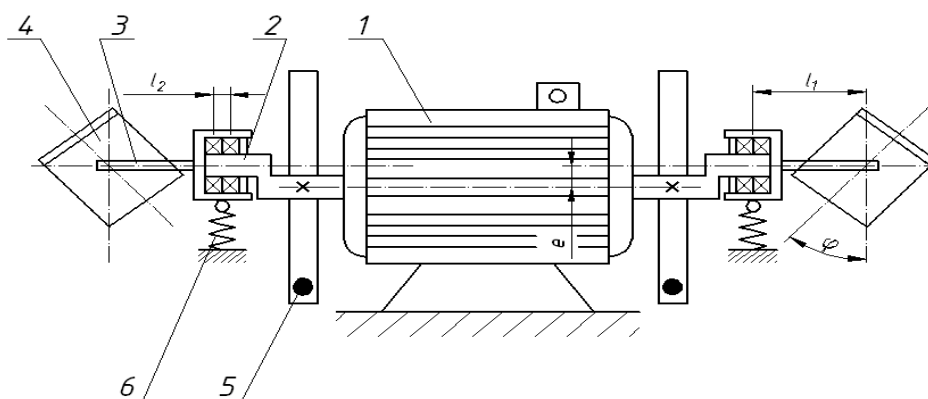


Рисунок 6.1 – Лабораторная вибромельница

Определение мощности, потребляемой мельницей.

Мощность, потребляемую мельницей, определяют по формуле

$$P = P_{ЗАГР} + P_{ВИБР} + P_{П} + P_{ЗВ}, \quad (6.1)$$

где $P_{ЗАГР}$ – мощность, расходуемая на движение загрузки, Вт;

$P_{ВИБР}$ – мощность, необходимая на поддержание вибрации, Вт;

$P_{П}$ – мощность, теряемая в упругой опоре, Вт;

$P_{зв}$ – мощность, теряемая на звуковое излучение, Вт.

Мощность, расходуемую на движение загрузки, определяют по формуле

$$P_{загр} = \frac{1}{2m \cdot \alpha^2 \cdot \omega^3 \cdot K_p}, \quad (6.2)$$

где m – масса загрузки, состоящая из шаров и измельчаемого материала ($m_u = 1,6$ кг, $m_m = 0,3$ кг) в каждой камере;

α – амплитуда колебаний, м;

ω – частота вращения вибровозбудителя, c^{-1} ;

K_p – коэффициент мощности, при $\varphi = 45^\circ K(\varphi) = 0,95 \dots 0,97$.

Мощность на трение в подшипниках вибратора рассчитывают по формуле

$$P_{вibr} = A_{тр} \cdot \omega = f \cdot m_u \cdot \omega^3 \cdot a \cdot \pi \cdot d \cdot (e_1 / e_2), \quad (6.3)$$

где $A_{тр}$ – работа сил трения за оборот, Дж;

f – коэффициент трения качения;

m_u – масса помольной камеры с загрузкой, $m_u = (m_k + k_3 \cdot m)$, где $m_k = 1,4$ кг;

k_3 – коэффициент присоединения загрузки, $k_3 = 0,25 \dots 0,4$;

d – диаметр внутреннего кольца подшипника, м;

e_1 – величина консоли крепления камеры на кронштейне, м;

e_2 – расстояние между двумя подшипниками, м.

Потери мощности в упругой опоре P_n и $P_{зв}$ на излучение звука составляют менее 1 % от общих потерь и поэтому их не учитывают.

Используемое оборудование.

Тахометр, весы аналитические, индикатор, штангенциркуль, ваттметр, секундомер, пневморассеиватель РП-5 с ситом А₀₀₈.

Порядок проведения лабораторной работы.

После включений вибромельницы и выхода ее на установившийся режим снимаются показания ваттметра, опыты повторяются при разных углах установки помольных камер.

Оформление отчета.

В отчете проводятся сопоставление результатов теоретического расчета и данных из эксперимента, анализ влияния массы загрузки m , амплитуды колебаний a , угла установки помольных камер φ на потребляемую мощность. Оформленный отчет представляется к защите.

7 Лабораторная работа № 7. Исследование рабочего процесса смесителя принудительного действия

Цель работы: определение качества смешивания, производительности и потребляемой мощности смесителя.

Используемое оборудование. Одновальный лабораторный смеситель, линейка, мерная емкость, весы, пробоотборник, набор сит, лабораторный конус №1.

Общие сведения.

Смешивание – один из основных процессов строительного производства, имеющий своей целью получить из нескольких материалов однородную смесь, обладающую новыми свойствами по сравнению с исходными свойствами компонентов.

При смешивании частицы компонентов перемещаются в объеме смесителя относительно друг друга под воздействием импульсов, передаваемых смешиваемой среде рабочими органами. Из всех видов смешивания наиболее распространено механическое, осуществляемое в смесителях гравитационного и принудительного действия.

Смесители принудительного действия являются наиболее перспективными машинами, т. к. позволяют получать смеси любой консистенции за короткое время.

Основной параметр смесителей циклического действия – емкость замеса, смесителей непрерывного действия – производительность.

Смесители принудительного действия выпускаются двух видов: с горизонтальными смесительными валами и корытообразным корпусом (лотковые) и с вертикальными смесительными валами и цилиндрическим чашеобразным корпусом (тарельчатые).

Теоретическая часть. Определение потребляемой мощности.

В общем случае момент, необходимый для вращения лопасти (рисунок 7.1), определяют по формуле

$$M = \int_{r_B}^{r_H} k \cdot r \cdot b \cdot d \cdot r = k \cdot b \frac{(r_H^2 - r_B^2)}{2},$$

где k – коэффициент сопротивления движению лопасти;

b – проекция ширины лопасти на плоскость, перпендикулярную направлению движения, м;

r_H, r_B – радиусы наружной и внутренней кромок лопасти, м.

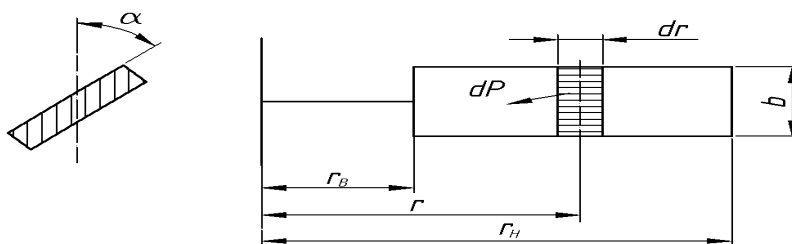


Рисунок 7.1 – Схема к расчету мощности привода принудительных смесителей

Для смесителей с горизонтальными валами, имеющих лопасти одинакового размера, мощность двигателя N , кВт, определяют по следующим формулам:

$$N = \frac{M \cdot \omega \cdot z \cdot \varphi}{1000\eta};$$

$$N = \frac{\omega \cdot k \cdot b \cdot (r_H^2 - r_B^2) \cdot z \cdot \varphi}{2000\eta}, \quad (7.1)$$

где ω – угловая скорость вала, рад/с;

z – число лопастей;

η – КПД привода;

φ – коэффициент, учитывающий степень нагружения лопастей в смеси (для лотковых смесителей его можно принять равным 0,5).

