

И.М. ЯЛТАНЕЦ
А.Э. ТУХЕЛЬ

Н.И. ЛЕВАНОВ
В.М. ДЯТЛОВ

**ПЕРЕРАБОТКА
ГОРНЫХ
ПОРОД
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СРЕДСТВ
ГИДРО-
МЕХАНИЗАЦИИ**

**ТЕОРИЯ
И ПРАКТИКА**



**ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ
И СТРОИТЕЛЬНЫХ
РАБОТ**



**МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**РЕДАКЦИОННЫЙ
С О В Е Т**

Председатель
Л.А. ПУЧКОВ

Зам. председателя
Л.Х. ГИТИС

Члены редсовета
И.В. ДЕМЕНТЬЕВ

А.П. ДМИТРИЕВ

Б.А. КАРТОЗИЯ

А.В. КОРЧАК

М.В. КУРЛЕНЯ

В.И. ОСИПОВ

В.Л. ПЕТРОВ

Э.М. СОКОЛОВ

К.Н. ТРУБЕЦКОЙ

В.А. ЧАНТУРИЯ

Е.И. ШЕМЯКИН

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГОРНОГО
УНИВЕРСИТЕТА

*президент МГГУ,
чл. -корр. РАН*

*директор
Издательства МГГУ*

академик РАЕН

академик РАЕН

академик РАЕН

академик МАН ВШ

академик РАН

академик РАН

академик МАН ВШ

академик МАН ВШ

академик РАН

академик РАН

академик РАН

И.М. ЯЛТАНЕЦ
А.Э. ТУХЕЛЬ

Н.И. ЛЕВАНОВ
В.М. ДЯТЛОВ

ПЕРЕРАБОТКА ГОРНЫХ ПОРОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ ГИДРО- МЕХАНИЗАЦИИ

Под редакцией
профессора И.М. Ялтанца

*Допущено Учебно-методическим
советом Московского государственного
горного университета в качестве учебного
пособия для студентов высших учебных
заведений, обучающихся по специальности
«Открытые горные работы» направления
подготовки «Горное дело»*



МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА
2008



**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА
ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ
И СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

УДК 622.362
ББК 33.342
Я 52

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых. СанПиН 1.2.1253—03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г. (ОСТ 29.124—94). Санитарно-эпидемиологическое заключение Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей № 77.99.60.953.Д.008501.07.07

Экспертиза проведена Учебно-методическим советом Московского государственного горного университета (протокол № 15 заседания Учебно-методического совета МГГУ от 10.04.06)

Рецензенты:

- д-р техн. наук, проф. *В.И. Шелоганов* (Московский государственный горный университет);
- д-р техн. наук, проф. *Н.И. Бабичев* (ЗАО НПЦ «Геотехнология»)

Ялтанец И.М., Тухель А.Э., Леванов Н.И., Дятлов В.М.

Я 52 **Переработка горных пород с использованием средств гидромеханизации: Учебное пособие.** — М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2008. — 318 с.: ил.

ISBN 978-5-7418-0526-8 (в пер.)

Изложены данные о строительных горных породах, разрабатываемых и перерабатываемых средствами гидромеханизации. Рассмотрены основные гидравлические перерабатывающие аппараты и даны их характеристики. Приведены технические схемы переработки горной массы, а также методики расчета показателей процессов переработки и технико-экономических показателей проекта. В приложении даны решения горных задач.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Открытые горные работы» направления подготовки «Горное дело».

УДК 622.362
ББК 33.342

ISBN 978-5-7418-0526-8

© И.М. Ялтанец, А.Э. Тухель,
Н.И. Леванов, В.М. Дятлов,
2008
© Издательство МГГУ, 2008
© Дизайн книги. Издательство
МГГУ, 2008

ПРЕДИСЛОВИЕ

Ведущее место в добыче полезных ископаемых принадлежит открытому способу разработки — наиболее экономичному, производительному и безопасному. Одним из направлений повышения эффективности открытой разработки месторождений является применение технологии с использованием средств гидромеханизации, в частности, гидротранспортирование вскрышных пород на гидроотвалы, а полезного ископаемого — потребителю.

На обводненных песчаных и песчано-гравийных месторождениях использование средств гидромеханизации — единственный способ ведения вскрышных и добычных работ. При разработке таких месторождений, как правило, используют плавучие землесосные снаряды. Экономические показатели применения земснарядов при разработке песчаных и песчано-гравийных месторождений значительно выше показателей использования других методов, так как в этом случае поток воды производит попутное обогащение материала, промывку и очистку его от глинистых частиц, а также гидроклассификацию и фракционирование.

Следует отметить, что экономические показатели эксплуатации песчано-гравийных месторождений гидромеханизированным способом в значительной степени определяются объемом, номенклатурой и качеством конечных продуктов гидравлической переработки горной массы: щебня, гравия, песка. И здесь особенно важны правильный выбор гидравлического перерабатывающего аппарата, обоснование технологических схем переработки и расчет основных показателей процессов переработки. Именно

они, в конечном счете, определяют эффективность технологии переработки и получение заданных объемов отдельных видов продукции требуемого качества.

Содержание данного учебного пособия соответствует одному из разделов новой учебной программы дисциплины «Гидромеханизированные и подводные горные работы».

Авторы книги выражают признательность горным инженерам Н.И. Исаевой и М.Г. Кривохлябину за оказанную помощь при выполнении графического материала и практических расчетов.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ И ОБЛАСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

1.1. Строительные
горные породы, добываемые
средствами
гидромеханизации

1.2. Типы песчаных
и песчано-гравийных
месторождений

1.3. Физико-механические
(технические) свойства пород,
разрабатываемых средствами
гидромеханизации



1.1. СТРОИТЕЛЬНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ, ДОБЫВАЕМЫЕ СРЕДСТВАМИ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ

Полезные ископаемые, используемые в строительной отрасли в том или ином их виде, по определению академика АН СССР В.В. Ржевского, относятся к строительным горным породам. К строительным горным породам, которые разрабатываются и перерабатываются (обогащаются) средствами гидромеханизации, относятся прежде всего пески и песчано-гравийные смеси. Месторождения этих полезных ископаемых в Российской Федерации в основном полностью или частично обводнены и, как правило, отрабатываются плавучими землесосными снарядами. Песок и гравий имеют самые различные области применения, в частности:

области применения

песок	кладочные и штукатурные растворы, бетоны, бетонные и железобетонные изделия, щебень для различного назначения, площадки для промышленного и гражданского строительства, обустройство нефтяных месторождений, насыпи автомобильных и железных дорог, стекольная промышленность и т.д.
гравий	бетонные и железобетонные изделия, бетон, покрытия автомобильных и железных дорог, асфальтовый бетон, дренажные сооружения и т.д.

1.2. ТИПЫ ПЕСЧАНЫХ И ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Образование месторождений гравия и песка связано с процессами выветривания и разрушения изверженных, метаморфических и осадочных горных пород, с переносом и накоплением продуктов их разрушения. При этом процессы дезинтеграции и химического разложения различных горных пород приводят к образованию обломочного материала разного минералого-петрографического состава. Обломочный материал имеет разнообразную форму и размеры, которые изменяются в процессе дальнейшего разрушения. Крупные обломки остаются вблизи материнской породы. Обломки меньших размеров, частицы породы и зерна минералов силой движения ветра, воды и льда перемещаются на различные расстояния.

В зависимости от агента, транспортирующего обломки горных пород, различают четыре типа гравийных и песчаных месторождений [1]:

1) месторождения, связанные с деятельностью водных потоков:

- речные — аллювиальные и древнеаллювиальные;
- пролювиальные — конусы выноса;

2) месторождения ледникового происхождения:

- флювиогляциальные;
- месторождения собственно ледникового происхождения;

3) месторождения морского и озерного происхождения;

4) месторождения, связанные с деятельностью ветра (эолового происхождения).

В *аллювиальных* отложениях равнины рек преимущественно распространены обломки небольших размеров: разнозернистые пески, глинистые и илистые образования, редко гравий и галька. Аллювиальные месторождения характеризуются изменчивым гранулометрическим составом и значительными колебаниями в содержании различных фракций. Минералого-петрографический состав гравийных месторождений весьма разнообразен. Валуны, галечник и гравий состоят из различных магматических, метаморфических и осадочных пород.

Древнеаллювиальные месторождения приурочены к отложениям надпойменных террас. Древние террасы (их обычно насчитывается несколько) различаются по высоте расположения над уровнем реки.

Песчаным и гравийным месторождениям присущи линзо- и пластообразные формы. В полезной толще часто содержатся линзы глин, суглинков и глинистых песков, а также обломков коренных подстилающих пород. В кровле полезной толщи часто встречаются углубления, заполненные супесями, суглинками и глинами. Полезная толща частично или полностью обводнена. Мощность песчаных и гравийных залежей изменяется в широких пределах. Обычно она составляет несколько метров, но иногда достигает и десятков метров (Забайкалье, Северный Кавказ).

Для месторождений гравия и песка современного аллювиального происхождения обычно характерна небольшая мощность покрывающих (вскрышных) пород. Эти породы чаще всего представлены мелко- и тонкозернистыми песками, супесями, суглинками и глинами; к этой же толще относится и растительный слой.

Проллювиальные песчано-гравийные месторождения приурочены к выходам временных потоков из горных ущелий на склоны к предгорным равнинам. Запасы обломочного материала этих месторождений огромны и периодически пополняются, мощность залежей достигает нескольких десятков метров.

Гранулометрический (зерновой; одинаково часто встречается и тот, и другой термин) состав обломочного материала изменяется на небольших расстояниях по площади и глубине. Петрографический состав весьма пестрый и обусловлен литологическим строением горных хребтов, из ущелий которых происходит вынос обломочного материала. Месторождения данного типа распространены в горных областях с сухим и жарким климатом.

Месторождения *ледникового* происхождения представлены озами, камами, зандровыми полями, моренными холмами, холмообразными грядами конечных морен, иногда друмлинами.

Озы — это вытянутые узкие гряды. Протяженность их изменяется от нескольких сотен метров до нескольких километров, высота 20—30 м, ширина колеблется от 20—30 до 100—200 м. *Камы* — группы холмов неправильной формы, расположенных без какой-либо закономерности. *Зандровые поля* образуют преимущественно песчаные (иногда с примесью гравия) равнины. Они обычно расположены южнее конечных морен.

Холмообразные формы аккумуляции обломочного материала широко распространены в районах расположения конечных морен, которые тянутся на значительные расстояния (десятки километров), занимая в ширину от сотен метров до нескольких километров. Высота их 30—50 м, реже 100 м и более.

Конечные морены сложены неотсортированным обломочным материалом, представленным песчано-гравийно-валунными фракциями. Площадь отдельных холмов разная, достигает 15—20 га и больше. К холмообразным песчано-гравийным залежам относятся Вяземское, Тучковское и другие месторождения. *Друмлинами* называются скопления обломочного материала ледникового происхождения в виде удлиненных холмов и гряд эллиптической формы.

К *флювиогляциальным* относятся озы, камы, зандровые поля, остальные связаны с деятельностью собственно ледникового покрова.

Полезная толща в месторождениях ледникового происхождения имеет обычно линзовидное строение. В ней часто встречаются линзы глин, суглинков и супеси. Мощность полезной толщи изменяется от 2—3 м до 20 м и более. Гранулометрический состав песчано-гравийных месторождений ледникового генезиса характеризуется обломочным материалом различной крупности — от иловато-глинистых частиц до валунов. Содержание гравийно-галечниковой фракции нередко превышает 50 %, а валунов — 20 %. Закономерностей в расположении материала по крупности обычно не наблюдается.

Месторождения *морского* и *озерного* происхождения связаны с деятельностью современных или древних водных бассейнов. Вблизи источника разрушения горных пород, в прибрежной полосе, обычно откладывается крупнообломочный глыбовый материал. Галечник и гравий с примесью более крупного материала, а также пески откладываются на пологой полосе берегового ската (пляжа).

Наиболее тонкий измельченный материал уносится в море. Большую роль в отложениях современных морей играет органический материал (обломки раковин). Месторождения такого генезиса известны на побережьях Черного, Каспийского, Азовского и других морей. Песчано-гравийные породы, относящиеся к древнеморским отложениям, залегают на большой глубине и плохо изучены.

Месторождения, *связанные с деятельностью ветра (эолового происхождения)*, обычно являются песчаными. В них преобладают средне-, мелко- и тонкозернистые разновидности. Наиболее распространенные формы этих месторождений — *дюны и барханы*. Мощность песчаных скоплений изменяется от 2—3 м до 20 м и более. Для песков эоловых месторождений характерны петрографическая однородность и отсутствие глинистых прослоев.

В группе аллювиальных месторождений выделены подгруппы «намывных» и русловых залежей, имеющие важное промышленное значение и большие перспективы в отношении увеличения запасов гравия и песка.

Безгравийные песчаные месторождения представлены чаще всего разнозернистыми песками, часто с преобладанием средне- и мелкозернистых разновидностей. Песчаные месторождения с гранулометрическим составом, в котором более 50 % составляют фракции размером 3—1 мм (крупнозернистые пески) и 1—0,5 мм (среднезернистые пески), встречаются редко. На территории России наиболее широко распространены песчано-гравийные месторождения аллювиального происхождения. Небольшая глубина залегания этого типа месторождений от поверхности облегчает ввод их в эксплуатацию.

Гравийные и песчаные месторождения ледникового происхождения по площади распространения находятся на втором месте. Территория их распространения охватывает северную, северо-западную и центральную области Европейской части России, частично Сибирь, а также высокогорные районы.

1.3. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ (ТЕХНИЧЕСКИЕ) СВОЙСТВА ПОРОД, РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ СРЕДСТВАМИ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ

На эффективность разработки грунтов способом гидромеханизации влияют их физико-механические свойства. В зависимости от технологического процесса гидромеханизированной разработки необходимо учитывать различные физико-механические свойства грунтов [2, 5]. Приведем их.

<i>Технологический процесс разработки</i>	<i>Свойства грунтов, учитываемые при их гидравлической разработке</i>
Размыв грунта гидромониторами	Плотность, прочность на раздавливание, коэффициент сцепления, угол внутреннего трения, размокаемость, пластичность, гранулометрический состав, коэффициент фильтрации, пористость
Разработка грунта земснарядами	Гранулометрический состав, плотность, коэффициент сцепления, угол внутреннего трения, пластичность, прилипаемость, форма частиц, окатанность, засоренность инородными телами (корнями растений и т.д.)

Гидротранспортирование грунта	Гранулометрический состав, плотность, гидравлическая крупность, форма частиц, измельчаемость при гидравлическом транспортировании, абразивность, окатанность
Намыв сооружений и укладка грунта в отвалы	Гранулометрический состав, водоотдача, водоудерживающая способность, гидравлическая крупность, плотность, коэффициент фильтрации, угол внутреннего трения, коэффициент сцепления, угол откоса при намыве, набухание
Попутное обогащение	Те же свойства, что и при намыве грунта гидромониторами, а также измельчаемость при гидравлическом транспортировании.

Гранулометрическим (зерновым) составом грунта называют относительное содержание по массе фракций грунта различной крупности, выраженное в процентах к общей массе сухого грунта. Гранулометрическая фракция — это группа частиц (зерен) грунта, близких по размерам и свойствам.

Дадим наиболее распространенную классификацию грунтов по гранулометрическому составу, в которой учитываются следующие четыре основные фракции, входящие в состав большинства грунтов.

<i>Фракции.....</i>	<i>Размер частиц, мм</i>
Гравийная	Крупнее 2
Песчаная	От 2 до 0,05
Пылеватая.....	От 0,05 до 0,005
Глинистая	Менее 0,005

Размеры выделяемых фракций зависят от состава и назначения грунта.

При определении гранулометрического состава грунтов, используемых для намыва земляных сооружений, должны быть выделены определенные фракции (СНиП III-8—76).

<i>Грунты</i>	<i>Фракция, мм</i>
Глинистые частицы.....	Менее 0,005
Пылеватые частицы.....	0,005...0,05
в том числе пыль:	
мелкая.....	0,005...0,01
крупная.....	0,01...0,05
Песчаные частицы:	
тонкие (пылеватые).....	0,05...0,1
мелкие.....	0,1...0,25
средней крупности.....	0,25...0,5
крупные.....	0,5...1; 1...2
Гравийные зерна:	
мелкие.....	2...5
средние.....	5...10
крупные.....	10...20
Галька:	
мелкая.....	20...40
средняя.....	40...60
крупная.....	60...80, 80...100
очень крупная.....	100...150; 150...200
Валуны.....	Более 200

Средневзвешенный гранулометрический состав грунта по фракциям может быть представлен в определенной форме (табл. 1.1), а также изображен графически в виде суммарной кривой или кривой неоднородности в полулогарифмическом масштабе (рис. 1.1).

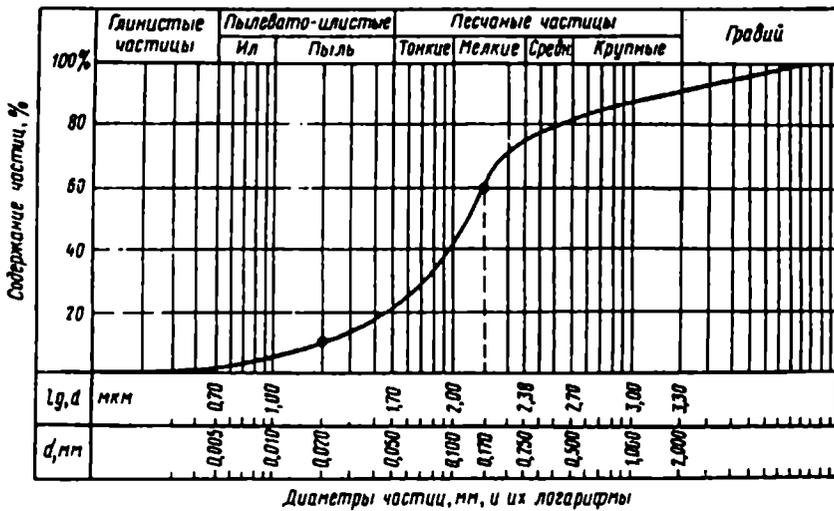


Рис. 1.1. График гранулометрического (зернового) состава грунта в полулогарифмическом масштабе

Плотность выражает отношение массы вещества к занимаемому им объему (г/см³, кг/м³, т/м³). Плотность грунта $\gamma_{гр}$ — это отношение общей массы грунта $m_{гр}$ (включая массу воды в его порах) в естественном состоянии к занимаемому этим грунтом объему $V_{гр}$ или масса единицы объема грунта ненарушенной структуры:

$$\gamma_{гр} = m_{гр} / V_{гр} \tag{1.1}$$

Этим термином заменен ранее применявшийся термин «объемная масса влажного грунта в естественном состоянии».

Плотность грунта непостоянна и зависит от условий естественного залегания (влажность, количество воды в порах и т.д.). Плотность сухого грунта $\gamma_{гр}^c$ — это отношение массы сухого грунта $m_{тв}$ (исключая массу воды в его порах) к занимаемому этим грунтом объему $V_{гр}$ (включая

имеющиеся в этом грунте поры) или масса твердой части грунта в единице его объема ненарушенной структуры, т.е.:

$$\gamma_{гр}^c = m_{тв} / V_{гр}; \quad \gamma_{гр}^c = \gamma_{гр} / (1 + 0,01W), \quad (1.2)$$

где W — природная влажность грунта, %.

Этот термин заменяет применявшийся ранее термин «объемная масса скелета грунта».

Плотность частиц грунта $\gamma_{тв}$ — это отношение массы сухого грунта $m_{тв}$ (исключая массу воды в его порах) к объему твердой части этого грунта $V_{тв}$:

$$\gamma_{тв} = m_{тв} / V_{тв}. \quad (1.3)$$

Данный термин заменяет применявшийся ранее термин «объемная масса минеральной части грунта». Приведем средние значения плотности грунтов в естественном состоянии.

<i>Грунты</i>	<i>Плотность $\gamma_{гр}$, кг/м³</i>
Грунт растительного слоя	800—1200
Торф.....	800—1200
Чернозем	1200—1300
Ил речной.....	1800
Песок:	
мокрый	1950
сухой без примесей.....	1600
с примесью частиц гальки, гравия до 10 %	1650
то же, более 10 %	1700
бархатистый и дюнный	1600
Гравий сухой	1800
То же, мокрый	2000
Галечно-гравийно-песчаные грунты при размере частиц, мм:	

до 80.....	1750
свыше 80	1950
свыше 80 с содержанием валунов до 10 %	1950
то же, до 30 %	2000
то же, до 70 %	2300
Валунный грунт (содержание частиц крупнее 200 мм более 50 %)	2500
Щебень при размере частиц, мм:	
до 40	1750
до 150	1950
Пески, супеси и суглинки при пористости более 0,5 % и содержании частиц крупнее 2 мм до 10 %	1600
Глины при влажности более 0,5 % и содержании частиц крупнее 2 мм до 10 %	1800
Глины при влажности до 0,5 % и содержании частиц крупнее 2 мм до 10 %	1850
Пески, супеси, суглинки и глины при:	
влажности до 0,5 % и содержании частиц крупнее 2 мм:	
до 35 %	1800
до 65 %	1900
более 65 %	1950
пористости до 0,5 % и содержании частиц крупнее 2 мм:	
до 35 %	2000
до 65 %	2100
более 65 %	2300
Супесь:	
пластичная без примесей	1650
твердая без примесей, а также пластичная и твердая с примесью щебня, гальки до 10 %	1650
пластичная и твердая с примесью щебня, гальки более 10 %.....	1850
Суглинок:	
мягкопластичный без примесей	1700
мягкопластичный с примесью частиц щебня и гравия до 10 % и тугопластичный без примесей.....	1750

мягкопластичный с примесью гальки	
более 10 %	1750
тяжелый	1900
Глина:	
мягко- и тугопластичная без примесей	1800
то же, с примесью гальки и гравия до 10 %	1750
то же, с примесью гальки и гравия более 10 %	1900
полутвердая, твердая	1950
плотная, вязкая	2100
Лёсс:	
мягкопластичный	1600
тугопластичный, твердый	1800
<i>Плотность частиц $\gamma_{гр}$, г/см³, песчано-глинистых грунтов</i>	
Песок	2,66
Супесь	2,7
Суглинок	2,71
Глина	2,74

Выразим плотность частиц грунта $\gamma_{тв}$ через плотность грунта и коэффициент пористости e :

$$\gamma_{тв} = \gamma_{гр} / (1 - e). \quad (1.4)$$

Для обозначения степени уплотненности грунта, оцениваемой коэффициентом пористости, плотностью сухого грунта и т.д., следует применять термин «плотность сложения грунта».

Удельный вес грунта γ' — отношение веса грунта к занимаемому им объему, Н/м³. Удельный вес грунта равен произведению плотности грунта $\gamma_{гр}$, кг/м³, на ускорение силы тяжести, Н/м³, т.е. $\gamma_{тв} = \gamma_{гр}g$. Для характеристики удельного веса грунта, представляющего собой вес единицы объема грунта, используются определенные термины (СН 528—80).

Удельный вес грунта $\gamma_{гр}^c$, Н/м³ (заменяет ранее применявшийся термин «объемный вес грунта») — отношение веса грунта, включая вес воды в его порах, к занимаемому этим грунтом объему, включая поры:

$$\gamma_{гр}^c = \gamma_{гр} g. \quad (1.5)$$

Удельный вес сухого грунта $\gamma_{гр}^c$, Н/м³ (заменяет применявшийся ранее термин «объемный вес скелета грунта») — отношение веса сухого грунта ко всему занимаемому этим грунтом объему:

$$\gamma_{гр}^{c'} = \gamma_{гр}^c g. \quad (1.6)$$

Удельный вес частиц грунта $\gamma'_{тв}$, Н/м³ (заменяет применявшийся ранее термин «удельный вес грунта») — отношение веса сухого грунта к объему твердой части этого грунта:

$$\gamma'_{тв} = \gamma_{тв} g. \quad (1.7)$$

Пористость грунта m — это отношение объема пор (пустот) V_n в грунте к общему объему грунта $V_{гр}$, %:

$$m = (V_n / V_{гр}) \cdot 100 \%; \quad (1.8)$$

$$m = (\gamma_{тв} - \gamma_{гр}^c / \gamma_{тв}) \cdot 100 \% = (1 - \gamma_{гр}^c / \gamma_{тв}) \cdot 100 \%. \quad (1.9)$$

Пористость зависит от гранулометрического состава грунта, формы частиц и плотности их сложения. Чем больше пористость и рыхлость грунта, тем легче он поддается гидравлическому размыву.

Ориентировочные значения пористости m , %, для некоторых грунтов:

Глины	35...50
То же, ленточные	47...52
То же, коренные, пластичные (юрские, майкопские, сарматские).....	52...56
Суглинки:	
лёссовидные	42...47
моренные	25...26
покровные	28...40
Супеси	25...30
Пески	30...45
Ил	60...90

Коэффициент пористости e грунта — отношение объема пор в грунте V_n к объему твердой фазы грунта $\gamma_{тв}$:

$$e = V_n / V_{тв} = (\gamma_{тв} / \gamma_{гр}^c) - 1; \quad (1.10)$$

$$e = m / (1 - m). \quad (1.11)$$

Коэффициент пористости e характеризует плотность укладки зерен грунта (чем меньше, тем плотнее грунт). В зависимости от коэффициента пористости e песчаные грунты делят по плотности сложения на плотные, средней плотности и рыхлые (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Классификация песков по коэффициенту пористости

Пески	Коэффициент пористости песков		
	плотных	средней плотности	рыхлых
Гравелистые крупные и средней крупности	Менее 0,55	0,55...0,7	Более 0,7
Мелкие	Менее 0,6	0,6...0,75	Более 0,75
Пылеватые	—” —	0,5...0,8	Более 0,8

Влажность грунта влияет на связь (сцепление) между частицами и состояние грунта, особенно на его консистенцию (ГОСТ 5180—84).

Фактическая естественная влажность грунта W , %, — это отношение массы воды в порах грунта к массе сухого грунта m_c в данном объеме, выражаемое в процентах или в долях единицы:

$$W = \frac{m_{\text{вл}} - m_c}{m_c} \cdot 100,$$

где $m_{\text{вл}}$, m_c — масса грунта соответственно до и после просушивания, г.

Объемная влажность

$$W_{\text{об}} = W \gamma_{\text{гр}}^c. \quad (1.13)$$

Абсолютная влажность (полная влагоемкость) $W_{\text{полн}}$, %, при заполнении всех пор водой составляет:

$$W_{\text{полн}} = \frac{m \gamma_{\text{в}}}{(100 - m) \gamma_{\text{тв}}}, \quad (1.14)$$

где $\gamma_{\text{в}}$ — плотность воды в порах, г/см³.

Коэффициент (индекс) водонасыщения K_{ω} — это отношение фактической влажности к абсолютной:

$$K_{\omega} = W / W_{\text{полн}}. \quad (1.15)$$

Коэффициент водонасыщенности K_{ω} характеризует степень насыщения грунта водой (доли ед.). Приведем его значения для различных песков, а также предельную влажность грунтов природного сложения.

<i>Песок</i>	<i>K_ω</i>
Сухой (маловлажный)	< 0,5
Влажный	0,5...0,8
Водонасыщенный	0,8...1,0

<i>Грунт природного сложения</i>	<i>Предельная влажность, %</i>
Песок	1...10
Супесь	10...15
Суглинок	15...25
Глина	25...35

Набухание — это способность грунта при росте его влажности увеличиваться в объеме (ГОСТ 24143—80). Процесс, обратный набуханию, происходящий при высыхании грунта, называют его усадкой.

Коэффициент набухания K_n — это отношение объема грунта после насыщения водой V_n к его объему в естественном состоянии $V_{ест}$:

$$K_n = V_n / V_{ест}. \quad (1.16)$$

Коэффициент набухания K_n учитывают при определении объема гидроотвала.

<i>Грунты</i>	<i>K_n</i>
Глины тяжелые вязкие	2...1,5
То же, обычные пластичные	1,5
Суглинки тяжелые	1,5...1,45
То же, средние	1,45...1,2
То же, легкие	1,2
Супеси	1,15...1,05
Пески пылеватые	1,1
То же, глинистые	1,05
То же, крупнозернистые	1,0

Сцепление — свойство, характеризующее связность грунта. Чем больше сцепление грунта, тем грунт плотнее и тем больший расход воды требуется на его размыв (табл. 1.3).

Угол внутреннего трения характеризует сопротивление грунта сдвигу, представляющее собой для связных грунтов сопротивление внутри грунта вследствие трения и сцепления между частицами. Для сыпучих рыхлых грунтов угол внутреннего трения приближается к углу естественного откоса (табл. 1.4—1.6).

Таблица 1.3

Сцепление частиц различных видов грунтов и расход воды на их размыв

Грунты	Сцепление, МПа	Удельный расход воды на размыв 1 м ³ грунта q , м ³
Пески пылеватые	0,004...0,008	4...6
Супеси	0,007...0,042	4...10
Суглинки	0,019...0,068	10...16
Глины	0,037...0,082	12...18
Жирные глины	0,047...0,094	14...20

Таблица 1.4

Угол внутреннего трения для несвязанных грунтов

Грунты	Угол внутреннего трения ϕ , градусы, для грунта		
	сухого	влажного	водонасыщенного
Песок:			
крупный и гравелистый	33...37	30...35	30...35
средней крупности	30...33	27...30	25...28
мелкий	27...33	25...30	22...28
пылеватый	27...33	22...25	18...22

Окончание табл. 1.4

Грунты	Угол внутреннего трения φ , градусы, для грунта		
	сухого	влажного	водонасыщенного
Гравий и галька	40	40	40
Супесь	22...27	20...25	15...18
Торф	25	20	15
Растительный грунт	40	35	25

Таблица 1.5

Характеристика различных видов песков по плотности, углу внутреннего трения φ и коэффициенту фильтрации K_f

Пески	Плотность, кг/м^3 , для грунтов сложения		Значение φ , градусы, в грунтах		K_f , м/сут.
	средней плотности	плотных	средней плотности	плотных	
Тонкозернистый пылеватый	1920	2000	26	30	5
Мелкозернистый	1920	2000	27	30	20
Среднезернистый	1940	2000	28	32	50
Разнозернистый	1960	2050	29	33	50
Крупнозернистый	1980	2050	29	38	500
С гравием и галькой	2000	2100	30	55	500

Таблица 1.6

Угол естественного откоса различных грунтов

Грунты	Угол естественного откоса грунтов α , градусы,		
	сухих	влажных	мокрых
Растительный	40	35	25
Песок:			
крупный	30...35	32...40	25...27
средний	28...30	35	25
мелкий	25	30...35	15...20
Суглинок	40...50	35...40	25...30
Глина жирная	40...45	35	15...20
Гравий	35...40	35	25...30
Торф (без корней)	40	25	15

Угол естественного откоса α — это наибольший (предельный) угол наклона откоса уступа к горизонту с сохранением устойчивого состояния (когда грунт не осыпается, не оплывает и т.д.); этот угол зависит от характера и влажности грунтов (см. табл. 1.6).

Коэффициент рыхления грунта K_p — это отношение объема разрыхленного грунта к объему грунта в природном состоянии. Коэффициент разрыхления грунта K_p некоторых грунтов имеет следующие значения:

чистые песок и гравий	1,05
суглинистый и супесчаный грунт	1,2...1,25
глина и плотная глина с галькой	1,3...1,4
щебенистый грунт	1,4...1,45

Водопроницаемость — это фильтрационная способность грунтов пропускать воду под действием силы тяжести или гидростатического напора. Водопроницаемость определяется коэффициентом фильтрации, который зависит от состава, степени уплотненности, структуры и сложенности грунтов (ГОСТ 25584—83).

Коэффициент фильтрации — это количество воды ($V_v \times \gamma_v$), прошедшей за время $t = 1$ ч через образец площадью $S = 1 \text{ м}^2$ и толщиной $a = 1$ м при разности давления $\Delta p = 133,3 \text{ Па}$:

$$K_f = (V_v a \gamma_v) / (S \Delta p t). \quad (1.17)$$

Обычно K_f выражают в единицах скорости (м/сут., м/с).

Приведем коэффициенты фильтрации K_f , м/сут.

Песчаные грунты

Песок:

пылеватый глинистый с преобладающей фракцией 0,01...0,05 мм		5—20
мелкозернистый глинистый с преобладающей фракцией 0,1...0,25 мм		
среднезернистый однородный с преобладающей фракцией 0,25...0,5 мм		
крупнозернистый однородный с преобладающей фракцией 0,5...1,0 мм		

Галечниковые и гравийные грунты

Галечник с песком	20...100
То же, чистый	Менее 200
Гравий с песком	75...150
То же, чистый	100...200
Гравийно-галечный грунт со значительной примесью мелких частиц	20...60

Глинистые грунты

Глина	Менее 0,001
Суглинок тяжелый	0,05—0,01
То же, легкий и средний	0,04...0,005
Супесь плотная	0,1...0,001
То же, рыхлая	1...0,1

Торфяной грунт

Торф малоразложившийся	4,5...1
То же, средне- и сильноразложившийся	1...0,1

Гидравлическая крупность частиц грунта W , см/с, — это скорость падения частиц грунта в спокойной воде (табл. 1.7), которая зависит от формы, размеров и плотности частиц грунта, вязкости и плотности среды. Гидравли-

ческая крупность частиц грунта используется при расчетах процессов всасывания, осаждения, гидравлической классификации и др.

При гидравлических расчетах процессов гидромеханизации учитывают осредненную гидравлическую крупность стесненного падения частиц грунта различной крупности, равную среднеарифметическому значению гидравлической крупности отдельных фракций, т.е.:

$$W_i = (W_1 + W_2)/2; W = (W_1 + W_2 + \sqrt{W_1 W_2})/3. \quad (1.18)$$

Таблица 1.7

Гидравлическая крупность частиц грунта при свободном падении в спокойной воде $W_{св}$ в зависимости от диаметра частиц

Диаметр частиц, мм	$W_{св}$, см/с, при температуре воды, °С			
	5	10	15	20
0,001	0,000126	0,00049	0,00005	0,00006
0,01	0,0043	0,0049	0,0056	0,0064
0,05	0,106	0,124	0,148	0,16
0,10	0,386	0,46	0,535	0,61
0,125	0,55	0,66	0,78	0,89
0,25	1,84	2,05	2,26	2,46
0,50	5,34	5,67	6,0	6,33
0,75	8,81	9,23	9,65	10,07
1,0	11,20	11,68	12,17	12,66
1,5	15,15	15,65	16,15	16,65
2,0	18,25	18,75	19,25	19,75
2,5	20,42	20,92	21,42	21,92
3,0	22,25	22,75	23,25	23,75
3,5	—	24,53	—	—
4,0	—	26,85	—	—
5,0	—	30,00	—	—

Окончание табл. 1.7

Диаметр частиц, мм	$W_{св}$, см/с, при температуре воды, °С			
	5	10	15	20
6,0	—	32,8	—	—
7,0	—	35,5	—	—
8,0	—	38,0	—	—
9,0	—	40,3	—	—
10,0	—	42,5	—	—
15,0	—	52,0	—	—
20,0	—	60,2	—	—
25,0	—	67,2	—	—
30,0	—	73,6	—	—

Примечание: Приведены данные для грунтов плотностью $\rho_{гр} = 2,65 \text{ т/м}^3$. Для грунтов другой плотности необходимо табличное значение гидравлической крупности умножить на коэффициент $Z = (\rho_{гр} - 1) / 1,65$ (для ламинарного и переходного режимов течения) или $Z = \sqrt{(\rho_{гр} - 1) / 1,65}$ (для турбулентного режима).

Вид грунта определяется по гранулометрическому составу фракций (табл. 1.8).

Таблица 1.8

Вид грунта в зависимости от соотношения состава фракций

Грунты	Содержание фракций, % от массы сухого грунта,		
	глинистых 0...0,005 мм	пылеватых 0,005...0,05 мм	песчаных 0,05...2 мм
Глина:			
песчаная	Более 30	Меньше, чем глинистых	Больше, чем глинистых
пылеватая	То же	Больше, чем глинистых	Меньше, чем глинистых
средняя	—“—	Меньше, чем глинистых	То же
тяжелая	Более 60	То же	—“—

Продолжение табл. 1.8

Грунты	Содержание фракций, % от массы сухого грунта,		
	глинистых 0...0,005 мм	пылеватых 0,005...0,05 мм	песчаных 0,05...2 мм
Суглинок:			
легкий пыле- ватый	10...15	Больше, чем песчаных	Меньше, чем пыле- ватых
легкий	10...15	Меньше, чем песчаных	Больше, чем пылева- тых
средний пы- леватый	15...20	Больше, чем песчаных	Меньше, чем пыле- ватых
средний	15...20	Меньше, чем песчаных	Больше, чем пылева- тых
тяжелый пы- леватый	20...30	Больше, чем песчаных	Меньше, чем пыле- ватых
тяжелый	20...30	Меньше, чем песчаных	Больше, чем глини- стых
Супесь:			
легкая пыле- ватая	3...6	Больше, чем песчаных	Меньше, чем пыле- ватых
легкая мелкая	3...6	Меньше, чем песчаных	Больше, чем пылева- тых; среди песчаных преобладают фрак- ции 0,05...0,25
легкая круп- ная	3...6	То же	Больше, чем пылева- тых; среди песчаных преобладают фрак- ции 0,25...0,2
тяжелая пыле- ватая	6...10	Больше, чем песчаных	Меньше, чем пыле- ватых
тяжелая мел- кая	6...10	Меньше, чем песчаных	Больше, чем пылева- тых; среди песчаных преобладают фрак- ции 0,05...0,2

Окончание табл. 1.8

Грунты	Содержание фракций, % от массы сухого грунта,		
	глинистых 0...0,005 мм	пылеватых 0,005...0,05 мм	песчаных 0,05...2 мм
Супесь: тяжелая крупная	6...10	Меньше, чем песчаных	Больше, чем пылева- песчаных; среди песчаных преобладают фрак- ции 0,25...0,2
Песок: пылеватый разнозернис- тый	Менее 3	Меньше, чем песчаных	Больше, чем пылева- песчаных
	То же	Содержание ни одной из указанных фракций не достигает 50 %	
очень мелкий (тонкозернис- тый)	—“—	Меньше, чем песчаных	Больше 50 % фрак- ций 0,25 мм
мелкий (мелкозернис- тый)	—“—	То же	Больше 50 % фрак- ций 0,25...0,5 мм
средний (среднезер- нистый)	—“—	—“—	Больше 50 % фрак- ций 0,5...1 мм
крупный (крупнозер- нистый)	—“—	—“—	Больше 50 % фрак- ций 1...2 мм

Удельный расход воды на разработку и транспортирование грунтов этих групп и группы грунтов по трудности разработки с применением гидромониторно-землесосных комплексов и земснарядов даны соответственно в табл. 1.9 и 1.10 [6, 7]. В табл. 1.11 приведены допустимые нагрузки на некоторые виды грунтов (для расчета проходимости машин).

Таблица 1.9

Распределение грунтов по трудности разработки их землесосными снарядами

Группа пород	Расход воды на разработку и транспортирование 1 м ³ породы, м ³	Породы	Содержание частиц, %															
			глинистых (менее 0,005 мм)	пылеватых (0,005–0,5 мм)	мелких (0,05–0,25 мм)	средних (0,25–0,5 мм)	крупных (0,5–2 мм)	гравийно-галечных при производительности земснаряда (по пульпе), м ³ /ч										
								≤1000			≤2000			>2000				
								2–20	2–40	2–60	2–20	2–60	2–90	2–20	2–60	2–120		
I	6,5	Пески мелкозернистые		>50		≤50												
		Пески среднезернистые		≤15	≤50	50	≤15	3	2	1	4	2	1	5	3	1		
		Пески разноезернистые	≤3			≤50												
		Пески пылеватые		≤20	Не регламентируется													
		Илы текущие		Не регламентируется														

Группа пород	Расход воды на разработку и транспортирование 1 м ³ породы, м ³	Породы	Содержание частиц, %													
			глинистых (менее 0,005 мм)	пылеватых (0,005–0,5 мм)	мелких (0,05–0,25 мм)	средних (0,25–0,5 мм)	крупных (0,5–2 мм)	гравийно-галечных при производительности земснаряда (по пульпе), м ³ /ч								
								≤1000			≤2000			>2000		
								2–20	2–40	2–60	2–20	2–60	2–90	2–20	2–60	2–120
II	8,5	Пески пылеватые	3–6	20–50	Не регламентируется											
		Супеси легкие	3–6	≤50	Не регламентируется											
III	11	Пески разнозернистые	≤3	Не регламентируется			12	10	8	12	11	10	15	12	10	
		Супеси тяжелые	6–11	≤50			8	6	5	10	8	6	12	10	8	
		Песчано-гравийные грунты	≤3	Не регламентируется			25	22	20	30	25	20	30	27	25	
IV	14	Суглинки легкие	10–15	Не регламентируется			12	8	6	14	10	8	15	12	10	

		Песчано-гравийные грунты	≤5	Не регламентируется	35	30	25	35	30	25	40	35	30
V	18	Суглинки средние	15–20	Не регламентируется	15	12	10	15	12	10	20	15	12
		Песчано-гравийные грунты	≤5	Не регламентируется	45	40	35	45	40	35	50	45	40
VI	22	Суглинки тяжелые	20–30	Не регламентируется	15	12	10	15	12	10	20	15	10
		Глины тощие	≤40	Не регламентируется									
VII	26	Гравийно-галечные		Не регламентируется	–	–	–	60	55	50	65	60	50
VIII	30	Гравийно-галечные		Не регламентируется	–	–	–	40	85	80	95	90	80

Примечание. Группа пород определяется по среднему гранулометрическому составу. Средний гранулометрический состав пород устанавливается без учета глинистых прослоев. При послойной разработке пород группа устанавливается отдельно для каждого однородного слоя. При разработке пород II и III групп в ранее намывтых сооружениях группу пород следует относить к ближайшей низшей.

**Распределение грунтов на группы по трудности разработки их гидромониторами
(СНиП IV-5-84, табл. 5)**

Группа грунтов	Расход воды м ³ , на разработку и транспортирование 1 м ³ грунта	Грунты	Число частиц грунтов по массе, %, при размере частиц, мм						
			глинистых менее 0,005	пылеватых 0,005...0,05	песчаных			гравийных 2...40	галечных 40...60
					мелких 0,05...0,25	средних 0,25...0,5	крупных 0,5...2		
I	4,5	Грунты предварительно разрыхленные, несслежавшиеся	До 40	Не регламентируется			До 50	-	-
II	5,4	Пески мелкие	>>3	До 15	Свыше 50	До 50		До 1	-
		Пески пылеватые	>>3	Не регламентируется		>>50		>>1	-
		Супеси (частиц менее 0,005 мм до 6 %)	3...6	Не регламентируется		>>50		>>1	-
		Лёсс высокопористый (коэффициент пористости более 0,8)	До 8	До 70	Не регламентируется			>>1	-
		Торф сильно разложившийся	Не регламентируется						-

III	6,3	Пески средней крупности	До 3	Не регламентируется		Свыше 50	До 50	До 5	До 1
		Супеси (частиц менее 0,005 мм до 10 %)	6...10	Не регламентируется			>>50	>>5	>>1
		Суглинки (частиц менее 0,005 мм до 15 %)	До 15						
		Лёсс низкопористый (коэффициент пористости меньше 0,8)	>>15	До 70	Не регламентируется				
IV	8,1	Пески крупные	>>3	Не регламентируется			Свыше 50	5...15	До 1
		Супеси (частиц менее 0,005 мм до 15 %)	6...15						
		Суглинки (частиц менее 0,005 мм до 30 %)	15...30	Не регламентируется			До 10	>>1	
		Глины (частиц менее 0,005 мм до 40 %)	До 40						>>10
V	10,8	Пески гравелистые	До 5	Не регламентируется			>>25	-	

Группа грунтов	Расход воды м ³ , на разработку и транспортирование 1 м ³ грунта	Грунты	Число частиц грунтов по массе, %, при размере частиц, мм						
			глинистых менее 0,005	пылеватых 0,005...0,05	песчаных			гравийных 2...40	галечных 40...60
					мелких 0,05...0,25	средних 0,25...0,5	крупных 0,5...2		
V	10,8	Глины (содержание частиц менее 0,005 мм до 50 %)	40...50	Не регламентируется			>>15	До 15	
VI	12,6	Пески гравелистые Глины (содержание частиц менее 0,005 мм до 60 %)	До 5 50...60				>>40	–	
						>>15	До 15		

Примечания. 1. По группе I нормируют предварительно разрыхленные грунты, предусмотренные настоящей таблицей, кроме грунтов с содержанием гравия более 1 % и глины VI группы. Грунты с содержанием гравия и гальки более 1 % и глины VI группы, предварительно разрыхленные, относят к ближайшей низшей по трудности разработки группе: например, предварительно разрыхленные грунты V группы относят к IV группе.