Формулы расчета коэффициента сопротивления представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Формулы расчета коэффициента сопротивления тяжелой бетонной смеси

| Вид бетонной смеси | Осадка конуса, см | Жесткость | Зависимость коэффициента сопротивления k , кПа, от средней линейной скорости лопастей V_{CP} , м/с |
|--------------------|-------------------|-----------|--|
| Жесткая | 0 | 2...18 | $k = 28,5 + 4,88v_{CP}^2 + 1,21v_{CP}$ |
| Малоподвижная | 0...2 | 4...12 | $k = 25,7 + 4,88v_{CP}^2 - 1,51v_{CP}$ |
| Подвижная | 4...6 | – | $k = 20,9 + 4,88v_{CP}^2 - 7,24v_{CP}$ |
| Весьма подвижная | 10...12 | – | $k = 20,5 + 4,88v_{CP}^2 - 11,79v_{CP}$ |
| Литая | >15 | – | $k = 20,1 + 4,88v_{CP}^2 - 14,02v_{CP}$ |

Определение качества смешивания. Степень смешивания является своего рода показателем эффективности смешивания и может быть использована для оценки интенсивности перемешивания.

Для расчета степени смешивания на основе анализа взятых проб применяются различные формулы. Чаще всего используется формула Хиксона и Тени

$$I = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{X_n},$$

где n – число взятых проб;

X_1, X_2 – относительная концентрация взятых проб (масса исходных компонентов).

$$X_i = \frac{\Phi_i}{\Phi_{i0}}; \quad \Phi_i < \Phi_{i0};$$

$$X_i = \frac{1 - \Phi_i}{1 - \Phi_{i0}}; \quad \Phi_i > \Phi_{i0},$$

где Φ_i , Φ_{i0} – объемные или весовые доли анализируемого компонента в объеме i -й пробы и во всем смесителе соответственно.

Качественное приготовление бетонной смеси на этапе смешивания оценивают опосредованно с помощью осадки корпуса. При этом смешивание считается хорошим, когда колебания осадки корпуса для проб смеси, взятых из различных объемов корпуса смесителя, составляют не более 1 см. Основным показателем качества бетона является его прочность на сжатие $R_{сж}$, т. е. марка бетона. Для определения марки бетона из приготовленной смеси формируют образцы в виде кубиков и производят их разрушение на прессе. Кубы до разрушения должны выстоять 28 сут.

Прочность бетона \bar{R} в серии образцов оценивают по формуле

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n},$$

где \bar{R} – среднее значение прочности бетона серии образца;

R_i – значение прочности отдельного образца;

n – число образцов.

Формула применяется в тех случаях, когда коэффициент вариации прочности бетона не превышает 15 %.

Определение производительности.

Производительность смесителей циклического действия определяют по формуле

$$П = \frac{V_3 \cdot z}{1000}, \quad (7.2)$$

где V_3 – емкость смесителя (по выходу готовой смеси), л;

z – число циклов в час, $z = 3600/T$.

Время одного цикла

$$T = t_1 + t_2 + t_3, \quad (7.3)$$

где t_1 – время загрузки, с;

t_2 – время смешивания, с;

t_3 – время выгрузки, с.

Производительность смесителя непрерывного действия рассчитывают по формуле

$$П = 3600F \cdot v_{oc}, \quad (7.4)$$

где F – площадь поперечного сечения материала в смесителе, м²;

v_{oc} – скорость осевого перемещения материала, м/с.

Порядок выполнения работы.

Работа выполняется звеньями по три-четыре человека в каждом.

По формулам (7.1) и (7.2) аналитически определить потребляемую мощность и производительность, производя необходимые замеры конструктивных параметров и построить график зависимости потребляемой мощности от угла установки лопастей. Сделать вывод.

8 Лабораторная работа № 8. Определение экспериментальной характеристики вибраторов для уплотнения бетонных смесей

Цель работы: изучение устройства и принципа работы поверхностного и глубинного вибраторов, правил эксплуатации и техники безопасности при работе с ними; расчет основных параметров вибратора в соответствии с заданным вариантом (таблица 8.1).

Таблица 8.1 – Варианты заданий с исходными данными

| Вариант | Поверхностный вибратор | | | Глубинный вибратор | | |
|---------|--------------------------|---------------------------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | Масса вибратора m , кг | Возмущающая сила P , кН | Площадь основания плиты F , м ² | Наружный диаметр корпуса d_k , мм | Тип вибровозбудителя | Толщина вибрируемого слоя h , м |
| 1 | 12 | 2 | 0,4 | 25 | Планетарный с внутренней обкаткой | 0,30 |
| 2 | 16 | 6 | 0,6 | 30 | | 0,30 |
| 3 | 20 | 10 | 0,8 | 38 | | 0,30 |
| 4 | 28 | 14 | 1,0 | 45 | | 0,35 |
| 5 | 32 | 16 | 1,1 | 50 | | 0,35 |
| 6 | 36 | 18 | 1,2 | 54 | Планетарный с наружной обкаткой | 0,35 |
| 7 | 40 | 20 | 1,3 | 60 | | 0,35 |
| 8 | 51 | 22 | 1,4 | 65 | | 0,40 |
| 9 | 64 | 26 | 1,6 | 70 | | 0,40 |
| 10 | 80 | 30 | 1,8 | 80 | | 0,40 |

Теоретическая часть.

Режим вибрационного уплотнения характеризуется амплитудой и частотой колебаний, продолжительностью вибрирования и мощностью, необходимой для вибрирования бетонной смеси.

Оптимальная частота колебаний зависит от размера частиц и подвижности бетонной смеси. Для смесей с крупными фракциями заполнителей необходима более низкая частота колебаний с наибольшей амплитудой, а для смесей с мелкими – наиболее высокая частота с меньшей амплитудой. Вибратор состоит из вибровозбудителя (вибрационного механизма), рабочего органа и амортизаторов. Электромеханические вибровозбудители по конструктивному исполнению бывают дебалансные, планетарные и бегунковые. Дебалансный

вибровозбудитель состоит из корпуса, в котором запрессован статор асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором. Вал электродвигателя установлен на шарикоподшипниках, последние смазываются консистентной смазкой, вытекание которой ограничивают лабиринтные уплотнения. На консольных частях вала размещены подвижные и неподвижные части дебалансов. Изменяя их расположение относительно друг друга, можно получить четыре различных статических момента массы дебалансов и, соответственно, четыре значения возмущающей силы.

Статический момент массы дебалансов определяется по формуле

$$m_0 \cdot r_0 = \frac{3600P}{\omega^2}, \quad (8.1)$$

где m_0 – масса дебалансов, кг;

r_0 – радиус вращения центра масс дебалансов, м;

P – возмущающая сила, Н;

ω – угловая скорость вращения дебалансов, с.

Амплитуда колебаний вибратора

$$A = \frac{m_0 \cdot r_0}{m + m_1}, \quad (8.2)$$

где m – масса вибратора, кг (см. таблицу 8.1);

m_1 – масса плиты, т (принять $m_1 = 0,5 \dots 1,1$).

В дебалансных вибраторах ненаправленного действия вектор центробежной силы P вращается с угловой скоростью ω , а проекция этого вектора на ось x изменяется по гармоническому закону

$$P_x = P \cdot \sin(\omega \cdot t), \quad (8.3)$$

где P_x – возмущающая сила, Н.