2. При разработке грунта в карьерах и полезных выемках (каналы, котлованы и т.д.) группу грунта определяют по среднему гранулометрическому составу всего карьера. Разработку грунта в карьерах и полезных выемках, имеющих участки с грунтами различных групп, следует нормировать для каждого участка отдельно. Наличие глинистых прослоек толщиной до 0,2 м и вскрыши суммарной мощностью до 10 % высоты забоя при определении среднего гранулометрического состава в карьерах и полезных выемках не учитывают. Наличие этих прослоек и вскрыши следует учитывать при определении размера потерь при намыве грунта в сооружение или штабели.

3. В случае, когда проектом предусмотрена послойная (уступами) разработка, группу грунтов учитывают для каждого слоя однородного грунта отдельно.

4. При разработке грунтов I и III групп в ранее намывтых резервах или сооружениях группу грунтов следует относить к ближайшей низшей группе.

Таблица 1.11

**Допустимые нагрузки на некоторые виды грунтов
(для расчета проходимости машин) [1]**

Грунты	Предел нагрузки, кг/см ²	
	нижний	верхний
Растительный слой	0,5	1,0
Мокрый суглинок и глина	0,5	1,0
Насыпной грунт	0,5	1,5
Рыхлый мокрый песок	1,1	2,2
Песчаный суглинок и жирная глина	2,2	3,0
Глина с прослойками песка	–	2,2
Лёсс	–	3,0
Плотная сухая глина и суглинок с небольшими прослойками гравия и небольшими включениями песка	–	3,0
Суглинок, сухая крепкая глина или мелкий песок	–	3,2
Песчаная глина	3,0	4,0
Крупный плотный песок	2,0	7,0
Плотный гравий	3,0	8,0
Плотный мелкий песок	4,0	5,0
Валунный мергель	4,0	6,0
Щебень	4,0	8,0

ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ СТРОИТЕЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

2.1. Качество
строительных горных пород
в зависимости от условий
их залегания

2.2. Характеристика
песчано-гравийных
пород по геологической
классификации

2.3. Песок для строительных
работ (ГОСТ 8736 – 93,
дата введения 01.07.1995)

2.4. Щебень и гравий
из плотных горных пород
для строительных работ
(ГОСТ 8267 – 93, дата введения
01.01.1995)



2.1. КАЧЕСТВО СТРОИТЕЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ИХ ЗАЛЕГАНИЯ

В зависимости от условий залегания песок или гравий разделяют на речной, озерный, морской и горный. Подобное деление имеет практическое значение, так как характер месторождения определяет некоторые главнейшие показатели этих пород (табл. 2.1) [19]. По минералогическому составу различают кварцевые, полевошпатовые и известняковые пески. Чаще всего встречаются и применяются кварцевые пески с примесью зерен полевого шпата.

Таблица 2.1

Показатели качества песка и гравия в зависимости от характера месторождения

Характер месторождения	Показатели качества			
	присутствие слюды, пирита, гипса и других нежелательных минералов	наличие известняковых частиц — зерен, обломков, ракушек и др.	загрязненность глинистыми частицами	характерная форма зерна
Речной	Часто встречаются	Встречаются	Незначительная	Округленная
Морской	Встречаются	Часто встречаются	То же	Округленная и пластинчатая
Овражный (горный)	Часто встречаются	Редко встречаются	Значительная	Угловатая

Под лупой зерна кварца — это прозрачные и полупрозрачные частицы со стеклянным блеском; зерна кремния — непрозрачные частицы желтоватых оттенков с раковистым изломом; зерна полевого шпата — светлые непрозрачные матовые частицы разных оттенков. Частицы пирита имеют желто-золотистый цвет и металлический блеск; слюда представляет собой легкие тонкие листочки белого, розоватого, желтоватого и черного цветов с характерным матовым блеском; частички известняка — это белые и серые непрозрачные зерна со стеклянным блеском; могут быть также частички глины, сланцев и др.

При оценке строительных качеств песка по минералогическим признакам обращают внимание на следующее: 1) чем больше в песке содержание зерен кварца или кремния, тем он лучше; 2) чем больше в песке зерен известняка, слабых зерен полевого шпата и глинистых частиц, тем песок хуже; 3) чем больше загрязнен песок органическими примесями, в том числе частичками каменного угля и горных сланцев, тем он хуже. Кроме того, необходимо учитывать, что содержание слюды в песке для изготовления бетона допускается не более 0,5 % по массе, а зерен пирита должно быть не более 1 %.

2.2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ ПОРОД ПО ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ

Песок — осадочная мелкообломочная рыхлая порода (или современный осадок), состоящая из обломочных минеральных зерен (кварц, полевой шпат, слюда и др.), зна-

чительно реже — из обломков различных пород. Размеры зерен 0,1—1,0 мм (по данным некоторых авторов до 2,0 мм, а нижний предел 0,05 мм).

По зерновому составу песок подразделяют на группы по крупности:

- ◆ крупнозернистый — 0,5—1,0 мм;
- ◆ среднезернистый — 0,25—0,5 мм;
- ◆ мелкозернистый — 0,1—0,25 мм.

Гравий — рыхлая крупнообломочная осадочная порода, сложенная окатанными обломками пород размером 1,0—10 мм. В зависимости от преобладающих обломков гравий подразделяют на следующие группы:

- ◆ крупный — 5—10 мм;
- ◆ средний — 2,5—5 мм;
- ◆ мелкий — 1,0—2,5 мм.

Галечник — рыхлая крупнообломочная осадочная порода, состоящая из галек (окатанные обломки). В зависимости от преобладающих размеров галек выделяют галечник:

- ◆ крупный — 50—100 мм;
- ◆ средний — 25—50 мм;
- ◆ мелкий — 10—25 мм.

Валунник — крупнообломочная порода, в составе которой преобладают окатанные обломки размером от 10 до 100 см (валуны). По происхождению подразделяются на ледниковые, делювиальные, пролювиальные и аллювиальные.

Окатыш — окатанный крупный обломок (>1,0 мм) горной породы. Понятие окатыш включает в себя гравий и гальку (до 100 мм).

2.3. ПЕСОК ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ (ГОСТ 8736—93, ДАТА ВВЕДЕНИЯ 01.07.1995)

Термин «песок для строительных работ» относится к материалу, применяемому в качестве заполнителя для всех видов тяжелых бетонов, строительных растворов и идущему на материалы дорожных одежд. Песок для строительных работ получают из природных песков, добываемых при разработке песчаных и песчано-гравийных месторождений, или из продуктов дробления горных пород.

В соответствии с ГОСТ 8736—93 «Песок для строительных работ. Технические условия» [4] предусмотрено следующее его разделение: природный песок; дробленый песок; фракционированный песок (разделенный на две или более фракций с использованием специального оборудования); песок из отсевов дробления. Допускается поставка смеси природного песка из отсевов дробления.

Природные пески, отвечающие по зерновому составу и чистоте требованиям к песку для строительных работ, можно использовать в естественном виде. Однако в большинстве случаев они не отвечают указанным требованиям и их необходимо подвергать промывке и обогащению по крупности (классификации).

Пески характеризуются следующими показателями:

- ◆ зерновым составом и модулем крупности;
- ◆ содержанием глинистых, пылеватых и илистых частиц, в том числе глины в комках;
- ◆ содержанием органических примесей;
- ◆ минералого-петрографическим составом;

◆ содержанием пород и минералов, относимых к вредным примесям;

◆ радиационно-гигиенической оценкой.

В зависимости от значений нормируемых показателей качества (зерновой состав, содержание пылеватых и глинистых частиц) песок подразделяют на два класса. По зерновому составу песок подразделяют на группы (табл. 2.2, 2.3).

К классу I относят песок повышенной крупности, крупный, средний и мелкий; к классу II — очень крупный (песок из отсевов дробления), повышенной крупности, крупный, средний, мелкий, очень мелкий, тонкий и очень мелкий.

Таблица 2.2

Классы песка по содержанию зерен

Класс и группа песка	Содержание зерен крупностью (в % по массе, не более)		
	свыше 10 мм	свыше 5 мм	менее 0,16 мм
I класс: повышенной крупности, крупный и средний мелкий	0,5	5	5
	0,5	0,5	0,5
II класс: очень крупный и повышенной крупности крупный и средний мелкий и очень мелкий	5	20	10
	5	15	15
	0,5	10	20
тонкий и очень тонкий	Не допускается		Не нормируется

Таблица 2.3

Группы песка по крупности

Группы песка	Модуль крупности M_k	Полный остаток на сите № 063, % по массе
Очень крупный	Свыше 3,5	Свыше 75
Повышенной крупности	Свыше 3,0 до 3,5	Свыше 65 до 75
Крупный	Свыше 2,5 до 3,0	Свыше 40 до 65
Средний	Свыше 2,0 до 2,5	Свыше 30 до 45
Мелкий	Свыше 1,5 до 2,0	Свыше 10 до 30
Очень мелкий	Свыше 1,0 до 1,5	До 10
Тонкий	Свыше 0,7 до 1,0	Не нормируется
Очень тонкий	До 0,7	То же

Каждую группу песка характеризуют значением модуля крупности и полным остатком на сите с сеткой № 063. Анализ песка проводят следующим образом.

Иногда при оценке песков возможны случаи, когда по модулю крупности они могут быть отнесены к одной группе, а по полному остатку на сите № 063 — к другой. Если песок не отвечает одновременно обоим требованиям, то решающей характеристикой для оценки является модуль крупности. Содержание зерен крупностью свыше 10, 5 и менее 0,16 мм не должно превышать значений, указанных в табл. 2.2.

Определение зернового состава и модуля крупности песка осуществляется в следующем порядке.

Пробу массой 2 кг высушивают в сушильном шкафу до постоянной массы и просеивают сквозь сито с округлыми отверстиями диаметром 10 и 5 мм. Остатки на ситах взве-

шивают и вычисляют содержания в песке фракций гравия с размерами зерен 5—10 мм (Γ_{p_5}) и выше 10 мм ($\Gamma_{p_{10}}$) в % по массе:

$$\Gamma_{p_{10}} = \frac{M_{10}}{M} \cdot 100 ; \Gamma_{p_5} = \frac{M_5}{M} \cdot 100 , \quad (2.1)$$

где M_{10} — остаток на сите с округлыми отверстиями диаметром 10 мм, г;

M_5 — остаток на сите с округлыми отверстиями диаметром 5 мм, г;

M — масса пробы, г.

Из пробы песка, прошедшего сквозь указанные сита, отбирают навеску массой 1000 г для определения зернового состава песка без фракций щебня. Подготовленную навеску просеивают сквозь набор сит с круглыми отверстиями диаметром 2,5 мм и сетками 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 мм. Просеивание производят механическим или ручным способом.

По результатам просеивания вычисляют:

а) частный остаток на каждом сите a_i в %:

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100 , \quad (2.2)$$

где m_i — масса остатка на данном сите, г;

m — масса просеиваемой навески, г;

б) полный остаток на каждом сите A_i в %:

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i , \quad (2.3)$$

где $a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i$ — частные остатки на ситах с большими размерами отверстий, начиная с сита 2,5; 1,25 мм и т.д., %;

a_i — частный остаток на данном сите, %;

в) модуль крупности песка M_k (без фракции с размерами зерен крупнее 5 мм):

$$M_k = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100}, \quad (2.4)$$

где $A_{2,5}; A_{1,25}; A_{0,63};$

$A_{0,315}; A_{0,16}$ — полные остатки на сите с размерами отверстий 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 мм, %.

Результаты определения зернового состава песка записывают в форму (табл. 2.4) или изображают графически в виде кривой просеивания в полулогарифмическом или линейном масштабе.

Для построения кривой просеивания (рис. 2.1) используются представленные в табл. 2.5 результаты отсева песка.

Таблица 2.4

Зерновой состав песка

Остаток на ситах, %	Размер отверстий сит, мм					Проход сквозь сито 0,14 мм, %
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	
Частные	$a_{2,5}$	$a_{1,25}$	$a_{0,63}$	$a_{0,315}$	$a_{0,16}$	$a_{-0,16}$
Полные	$A_{2,5}$	$A_{1,25}$	$A_{0,63}$	$A_{0,315}$	$A_{0,16}$	—

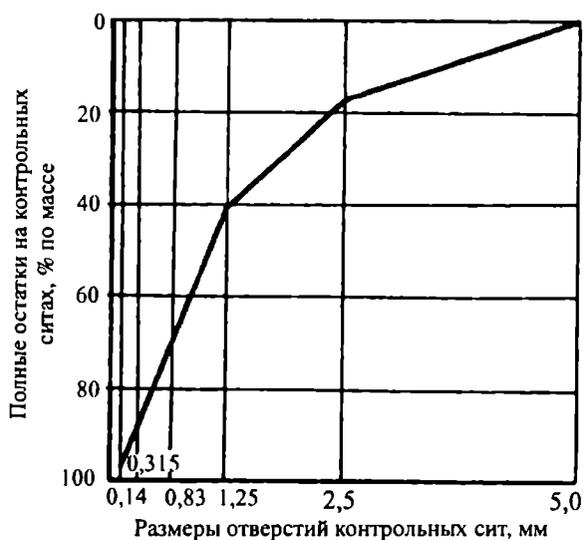


Рис. 2.1. Кривая просеивания песка (линейный масштаб)

Таблица 2.5

Результаты отсева песка

Остаток на ситах, %	Размер отверстий сит, мм					Проход сквозь сито 0,14 мм, %
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	
Частные	18,0	24,0	28,0	19,0	8,0	3,0
Полные	18,0	42,0	70,0	89,0	97,0	—

Модуль крупности данного песка

$$M_k = \frac{18,0 + 42,0 + 70,0 + 89,0 + 97,0}{100} = 3,16.$$

По классификации (табл. 2.5) данный песок соответствует группе «повышенной крупности», так как его модуль более 2,5, а полный остаток на сите № 063 составляет свыше 70 %.

На рис. 2.1 представлен график просеивания песка в линейном масштабе, на рис. 2.2. — в полулогарифмическом. ГОСТ предусматривает построение графика в линейном масштабе, однако в специальной литературе часто встречаются графики в полулогарифмическом масштабе. Поэтому его вид и метод построения дан на рис. 2.2

Содержание в песке пылевидных и глинистых частиц, а также глины в комках не должно превышать значений, указанных в табл. 2.6

Таблица 2.6

Классы песка по содержанию пылевидных и глинистых частиц, а также по содержанию глины в комках

Класс и группа песка	Содержание пылевидных и глинистых частиц		Содержание глины в комках	
	в природном песке	в песке из отсевов дробления	в природном песке	в песке из отсевов дробления
I класс:				
очень крупный	—	3	—	0,35
повышенной крупности, крупный и средний	2	3	0,25	0,35
мелкий	3	5	0,35	0,50
II класс:				
очень крупный	—	10	—	2
повышенной крупности, крупный и средний	3	10	0,5	2
мелкий и очень мелкий	5	10	0,5	2
тонкий и очень тонкий	10	Не нормируется	1,0	0,1

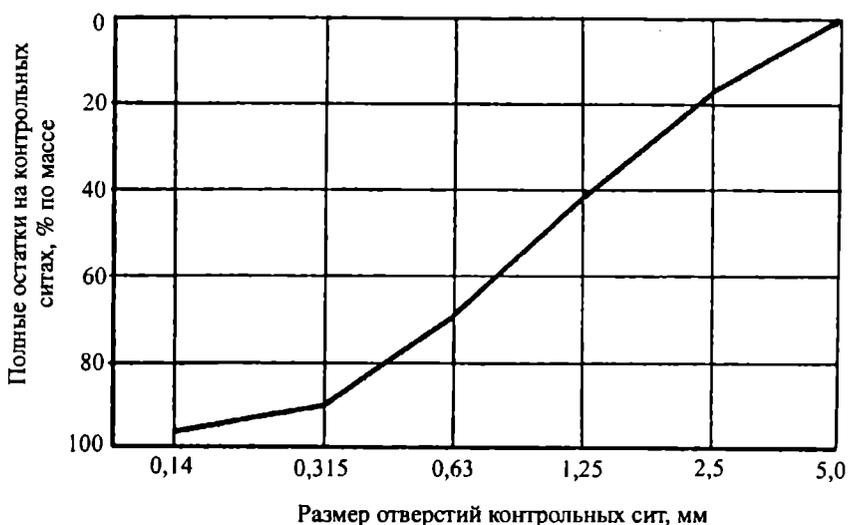


Рис. 2.2. Кривая просеивания песка (полулогарифмической масштаб)

Контроль качества песка на предприятии-изготовителе (карьере) состоит в определении зернового состава, модуля крупности, содержания пылеватых и глинистых частиц, в том числе глины в комках. Контроль качества по указанным показателям проводится ежедневно. Определение объемной насыпной массы песков всех видов осуществляется один раз в квартал.

Предприятие-изготовитель должен сообщать потребителю следующие характеристики, установленные геологической службы:

- ◆ минерало-петрографический состав с указанием пород и минералов, относимых к вредным компонентам и примесям (см. ГОСТ 8736—93);
- ◆ пустотность;
- ◆ содержание органических примесей;

- ◆ истинную плотность зерен песка.

ГОСТ 8736—93 вводит требования к песку на радиационно-гигиеническую оценку, по результатам которой устанавливается область его применения. Песок в зависимости от значений удельной эффективной активности естественных радионуклидов $A_{эфф}$ применяют:

- ◆ при $A_{эфф}$ до 370 Бк/кг — во вновь строящихся жилых и общественных зданиях;

- ◆ при $A_{эфф}$ свыше 370 до 740 Бк/кг — для дорожного строительства в пределах населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных зданий и сооружений;

- ◆ при $A_{эфф}$ свыше 740 до 1350 Бк/кг — в дорожном строительстве вне населенных пунктов.

И в заключение необходимо отметить, что песок не должен содержать посторонних засоряющих примесей.

2.4. ЩЕБЕНЬ И ГРАВИЙ ИЗ ПЛОТНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ (ГОСТ 8267—93, ДАТА ВВЕДЕНИЯ 01.01.95)

В соответствии с указанным ГОСТом применены следующие термины [3].

Гравий из горных пород — неорганический зернистый сыпучий материал с зернами крупностью свыше 5 мм, получаемый рассевом природных песчано-гравийных смесей.

Щебень из горных пород — неорганический зернистый сыпучий материал с зёрнами крупностью свыше 5 мм, получаемый дроблением горных пород, гравия и валунов*.

Гравий и щебень характеризуются следующими показателями качества:

- ◆ зерновым составом;
- ◆ прочностью;
- ◆ формой зёрен;
- ◆ содержанием дроблёных зёрен (для щебня);
- ◆ содержанием зёрен слабых пород;
- ◆ морозостойкостью;
- ◆ содержанием пылевидных и глинистых частиц, в том числе глины в комках;
- ◆ радиационно-гигиенической оценкой;
- ◆ наличием вредных компонентов и примесей.

По определению вышеуказанного ГОСТа *зерновой состав* щебня и гравия характеризуется понятием «основные параметры и размеры». В соответствии с этим определением щебень и гравий выпускают в виде следующих основных фракций: от 5(3) до 10 мм; свыше 10 до 20 мм; свыше 20 до 40 мм; свыше 40 до 80(70) мм и смеси фракций от 5(3) до 20 мм.

По согласованию с потребителями допускаются смеси различных фракций. ГОСТом определяются также полные остатки на ситах диаметром: d ; $0,5 (d + D)$; D ; $1,25D$ при их расसेве на контрольных ситах, где d и D — соответственно минимальный и максимальный размер частиц установленной смеси фракций.

* В данной работе не рассматривается качество щебня, получаемого из попутно добываемых пород, некондиционных отходов горных предприятий по переработке руд и неметаллических ископаемых других отраслей промышленности.

На практике наиболее употребительны следующие размеры фракций гравия и щебня: 5(3) — 10 мм; 10—20 мм; 20—40 мм; реже 40—70 мм и от 70 до 150 мм.

Следует отметить, что большинство заводов-производителей гравия и щебня в основном выпускает две фракции: 5—20 мм и 20—40 мм, которые служат крупными наполнителями для тяжелых бетонов.

Прочность щебня и гравия характеризуют маркой, определяемой по дробимости щебня (гравия) при сжатии (раздавливании) в цилиндре.

Пределы марки колеблются от 400 до 1000 для гравия и щебня из гравия и определяются потерей массы при испытаниях (в %) ориентировочно от 20 до 10 %.

Форма зерен щебня и гравия характеризуется содержанием зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм.

Щебень в зависимости от содержания зерен пластинчатой и игловатой форм подразделяют на четыре группы.

<i>Группа щебня</i>	<i>Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, в % по массе</i>
1.....	До 15 включительно
2.....	Свыше 15 до 25
3.....	Свыше 25 до 35
4.....	Свыше 35 до 50

Гравий не должен содержать зерен пластинчатой и игловатой формы более 35 % по массе.

Следует отметить, что в ГОСТе не дано понятие «кубовидный щебень», хотя этот термин широко распространен в периодической печати (см. «Горный журнал»,

«Строительные материалы» и др.). По мнению авторов, этим термином обозначается группа I щебня с содержанием зерен пластинчатой и игловатой формы менее 15 %.

Содержание дробленых зерен в щебне из гравия должно быть не менее 80 % по массе. Дроблеными считаются зерна, поверхность которых околота более чем на половину.

Содержание зерен слабых пород в щебне и гравии не должно превышать:

- ◆ для марки 400 — 15 %;
- ◆ для марок 600, 800, 1000 — 10 %.