Амплитудное значение возмущающей силы равно центробежной силе:

$$P = m \cdot r \cdot \omega^2. \quad (8.4)$$

где P – амплитудное значение возмущающей силы, Н;

m – масса дебаланса, кг;

r – радиус вращения центра тяжести дебаланса, м;

ω – угловая скорость вращения, с⁻¹.

Если вибровозбудитель закрепить в центре рабочей площадки, получают поверхностный вибратор (рисунок 8.1), техническую производительность которого определяют по формуле

$$\Pi = \frac{3600 \cdot h}{t_1 + t_2}, \quad (8.5)$$

где Π – производительность уплотнения бетонной смеси, м³/ч;

F – площадь контакта, m^2 ;
 h – глубина проработки, m ;
 t_1 – продолжительность вибрирования на одном мосте, s ;
 t_2 – продолжительность перестановки вибратора, s .

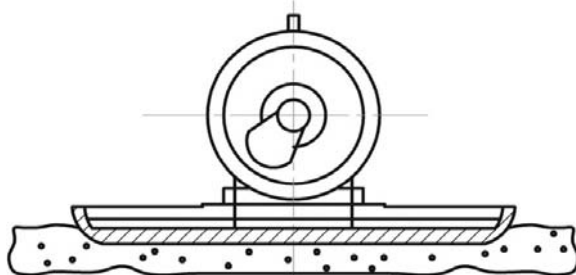
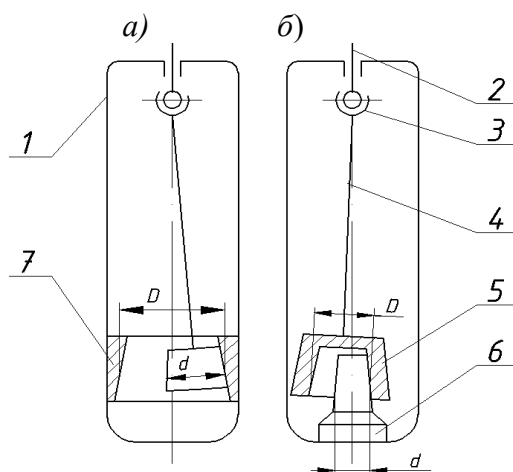


Рисунок 8.1 – Поверхностный вибратор

Планетарный вибровозбудитель находит применение в бесподшипниковых вибростержневых глубинных вибраторах (рисунок 8.2).

Различают вибровозбудители с наружной и внутренней обкаткой. В первом случае дебаланс обкатывается своей наружной поверхностью внутри кольца, во втором пустотелый бегунок обкатывается своей внутренней поверхностью вокруг стержня.



a – наружная обкатка; b – внутренняя обкатка; 1 – корпус; 2 – вал электродвигателя; 3 – гибкое соединение; 4 – вал бегунка; 5 – бегунок; 6 – стержень; 7 – кольцо

Рисунок 8.2 – Планетарный вибровозбудитель

Техническую производительность глубинного вибратора определяют по формуле

$$P_{ГБ} \frac{3600\pi \cdot R^2 \cdot h \cdot k}{t_1 + t_2}, \quad (8.6)$$

где R – радиус действия вибратора, м (принять равным 5...7 значениям наружного диаметра корпуса (см. таблицу 8.1));

h – толщина вибрируемого слоя бетона, м;

k – коэффициент перекрытия зон действия вибратора (принять $k = 0,65$);

t_1 и t_2 – продолжительность вибрирования на одном месте и время перестановки вибратора соответственно, с (принять $t_1 = 30$, $t_2 = 1...5$).

Число колебаний корпуса вибратора ω зависит от соотношения радиусов бегунка $r = \frac{d}{2}$ и беговой дорожки $R = \frac{D}{2}$ (см. рисунок 8.2) и определяется по следующим формулам:

– для вибровозбудителя с внутренней обкаткой

$$\omega_B = \frac{\omega \cdot R}{R - r}; \quad (8.7)$$

– для вибровозбудителя с наружной

$$\omega_H = -\frac{\omega \cdot K}{R - r}, \quad (8.8)$$

где ω – угловая скорость вращения гибкого вала.

Знак « \rightarrow » в формуле показывает, что вращение бегунка и его обкатка происходят в различных направлениях.

Начертить график зависимости ω от $\frac{R}{r}$, $1 \leq \frac{R}{r} \leq 3$.

При заданной частоте вращения вала электродвигателя число обкатываний бегунка с внешней обкаткой

$$n_1 = \frac{d \cdot n_0}{D - d}, \quad (8.9)$$

а при обкатке бегунка вокруг центрального стержня

$$n_2 = \frac{D \cdot n_0}{D - d}, \quad (8.10)$$

где n_1 , n_2 – частоты колебаний, колебаний/мин;

D – диаметр внешней обкатывающейся поверхности, м;

n_0 – частота вращения электродвигателя, мин⁻¹.

При малой разнице диаметров D и d частота колебаний достигает 300...350 Гц.

Порядок выполнения работы.

1 После изучения теоретической части, конструкции вибровозбудителей и безопасных приемов работ с ручными вибраторами измерить при помощи ваттметра потребляемую мощность поверхностных и глубинных вибраторов.

Произвести замер частоты вынужденных колебаний с помощью тензометрического вибрографа при работе глубинного вибратора в уплотненной среде и на воздухе.

По результатам непосредственных замеров габаритных размеров рабочего оборудования и дебалансов вибровозбудителей в соответствии с теоретическими зависимостями определить расчетным путем возмущающую силу, частоту колебаний и производительность поверхностных и глубинных вибраторов.

2 Во избежание несчастных случаев запрещается:

- начинать работу, не убедившись в исправности вибратора, прочности крепления к нему токоподводящего кабеля и надежности заземления корпуса или источника питания;

- начинать работу при неисправном, натянутом или скрученном токоведущем кабеле;

- производить какой-либо вид ремонта, чистку, смазку и т. п. при включенном вибраторе;

- работать электрическими ручными вибраторами без резиновых сапог и перчаток.

3 Отчет оформляется индивидуально в следующем порядке:

- схемы включения вибраторов в сеть;

- конструкции вибровозбудителей;

- теоретическая часть;

- методика измерений и результаты вычислений основных параметров;

- сопоставление полученных результатов с технической характеристикой серийных вибровозбудителей.

9 Лабораторная работа № 9. Изучение конструкции пневматического рассеивателя порошкообразных материалов

Цель работы: изучение конструкции, режимов работы и методики определения тонкости помола по остатку на сите.

Теоретическая часть.

Для оценки степени дисперсности порошкообразных материалов могут быть использованы различные характеристики. Например, наименьший и наибольший размеры частиц, разность между наибольшим и наименьшим размерами частиц, средний размер частиц, удельная поверхность и другие. Наиболее полно дисперсность характеризуется дисперсным (гранулометрическим, зерновым) составом. Такая характеристика устанавливает не только перечисленные выше параметры, но и процентное содержание частиц каждого размера.

Из-за неправильности геометрической формы частиц их размеры трудно определить с помощью измерений. Наиболее простой и дешевый способ – ситовый анализ. В производстве цемента и других сырьевых материалов с высокой степенью дисперсности применяют ручной или механический, сухой или мокрый, аэродинамический или ультразвуковой способы отсева.

Рассеиватель пневматический РП-5 предназначен для отсева порошкообразных материалов на ситах с сетками № 004К, 005К, 0063К, 008К, 01К, 0125К, 016К, 02К (ГОСТ 3584–73) и реализует аэродинамический способ отсева.

Основное применение РП-5 – сев при контроле тонкости помола цемента (сито с сеткой № 008К), а также сырьевой муки, кварцевых песков и других порошкообразных материалов сухого измельчения с плотностью от 2 до 3,5 т/м³.

Принцип действия и устройство рассеивателя РП-5.

Принцип действия рассеивателя РП-5 заключается в просеве навески порошка через сито действием воздушных потоков при одновременной очистке этими потоками ячеек сита от забивающих их частиц.

Схема движения воздушных потоков в пневматическом рассеивателе представлена на рисунке 9.1. Между конусами 1 и 2 установлено сито 3, а к отверстию нижнего конуса прижата чашка 4, дно которой имеет кольцевой зазор. Источник разрежения подсоединен к отводу 8. Для получения разрежения в приборе используется эжектор, преобразующий давление сжатого воздуха в разрежение.

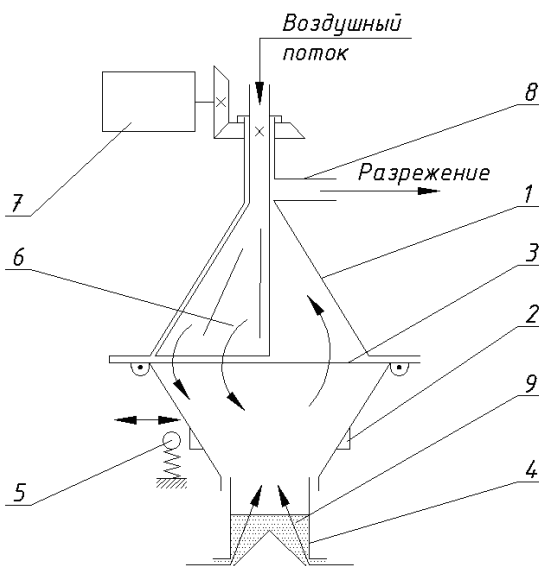


Рисунок 9.1 – Схема движения потоков

Под действием разрежения возникают два воздушных потока: через кольцевой зазор в чашке 4 и щель сопла 6. Поток через щель сопла 6 проходит

перпендикулярно поверхности сита. Соотношение этих потоков определяется соотношением размеров кольцевого зазора и щели сопла.

Поток, идущий через кольцевой зазор, поднимает материал в нижний конус 2 и создает «кипящий» слой.

Поток из сопла 6, имеющий значительно больший расход воздуха, проходит через сетку 3 сверху вниз, а затем уходит через сетку 3 в верхний конус 1 и далее в отсос 8, унося с собой через сетку мелкие фракции порошка, захваченные им из «кипящего» слоя.

Сопло вращается электродвигателем 7. Для предотвращения налипания материала на стенки конусов предусмотрено их обстукивание кулачковым механизмом 5.

По окончании времени просева чашку снимают, остаток высыпают и взвешивают с точностью до 0,01 г.

Внешний вид рассеивателя представлен на рисунке 9.2.

На лицевую панель вынесены ручка управления реле времени 18, кнопки ПУСК 15, СТОП 16, лампа ПРОСЕВ 17.

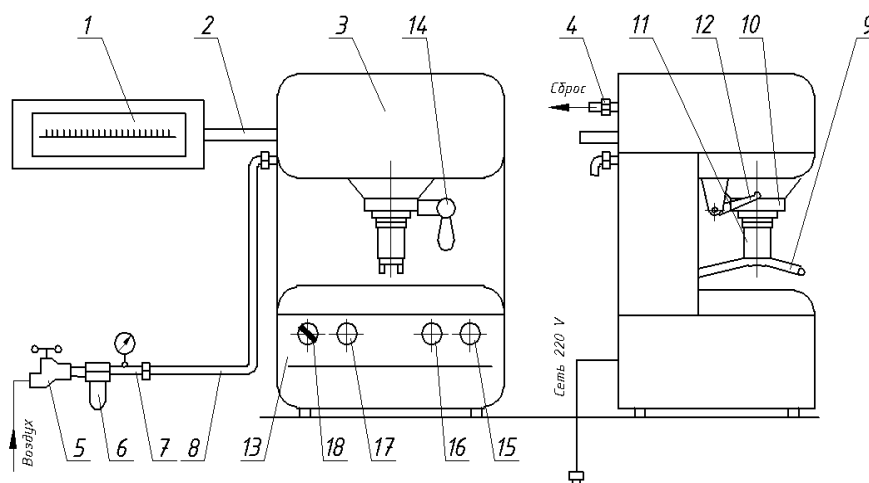


Рисунок 9.2 – Схема пневматического рассеивателя

Порядок проведения анализа.

Подготовка прибора к работе:

– на вход установки подается сжатый воздух давлением 294 ± 49 кПа ($3,0 \pm 0,5$ кгс/см²);

– медленным вращением маховика устанавливается величина разрежения не менее 3,45 кПа (350 мм вод. столба).

Для определения тонкости помола цемента по ситы № 008 анализ проводится в следующем порядке.

1 Ручка реле времени устанавливается на 120 с, а зазор в чашке – 0,4 мм. Время просева цемента и зазор в чашке для других сит приведены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Параметры рекомендуемые при работе на РП-5

| | | | | | | | | |
|------------------------------|-----|------|------|-----|-----|------|-----|-----|
| Номер сита | 004 | 0051 | 0063 | 008 | 01 | 0125 | 016 | 02 |
| Время просева для цемента, с | 180 | 150 | 120 | 120 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| Зазор в чашке, мм | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 |

2 Приготавливается навеска цемента массой 20...30 г и с помощью воронки пересыпается в чашку рассеивателя, которая устанавливается в заточку нижнего конуса.

3 Нажимается кнопка ПУСК и устанавливается разрежение 3,45 кПа отводе.

4 Через 5 с после автоматического выключения установки (время, достаточное для ссыпания остатка в чашку) высыпается остаток на тарелку весов для взвешивания.

5 В случае, если после отсева в остатке заметны следы непросеянного материала, сев повторяется после предварительной очистки нижнего конуса мягкой тряпкой, а сетки сита – кисточкой.

6 После анализа прекрывается подача сжатого воздуха.

7 Результаты эксперимента заносятся в таблицу 9.2.

Таблица 9.2 – Экспериментальные исследования

| Опыт | Зазор, мм | Время, с | Масса навески $m, г$ | Остаток, % |
|------|-----------|----------|----------------------|------------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

Оформление отчета и защита.

В соответствии с порядком проведения анализа выполняется оформление отчета. Последний должен содержать:

- схему работы просеивателя;
- выбранные режимы проведения анализа;
- таблицу экспериментальных исследований;
- выводы и комментарии.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое дисперсный состав?
- 2 На чем основан принцип действия рассеивателя пневматического РП-5?
- 3 Как осуществляется очистка ячеек сита от забивающих их частиц?
- 4 Как устроен РП-5?
- 5 Каков порядок эксплуатации рассеивателя пневматического РП-5?
- 6 Как определяется остаток на сите?