Содержание пылеватых и глинистых частиц (размером менее 0,05 мм) в зависимости от марки щебня из гравия и валунов не должно превышать:

- ◆ для марки 1000—800 — 1 %;
- ◆ для марки 600 — 2 %;
- ◆ для марки 400 — 3 %.

Морозостойкость характеризуется числом циклов замораживания и оттаивания, при которых потери (в % по массе щебня и гравия) не превышают установленных ГОСТом значений.

Испытание на морозостойкость — процесс весьма трудоемкий и длительный. Каждый цикл состоит в подготовке пробы, насыщении ее в растворе сернокислого натрия с последующей промывкой в проточной воде и высушиванием.

Существуют следующие марки (щебня, гравия): F15, F25, F50, F100, F150, F200, F300, F400, где число после буквы F соответствует количеству циклов испытания на морозостойкость. Для марки F15 потеря массы не должна превышать 10 %; для F400 — 1,0 %.

Подобные испытания проводятся в специализированных организациях (институтах, лабораториях): во ВНИИ-Железобетон, в Оргэнергострое для бетонов и их наполнителей при строительстве важных объектов, в частности, плотин на гидроэлектростанциях с переменным уровнем воды.

Радиационно-гигиеническая оценка щебня и гравия повторяет аналогичную оценку, предъявляемую к песку для строительных работ (см. раздел 2.3).

Щебень и гравий также не должны содержать посторонних загрязняющих примесей.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЕ АППАРАТЫ

- 3.1. Гидравлические аппараты и их применение
- 3.2. Грохоты (гидрогрохоты) и их подразделение на группы
- 3.3. Гидроклассификаторы
- 3.4. Гидроциклоны
- 3.5. Обезвоживатели
- 3.6. Сгустители



3.1. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Гидравлические аппараты для классификации, сгущения и обезвоживания, а также рекомендации по их применению приводятся в табл. 3.1 [13].

Таблица 3.1

Характеристика гидравлических аппаратов

Наименование аппарата	Рекомендации по применению
Конический грохот	Предварительное разделение песчано-гравийной массы по $d_{гр} = 5$ мм; отделение гравия от товарного песка
Дуговые сита	Классификация песка на две фракции
Гидроклассификаторы ГKD-2 ВНИИГС	Классификация песчано-гравийной массы и песка на две фракции по граничным зернам от 0,5 до 5,0 мм
Многокамерные гидроклассификаторы ВНИИСтройдормаша	Классификация песка на фракции и выпуск шихтованного песка заданного модуля крупности
Спиральные классификаторы	Дешламация, промывка и обезвоживание песка
Гидроциклоны	Сгущение песчаной гидросмеси и удаление из песка частиц до 0,3 мм
Сгустители (напорные)	Сгущение гидросмеси на напорной линии трубопроводов, подающих песчано-гравийную массу от земснарядов и землесосных установок на гравийно-песчаный завод
Сгустительные воронки	Сгущение песчаной гидросмеси, поступающей по безнапорным трубопроводам, перед подачей в зумпф землесосной станции

Конический грохот относится нестандартному оборудованию. Скорость пульпы на входе в этот грохот должна быть не менее 2,5—3 м/с. Диаметр отверстия сита принимается в 1,5—2 раза больше граничного зерна классификации.

На *дуговых ситах* возможно получение подрешетного продукта в соответствии с ГОСТом, а надрешетный продукт требует дополнительной очистки.

Гидроклассификаторы ГКД-2 являются прямоточными и при необходимости классификации материала на три фракции могут последовательно соединяться с друг другом или с гидроциклонами. Оптимальная консистенция исходной водогрунтовой смеси принимается от 1:5 до 1:8. Максимально допустимый размер частиц в исходном материале зависит от типоразмера гидроклассификатора и колеблется от 25 до 150 мм. Граничная крупность классификации принимается от 0,5 до 5,0 мм. Целесообразность классификации по $d_{гр} = 5(3)$ мм должна быть обоснована технико-экономическим расчетом.

Многокамерный гидроклассификатор С-692 ВНИИСтройдормаша имеет шихтующее устройство для получения песка заданного модуля крупности и постоянного зернового состава. Готовые продукты из камер классификации разгружаются автоматически с содержанием твердого 40—50 % по весу.

Для эффективной работы гидроклассификатора исходная пульпа должна иметь отношение веса твердого компонента к жидкому (Т:Ж) 1:1. Расход воды на классификацию составляет 3,5—5 м³ на 1 т песка. Эффективность классификации составляет 60—70 %.

Спиральные классификаторы в нерудной промышленности применяются с высоким порогом с погруженной и непогруженной спиралью. Спиральные классификаторы с погруженной спиралью используют для получения более тонкого слива; они имеют большую производительность по сливу. Влажность песка, %, в зависимости от его крупности (мм) после обезвоживания в спиральном классификаторе составляет:

0,15—0,6 (1,2) мм	2,5
0,6 (1,2)—5 мм	10—15
0,15— 5 мм.....	15—20

Гидроциклоны служат для сгущения песчаной пульпы и удаления из песка частиц до 0,3 мм. Эффективность классификации на гидроциклонах достигает 60 %.

3.2. ГРОХОТЫ (ГИДРОГРОХОТЫ) И ИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ НА ГРУППЫ

Грохоты подразделяют на две группы: неподвижные и подвижные. К *неподвижным* относят колосниковые плоские дуговые и конические гидрогрохоты, а к подвижным — барабанные, дисковые, вибрационные и резонансные.

Колосниковые грохоты устанавливают под углом до 45°. В схемах переработки нерудных строительных материалов грохочение применяют перед I (реже перед II) стадией дробления, а также при гидромеханизированном способе добычи гравийно-песчаной массы для разделения на песчаную и гравийную составляющие.

Колосники грохотов изготавливают из двутавров или рельсов, устанавливаемых широкой полкой кверху. Ши-

рину щелей между колосниками увеличивают в направлении перемещения материала для предотвращения застревания кусков материала. С этой же целью проходное сечение щелей выполняют расширяющимся сверху вниз [14].

Нижние концы колосников делают в виде консолей для удобства опоры на пружины. Таким образом, угол наклона колосников можно снижать до 35° и уменьшать тем самым высоту узла сортировки. Для улучшения просева мелкого материала сверху колосников приваривают уголки вершиной вверх.

Обычно длину колосникового грохота принимают в пределах 2,5—4 м (в 2 раза больше ширины) и на 100—200 мм больше двойного размера максимальных кусков. При подаче материала с пластинчатого питателя ширину колосникового грохота принимают равной рабочей ширине полотна питателя.

Дуговые грохоты при гидромеханизированной разработке песчано-гравийных месторождений на основных операциях грохочения, как правило, не применяются. Они весьма успешно используются на стадиях сгущения пульпы.

Конические гидрогрохоты широко применяют в России, Польше, Чехии и других странах для разделения сырья, подаваемого землесосом в виде пульпы с $T:Ж = 1:10 \div 1:24$. В практике переработки нерудных строительных материалов осуществляют одновременное разделение по граничному зерну 3 или 5 мм и обезвоживание. Производительность конических гидрогрохотов по гидросмеси изменяется от 600 до 5000 м³/ч при скорости ее потока от 2,5 до 6 м/с.

Конический гидрогрохот (рис. 3.1) состоит из цилиндроконического корпуса (б, 3), в котором соосно закреплено цилиндроконическое сито 2.

В верхней части корпуса имеется питающий патрубок 1 для тангенциального подвода пульпы. В нижней части предусмотрены патрубок 4 для отвода подрешетного продукта в виде песка с водой и патрубок 5 для удаления гравия и валунов.

Исходная пульпа под давлением по патрубку 1 отводится на цилиндрическую часть сита 2. В месте поступления пульпы патрубок 1 имеет регулируемое сужение. Вводимая под давлением пульпа центробежными силами прижимается к поверхности сита. Вода с песком удаляется через отверстия и поступает во внутреннюю полость, образованную внешним цилиндром б и примыкающим к нему конусом 3, а зерна гравия поступают на коническую часть сита, где окончательно отделяются от песка, обезвоживаются и выводятся из грохота. Обычно после гидрогрохота гравийный материал обезвоживают в виброобезвоживателях, а затем направляют на промежуточный склад.

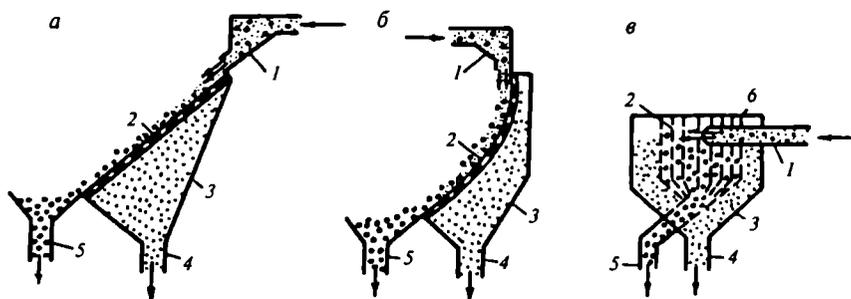


Рис. 3.1. Неподвижные грохота:

а — колосниковый; *б* — дуговой; *в* — конический; усл. обозначения — см. текст

По патрубку 4 пульпа самотеком поступает в гидроклассификатор или на карту намыва песка. Граничное зерно разделения в конических гидрогрохотах в 2,5—2,8 раз меньше диаметра отверстий сита. При разделении по зерну 4,4—5 мм диаметр отверстий сита изменяется от 10 до 14 мм. В этом случае в подрешетный продукт попадает не более 5 % зерен гравия крупнее 5 мм. В гравийном материале при разделении на грохоте содержится 15—30 % песка и 30—50 % воды.

С целью увеличения срока службы сита ее коническую часть выполняют из наборных литых резиновых или марганцовистых колосников с щелевидными отверстиями. Нормальной считается такая загрузка гидрогрохота, при которой пульпа покрывает всю цилиндрическую часть сита, а на коническую часть поступает примерно ее половина. Таким образом, разделение на конической поверхности сита также осуществляется в водном потоке. При полном удалении пульпы в цилиндрической части крупность разделения на конической части сита возрастает, а потери гравия с песком увеличиваются, что характерно при неполной загрузке грохота. Производительность конических гидрогрохотов определяют по пульпе. Удельная пропускная способность 1 м² сита с отверстиями диаметром 10—12 мм равна 220—240 м³/ч, сита с щелевидными зазорами шириной 10—12 мм — 360—380 м³/ч. Живое сечение сита (отношение просеивающих поверхностей сита к общей площади сита) с круглыми отверстиями составляет 0,2, с щелевидными — 0,33—0,35.

Техническая характеристика конических гидрогрохотов

Типоразмер	КГГ-1000	КГГ-2500	КГГ-4000
Производительность, м ³ /ч:			
по пульпе	1000	2500	4000
по твердому	100	250	400
Скорость потока вводимой пульпы, м/с.....	3,5	4,0	4,5
Максимальная крупность материала в питании, мм	200	300	400
Размеры сита*, мм:			
диаметр	1,7	2,5	3,0
высота цилиндрической части.....	0,4	0,5	0,6
то же, конической	0,8	1,1	1,3
Размеры колосников в конической части, мм:			
длина	980	1450	1710
ширина			
поверху.....	170	200	200
понизу	50	50	50
толщина	20—30	30	30
Ширина щелей, мм.....	8—16	10—16	12—16
Число колосников, шт.	30	40	45
Диаметры патрубков, м:			
питающего	0,4	0,5	0,6
надрешетного продукта.....	0,5	0,6	0,7
то же, подрешетного.....	0,5	0,6	0,7
Масса, т	3,5	5,5	6,5
Габаритные размеры, м:			
ширина	3,4	3,9	4,2
длина	2,2	3,0	3,5
высота	2,6	3,6	4,4

* Диаметр круглых отверстий в сите равен 10—12 мм.

Диаметр патрубка для удаления подрешетного продукта (песка и воды) следует выбирать так, чтобы обеспечивалось полное удаление всего материала без подпора воды под ситом. В противном случае вода, проникающая из-под сита, дополнительно увлажняет надрешетный продукт и засоряет его песком.

Эффективность грохочения E на конических гидрогрохотах, составляющая 80—86 %, зависит от производительности грохота, Т:Ж пульпы и соотношения в ней песка и гравия. В табл. 3.2 приведены показатели разделения гравийно-песчаной смеси в коническом гидрогрохоте диаметром 1,6 м при исходной крупности материала 0—20 мм.

3.3. ГИДРОКЛАССИФИКАТОРЫ

Гидравлическая классификация используется при фракционировании природных и искусственных песков, их обогащении с целью удаления илистых и пылеватых частиц, предварительном разделении гравийно-песчаной массы для последующей переработки и обезвоживания.

При разработке месторождений гидромеханизированным способом операция классификации может быть головным технологическим процессом. В этом случае она предназначена для выделения гравия из песчано-гравийной массы. В качестве классифицирующих аппаратов на этой операции могут применяться: специальные гравиевыделители; дуговые и конические грохоты; классификаторы типа ГКД-2.

Таблица 3.2

Показатели разделения смеси

Т:Ж пульпы	Производительность		Выход над- решетного продукта, %	Граничное зерно разде- ления, %	Эффектив- ность гро- хочения, %	Замельче- ние надре- шетного продукта, %	Закрупнение подрешет- ного про- дукта, %	Отношение диаметра отверстия к d_p	
	по пульпе, $m^3/ч$	по твердому							
		$m^3/ч$							т/ч
1:1,2	679	308,0	535,0	18,3	4,6	80,5	45	0,8	2,8
1:2,0	532	180,0	302,0	11,4	4,8	81,0	25	1,7	2,8
1:2,5	607	174,0	295,0	24,7	4,3	81,9	22	1,6	2,6
1:3,0	752	188,0	325,0	27,7	4,6	83,2	25	1,8	2,6
1:4,3	440	83,4	145,0	18,3	4,2	85,0	22	1,8	2,5
1:4,5	740	134,0	231,0	37,6	4,3	83,0	23	1,9	2,8
1:4,9	628	105,6	183,0	19,5	4,7	86,3	25	1,5	2,5
1:12,2	684	52,1	90,1	46,0	4,8	79,6	15	2,7	2,5

Для оценки результатов гидравлической классификации используются следующие показатели: эффективность; точность разделения; содержание в продуктах классификации частиц меньше граничного зерна для крупного продукта и крупнее его для мелкого продукта (чистота продуктов классификации); величина одинаковой взаимной засоренности продуктов классификации зернами смежных фракций.

Эффективность классификации E рекомендуется подсчитывать по формуле Луйкена—Дина. Приведем значения эффективности E для различных гидравлических классификаторов.

<i>Гидравлические классификаторы</i>	<i>E, %</i>
Спиральный	До 60
Конусный	До 60
ГКД-2	До 85
ГКХ	До 85
Многокамерный «Труд»	30—40
Многокамерный С-692-А	50—70
Гидроциклон	55—60
Дуговой грохот	80—90
Конический грохот	70—80

В соответствии с существующими требованиями песок природный фракционированный должен поставляться в виде песка по граничному зерну 1,25 или 0,63 мм. Наиболее успешно эта операция может выполняться в гидравлических классификаторах типов ГКД-2 или ГКХ.

Классификация может осуществляться в горизонтальном или вертикальном (восходящем) потоке воды. Скорость потока выбирают в соответствии с заданной граничной крупностью разделения $d_{гр} = 0,14$ мм, при этом с классом 0—0,14 мм удаляются глинистые, илестые и пылевидные частицы.

Гидроклассификаторы горизонтального типа. К гидроклассификаторам для разделения в горизонтальном потоке относят конусные и многокамерные классификаторы — безнапорные аппараты, устанавливаемые в схеме цепи аппаратов дробильно-сортировочного завода после грохотов. В шламовый конусный классификатор (рис. 3.2) исходную пульпу подают в центр воронки через трубу, опущенную значительно ниже уровня слива, чтобы обеспечивался ее восходящий поток. Тонкие частицы с водой сливаются через порог, а крупные осаждаются вниз и периодически разгружаются. Песковые конусные классификаторы применяют для разделения фракций 0—3 мм, а шламовые — для разделения фракций 0—1 мм по граничной крупности 0,15 мм.

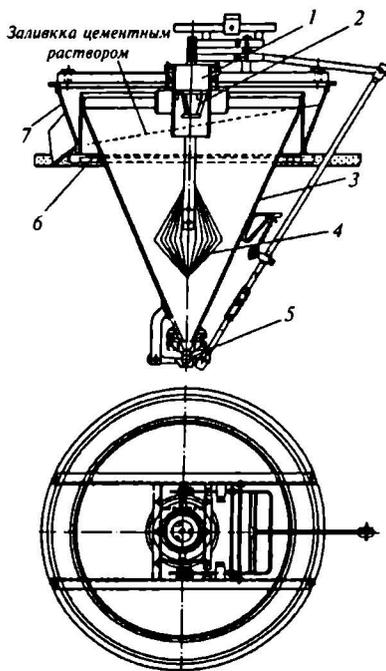


Рис. 3.2. Устройство шламового конусного классификатора:

1 — питающая труба; 2 — распределитель; 3 — корпус; 4 — поплавок; 5 — узел выгрузки песка; 6 — крепежная рама; 7 — кольцевой сливной желоб

Ввиду отсутствия подачи дополнительной воды эффективность разделения невысока. Получаемые пески значительно обводнены (30—40 % твердого).

Многокамерные классификаторы выпускают для разделения в горизонтальном потоке со свободным и стесненным падением частиц. В первых разделение происходит только под воздействием силы тяжести, во вторых — в восходящем потоке подаваемой воды. В многокамерных классификаторах можно получить до 11 узких фракций песка.

Четырехкамерный гидравлический классификатор (рис. 3.3) состоит из корпуса в виде расширяющегося желоба с осадительными камерами пирамидальной формы.

Крупность разделения регулируется в пределах 0,2—1,65 мм. В РФ выпускают гидроклассификаторы типа 0-80А и С-692А конструкции ВНИИСтройдормаш. Эффективность классификации в гидравлических классификаторах с восходящим потоком равна 45—50 %.

Многокамерные гидроклассификаторы со свободным падением производительностью до 100 т/ч выпускаются фирмами «Пегсон-Телсмит» (Великобритания) и ЕАВ «Вестерн Машинери», «Мак Ланахан» (США). Их используют на гравийно-сортировочных заводах и передвижных установках, при этом обеспечивается полная реализация сырья.

Многокамерные гидравлические классификаторы с восходящим потоком применяют для обеспечения повышенной точности разделения. Их габаритные размеры меньше, чем у классификаторов свободного падения. Требуемая точность разделения достигается регулированием подачи воды и числа разделительных камер, которых может быть 24—32 шт.

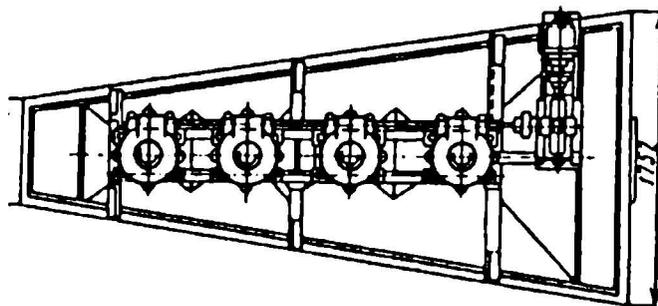
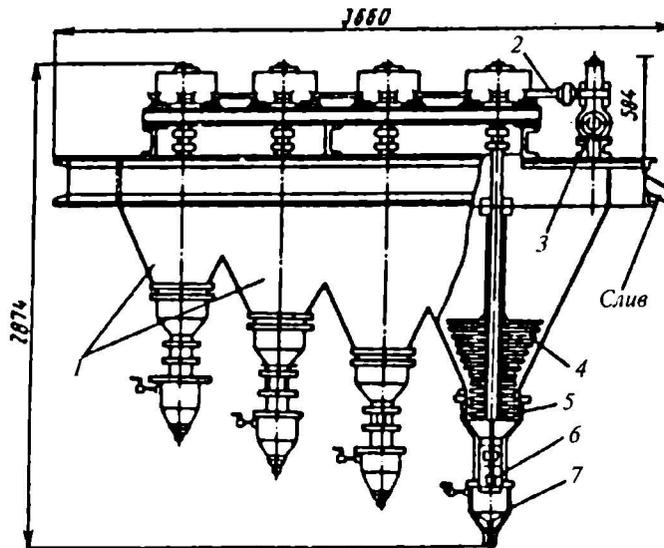


Рис. 3.3. Четырехкамерный гидравлический классификатор:

1 — осадительные камеры; 2 — приводной механизм; 3 — электродвигатель с редуктором; 4 — мешалка; 5 — классификационные камеры; 6 — клапаны; 7 — разгрузочная камера

Обычно в таких классификаторах получают не более трех-четырех фракций песка с минимальным засорением продуктов смежными фракциями. Максимальная производительность классификатора составляет 75 т/ч.

Гидроклассификаторы вертикального типа. Гидроклассификаторы вертикального типа — напорные аппараты с разделением материала в восходящем потоке — предназначены для разделения по граничной крупности от 0,5 до 3 мм. Их производительность 20—300 т/ч.

За рубежом применяются двух-, трех- и многопродуктовые гидроклассификаторы «Реакс» вертикального типа. Их выпускают в Австрии, США, Великобритании, Чехии и других странах.