10 Лабораторная работа № 10. Исследование рабочего процесса смесителя с пружинными рабочими органами

Цель работы: определение параметров смешивания и потребляемой мощности смесителями с пружинными рабочими органами.

Общие сведения.

Смешивание – один из основных процессов строительного производства, имеющий своей целью получить из нескольких материалов однородную смесь, обладающую новыми свойствами по сравнению с исходными компонентами свойствами.

Основным современным строительным материалом является бетон, получаемый соединением щебня (гравия), песка, цемента, воды и, при необходимости, специальных добавок в определенной пропорции при равномерном распределении этих компонентов между собой.

При смешивании частицы компонентов перемещаются в объеме смесителя друг относительно друга под воздействием импульсов, передаваемых смешиваемой среде рабочими органами. Из всех видов смешивания наиболее распространенным является механическое смешивание, осуществляемое в смесителях гравитационного и принудительного действия.

Последние являются наиболее перспективными машинами, т. к. позволяют получать смеси любой консистенции за короткое время.

При работе с крупным заполнителем у таких смесителей может произойти его заклинивание между корпусом и лопастями, что может привести к выходу из строя смесительного механизма и сопровождается интенсивным абразивным износом. Для устранения заклинивания применяется упругая установка лопастей, однако вследствие большой инерционности это указанную проблему полностью не решают.

На кафедре «Строительные, дорожные, подъёмно-транспортные машины и оборудование» Белорусско-Российского университета проводятся работы по использованию в смесителях упругодеформированных рабочих органов в виде винтовых спиралей. На рисунках 10.1–10.3 представлены лопасти в виде винтовых спиралей разной формы.

Результаты производственных и лабораторных испытаний показывают высокую эффективность таких рабочих органов.



Рисунок 10.1 – Лопасть в виде цилиндрической спирали



Рисунок 10.2 – Лопасть в виде замкнутой тороидно-винтовой спирали



Рисунок 10.3 – Деформируемая винтовая спираль

Определение потребляемой мощности.

Рассмотрим методику расчета сопротивлений, возникающих в мешалке в процессе смешивания, и потребной для преодоления этих сопротивлений мощности. В настоящее время нет общепринятой методики расчета мощности. Причиной этого является сложность процесса смешивания и влияние на него большого числа факторов.

Одним из путей расчета является метод, в основу которого положена гипотеза, что для расчета сопротивлений при смешивании можно использовать законы гидродинамики.

В общем случае момент M , необходимый для вращения лопасти, определяется следующим образом:

$$M = kb(r_H - r_B) \frac{(r_H + r_B)}{2} = kb \frac{(r_H^2 - r_B^2)}{2}, \quad (10.1)$$

где k – удельное сопротивление движению лопасти (таблица 10.1);

b – ширина лопасти в плоскости, перпендикулярной направлению движения;

r_H и r_B – радиусы наружной и внутренней кромок лопасти относительно оси их вращения, м.

Для смесителей, имеющих лопасти одинакового размера, мощность двигателя

$$N = \frac{M\omega z\varphi}{\eta}, \quad (10.2)$$

где ω – угловая скорость вала;

z – число лопастей;

η – КПД привода;

φ – коэффициент, учитывающий степень нагружения лопастей в смеси.

Для лотковых смесителей его можно принять равным 0,5.

Для определения мощности привода роторного смесителя с разными лопастями можно использовать формулу К. М. Королева

$$N = \frac{k\omega \sum F_i R_i}{\eta}, \quad (10.3)$$

где k – удельное сопротивление, определяемое по таблице 10.1;

ω – угловая скорость ротора;

F_i – активная площадь i -й лопасти;

R_i – средний радиус движения i -й лопасти;

η – КПД привода.

Таблица 10.1 – Формулы расчета коэффициента сопротивления бетонной смеси

| Вид бетонной смеси | Осадка конуса | Жесткость | Зависимость коэффициента сопротивления k , (кПа) от средней линейной скорости лопастей v , (м/с) |
|--------------------|---------------|-----------|--|
| 1 Жесткая | 0 | 12...18 | $k = 28,5 + 4,88 \cdot v_{CP}^2 + 1,21 \cdot v_{CP}$ |
| 2 Малоподвижная | 0...2 | 4...12 | $k = 25,7 + 4,88 \cdot v_{CP}^2 - 1,51 \cdot v_{CP}$ |
| 3 Подвижная | 4...6 | – | $k = 20,9 + 4,88 \cdot v_{CP}^2 - 7,24 \cdot v_{CP}$ |
| 4 Весьма подвижная | 10...12 | – | $k = 20,5 + 4,88 \cdot v_{CP}^2 - 11,79 \cdot v_{CP}$ |
| 5 Литая | >15 | – | $k = 20,1 + 4,88 \cdot v_{CP}^2 - 14,02 \cdot v_{CP}$ |

Порядок выполнения работы.

Работа выполняется в следующем порядке:

- изучить конструкцию смесителя;
- осуществить смешивание материалов на смесителе с рабочим органом в виде цилиндрической спирали;
- при проведении эксперимента замерить потребляемую двигателем мощность;

- используя формулу (10.2), определить момент, необходимый для вращения лопастей;
- используя формулу (10.1), определить удельное сопротивление движению лопасти в виде цилиндрической спирали;
- по таблице 10.1 определить тип смеси, соответствующий полученному значению удельному сопротивлению движения лопасти с учетом средней линейной скорости лопастей;
- сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Как определить потребляемую смесителем мощность?
- 2 Назовите недостатки смесителей принудительного действия.
- 3 В чем заключается различие формул (10.2) и (10.3)?
- 4 Как определить момент, необходимый для вращения лопастей?

11 Лабораторная работа № 11. Изучение конструкции и определение рабочих давлений в гидросистеме погрузчика

Цель работы: определение давлений в гидроцилиндрах стрелы в зависимости от высоты подъема груза.

Теоретическая часть.

Наиболее распространенным механизмом управления ковшем фронтального погрузчика является одноступенчатый механизм с перекрестной системой рычагов и механической системой слежения (рисунок 11.1). Поворот ковша относительно стрелы производится гидроцилиндром 1, подъем ковша со стрелой – гидроцилиндрами 2.