*Техническая характеристика песковых (ККП)
и шламовых (ККШ) конусных классификаторов*

Типоразмер	ККП-1	ККП-1,5	ККП-1,8	ККП-2,4	ККШ-2,4
Производительность, т/ч.....	1,6—4	3,6—9	5—12,5	9—22	4,45—11,1
Максимальная крупность					
питания, мм.....	1,6	1,6	1,6	1,6	0,8
Граничная крупность разделения, мм.....	0,25	0,15	0,15	0,15	0,05
Диаметр воронки, мм.....	1000	1500	1800	2400	2400
Диаметр пескового патрубка, мм.....	9,5—16	16—25,5	25—45	25—45	25—45
Площадь зеркала воронки, м ²	0,6	1,45	2	2,85	4,52
Габаритные размеры, мм:					
длина.....	1480	2005	2708	3350	3210
ширина.....	1270	1880	2324	3000	2830
высота.....	1582	2065	2880	3326	2900
Масса, кг.....	190	230	950	1570	800

Техническая характеристика гидроклассификаторов

Типоразмер	0-80А	С-692А
Производительность, т/ч	15—25	50
Число камер, шт.	4	4
Крупность разделения, мм	0,2—1,65	0,15—2,5
Влажность продуктов (песков), %	50	50
Расход воды, м ³ /ч	3—5	4—6
Частота вращения мешалок, мин ⁻¹	1,2	—
Площадь классифика- ции, м ²	—	1,84
Мощность электродвига- теля, кВт	1,7	—
Габаритные размеры, мм:		
длина	3660	4694
ширина	1752	2750
высота	2854	2450
Масса, кг	2020	2900

В РФ применяются гидроклассификаторы вертикального типа конструкций ВНИПИИстромсырье, ВНИИГС, ВНИИнеруд и др.

Гидравлический классификатор типа ГКД конструкции ВНИИГС (рис. 3.4) отличается прямоточностью потоков исходной пульпы и мелкого продукта и состоит из обогатительной камеры, переходящей внизу в камеру классификации. К преимуществам гидроклассификаторов типа ГКД относят простоту конструкции и возможность настройки на необходимый режим разделения.

В последние годы на гидромеханизированных предприятиях в схемах обогащения гравийно-песчаных материалов широко используют гидравлические классификаторы типа КГ.

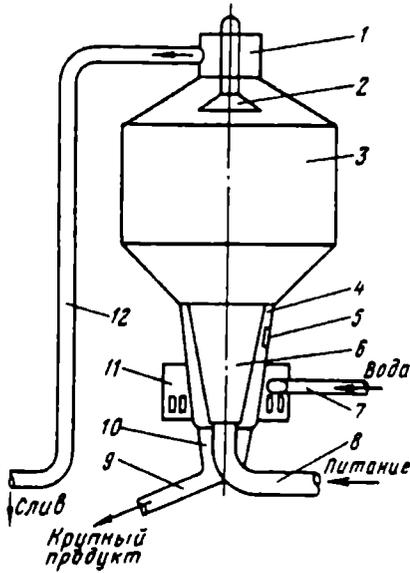


Рис. 3.4. Схема гидравлического классификатора типа ГКД:

1 — сливной коллектор; 2 — отражатель; 3 — обогатительная камера; 4 — камера классификации; 5 — смотровое окно; 6 — диффузор; 7 — патрубок для подвода свежей воды; 8 — патрубок для подачи исходной гидросмеси; 9 — патрубок для удаления крупного продукта; 10 — сборник зерен крупнее граничного зерна; 11 — коллектор; 12 — сливная труба для мелкого продукта

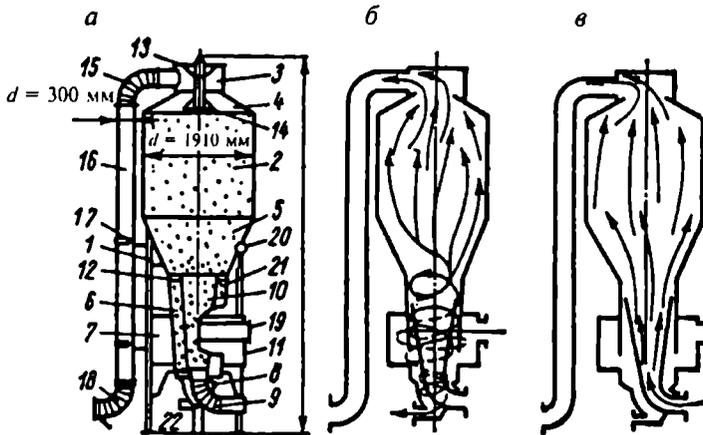


Рис. 3.5. Схема гидравлического классификатора типа ГКД-2:

a — движение твердых частиц; *б* — поток промывочной воды; *в* — поток воды, поступающей с пульпой; 1 — опорные стойки; 2 — обогатительная камера; 3 — сливной коллектор; 4, 5 — переходные конусы; 6 — камера классификации; 7 — водяной коллектор; 8 — грунтоборник; 9 — входное колено; 10 — диффузор; 11 — клиновое устройство; 12 — установочные болты; 13 — крышка; 14 — отражатель; 15 — колено; 16 — сливная труба; 17 — хомут; 18 — выходное колено сливного трубопровода; 19 — входной патрубок промывочной воды; 20 — глаз; 21 — смотровое окно; 22 — патрубок крупного продукта

Гидроклассификатор КГ-100 (СМД-162) состоит из трех основных частей: приемно-разделительной, классифицирующей и разгрузочной (рис. 3.6).

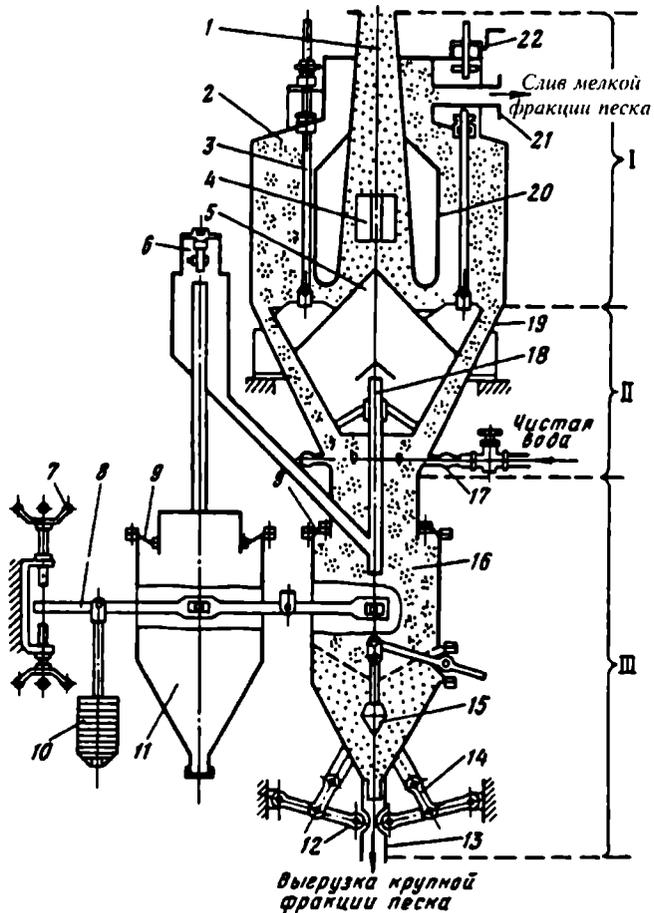


Рис. 3.6. Схема гидравлического классификатора КГ-100:

I — приемно-разделительная часть; II — классифицирующая часть; III — разгрузочная часть; 1 — питающий патрубок; 2 — камера разделения; 3 — тяги; 4 — успокоитель; 5 — поплавок; 6 — вантуз; 7 — привод; 8 — рычажная система; 9 — резиновая диафрагма; 10 — груз; 11, 16 — емкость; 12, 14 — рычажная система; 13 — разгрузочный патрубок; 15 — клапан; 17 — коллектор; 18 — система трубопроводов; 19 — камера классификации; 20 — диффузор; 21 — сливной патрубок; 22 — привод

Удельный расход свежей воды на 1 т классифицируемого материала в горизонтальных и вертикальных классификаторах составляет 3,5—4,5 м³.

В табл. 3.3 даны технические характеристики гидравлических классификаторов типа ГКД (рис. 3.5).

Таблица 3.3

Техническая характеристика гидравлических классификаторов типа ГКД

Показатели	Тип диффузора	Типоразмер классификатора					
		ГКД-2-100	ГКД-2-400	ГКД-2-800	ГКД-2-1200	ГКД-2-1600	
Производительность, м ³ /ч:	О, А, Б	100	400	800	1200	1600	
		по гидросмеси	20	60	100	200	300
Выход крупного продукта, %	О	70	70	70	70	70	
	А	50	45	50	48	48	
	Б	30	30	30	35	35	
Расход воды, м ³ /ч:	на классификацию	О	100	180	230	580	740
		А	70	120	180	380	500
		Б	50	90	120	290	525
	на гидротранспортирование	О	70	210	350	700	1050
		А	50	140	245	475	600
		Б	35	105	175	350	380
Граница разделения, мм	О, А, Б	0,5					
	О	50	50	50	100	150	
Максимальная крупность зерен в питании, мм	А	35	35	35	75	100	
	Б	25	25	25	50	75	

Окончание табл. 3.3

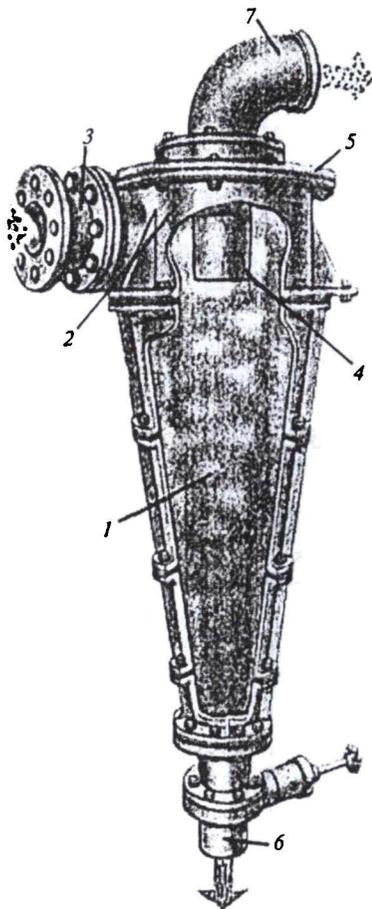
Показатели	Тип диффузора	Типоразмер классификатора				
		ГКД-2-100	ГКД-2-400	ГКД-2-800	ГКД-2-1200	ГКД-2-1600
Диаметр, мм:						
камеры классификации	О, А, Б	590	900	1016	1580	1776
обогажительных камер	О, А, Б	910	1508	1910	2580	2910
питающего патрубка	О, А, Б	159	273	325	478	630
патрубка подачи воды	О, А, Б	219	273	325	630	630
сливного патрубка	О, А, Б	219	273	325	478	630
пескового патрубка	О, А, Б	108	108	159	219	219
Габаритные размеры, мм:						
длина	О, А, Б	910	1510	1910	2580	2910
ширина	О, А, Б	910	1510	1910	2580	2910
высота	О, А, Б	3750	5500	6500	9500	11500
Масса, т	О, А, Б	1,2	1,5	2,26	7,43	9,48

3.4. ГИДРОЦИКЛОНЫ

Гидроциклон — это аппарат для разделения в жидкой среде зернистых материалов, различающихся плотностью или крупностью составляющих частиц.

Эти аппараты (Нидерланды — 1939 г., СССР — начало 50-х гг. XX в.) получили очень широкое применение в различных отраслях промышленности: горно-рудной, нефтехимической, гидрометаллургии и других, а также в

промышленности производства строительных материалов. В горно-рудной промышленности они используются как классификаторы и сепараторы, работающие в замкнутых циклах с оборудованием измельчения на обогатительных фабриках. В промышленности производства строитель-



ных материалов применяются в качестве сгустителей и обезвоживателей гидро-смеси [21, 23, 24].

Гидроциклон (рис. 3.7) представляет собой конический сосуд 1 с короткой цилиндрической частью 2. Пульпа поступает к гидроциклону по напорному трубопроводу 3. Исходная пульпа подается в гидроциклон под давлением по питающему патрубку (на рисунке не изображен), установленному тангенциально непосредственно под крышкой 5.

Разгрузка песка производится через нижнюю песковую насадку 6, а слив — через сливной патрубков 4 и далее через отводную трубу 7. Движущихся частиц в гидроциклоне нет.

Главной действующей силой является центробежная, возникающая благодаря тан-

Рис. 3.7. Общий вид гидроциклона.

Усл. обозначения — см. текст

генциальной подаче питания. Под действием центробежной силы сравнительно крупные и тяжелые частицы твердого отбрасываются к стенкам гидроциклона и затем разгружаются через песковую насадку, а наиболее тонкие и легкие частицы выносятся со сливом.

Принципиальная схема гидроциклона представлена на рис. 3.8.

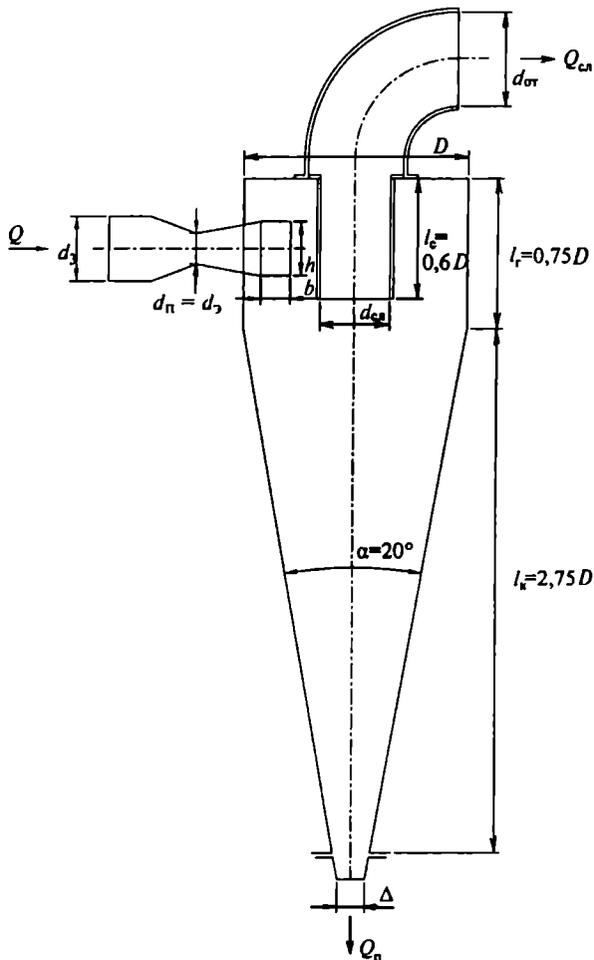


Рис. 3.8. Принципиальная схема гидроциклона

В зависимости от требуемой характеристики выпускают гидроциклоны диаметром от 75 до 750 мм при угле конусности 20°. В отдельных случаях изготавливали гидроциклоны с диаметром до 1400 мм.

3.5. ОБЕЗВОЖИВАТЕЛИ

В технологии обогащения щебня, гравия и песка операция обезвоживания предусматривается после промывки. Ее цель — снижение влажности материала для обеспечения его несмерзаемости и возможности транспортировки конвейерами. По данным Оргэнергостроя, гравий фракций 10—20 и 5—10 мм не смерзается при влажности соответственно 5—7 и 6—7 %, песок (0—5 мм) не смерзается при влажности до 2,5 %.

Влагу в сыпучем материале можно подразделить на *внутреннюю и внешнюю*. Внутренней называют влагу, содержащуюся в кристаллической решетке зерен. Удалить ее можно при обжиге или прокаливании. Внешнюю влагу подразделяют на гигроскопическую, пленочную, капиллярную и гравитационную [11, 12]. Гигроскопическая влага удерживается на зернах адсорбционными силами. Доля ее в общей влажности невелика (3—4 %). Пленочная влага удерживается силами молекулярного притяжения между зернами и водой, она обволакивает зерна более толстой пленкой, чем гигроскопическая влага. Капиллярная влага заполняет поры между зернами частично или полностью, в зависимости от размера пор. Вода, удерживаемая капиллярными силами, может перемещаться под действием сил капиллярного давления. Гравитационная влага заполняет

все промежутки между зернами и может перемещаться относительно зерен под действием силы тяжести.

По содержанию влаги продукты обогащения подразделяются на жидкие, мокрые, влажные, воздушно-сухие и сухие.

Жидкие (обводненные) *продукты* характеризуются значительным разжижением и текучестью. В них содержится не менее 35—40 % воды. К таким продуктам относятся пески гидроклассификаторов и сгустителей.

Мокрые продукты содержат от 20 до 35 % влаги всех видов. *Влажные продукты* содержат от 6 до 20 % гигроскопической, пленочной и частично капиллярной влаги. *Воздушно-сухие продукты* характеризуются сыпучестью. Поверхность их зерен вследствие гигроскопичности незначительно увлажнена парами воды из воздуха (влажность не превышает 7 %). К *сухим продуктам* относятся материалы, не содержащие внешней влаги.

Влажность продукта W (%) определяется по формуле

$$W = 100 (P - P_c) / P, \quad (3.1)$$

где P — масса влажного продукта, кг;

P_c — масса сыпучего продукта, кг.

Влажность обезвоженного продукта зависит от способа обезвоживания, свойств поверхности зерен, их крупности, времени обезвоживания и типа обезвоживающего оборудования.

Нерудные строительные материалы обезвоживают дренированием, сгущением и фильтрованием. *Дренированием* можно уменьшить влажность песка до 6—10 %, после *сгущения* получают продукты влажностью 35—50 %, а после

фильтрация — до 10—15 %. Сушку применяют в технологии производства минеральных удобрений из отсева дробления карбонатных пород.

При подводной добыче гравийно-песчаного материала величина Т:Ж поступающей на переработку пульпы составляет от 1:8 до 1:20. Пульпа землесосом подается на первичную обогатительную установку, где песок с водой отделяются от гравия. Обезвоженный гравий конвейером транспортируется на сортировку или промежуточный склад, а песок самотеком поступает на карту намыва, где он обезвоживается за счет естественной фильтрации жидкости между зернами песка под действием гравитационных сил. Карты намыва выполняют двух- или трехсекционными с уклоном 0,06—0,2. На первую карту (секцию) песок намывают, на второй он обезвоживается, а с третьей — отгружается. Илистые и глинистые частицы вместе с водой удаляются в отстойник. Лучшей укладке песка и его обезвоживанию способствует обвалование карт бульдозерами с уплотнением русла потока. Размеры карт в плане 200×100 м, их высота в месте поступления пульпы не превышает 15 м. При низконапорном намыве пульповод укладывают на опорах. Для предотвращения сегрегации песка по длине карт и более эффективного обезвоживания намыв осуществляют слоями толщиной 0,3 м. После двух-трехсуточного дренирования на складе влажность гравия снижается с 15 до 7 %, а влажность песка при Т:Ж = 15 : 1 — до 7 %. Для уменьшения влажности песка до 4—5 % он должен находиться на складе не менее 15 сут. [13].

В практике переработки применяют обезвоживание под действием вибраций, центробежных сил, свободного стекания воды под уклон и на перфорированных транспортерах [13].

Виброобезвоживатели.

При промывке гравия и щебня крупнее 5 мм обязательно предусматривают обезвоживание на виброгрохотах, позволяющее получать материал влажностью 3—6 %. Его можно транспортировать, складировать или использовать в качестве заполнителя.

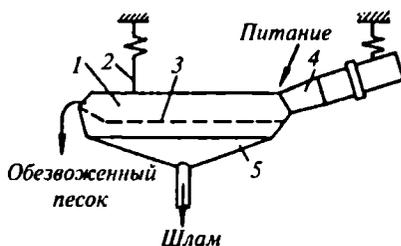


Рис. 3.9. Схема виброобезвоживания:

1 — лоток; 2 — подвеска; 3 — сито; 4 — вибровозбудитель; 5 — сборник

Классифицированный песок необходимо дополнительно обезвоживать в специальных виброобезвоживателях (рис. 3.9), представляющих собой желоб или лоток, которому механическим или электромагнитным вибровозбудителем сообщается вибрация. Днище или боковые стенки аппарата выполнены в виде сита с щелевидными отверстиями шириной 0,2—0,3 мм. Через пружинные подвески виброобезвоживатель подвешивается к раме. На сито подается песок влажностью 20—35 %. Под действием направленных колебаний с частотой в пределах 1000—3000 мин⁻¹ при амплитуде колебаний от 4—6 до 1,5—2 мм материал уплотняется, а вода удаляется через отверстия сита. Влажность обезвоженного песка составляет 12—14 %. Производительность виброобезвоживателя зависит от ширины сита и колеблется от 30 до 150 т/ч.

Спиральные обезвоживатели. Наибольшее распространение для промывки и обезвоживания строительного песка получили *спиральные классификаторы*, которые вследствие основного их назначения названы здесь обезвоживателями. Их выпускают с *непогруженной и погруженной спиралью*. Первые предназначены для разделения по граничной крупности 0,15 мм с последующим обезво-

живанием крупного продукта в случае необходимости в виброобезвоживателях, вторые — для разделения по граничной крупности до 0,074 мм руд с меньшей степенью обезвоживания.

В промышленности строительных горных пород применяют спиральные обезвоживатели с непогруженной спиралью (рис. 3.10), представляющие собой наклонное корыто, в котором установлены один или два вала со спиралью.

В табл. 3.4 приведена техническая характеристика спиральных обезвоживателей (классификаторов) с непогруженной спиралью, а в табл. 3.5 — с погруженной двухзаходной спиралью.

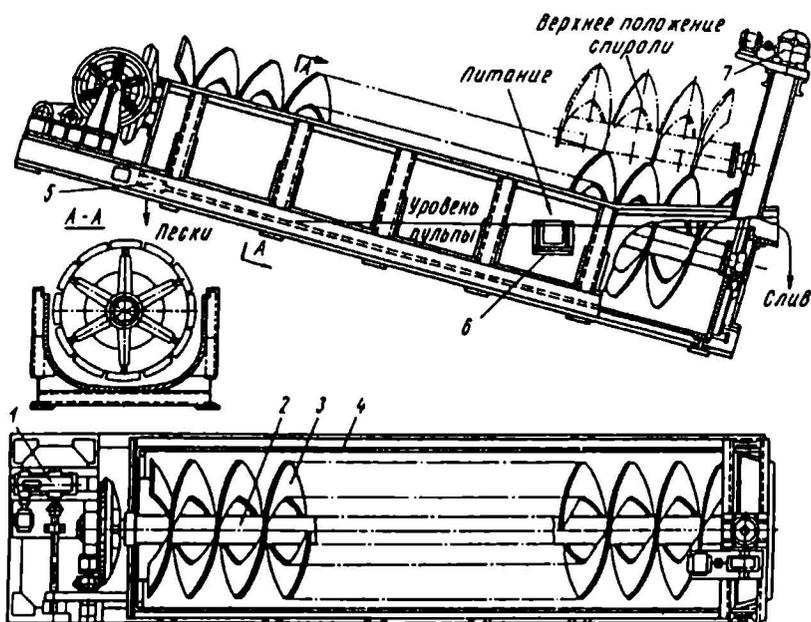


Рис. 3.10. Спиральное обезвоживание:

1 — приводной механизм; 2 — вал; 3 — спираль; 4 — наклонное корыто; 5 — разгрузочное отверстие в днище; 6 — загрузочное отверстие; 7 — электродвигатель, приводящий в движение механизм спирали

Таблица 3.4

Техническая характеристика спиральных обезживателей с непогруженной спиралью различных типоразмеров

Показатели	1КСН-3М	1КСН-5М	1КСН-7,5М	1КСН-10М	1КСН-12	1КСН-15	1КСН-20	1КСН-24	1КСН-24Б	1КСН-30	2КСН-24	2КСН-24А	2КСН-30
Диаметр спирали, мм	300	500	750	1000	1200	1500	2000	2400	2400	3000	2400	2400	3000
Число спиралей, мм	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Частота вращения спиралей мин ⁻¹	25	12	7,8	5	4,1	3,4	2,0	1,8	1,8	1,5	1,8	1,8	1,5
Длина корыта, мм	3000	4500	5500	6500	6500	8200	8400	9200	13400	12500	9200	12500	12500
Производительность, т/ч:													
по сливу (-0,6 мм)	0,25	0,56	1,3	2,5	14,1	21,4	35,0	48,5	48,5	72,5	97	97	145
по пескам (за один оборот спирали)	2,1	4,9	8,3	13,6	9,2	17,4	41	69	65	130	135	135	260
Мощность привода, кВт	1,1	1,1	3	5,5	6	7,5	13	22	30	22	30	22	40
Габаритные размеры, мм:													
длина	3935	5420	6794	8365	8140	9855	10510	11252	16095	15020	1520	15195	15000
высота	942	1292	1542	1990	3830	4650	4610	4850	6160	5800	4795	5750	7100
ширина	795	985	1280	1416	1595	1933	2570	3040	2800	3740	5500	5696	6750
Масса, т	0,8	1,3	2,35	4,05	7	13	18,6	23	38,5	40,7	37	56,8	72

Техническая характеристика спиральных обезвоживателей с погруженной двухзаходной спиралью различных типоразмеров

Показатели	1КСП-12	1КСП-15	1КСП-20	1КСП-24	2КСП-12	2КСП-15	2КСП-20	2КСП-24
Производительность, т/ч:								
по сливу	5	7,65	11,8	16,3	9,5	15,3	26,7	37,2
по пескам	40; 81	67; 133	112,5; 225	146; 292	79; 158	125; 250	208; 416	333; 667
Размеры корыта, мм:								
длина	8400	10100	13000	14000	8400	10100	1300	1400
ширина	1370	1650	1650	2540	2600	3200	4210	5020
Размеры спирали, мм:								
диаметр	1200	1500	2000	2400	1200	1500	2000	2400
шаг	600	750	750	1500	600	750	1250	1500
Угол наклона корыта, градусы	15–18	15–18	15	18	15	15	10–19	15
Частота вращения спирали, мин ⁻¹	4,1; 8,15	3,5; 7	2,5; 5	3,6	4,1; 8,15	3,4; 6,8	2,5; 5	2; 4
Электродвигатель привода:								
мощность привода, кВт	3,2; 6	3,8; 7,5	6,4; 11	8,3; 15	3,2; 6	10; 19	12,5; 20	8,3; 15
частота вращения, мин ⁻¹	470; 950	465; 920	475; 960	480; 950	470; 950	475; 960	480; 970	480; 950
Габаритные размеры, мм:								
длина	10600	13200	1600	16670	10600	13200	1600	1700
ширина	2240	3000	4000	3040	3350	4500	6000	6700
высота	4500	6000	6700	9850	4500	6000	6700	7500
Масса, т	8,7	16,4	29,9	34,4	15,2	28,4	53,1	58,8

Центрифуги. Для получения песка и мелкого щебня влажностью 2,5—4 % (удовлетворяет условиям несмерзаемости) при круглогодичной промывке применяют центрифуги.

Инерционная центрифуга, предназначенная для обезвоживания малоабразивных отсеков дробления и мелкого карбонатного щебня (рис. 3.11), состоит из конического ротора с ситом, имеющим щелевидные отверстия шириной 0,4—0,8 мм.

Техническая характеристика инерционных центрифуг

Типоразмер	ИЦ-50	ИЦ-100
Производительность, т/ч, на материале крупностью, мм:		
5—20	50	100
3—10	35	60
Диаметр ротора, мм:		
вверху	1600	2000
внизу	850	1000
Угол конусности ротора, градусы	33,5	34
Частота вращения ротора, мин ⁻¹	375	310
Электродвигатель:		
мощность, кВт	28	40
частота вращения, мин ⁻¹	750	740
Масса машины, т	6,5	8,2

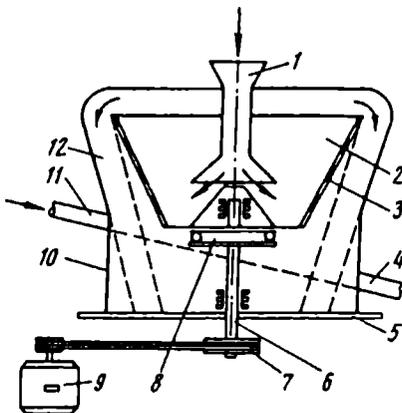


Рис. 3.11. Схема инерционной центрифуги:

1 — течка; 2 — конический ротор; 3 — сито; 4 — патрубок для отвода фугата; 5 — станина; 6 — вал; 7 — клиноременная передача; 8 — подшипник; 9 — электродвигатель; 10 — кожух электродвигателя; 11 — труба для подачи воды (5 м³/ч); 12 — разгрузочная течка обезвоженного материала

3.6. СГУСТИТЕЛИ

Сгущение гидросмеси — вспомогательная операция в технологической схеме переработки горной массы, цель которой — обеспечение расчетного режима работы основного оборудования.

При разработке песчано-гравийных месторождений средствами гидромеханизации консистенция гидросмеси может колебаться в значительных пределах. Например, при разработке месторождений, содержащих валуны, а также значительное количество глины, Т:Ж при работе земснарядов имеет иногда значения 1:20 — 1:30. Между тем, оптимальный режим работы гидроклассификаторов достигается при Т:Ж в пределах 1:5—1:10, а виброгрохотов — от 1:3 до 1:10 в зависимости от общей нагрузки на грохот.

Поэтому сгущение гидросмеси, или иначе — удаление излишней части воды, способствует стабилизации подачи исходной горной массы на обогатительные аппараты, что значительно повышает эффективность их работы.

Различные конструкции сгустителей широко представлены в учебниках и специальной литературе. По принципу работы их можно разделить на четыре основные группы.

1. *Горизонтальные диафрагмовые*, в которых специальная диафрагма отделяет нижнюю, наиболее насыщенную твердым материалом часть потока, а верхняя, осветленная часть отбрасывается в слив (рис. 3.12, а).

2. *Сгустители с вертикально восходящим потоком воды*, в котором осаждаются частицы с гидравлической крупностью, превышающей скорость восходящего потока (см. рис. 3.12, б).

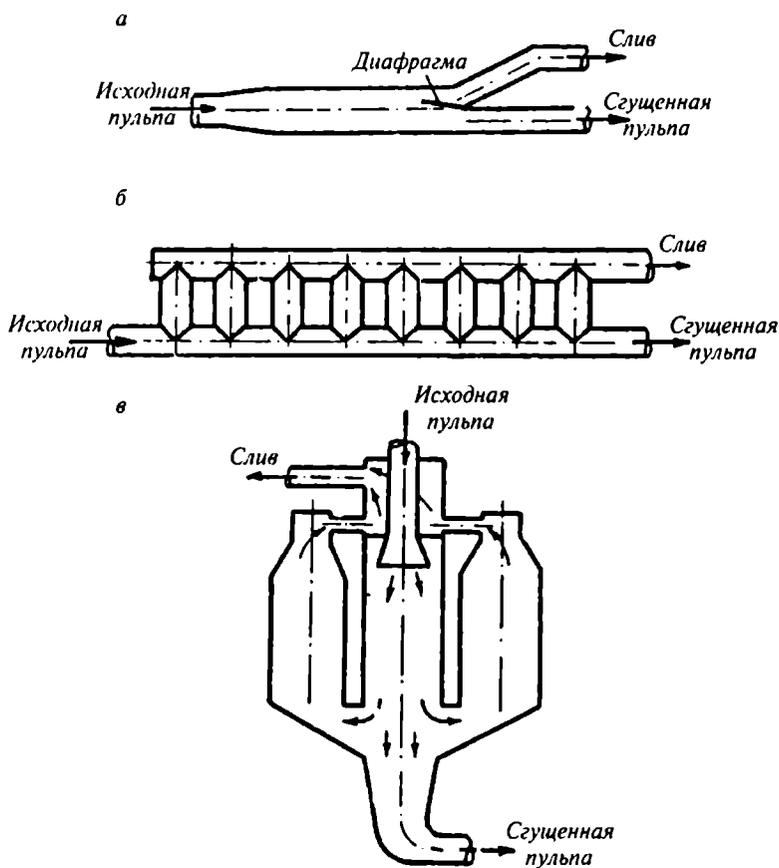


Рис. 3.12. Схемы сгустителей:

а — диафрагмовый; *б* — колонковый; *в* — камерный с крутопадающим потоком

3. *Камерные*, в которых частицы попадают на дно вследствие резкого уменьшения скорости потока в камере. Конструкции таких сгустителей с крутопадающим потоком разработаны ВНИИнеруд (см. рис. 3.12, в).

4. *Центробежные* сгустители, в которых сегрегация по крупности происходит под действием центробежных сил. По этому принципу работают гидроциклоны (см. рис. 3.8).

Необходимо отметить, что, несмотря на большое разнообразие предложенных конструкций, для сгущения гидросмесей, содержащих валуны размером 150 мм и более, нет достаточно надежных сгустителей. Камерные и центробежные сгустители (кроме основного назначения — сгущения гидросмеси) используются, как и классификаторы, для разделения материала по граничному зерну 0,14—0,2 мм, а также для обезвоживания.

Гидроциклоны в основном предназначены для сгущения песчаной гидросмеси и удаления из песка частиц до 0,3 мм (см. рис. 3.7).

ПРОЦЕССЫ ПЕРЕРАБОТКИ ИСХОДНОЙ ГОРНОЙ МАССЫ

- 4.1. Грохочение
- 4.2. Гидравлическая
классификация смеси
- 4.3. Дробление
- 4.4. Промывка, сгущение
и обезвоживание



4.1. ГРОХОЧЕНИЕ

Грохочение — процесс разделения по крупности сыпучих материалов, осуществляемый на просеивающих поверхностях (решетках, ситах и др.). Материал, поступающий на грохочение, называется исходным, остающийся на просеивающей поверхности, — надрешетным продуктом, проваливающийся через отверстия, — подрешетным продуктом (рис. 4.1).

При разработке песчано-гравийных месторождений гидромеханизированным способом с последующей переработкой (разделением) горной массы грохочение — главная операция для выделения материала требуемых классов крупности; кроме того, это — подготовительная операция для разделения потоков песка и гравия.

Одним из основных показателей, характеризующих данный процесс, является эффективность грохочения, которая определяется отношением (в %) количества нижнего класса в подрешетном продукте к количеству нижнего класса в исходном материале.

Обозначим:

♦ $Q_{\text{исх}}$, $Q_{\text{н}}$, $Q_{\text{п}}$ — количество соответственно исходного материала, надрешетного и подрешетного продуктов, т или $\text{м}^3/\text{ч}$ при поточной технологии;

♦ α , θ , β — содержание мелкого продукта, требующего выделения в результате грохочения, соответственно в исходном материале, надрешетном и подрешетном продуктах, %;

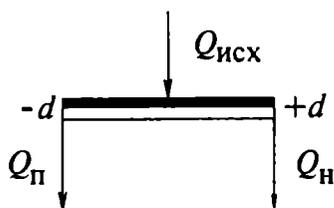


Рис. 4.1. Распределение продукта при грохочении

◆ γ — выход подрешетного продукта, %;

◆ E — эффективность грохочения, %.

В соответствии с определением запишем:

$$E = \frac{\text{объем мелкой фракции в подрешетном продукте}}{\text{объем мелкой фракции в исходном}} \cdot 100\% ; \quad (4.1)$$

$$E = \frac{Q_{\text{п}}\beta}{Q_{\text{исх}}\alpha} \cdot 100, \quad \% . \quad (4.2)$$

Так как $\gamma = \frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{исх}}} \cdot 100$, то получим: (4.3)

$$E = \frac{\gamma\beta}{\alpha}, \quad \% . \quad (4.4)$$

Составим баланс материала по мелкой фракции:

$$\alpha Q_{\text{исх}} = \theta Q_{\text{н}} + \beta Q_{\text{п}}. \quad (4.5)$$

Так как $Q_{\text{н}} = Q_{\text{исх}} - Q_{\text{п}}$, (4.6)

$$\text{то } (\alpha - \theta)Q_{\text{исх}} = (\beta - \theta)Q_{\text{п}}. \quad (4.7)$$

Откуда $\gamma = \frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{исх}}} \cdot 100 = \frac{100(\alpha - \beta)}{\beta - \theta}$. (4.8)

Подставляя это значение в формулу эффективности грохочения, получим:

$$E = \frac{100(\alpha - \theta)\beta}{\alpha(\beta - \theta)}, \quad \% . \quad (4.9)$$

С достаточной для практики точностью можно считать, что подрешетный продукт содержит только зерна мелкой фракции (нижнего класса), т.е. $\beta = 100 \%$. Тогда

$$E = \frac{\alpha - \theta}{\alpha(100 - \theta)} \cdot 10^4, \% \quad (4.10)$$

При известной величине эффективности грохочения E выход подрешетного продукта определяется по формуле

$$\gamma = \frac{\alpha E}{100}, \% \quad (4.11)$$

Пример. Рассчитаем показатели грохочения [15].

Земснарядом разрабатывается песчано-гравийное месторождение с соотношением песок:гравий, равным 80:20. Производительность земснаряда по исходной горной массе $300 \text{ м}^3/\text{ч}$. На стадии предварительного грохочения 10% песка остается в надрешетном продукте. Определить эффективность грохочения и выход песка в подрешетный продукт. Придерживаемся следующей схемы:

◆ находим количество песка в исходном материале

$$Q_{\text{исх}}^{\text{песок}} = 0,8 \times 300 = 240 \text{ м}^3/\text{ч};$$

◆ определяем количество песка, остающегося в надрешетном продукте,

$$Q_{\text{н}}^{\text{песок}} = 0,1 \times 240 = 24 \text{ м}^3/\text{ч};$$

◆ устанавливаем количество песка, остающегося в подрешетном продукте,

$$Q_{\text{п}} = 240 - 24 = 216 \text{ м}^3/\text{ч};$$

- ◆ вычисляем количество надрешетного продукта

$$Q_n = 300 - 216 = 84 \text{ м}^3/\text{ч};$$

- ◆ определяем содержание песка в надрешетном продукте

$$\theta = 24 : 84 \times 100 = 28,6 \text{ \%}.$$

Считая, что в подрешетном продукте содержится только песок, т.е. $\beta = 100 \text{ \%}$, находим эффективность грохочения

$$E = \frac{80 - 28,6}{80 \cdot (100 - 28,6)} \cdot 10^4 = 90\% ;$$

- ◆ устанавливаем выход подрешетного продукта

$$\gamma = \frac{80 \cdot 90}{100} = 72\% ;$$

- ◆ проверяем правильность расчета

$$\gamma = \frac{Q_n}{Q_{\text{исх}}} \cdot 100 = \frac{216}{300} \cdot 100 = 72\% .$$

В исходных данных рассмотренного примера условно принято, что 10 % песка не подвергается грохочению и остается в надрешетном продукте. На практике значение этой величины зависит от способа грохочения (сухое или мокрое), типа грохота, нагрузки на грохот, зернового состава исходной горной массы и других причин. Определяется она опытным путем (рассеиванием продуктов), а в предва-
100

рительных расчетах — по справочным данным через эффективность грохочения.

Как уже отмечалось, при гидромеханизированной разработке песчано-гравийных месторождений с последующей переработкой и разделением материалов применяют две группы грохотов — *неподвижные и подвижные*.

К первой группе грохотов относятся устройства, которые представляют собой *неподвижные просеивающие поверхности* различной формы, укрепленные на специальных рамах (см. рис. 3.1).

Применение колосниковых грохотов с небольшими размерами щелей требует установки просеивающих поверхностей большой длины (до 10—15 м). Они часто забиваются, плохо поддаются очистке. Поэтому их применение малоэффективно. Однако при разработке месторождений мелкого песка с незначительным содержанием гравия (3—5 %) для его отделения могут использоваться колосниковые грохоты. Например, при разработке земснарядами песка с модулем крупности 2,0 и содержанием гравия +5 мм не более 1,5—2,5 % в Москворецком карьероуправлении перед укладкой песка в штабель с целью отделения гравия установлены две колосниковые решетки с размерами щелей 20 и 5 мм.

Значительно чаще колосниковые грохоты используются при отделении крупных фракций — валунов с размерами 100—150 мм и более.

Необходимая площадь неподвижной колосниковой решетки определяется по формуле

$$F = \frac{Q_{\text{исх}} \gamma_n}{2,4 \cdot a}, \text{ м}^2, \quad (4.12)$$

где $Q_{\text{исх}}$ — производительность (нагрузка на грохот) по исходному материалу, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$\gamma_{\text{н}}$ — насыпная плотность исходного материала, $\text{т}/\text{м}^3$;

a — ширина щели между колосниками, мм.

Ширина решетки должна быть не менее тройного размера максимального куска, а длина — не менее двойной ее ширины.

На стадии предварительного грохочения песчаной и песчано-гравийной массы значительно шире применяются конические грохоты.

Как показывают наблюдения, конические грохоты, благодаря специфическому характеру движения пульпы по их поверхности, мало засоряются. Поэтому наибольшее распространение эти грохоты получили при выделении гравия из песчано-гравийного материала в процессе разделения его на две фракции — крупнее и мельче 5 мм.

Расчет конических грохотов сводится к установлению скорости пульпы на входе в грохот, которая должна быть не менее 2,5—3 м/с, и определению расхода пульпы, проходящей через сито грохота, по формулам:

♦ для сит с круглыми отверстиями, $\text{м}^3/\text{ч}$,

$$Q_{\text{п}} = 1000 \cdot b D \vartheta \frac{F_{\text{отв}}}{F_{\text{общ}}}; \quad (4.13)$$

♦ для сит с щелевидными отверстиями, $\text{м}^3/\text{ч}$,

$$Q_{\text{п}} = 1600 \cdot b \cdot D \cdot \vartheta \cdot \frac{F_{\text{отв}}}{F_{\text{общ}}}, \quad (4.14)$$

- где $F_{\text{отв}}$ — площадь отверстий или щелей, м²;
 $F_{\text{общ}}$ — общая площадь сита грохота, м²;
 b — ширина потока при входе на грохот, м;
 принимается равной диаметру подводящего патрубка;
 v — скорость потока в подводящем трубопроводе-патрубке, м/с;
 D — диаметр грохота, м;
 $F_{\text{отв}}/F_{\text{общ}}$ — определяется расчетом; для большинства конических грохотов колеблется в пределах 0,4—0,2.

Пионером в области проектирования и теоретического обоснования использования конических грохотов был ВНИПИИСтромсырье. В частности, Ф.Ф. Шаненко была предложена следующая зависимость для выбора диаметра конического гидрогрохота:

$$D = 4,27 \cdot 10^{-4} \left(\frac{Q}{ab} \right)^{2/3}, \text{ м}, \quad (4.15)$$

где Q — подача земснаряда по гидросмеси, м³/ч;
 a — размер перфорации гидрогрохота, м;
 b — ширина потока пульпы, выходящей из питающего патрубка гидрогрохота, м.

Эта зависимость, неоднократно использованная в расчетах, дает хорошую сходимость и может быть рекомендована в практических работах.

Опытным заводом ВНИПИИСтромсырье был налажен выпуск промышленной партии конических гидрогрохотов диаметром 2,0 м, 2,5 и 3,0 м. Особенность конструкции этих гидрогрохотов заключалась в использовании сменных сегментов для установки на стенки внутреннего перфорированного цилиндра и сопряженного с ним конуса.

ВНИПИИСтромсырье была предложена матрица определения извлечения фракций в подрешетный продукт на конических гидрогрохотах (табл. 4.1) [21].

Таблица 4.1

Матрица извлечения фракций в подрешетный продукт на конических грохотах

Диаметр конического грохота, м	Диаметр отверстия сита, мм	Фракции, мм						
		5-10	3-5	1,2-3	0,6-1,2	0,3-0,6	0,15-0,3	-0,16
3,0	5	—	14	52	78	90	91	92
	7,5	6	37	73	90	92	94	95
	10	18	62	86	94	95	96	97
2,5	5	—	23	66	89	95	98	100
	7,5	10	48	85	96	98	100	100
	10	25	76	95	98	100	100	100
2,0	5	—	29	81	97	100	100	100
	7,5	15	63	96	100	100	100	100
	10	36	90	100	100	100	100	100

Приведем техническую характеристику гидрогрохота КГГР-2500А, выпускавшегося Опытным заводом института.

Техническая характеристика гидрогрохота КГГР-2500А

Производительность, м ³ :	
по исходной гидросмеси.....	1600—3000
по твердому материалу.....	160—300
Рекомендуемая крупность разделения, мм.....	1+10
Габаритные размеры, мм:	
диаметр.....	2700
длина.....	4690
высота.....	4300
Масса, т.....	5,72

Простота конструкции конических гидрогрохотов (не имеют вращающихся элементов и отсутствует сложная запорно-регулирующая арматура) предопределила широкое их применение на гидромеханизированных предприятиях для разделения песчано-гравийных смесей ПГС. Изготавливают их на собственных ремонтно-механических участках.