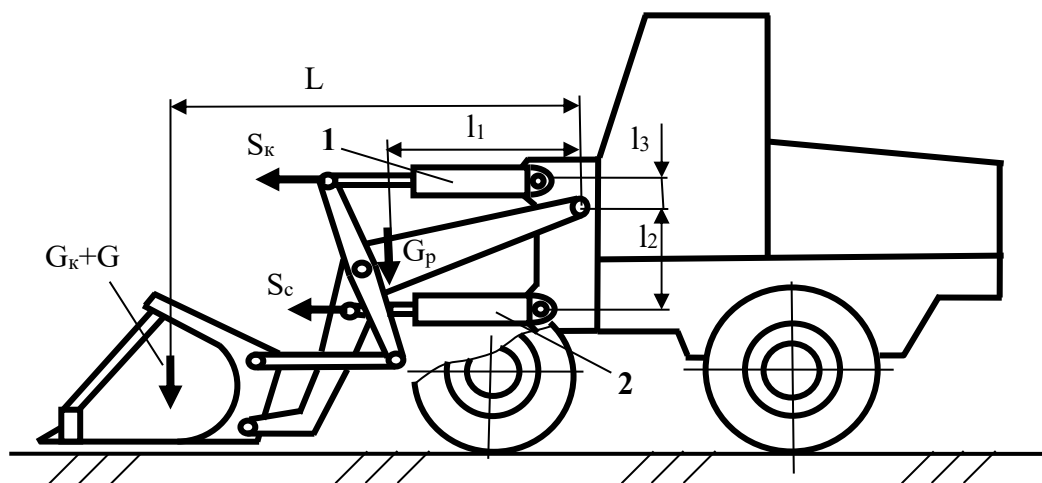


Рисунок 11.1 – Схема рабочего оборудования погрузчика

Главным параметром погрузчика является номинальная грузоподъемность Q_n , которую принимают в соответствии с ГОСТ 28635 – 90 (ИСО 5998-86). *Машины землеройные. Номинальная грузоподъемность гусеничных и колесных погрузчиков.*

Номинальную грузоподъемность определяют в центре тяжести основного ковша при максимальном вылете.

Номинальную грузоподъемность устанавливают следующим образом:

– равной меньшему из двух значений, первое из которых составляет 50 % опрокидывающей нагрузки, второе – 100 % подъемного усилия – для *колесных погрузчиков*;

– равной меньшему из двух значений, первое из которых составляет 35 % опрокидывающей нагрузки, второе – 100 % подъемного усилия – для *гусеничных погрузчиков*.

Подъемное усилие – усилие на режущей кромке основного ковша, реализуемое гидроцилиндрами подъема стрелы.

Предполагается, что гусеничные погрузчики работают на менее твердой, менее ровной и горизонтальной поверхности, что учитывается уменьшением процента используемой опрокидывающей нагрузки.

Под *максимальной грузоподъемностью* Q_{max} понимается наибольший вес груза, приложенный в центре тяжести основного ковша, который может быть поднят на максимальную высоту с помощью гидропривода.

При подъеме груза изменяются плечи всех сил относительно шарнира крепления стрелы к порталу, действующих на рабочее оборудование: L – плечо приложения результирующей веса ковша и поднимаемого груза; l_1 – плечо действия веса рабочего оборудования; l_2 – плечо силы, развиваемой гидроцилиндрами подъема стрелы и оборудования; l_3 – плечо реактивной силы, развиваемой гидроцилиндрами поворота ковша.

По этой причине будет изменяться давление в гидроцилиндрах подъема стрелы, которое в общем случае будет увеличиваться, особенно в заключительной стадии подъема.

Используемое оборудование.

Для проведения лабораторной работы необходим одноковшовый фронтальный погрузчик, рулетка, манометр.

Порядок проведения работы и содержание отчета.

В ковш погрузчика набирается грунт или материал из штабеля. После этого осуществляется подъем груза с необходимыми остановками для замера давлений в поршневых полостях гидроцилиндров при помощи манометра и замера высоты подъема режущей кромки при помощи рулетки. Необходимо обязательно останавливать ковш в узловых точках: при отрыве ковша от грунта, при максимальном вылете стрелы и при максимальной высоте подъема ковша.

В отчете приводится схема погрузчика, а также результаты замеров и строится график зависимости давлений в поршневых полостях

гидроцилиндров подъема стрелы в зависимости от высоты подъема режущей кромки. Анализируются результаты и делаются выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Для чего предназначены гидроцилиндры подъема стрелы?
- 2 Для чего предназначены гидроцилиндры поворота ковша?
- 3 Что является главным параметром погрузчика?
- 4 Как определяется номинальная грузоподъемность колесных погрузчиков?
- 5 Как определяется номинальная грузоподъемность гусеничных погрузчиков?
- 6 Что понимается под подъемным усилием?
- 7 Что понимается под максимальной грузоподъемностью погрузчика?
- 8 По какой причине изменяется давление в гидроцилиндрах подъема стрелы при подъеме груза?

12 Лабораторная работа № 12. Подбор оборудования для пневмотранспортирования бетонной смеси

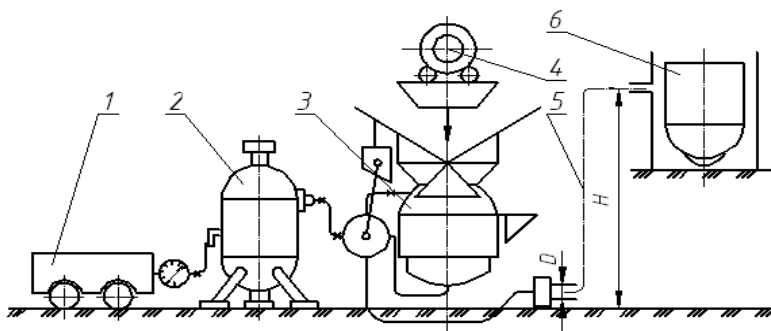
Цель работы: изучение устройства и работы установки для транспортирования бетонной смеси; определение основных параметров установки для пневматического транспортирования бетонной смеси по трубам.

Общие сведения.

В строительстве получают все более широкое применение способы пневматического транспортирования бетонной смеси по трубопроводам. Это объясняется возможностью доставки в труднодоступные места материалов без потерь и без загрязнения окружающей среды, надежностью, сохранностью, простотой управления процессом и благоприятными условиями для его автоматизации.

Транспортирование подвижных бетонных смесей осуществляют с помощью растворонасосов, а также камерных пневмонагнетателей. Камерные пневмонагнетатели представляют собой сварной резервуар грушевидной формы, имеющий в вертикальной части герметический затвор, а в нижней горловину для истечения смеси (рисунок 12.1).

Отечественные модели камерных пневмонагнетателей имеют подачу 3...20 м³/ч, вместимость напорного резервуара 0,35...3 м³ и рабочее давление 0,4...0,7 МПа. Они позволяют подавать смесь по горизонтали примерно на 150 м и по вертикали до 40 м. Для пневмонагнетателей характерна высокая скорость движения смеси; она составляет 0,1...0,3 м/с, а в момент выталкивания из бетоновода достигает 10...15 м/с, поэтому для гашения кинетической энергии потока смеси применяются насадки – концевые гасители.



1 – компрессор; 2 – ресивер; 3 – бетоносмеситель; 4 – нагнетатель; 5 – бетоновод; 6 – приемный бункер

Рисунок 12.1 – Схема пневмонагнетальной установки

Порядок выполнения работы.

Изучить конструкцию и принцип действия пневмонагнетателя.

Определить:

- диаметр бетоновода B ;
- объемы нагнетателя (полезный и геометрический) V_H и V_{HG} ;
- общую длину бетоновода L ;
- среднюю скорость движения бетона V_{CP} ;
- фактическую производительность установки Π ;
- тип бетоносмесителя;
- объем ресивера V_P ;
- расход сжатого воздуха A ;
- тип компрессора;
- объем приемного бункера V_B .

Данные для расчета приведены в таблице 12.1.

Таблица 12.1 – Варианты заданий с исходными данными

| Вариант | Заданная производительность установки Π , м ³ /ч | Крупность щебня d , мм | Подвижность бетона S , см | Длина горизонтального участка бетоновода l , м | Высота подъема H , м | Давление воздуха P , МПа |
|---------|---|--------------------------|-----------------------------|--|------------------------|----------------------------|
| 1 | 6 | 45 | 10 | 90 | 30 | 0,32 |
| 2 | 7 | 50 | 12 | 80 | 35 | 0,3 |
| 3 | 14 | 60 | 10 | 75 | 40 | 0,35 |
| 4 | 24 | 65 | 6 | 60 | 30 | 0,4 |
| 5 | 7 | 50 | 8 | 100 | 35 | 0,32 |
| 6 | 15 | 60 | 8 | 60 | 40 | 0,37 |
| 7 | 8 | 45 | 14 | 70 | 36 | 0,28 |
| 8 | 9 | 50 | 10 | 80 | 32 | 0,38 |
| 9 | 18 | 60 | 6 | 100 | 30 | 0,38 |

Методика расчета пневмоустановки.

1 Внутренний размер бетоновода B принимают в зависимости от размера наибольших кусков щебня D , чтобы $D > 3d$.

2 Полезный объем нагнетателя или объем транспортируемой порции V_H , геометрический объем нагнетателя V_{HG} определяют по таблице 12.2.

Таблица 12.2 – Техническая характеристика установки

| Основные параметры | Модель пневмоустановки | | | | |
|--|------------------------|-----|-----|-----|------|
| | 250 | 300 | 400 | 500 | 800 |
| Объем нагнетателя полезный V_H , л | 250 | 300 | 400 | 500 | 800 |
| Объем нагнетателя геометрический V_{HG} , л | 300 | 450 | 600 | 620 | 1000 |
| Производительность при длительности цикла 2 мин, м ³ /ч | 7,5 | 9 | 12 | 15 | 24 |
| Вспомогательное время $T_{всп}$, с | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |

3 Общую длину бетоновода определяют как сумму заданных l и H :

$$L = l + H. \quad (12.1)$$

4 Среднюю скорость V_{CP} рассчитывают в зависимости от заданной подвижности бетона S , рабочего давления сжатого воздуха в нагнетателе P и найденного V_H , общей длины L и диаметра Q по формуле

$$V_{CP} = 2,5k_S \cdot k_V \cdot k_L \cdot k_P \cdot k_D, \quad (12.2)$$

где k_S – коэффициент влияния подвижности бетона (таблица 12.3);

k_V – коэффициент влияния объема порции бетона (таблица 12.4);

k_L – коэффициент влияния длины трубопровода (таблица 12.5);

k_P – коэффициент влияния давления воздуха (таблица 12.6);

k_D – коэффициент влияния диаметра (таблица 12.7).

Таблица 12.3 – Зависимость коэффициента влияния k_S от подвижности бетона S

| | | | | | |
|----------|------|------|-----|------|------|
| S , см | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |
| k_S | 0,82 | 0,91 | 1,0 | 1,09 | 1,13 |

Таблица 12.4 – Зависимость коэффициента влияния объема k_V от объема нагнетателя V_H

| | | | | | | |
|-----------|------|------|-----|------|------|------|
| V_H , л | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 800 |
| k_V | 0,82 | 0,91 | 1,0 | 1,09 | 1,13 | 0,35 |

Таблица 12.5 – Зависимость коэффициента влияния длины трубопровода k_L от длины трубопровода L

| | | | | | | |
|---------|----|------|-----|-----|------|------|
| L , м | 42 | 73,4 | 100 | 127 | 150 | 160 |
| k_L | 77 | 10 | 1,2 | 1,4 | 1,57 | 1,64 |

Таблица 12.6 – Зависимость коэффициента влияния давления сжатого воздуха k_p от рабочего давления P

| | | | | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|-----|
| P , МПа | 0,2 | 0,23 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,37 | 0,4 |
| k_p | 0,82 | 1 | 1,15 | 1,49 | 1,83 | 1,92 | 2,0 |

Таблица 12.7 – Зависимость коэффициента влияния диаметра k_d от диаметра трубопровода D

| | | | | |
|----------|------|-----|-----|------|
| D , мм | 100 | 150 | 180 | 203 |
| k_d | 0,55 | 1 | 1,3 | 1,47 |

5 Фактическую производительность установки для данных условий определяют по формуле

$$\Pi = \frac{3,6V_H}{\frac{L}{V_{cp}} + Q} K_B, \quad (12.3)$$

K_B – коэффициент использования установки по времени, $K_B = 0,85 \dots 0,95$.

Если фактическая производительность установки получается меньше заданной, то нужно из таблицы 12.2 принять больший объем V_H и сделать перерасчет, начиная с п. 4.

6 Выбирают бетоносмеситель по V_H .

7 Объем ресивера V_P для заданных условий и нормального давления $P = 0,6$ МПа рассчитывают по формуле

$$V_P = 1,2V_{HG} + 0,85D^2 \cdot L, \quad (12.4)$$

где V_{HG} – геометрический объем, м³;

D – внутренний диаметр бетоновода, м;

L – максимальная (общая) длина бетоновода, м.

8 Расход воздуха на транспортирование 1 м³ бетона в заданных условиях находят по формуле

$$A = \frac{(P - P_{кон}) \cdot (0,85D^2 \cdot L + V_{HG})}{V_H}, \quad (12.5)$$

где P – заданное рабочее давление сжатого воздуха в нагнетателе, МПа;

$P_{кон}$ – давление в конце цикла.

При $V_H = 0,25 \dots 0,4$ м³ $P_{кон} = 0,15$ МПа, при $V_H = 0,5 \dots 0,8$ м³ $P_{кон} = 0,17$ МПа.

9 Для подбора типа компрессора определяют его производительность по формуле

$$P_k = \frac{A \cdot P}{60}, \quad (12.6)$$

где A – расход сжатого воздуха на транспортирование 1 м^3 бетонной смеси;
 P – действительная производительность установки, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Содержание отчета.

В отчете должны быть представлены схема установки, необходимые расчеты и выводы.

13 Лабораторная работа № 13. Исследование заглабления отвала бульдозера

Цель работы: исследование заглабления отвала бульдозера в грунт и определение скорости заглабления при разных траекториях заглабления.

Теоретическая часть.

Рабочий процесс бульдозера сопровождается частыми изменениями положения отвала по высоте. Происходит это по многим причинам, которые можно разделить на две группы:

- причины, вызванные действиями бульдозериста;
- причины, вытекающие из особенностей рабочего процесса бульдозера, не зависящие от действий бульдозериста.

К первой группе относятся действия машиниста, направленные либо на выполнение технологических требований, зависящих от выполняемой работы (особенно при перемещении и укладке грунта), либо вытекающие непосредственно из рабочего процесса копания (заглабление и подъем отвала).

Вторая группа объединяет многочисленные факторы. Одни из этих факторов не зависят ни от конструкции бульдозера, ни от вида выполняемой работы. К ним можно отнести изменения толщины стружки, зависящие от макро- и микрогеометрии поверхности участка, где работает бульдозер. Так, макронеровности способствуют заглаблению отвала в выемках и выходу его из грунта на поверхностях возвышенностей. Влияние микронеровностей сказывается на заглаблении и выглаблении отвала при движении по ним бульдозера или даже части его движителя – одного колеса или гусеницы.