В частности, в Уфимском карьероуправлении были изготовлены и успешно работали более десятка установок для разделения ПГС с использованием конических гидрогрохотов диаметром 3,0 м.

В.И. Глевицкий [5] представил обобщенные данные (технические характеристики) по использованию конических гидрогрохотов в сочетании с различными типами земснарядов в различных подразделениях гидромеханизации.

Техническая характеристика конических гидрогрохотов

Типоразмер	12А-5М	12А-4М	300-40	300-40М
Производительность по пульпе, м ³ /ч	1200	1600	3300	3600
Деление по граничному зерну, мм	2,5; 2...5; 5	5; 5; 20; 5	15	5
Диаметр гидрогрохота, м:				
наружный	2,1; 2,4; 2,4	2,5; 2,1; 2,5; 3,5		4,5
внутренний	1,6; 2,3; 2,0	2,0; 1,6; 2,0; 3,0		3,5
Масса (примерная), т	7,2; 8,4; 11,0	9,3; 7,3; 1	28,8	35,4
		3,1; 9,3		

Пример. Рассчитать показатели предварительного грохочения песчано-гравийной массы на коническом грохоте.

Гранулометрический состав исходной горной массы представлен в таблице рассева (табл. 4.2). Максимальный

размер куска в исходном 40 мм. На основании табличных данных строим кривую в полулогарифмическом масштабе (рис. 4.2) и по этой кривой определяем содержание отдельных фракций (табл. 4.3).

Таблица 4.2

Гранулометрический состав исходной горной массы

Остатки на ситах, мм	Размер отверстий сит, мм							Проход сквозь сито 0,14 мм, %
	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	
Частные	20	16	20	22	10	6	3	3
Полные	20	36	56	78	88	94	97	—

Таблица 4.3

Содержание отдельных фракций

Остатки на ситах, мм	Размер фракций, мм							
	+10	5-10	3-5	1,2-3	0,6-1,2	0,3-0,6	0,15-0,3	-0,15
Частные	20	36	15	28	10	5	2	4
Полные	20	16	51	79	89	94	96	—

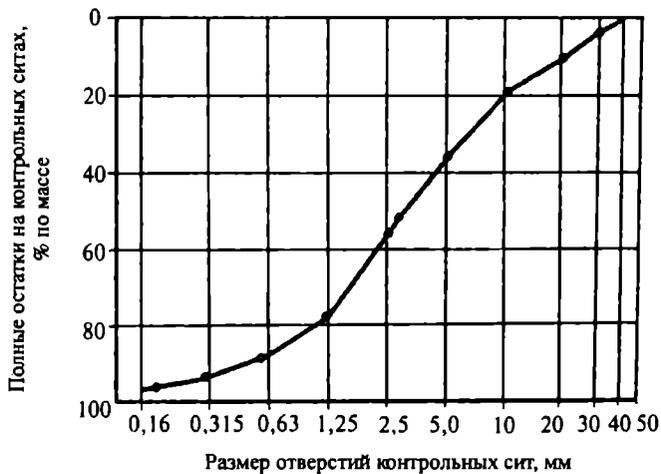


Рис. 4.2. Кривая рассева исходной горной массы

Месторождения разрабатываются земснарядом 180-69, который оборудован грунтовым насосом 16ГРУТ-8М. Расход по пульпе — $1800 \text{ м}^3/\text{ч}$, производительность по грунту — $200 \text{ м}^3/\text{ч}$. Пульпа подается на конический грохот с перфорацией 5 мм. Определить параметры процесса разделения на конических грохотах диаметром 3,0 и 2,0 м. [15].

Решение

1. При заданных начальных условиях в соответствии с табл. 4.1 строим графики извлечения фракций в подрешетный продукт (рис. 4.3).

По построенным графикам определяем диаметры граничных зерен для обоих конических грохотов:

$d_{\text{гр}} = 1,22 \text{ м}$ — для грохота 3,0 м;

$d_{\text{гр}} = 2,1 \text{ мм}$ — для грохота 2,0 м.

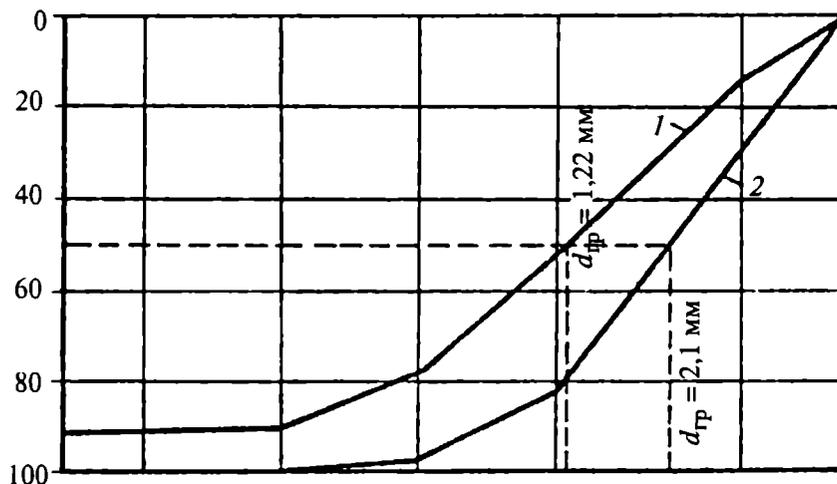


Рис. 4.3. Извлечение фракций в подрешетный продукт:
 1 — для грохота $d = 3,0 \text{ м}$; 2 — для грохота $d = 2 \text{ м}$

2. На основании исходных данных и графиков извлечения составляем баланс масс по отдельным фракциям в табличном виде (табл. 4.4).

3. Определяем расход пульпы через сито грохотов:

а) для сита с круглыми отверстиями:

диаметр 3,0 м

$$Q_{\text{п}} = 1000 \cdot 0,5 \cdot 3,0 \cdot \frac{4 \cdot 1800 \cdot 0,4}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,5^2} = 1530 \text{ м}^3/\text{ч};$$

диаметр 2,0 м

$$Q_{\text{п}} = 1000 \cdot 0,5 \cdot 2,0 \cdot \frac{4 \cdot 1800 \cdot 0,4}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,5^2} = 1020 \text{ м}^3/\text{ч};$$

б) для сита с щелевидными отверстиями:

диаметр 3,0 м

$$Q_{\text{п}} = 1600 \cdot 0,5 \cdot 3,0 \cdot \frac{4 \cdot 1800 \cdot 0,4}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,5^2} = 2448 \text{ м}^3/\text{ч};$$

диаметр 2,0 м

$$Q_{\text{п}} = 1600 \cdot 0,5 \cdot 2,0 \cdot \frac{4 \cdot 1800 \cdot 0,4}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,5^2} = 1632 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

По полученным расчетным данным для земснаряда с производительностью 1800 м³/ч по пульпе и напорным трубопроводом диаметром 0,5 м можно использовать конический грохот диаметром 3,0 м с круглыми отверстиями сита и диаметром 2,0 м с щелевидными отверстиями.

Таблица 4.4

Баланс масс по отдельным фракциям

Размер фракций, мм	Содержание фракций в исходном, %	Объем фракций, м ³ /ч	Выход фракций													
			Диаметр конического грохота 3,0 м						Диаметр конического грохота 2,0 м							
			Извлечение в подрешетный продукт, %	Подрешетный продукт			Надрешетный продукт			Извлечение в подрешетный продукт, %	Подрешетный продукт			Надрешетный продукт		
				объем фракции, м ³ /ч	содержание фракции, %	сумма, %	объем фракции, м ³ /ч	содержание фракции, %	сумма, %		объем фракции, м ³ /ч	содержание фракции, %	сумма, %	объем фракции, м ³ /ч	содержание фракции, %	сумма, %
+10	20	40	—	—	—	—	40	30,5	30,5	—	—	—	—	40	38,3	38,3
5–10	16	32	—	—	—	—	32	24,4	54,9	—	—	—	—	32	30,6	68,9
3–5	15	30	14	4,2	6,1	6,1	25,8	19,6	74,5	29	8,7	9,1	9,1	21,3	20,3	89,2
1,2–3	28	56	52	29,12	42,2	48,3	26,88	20,5	95,0	81,0	45,36	47,5	56,6	10,64	10,2	99,4
0,6–1,2	10	20	78	15,6	22,6	70,9	4,4	3,4	98,4	97	19,4	20,3	76,9	0,6	0,6	100
0,3–0,6	5	10	90	9,0	13,1	84,0	1,0	0,8	99,2	100	10,0	10,5	87,4	—	—	—
0,15–0,3	2	4	91	3,64	5,3	89,3	0,36	0,3	99,5	100	4,0	4,2	91,6	—	—	—
–0,15	4	8	92	7,36	10,7	100	0,64	0,5	100	100	8,0	8,4	100	—	—	—
<i>Итого</i>	100	200		68,92	100		131,08	100			95,46	100		104,54	100	

4. Определяем модуль крупности песков, представляющих собой подрешетный продукт:

$$\text{диаметр 3,0 м} — M_k = \frac{6,1 + 48,3 + 70,9 + 84,0 + 89,3}{100} = 3,0;$$

$$\text{диаметр 2,0 м} — M_k = \frac{9,1 + 56,6 + 76,9 + 87,4 + 91,6}{100} = 3,2.$$

В обоих случаях по модулю крупности и по остаткам на сите № 0.63 соответственно 70,9 и 76,0 % подрешетный продукт относится к группе песка «Крупный».

5. Определим α — содержание мелкой фракции (–5 мм) в исходном продукте и θ — содержание мелкой фракции в надрешетном продукте:

$$\alpha = 100 — (20+16) = 64 \%;$$

$$\text{диаметр 3,0 м} — \theta = 100 — (30,5+24,4) = 45,1 \%;$$

$$\text{диаметр 2,0 м} — \theta = 100 — (38,3+30,6) = 31,1 \%.$$

6. Определим выход подрешетного продукта γ :

$$\text{диаметр 3,0 м} — \gamma = \frac{68,92}{200} \cdot 100 = 34,46 \%;$$

$$\text{диаметр 2,0 м} — \gamma = \frac{95,46}{200} \cdot 100 = 47,73 \%.$$

7. Эффективность грохочения по размеру отверстий сита –5 мм:

$$\text{диаметр 3,0 м} — E = \frac{64 - 45,1}{64(100 - 45,1)} \cdot 10^4 = 53,8 \%;$$

$$\text{диаметр } 2,0 \text{ м} \text{ — } E = \frac{64 - 31,1}{64(100 - 31,1)} \cdot 10^4 = 74,6 \text{ \%}.$$

На основании расчетов можно сделать вывод, что при заданных условиях предпочтение следует отдать коническому грохоту диаметром 2,0 м со щелевидными отверстиями сита, так как эффективность грохочения у него по сравнению с грохотом диаметром 3,0 м значительно выше: содержание гравия в надрешетном продукте составляет 68,9 % против 54,9; практически отсутствует в надрешетном продукте фракция 0,6 мм, что обеспечит более качественное разделение и снизит нагрузку на следующие стадии переработки.

Вторая группа грохотов — подвижные. В технологических схемах переработки песчано-гравийной массы они используются на основных контрольных операциях грохочения, в частности, при сортировке песчано-гравийной массы 0–150 мм с целью выделения крупного гравия, направляемого на дробление, или при сортировке мокрым способом гравийно-песчаного материала крупностью 0–40 мм с целью выделения из него песка 0–5 (3) мм и мелкого гравия крупностью 5(3)–10 или 5(3)–20 мм.

Из подвижных грохотов наибольшее применение получили *вибрационные грохоты*.

В обозначении грохотов входят три буквы и двузначная цифра, которые означают:

♦ первая буква — наименование оборудования: Г — грохот;

♦ вторая буква — тип грохота: И — инерционный; С — самобалансный; Г — гириционный; Р — резонансный;

♦ третья буква — исполнение: Л — легкое; С — среднее; Т — тяжелое;

♦ первая цифра — ширину грохота.

При первой цифре в обозначении грохота 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8 ширина грохота соответственно равна 100, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500 и 3000 мм. Вторая цифра — число ярусов бит.

Например: марка ГИЛ-52 означает грохот инерционный, легкий, с шириной сита 1750 мм, оборудованный двумя ярусами сит.

Длина грохота составляет, как правило, 2—2,5 его ширины.

Расчет грохотов сводится к определению производительности (нагрузки) по питанию или к определению площади просеивающих сит при известном по величине потоке материала. Для двухситных грохотов расчет производится по верхнему и нижнему ситам:

$$F = \frac{Q}{CqKlmnP}, \text{ м} \quad (4.16)$$

где C — коэффициент использования поверхности грохота, принимается равным 0,85;

q — удельная производительность вибрационных грохотов (табл. 4.5).

$K, l, m,$

n, v, P — поправочные коэффициенты, принимаемые по табл. 4.6.

Вибрационные грохоты обеспечивают эффективность грохочения, равную 90—95 %.

Технические характеристики грохотов, наиболее часто используемых при переработке песчано-гравийных смесей, представлены в табл. 4.7.

Таблица 4.5

Зависимость удельной производительности от размеров отверстий сита

Размер отверстий сита, мм	Удельная производительность, $\frac{м^3/ч}{м^2}$	Размер отверстий сита, мм	Удельная производительность, $\frac{м^3/ч}{м^2}$	Размер отверстий сита, мм	Удельная производительность, $\frac{м^3/ч}{м^2}$	Размер отверстий сита, мм	Удельная производительность, $\frac{м^3/ч}{м^2}$
0,6	3,2	3,15	7,0	16	25,5	40	38
0,8	3,7	5	11,0	20	28	50	42
1,17	4,4	8	17	25	31	80	56
2,0	5,5	10	19	31,5	34	100	63

Таблица 4.6

Значения поправочных коэффициентов при определении площади просеивающих сит

Факторы, учитываемые коэффициентом, и условия грохочения	Значения									
	Содержание в питании зерен размером меньше половины отверстий сита, %	20	30	40	50	60	70	80	90	
Коэффициент K	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0		
Содержание в питании зерен размером больше отверстия сита, %	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Коэффициент l	0,94	0,97	1,0	1,03	1,09	1,18	1,32	1,55	2,0	3,3
Эффективность грохочения E , %	70	80	90	92	94	96	98			
Коэффициент m	1,6	1,3	1,0	0,9	0,8	0,6	0,4			

Окончание табл. 4.6

Факторы, учитываемые коэффициентом, и условия грохочения	Значения		
	Исходный материал	Дробленый	
Коэффициент n	1,0		1,25
Размер отверстий сита, мм	Менее 25		Более 25
Влажность материала	Сухой	Влажный	В зависимости от влажности
Коэффициент ν	1,0	0,75–1,40	0,9–1,0
Размер отверстий сита, мм	Менее 25		Более 25
Способ грохочения	Сухой	С орошением	Любой
Коэффициент P	1,0	1,25–1,40	1,0

Таблица 4.7

Техническая характеристика вибрационных грохотов

Грохот			Размер сита, мм		Максимальная крупность кусков в питании, мм	Производительность, м ³ /ч	Амплитуда колебаний, мм	Масса, т	Цена, тыс. руб.
Тип	Исполнение	Марка	ширина	длина					
Инерционные	Легкое	ГИЛ-32	1250	2500	100	90	2,5	1,45	1,32
		ГИЛ-42	1500	3750	100	100	3–3,5	3,07	2,68
		ГИЛ-43	1500	3750	100	100	3–3,5	3,95	3,55
		ГИЛ-52	1750	4500	150	150	2,5–3	3,46	10,07
	Среднее	ГИС-32	1250	3000	100	125	3	2,4	2,96
		ГИС-42	1500	3750	100	125–250	4,5	3,25	2,24
		ГИС-52	1750	4500	100	450	3,7	3,8	2,51
	Тяжелое	ГИТ-32	1250	2500	150	150	1	3,6	5,11
		ГИТ-42	1500	3000	200	300	5; 3	4,7	5,81

Окончание табл. 4.7

Грохот			Размер сита, мм		Макси- мальная круп- ность кусков в пита- нии, мм	Про- изво- ди- тель- ность м ³ /ч	Ампли- туда коле- баний, мм	Мас- са, т	Цена, тыс. руб.
Тип	Испол- нение	Марка	шири- на	длина					
Инерционные	Тяже- лое	ГИТ-51	1750	3500	300	400	7; 3	6,0	8,39
		ГИТ-52	1750	3500	350	400	7; 5; 3	7,45	9,02
		ГИТ-61	2000	4000	600	350	3	9,1	13,00
Самобалансные	Сред- нее	ГСС-32	1250	3000	100	50	10	2,07	1,65
		ГСС-42	1500	3000	100	100	8,2	2,67	
		ГСС-51	1750	4500	200	200	5	4,65	
		ГСС-52	1750	4500	150	200	4	3,64	
	Тяже- лое	ГСТ-62	2000	4000	150	150	6	9,0	—
		ГСТ-72	2500	6000	150	350	6	10,0	—
Гиравционные	Сред- нее	ГГС-32	1250	3000	150	80	3,8	2,84	—
		ГГС-42	1500	3750	150	140	4	3,1	—
	Тяже- лое	ГГС-42	1500	2500	400	250	4	7,6	—

4.2. ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ СМЕСИ

Классификация — процесс разделения полезного ископаемого, неоднородного по размеру частиц, на два или более относительно однородных по крупности продукта. Классификация бывает гидравлической и механической.

Гидравлическая классификация — процесс разделения смеси минеральных зерен по крупности на основе различ-

ных скоростей их осаждения в воде. Именно гидравлическая классификация является основным методом разделения фракции 0–5 мм по крупности в промышленности нерудных строительных материалов и, в частности, при разработке песчано-гравийных месторождений способом гидромеханизации.

Приведем преимущества этого способа по сравнению с сухой и мокрой переработкой песчано-гравийной смеси на виброгрохотах:

- ◆ единство технологического комплекса, включающего в себя добычу, гидротранспортирование и переработку материала;
- ◆ совмещение процессов разделения с промывкой материала;
- ◆ возможность применения аппаратов высокой производительности;
- ◆ сравнительная простота аппаратов и надежность их в эксплуатации;
- ◆ возможность обеспечения достаточной точности разделения;
- ◆ небольшие затраты на классификацию и обогащение.

Процесс классификации может происходить в горизонтальных или вертикальных потоках, а также в потоках с использованием центробежных сил. Разделение взвешенного в потоке материала происходит в зависимости от его крупности и формы зерен, а также от режима потока. Разделение в пульпах происходит, как правило, при турбулентном перемешивании взвеси, в результате чего происходит засорение конечных продуктов не свойственными им зернами, а сам процесс разделения материала в стесненных

условиях является массовым, протекающим во времени с определенной скоростью.

Следовательно, процесс гидравлической классификации зернистых материалов характеризуется сложными явлениями гравитационного стесненного падения неоднородных частиц в потоке гидросмеси или гидравлическими явлениями центробежного поля. Поэтому для качественного обеспечения процесса классификации необходимо обеспечить стабильность расхода гидросмеси, равномерность консистенции и выгрузки продуктов классификации, а также стабильность подачи дополнительной воды.

В классификации, как и в процессе грохочения, одним из основных показателей, характеризующих этот процесс, является эффективность, которая определяется отношением (в %) количества отклассифицированной части крупных зерен в крупном продукте к количеству крупных зерен в исходном материале. По аналогии с процессом грохочения обозначим:

♦ $Q_{\text{исх}}, Q_{\text{кр}}, Q_{\text{м}}$ — количество материалов соответственно в исходном, крупном и мелком продуктах, м^3 ;

♦ f, c, t — содержание крупных классов соответственно в исходном, крупном и мелком продуктах, %;

♦ $\gamma_{\text{кр}}$ — выход крупного продукта, %;

♦ E — эффективность классификации, %.

В соответствии с определением E и для идеального случая (когда разделение происходит без взаимного засорения мелкого материала крупным и крупного мелким) запишем:

$$E = \frac{\text{масса крупной фракции в крупном материале}}{\text{масса крупной фракции в исходном материале}} \cdot 100\% ;$$

(4.17)

$$E = \frac{Q_{\text{кр}} C}{Q_{\text{исх}} f} \cdot 100 \% . \quad (4.18)$$

Однако

$$\gamma_{\text{кр}} = \frac{Q_{\text{кр}}}{Q_{\text{исх}}} \cdot 100\% , \text{ поэтому получим} \quad (4.19)$$

$$E = \frac{\gamma_{\text{кр}} C}{f} , \% . \quad (4.20)$$

Составим баланс материала по крупной фракции:

$$Q_{\text{исх}} f = Q_{\text{кр}} C + Q_{\text{м}} t . \quad (4.21)$$

Так как

$$Q_{\text{м}} = Q_{\text{исх}} - Q_{\text{кр}} , \text{ то}$$

$$Q_{\text{исх}}(f - t) = Q_{\text{кр}}(C - t); \quad (4.22)$$

$$\text{откуда } \gamma_{\text{кр}} = \frac{Q_{\text{кр}}}{Q_{\text{исх}}} \cdot 100 = \frac{100(f - t)}{C - t} , \% . \quad (4.23)$$

Подставляя это значение в формулу эффективности, получим:

$$E = \frac{100(f - t) \cdot C}{f(C - t)} , \% , \quad (4.24)$$

Сравнивая эту формулу с зависимостью, определяющей эффективность грохочения (4.9), отмечаем ее полное

совпадение. Отличие заключается лишь в том, что процентные содержания, входящие в формулу (4.9), взяты для мелких классов, а в формулу (4.24) — для крупных классов:

В действительности, в процессе классификации нет четкого разделения по крупности зерен в соответствующие продукты. Крупные продукты засоряются мелкими и наоборот. Под действительно отфракционированным классом подразумевается количество крупных классов в крупном продукте за вычетом количества неотклассифицированного, состоящего из крупного и мелкого класса в таком же соотношении, как в исходном материале. Поэтому формулу (4.24) запишем в виде

$$E = \frac{100(f-t)}{f(C-t)} C', \quad \% \quad (4.25)$$

где

$$C' = \frac{C-f}{100-f} \cdot 100, \quad \% \quad (4.26)$$

Подставляя это значение, получим известную формулу Луйкена—Дина для определения эффективности гидравлической классификации.