К факторам, зависящим от конструктивных особенностей бульдозера, можно отнести жесткость подвески отвала в вертикальной плоскости. От этой жесткости будет зависеть изменение положения отвала по высоте при действии на него вертикальных сил (рисунок 13.1).

На заглабление отвала в грунт будут оказывать влияние как геометрические размеры режущей кромки ножей (с учетом площадки, появляющейся из-за износа), так и другие факторы. К ним можно отнести вертикальную скорость заглабления отвала и согласование ее с поступательной скоростью бульдозера, перераспределение вертикальных сил, приводящее

к снижению нагрузки на ходовую часть, и, соответственно, к снижению тягового усилия машины.

Из рисунка видно, что если траектория 1 режущей кромки отвала при заглублении будет расположена в зоне I (левее предельной траектории 3), то движущийся при заглублении отвал будет перемещать призму волочения.

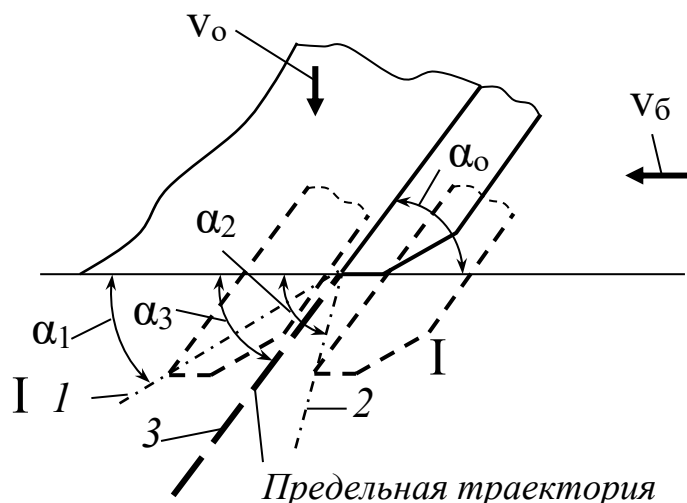


Рисунок 13.1 – Схема к расчету предельной траектории заглубления отвала

И наоборот, если траектория 2 режущей кромки при заглублении будет расположена в зоне II (правее предельной траектории 3), то при заглублении движущегося отвала его поверхность будет отходить от грунта и призма волочения не будет смещаться.

Траектория 3, совпадающая с нижним прямолинейным участком отвала бульдозера, на котором крепятся ножи, разделяет эти две области.

Ее угловое положение в пространстве (угол α_3) определяется как

$$\alpha_3 = \operatorname{arctg} \frac{v_{om}}{v_b} = \alpha_{om}, \quad (13.1)$$

где α_{om} – угол резания;

v_{om} – вертикальная скорость заглубления отвала;

v_b – скорость перемещения бульдозера.

Таким образом, при относительно медленном заглублении отвала (угол заглубления меньше угла резания) призма волочения будет перемещаться отвалом при его заглублении, а при относительно быстром заглублении (угол заглубления больше угла резания) не будет.

Напряжения на площадке износа при заглублении ножа достигнут предельных значений только при некоторой его осадке. Если траектория заглубления режущей кромки будет расположена под малым углом, то часть площадки износа ножа, примыкающая к режущей кромке, будет попадать на новый участок грунта, который будет испытывать меньшие давления, чем

остальные участки площадки износа. Это потребует увеличения заглубляющего усилия. При этом возможно заглубление отвала при давлениях, не достигающих предельных значений. Такое заглубление менее эффективно, т. к. как оно происходит только за счет деформаций грунта.

Используемое оборудование.

Для проведения лабораторной работы необходим бульдозер, рулетка, секундомер.

Порядок проведения работы и содержание отчета.

Путем прохождения мерного участка замеряются скорости движения бульдозера v_6 на разных передачах. Аналогично замеряется скорость v_u выдвигания штока гидроцилиндра отвала.

Расчищается площадка и при движении машины на разных передачах осуществляется заглубление отвала. Замеряется путь, при котором отвал заглубится на величину 10 см.

В отчете приводятся результаты замеров и рассчитывается по формуле

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{h}{l}$$

угол траектории заглубления на разных передачах. Полученные значения сравниваются с теоретическими значениями, подсчитанными по формуле

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{v_u}{v_6}.$$

Анализируются результаты и делаются выводы.

Контрольные вопросы

1 Назовите причины изменения положения отвала по высоте при работе бульдозера.

2 Почему на заглублении отвала будет сказываться согласование вертикальной скорости заглубления отвала с поступательной скоростью бульдозера?

3 Что будет с призмой волочения при относительно медленном заглублении отвала?

4 Что будет с призмой волочения при относительно быстром заглублении отвала?

5 Почему при медленном заглублении отвала давления заглубления могут не достигнуть предельных значений?

6 Почему медленное заглубление отвала менее эффективно?

Список литературы

- 1 Дорожные машины и комплексы / Под общ. ред. В. И. Баловнева. – 2-е изд. – Москва; Омск: СибАДИ, 2001. – 528 с. : ил.
- 2 **Щемелев, А. М.** Строительные машины и средства малой механизации: учебное пособие / А. М. Щемелев, С. Б. Партнов, Л. И. Белоусов. – Минск: Дизайн ПРО, 2002. – 274 с. : ил.
- 3 **Добронравов, С. С.** Строительные машины и основы автоматизации: учебник / С. С. Добронравов, В. Г. Дронов. – Москва: Высшая школа, 2001. – 575 с. : ил.
- 4 **Белецкий, Б. Ф.** Строительные машины и оборудование: справочное пособие / Б. Ф. Белецкий. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. – 592 с. : ил.
- 5 **Щемелев, А. М.** Машины для коммунального хозяйства: учебное пособие / А. М. Щемелев, А. В. Вавилов; под ред. А. М. Щемелева. – Минск: Технопринт, 2003. – 400 с. : ил.
- 6 Машины для устройства дорожных покрытий / К. А. Артемьев [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1982. – 394 с. : ил.
- 7 Машины для содержания и ремонта городских и автомобильных дорог: учебное пособие для вузов / В. И. Баловнев [и др.]. – Москва; Омск: СибАДИ, 2005. – 768 с. : ил.
- 8 Строительные машины: справочник в 2-х т. / Под общ. ред. Э. Н. Кузина. – Москва: Машиностроение, 1991.
- 9 **Шестопалов, К. К.** Строительные и дорожные машины: учебное пособие для вузов / К. К. Шестопалов. – Москва: Академия, 2008. – 384 с. : ил.
- 10 **Гаврилов, К. Л.** Дорожно-строительные машины: устройство, ремонт, техническое обслуживание: учебное пособие / К. Л. Гаврилов, Н. А. Забара. – 2-е изд., испр. и доп. – Киев: Клиновская городская типография, 2011. – 320 с. : ил.
- 11 **Довгяло, В. А.** Дорожно-строительные машины: учебное пособие для вузов в 2-х ч. / В. А. Довгяло. – Гомель: БелГУТ, 2010. – 250 с. : ил.