В гидравлических классификаторах зерна, скорость падения которых в воде больше или меньше скорости восходящего потока, будут падать или подниматься. Поэтому введено понятие граничное зерно. Диаметр граничного зерна $d_{гр}$ при классификации в гидравлических классификаторах зависит от скорости восходящего потока, объемной массы и плотности зерен и среды.

Итак, при установившемся режиме классификации вероятность попадания зерен граничной крупности в крупную и мелкую фракции одинакова и составляет 50 %. Вероятность попадания в крупную или мелкую фракцию зерен соответственно крупнее или меньше $d_{гр}$ тем больше, чем больше разница между конечной скоростью падения и скоростью восходящего потока.

Граничная крупность — величина, устанавливаемая в зависимости от качества требуемой продукции. Определяется режимом работы классификатора и может быть задана в пределах 0,3 — 3(5) мм.

По принципу работы гидравлические классификаторы делят на гравитационные (вертикального и горизонтального типов) и центробежные (гидроциклоны и центрифуги).

Гидравлические классификаторы горизонтального типа широко применяются на рудообогатительных фабриках для тонкого разделения материала по фракциям. При гидромеханизированной разработке месторождений для разделения песчано-гравийной смеси и классификации песков в комплексе с земснарядами, а также на дробильно-сортировочных фабриках используют гравитационные гидроклассификаторы вертикального типа. Они подразделяются на противоточные (типа ГК конструкции ВНИПИИ-Стромсырье) и прямоточные.

Принципиальные схемы прямоточных гидроклассификаторов ГКД-2 и ГКС представлены на рис. 4.4. Основное различие в конструкции этих классификаторов заключается в подводе исходной горной массы в разделительные камеры и взаимном расположении подводящих патрубков пульпы 1 и дополнительной воды 2. Гидроклассификаторы типа ГКД используются для классификации песка и разделения горной массы на песок и гравий, а типа ГКС — только для разделения песчано-гравийной массы.

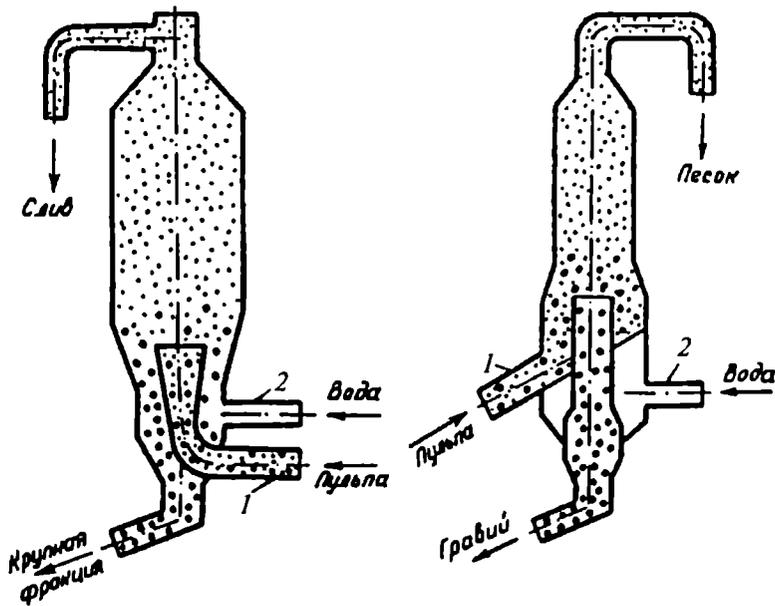


Рис. 4.4. Принципиальные схемы прямоточных гидроклассификаторов: а — типа ГKD-2; б — типа ГКС

При расчете технологических показателей процесса классификации в гидравлических классификаторах при заданном $d_{гр}$ содержание отдельных стандартных фракций (–0,16; 0,14–0,315; 0,315–0,63; 0,63–1,25; 1,25–2,5; 2,5–5,0 мм) определяется по кривым извлечения (рис. 4.5).

Выход слива классификатора (мелкий продукт) определяется по формуле

$$\gamma_{сл} = \frac{\epsilon_1 \beta_{исх}^{-0,16}}{100} + \frac{\epsilon_2 \beta_{исх}^{0,16-0,315}}{100} + \frac{\epsilon_3 \beta_{исх}^{0,315-0,63}}{100} + \frac{\epsilon_4 \beta_{исх}^{0,63-1,25}}{100} + \frac{\epsilon_5 \beta_{исх}^{1,25-2,5}}{100} + \frac{\epsilon_6 \beta_{исх}^{2,5-5,0}}{100}, \quad (4.27)$$

где $\beta_{\text{исх}}^{-0,16}$;

$\beta_{\text{исх}}^{0,16-0,315}$ и т.д. — содержание в исходном материале стандартных фракций, %;

$\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_6$ — извлечение в слив этих стандартных фракций, %.

Выход крупного материала устанавливается по балансу

$$\gamma_{\text{кр}} = 100 - \gamma_{\text{сл}}, \% \quad (4.28)$$

Содержание отдельных стандартных фракций в сливе классификатора находится по формулам:

$$\beta_{\text{м}}^{-0,16} = \frac{\epsilon_1 \beta_{\text{исх}}^{-0,16}}{\gamma_{\text{сл}}};$$

$$\beta_{\text{м}}^{0,16-0,315} = \frac{\epsilon_2 \beta_{\text{исх}}^{0,16-0,315}}{\gamma_{\text{сл}}} \text{ и т.д.} \quad (4.29)$$

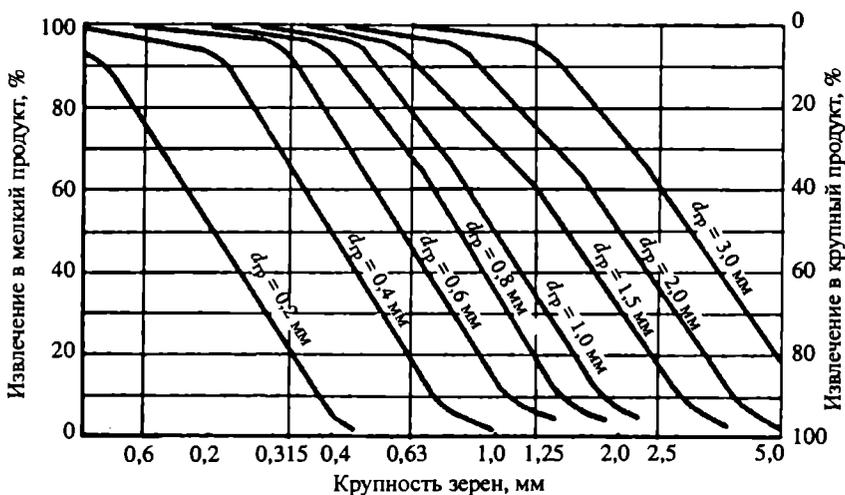


Рис. 4.5. Графики извлечения фракций по крупности в гидравлических классификаторах при различных диаметрах зерен

Содержание отдельных фракций в крупном продукте устанавливается по формулам:

$$\beta_m^{-0,16} = \frac{(1 - \varepsilon_1)\beta_{исх}^{-0,16}}{\gamma_{кр}};$$

$$\beta_{кр}^{0,16-0,315} = \frac{(1 - \varepsilon_2)\beta_{исх}^{0,16-0,315}}{\gamma_{кр}} \text{ и т.д.} \quad (4.30)$$

Пример. Рассчитать параметры процесса гидравлической классификации.

Земснарядом разрабатывается песчаное месторождение. Производительность земснаряда по горной массе составляет 200 м³/ч. Характеристика зернового состава разрабатываемых песков представлена в табл. 4.8.

В соответствии с изложенной ранее методикой модуль крупности этого песка

$$M_k = \frac{4 + 10 + 31 + 54 + 86}{100} = 1,85.$$

Так как значение этого модуля находится в пределах 1,5—2,5, а полный остаток на сите № 063 составляет 31 %, то разрабатываемый песок относится к мелкой группе.

Таблица 4.8

Характеристика разрабатываемых песков

Остатки на ситах, %	Размер отверстий сит, мм					Проход сквозь сито 0,16 мм, %
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	
Частные	4	6	21	23	32	14
Полные	4	10	31	54	86	—

Для обогащения и получения классифицированного песка с большим модулем крупности (средний или крупный) требуется по величине граничного зерна $d_{гр}$ подобрать режимы работы гидравлического классификатора с целью получения среднего или крупного песка, найти модуль крупности песка, определить выходы фракций и часовую производительность по песку.

Решение

Произвольно выбираем несколько диаметров граничных зерен (0,2; 0,4; 0,6; 1,0; 1,5 мм) и по рис. 4.5 определяем выходы ϵ_1 — ϵ_6 для фракций 0–0,14; 0,14–0,315; 0,315–0,68; 0,68–1,25; 1,25–2,5; 2,5–5,0 мм (табл. 4.9).

По формулам (4.29) и (4.30) определим выходы мелкой и крупной фракций для выбранных диаметров граничных зерен (табл. 4.10).

Таблица 4.9

Размер фракций, мм	ϵ	Выход фракций в мелкий класс (слив) при $d_{гр}$, равном, мм				
		0	0,4	0,6	1,0	1,5
0–0,14	ϵ_1	90	98	99	100	100
0,14–0,315	ϵ_2	45	90	96	98	100
0,315–0,68	ϵ_3	7	40	68	92	96
0,68–1,25	ϵ_4	—	8	21	50	75
1,25–2,5	ϵ_5	—	—	2	14	56
2,5–5,0	ϵ_6	—	—	—	—	12

Таблица 4.10

$d_{гр}$, мм	Вычисления	γ_m , %	$\gamma_{кр}$, %
0,2	$\frac{90,14}{100} + \frac{45,32}{100} + \frac{7,23}{100} + 0 + 0 + 0$	28,6	71,4
0,4	$\frac{98,14}{100} + \frac{90,32}{100} + \frac{40,23}{100} + \frac{8,21}{100} + 0 + 0$	51,8	48,2

Окончание табл. 4.10

$d_{гр}$, мм	Вычисления	γ_m , %	$\gamma_{кр}$, %
0,6	$\frac{99,14}{100} + \frac{96,32}{100} + \frac{68,23}{100} + \frac{21,21}{100} + \frac{2,6}{100} + 0$	64,75	35,25
1,0	$\frac{100,14}{100} + \frac{98,32}{100} + \frac{92,23}{100} + \frac{50,21}{100} + \frac{14,6}{100} + 0$	78,88	21,12
1,5	$\frac{100,14}{100} + \frac{100,32}{100} + \frac{96,23}{100} + \frac{75,21}{100} + \frac{56,6}{100} + \frac{12,4}{100}$	87,27	12,73

Определим содержание отдельных фракций в выходе крупного продукта и модуль крупности классифицированного песка для различных диаметров граничных зерен (табл. 4.11).

Чтобы определить остальные параметры процесса классификации, зададимся произвольно наименьшим диаметром зерен в крупной фракции и составим баланс продуктов классификации при настройке классификатора на один из диаметров граничного зерна.

1. Примем наименьший диаметр зерна в крупной фракции 0,63 мм.

2. Составим баланс продуктов при $d_{гр} = 1,0$ мм и $Q_{исх} = 200 \text{ м}^3/\text{ч}$:

крупнее 0,63 мм

$$Q_{кр}^{исх} = \frac{Q_{исх} f}{100} = \frac{200 \cdot 31}{100} = 62 \text{ м}^3/\text{ч};$$

меньше 0,63 мм

$$Q_m^{исх} = Q_{исх} - Q_{кр}^{исх} = 200 - 62 = 138 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $f = 31 \%$ — полный остаток на сите № 063;

$Q_{исх} = 200 \text{ м}^3/\text{ч}$ — по исходным данным примера.

Содержание отдельных фракций в крупном продукте и модуль крупности M_k

Размер фракций, мм	β	Содержание фракций в крупном продукте (%) в зависимости от $d_{гр}$, равного, мм									
		0,2		0,4		0,6		1,0		1,5	
		част-ные	полные	част-ные	полные	част-ные	полные	част-ные	полные	част-ные	полные
5,0–2,5	2,5–5,0	5,6	5,6	8,29	8,29	11,35	11,35	18,94	18,94	27,76	27,76
2,5–1,25	1,25–2,5	8,41	14,01	12,45	20,74	16,68	28,03	25,57	44,51	27,17	54,93
1,25–0,63	0,63–1,25	29,42	43,43	40,09	60,83	47,06	75,09	48,75	88,26	38,35	93,28
0,63–0,315	0,315–0,63	29,96	73,39	28,63	89,46	20,88	95,97	8,71	96,97	6,72	100
0,315–0,16	0,16–0,315	24,65	98,04	9,96	99,42	3,62	99,59	3,03	100	0	100
0,16–0	0–0,16	1,96	100	0,58	100	0,41	100	0	100	0	100
Сумма		100,0		100,0		100,0		100,0		100,0	
Модуль крупности M_k	—	2,34		2,78		3,1		3,47		3,75	

3. В соответствии с табличными данными при $d_{\text{гp}} = 1,0$ мм выход мелких продуктов (в сливе) $\gamma_{\text{м}}$ составляет 78,88 %; выход крупных продуктов $\gamma_{\text{кp}} = 21,12$ %.

4. Определяем количество продуктов:

$$\text{в крупном } Q_{\text{кp}} = Q_{\text{исx}} - Q_{\text{м}} = 200 - 157,8 = 42,2 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$\text{в мелком (сливе) } Q_{\text{м}} = Q_{\text{исx}} \cdot \frac{78,88}{100} = 157,8 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

5. Находим количество песка крупнее 0,63 мм в крупном и мелком (сливе) продуктах:

$$\text{в крупном } Q_{\text{кp}}^{+0,63} = \frac{C \cdot Q_{\text{кp}}}{100} = \frac{88,26 \cdot 42,2}{100} = 37,2 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где C — содержание зерен (полный остаток на сите № 063) крупнее 0,63 мм при $d_{\text{гp}} = 1,0$ мм (см. табл. 4.8);

$$\text{в мелком (сливе) } Q_{\text{м}}^{+0,63} = 62 - 37,2 = 24,8 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

6. Устанавливаем количество песка менее 0,63 мм в крупном и мелком (сливе) продуктах:

$$\text{в крупном } Q_{\text{кp}}^{-0,63} = Q_{\text{кp}} - Q_{\text{кp}}^{+0,63} = 42,2 - 37,2 = 5 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$\begin{aligned} \text{в мелком (сливе) } Q_{\text{м}}^{-0,63} &= Q_{\text{м}} - Q_{\text{м}}^{+0,63} = 157,8 - 24,8 = \\ &= 133 \text{ м}^3/\text{ч}. \end{aligned}$$

7. Проверяем правильность расчета содержания песка крупнее 0,63 мм:

$$\text{в крупном } C = \frac{Q_{\text{кp}}^{+0,63}}{Q_{\text{кp}}} \cdot 100 = \frac{37,2}{42,2} \cdot 100 \% = 88,15 \%;$$

$$\text{в мелком (сливе)} \quad t = \frac{Q_m^{+0,63}}{Q_m} \cdot 100 \% = \frac{24,8}{157,8} \cdot 100 \% = 15,7 \%$$

8. Определяем эффективность классификации по формуле Луйкена—Дина:

$$E = 10^4 \cdot \frac{(88,3 - 31) \cdot (31 - 15,7)}{31(100 - 31) \cdot (88,3 - 15,7)} = 56,4 \%$$

9. Аналогичные расчеты выполняются по всем выбранным величинам граничного зерна и данные расчета баланса по песку крупнее 0,63 мм заносятся в табл. 4.12.

Анализ результатов расчетных параметров процессов гидравлической классификации (см. табл. 4.12) позволяет сделать ряд выводов.

1. Настройка режима работы классификатора по граничному зерну $d_{гр} = 0,2$ мм позволяет получить классификационный песок средней крупности (модуль крупности $M_k = 2,34$) при довольно значительном выходе:

$$\gamma_{\text{клас}} = \frac{Q_{\text{кр}}}{Q_{\text{исх}}} 100 = \frac{142,8}{200} \cdot 100 \% = 71,4 \%$$

при этом потери мелкой фракции в сливе составляют 28,6 %.

2. Настройка режима работы по величине граничного зерна $d_{гр} = 0,4$ и $d_{гр} = 0,6$ мм дает возможность получить крупный классифицированный песок с модулем крупности M_k соответственно 2,78 и 3,1. Оба конечных продукта удовлетворяют также величине полного остатка на сите № 063 и имеют практически одинаковую эффективность классификации. В данном случае предпочтение следует отдать режиму работы классификатора при граничном зерне $d_{гр} = 0,4$ мм, так как выход песков здесь составляет 96,4 м³/ч, в то время, как при режиме работы с зерном $d_{гр} = 0,6$ мм, выход не превышает 70,5 м³/ч, т.е. снижается почти на 27 %.

Таблица 4.12

Данные расчета баланса по песку

$d_{гр}$, мм	Количество исходной горной массы $Q_{иск}$, м ³ /ч	Крупная фракция +0,63 мм в исходной горной массе		Выход крупной фракции γ , %	Крупный продукт			Мелкий продукт (слив)			Эффективность классификации E , %	Модуль крупности песка M_k
		содержание f , %	количество, м ³ /ч		всего $Q_{кр}$, м ³ /ч	содержание фракции +0,63 мм C , %	количество фракции +0,63 мм $Q_{кр}^{+0,63}$, м ³ /ч	всего $Q_{м}$, м ³ /ч	содержание фракции +0,63 мм t , мм	количество фракции +0,63 мм $Q_{кр}^{+0,63}$, м ³ /ч		
0,2	200	31	62	71,4	142,8	43,4	62	57,2	0	0	41,4	2,34
0,4	200	31	62	48,2	96,4	60,8	58,6	103,6	3,3	3,4	67,1	2,78
0,6	200	31	62	35,25	70,5	75,1	52,9	129,5	7,1	9,1	68,4	3,1
1,0	200	31	62	21,12	42,2	88,3	37,2	157,8	15,7	24,8	56,4	3,47
1,2	200	31	62	12,73	25,5	93,3	23,8	174,5	21,9	38,2	37,1	3,75

Примечание. Результаты по строке $d_{гр} = 1,0$ взяты из решенного в данной работе примера. Расчет остальных данных не приводится; представлены конечные результаты.

3. Дальнейшее изменение режима работы классификатора в сторону уменьшения величины граничного зерна приводит к значительным уменьшениям выхода классифицированного песка и снижению эффективности классификации.

В соответствии с исходными данными и результатами расчетов основных параметров классификации подбирается необходимый типоразмер гидроклассификатора. Для рассмотренного примера заданным условиям и расчетным показателям строго соответствует гидроклассификатор ГКД-2-1200.

Из гидравлических классификаторов центробежного действия в технологических схемах переработки песчано-гравийной массы наибольшее распространение получили гидроциклоны, основное назначение которых — сгущение песчаных пульп с попутным выделением в слив тонких частиц.

Для расчета производительности гидроциклонов предложены различные методики, основанные на эмпирических зависимостях и дающие неравнозначные ответы, особенно при переходе от небольших диаметров к большим. Пример расчета показателей гидроциклона приведен в разд. 6.3.

Графики извлечения фракций по крупности в гидроциклонах представлены на рис. 4.6. Режим работы гидроциклона по граничному зерну можно выбирать по аналогии с методом расчета параметров гидравлической классификации.

Установлено, что содержание твердого в песковом продукте и выход слива, а также граничная крупность пес-

ков определяются отношением диаметра песковой насадки к диаметру сливного патрубка. Поэтому расчетный режим, при прочих равных условиях (подача пульпы, плотность пульпы, напор на входе), устанавливается сменными насадками различных диаметров.

Наиболее часто упоминаемые в каталогах и специальной литературе гидроциклоны, их краткие технические характеристики и соотношения диаметров насадок и гидроциклона, служащие для их ориентировочного выбора и последующих расчетов, представлены в табл. 4.13. Эти соотношения определены Нормами и рекомендациями «Механобра». Графическая интерпретация линейных размеров гидроциклона представлена в разд. 6.4.

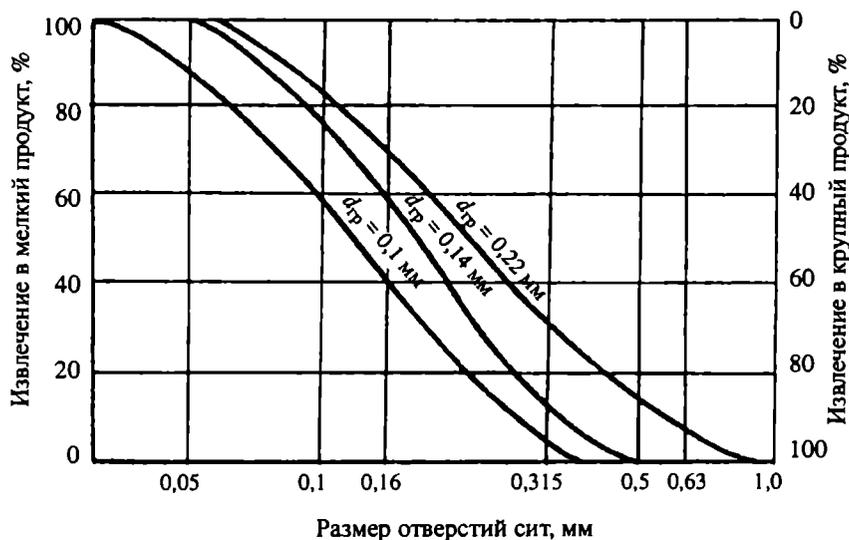


Рис. 4.6. Графики извлечения фракций по крупности в гидроциклонах при различных граничных диаметрах зерен

Таблица 4.13

Ориентировочные данные для выбора гидроциклонов

D , мм	Угол конусности, градусы	d_c / D	d_s / d_c	d_n / d_c	Средняя производительность при $H = 0,1$ МПа, м ³ /ч	Граничная крупность, мкм
15	10	0,3–0,5	1,0–0,5	0,2–0,7	0,15–0,3	–
25	10	0,3–0,5	1,0–0,5	0,2–0,7	0,45–0,9	–
50	10	0,2–0,5	1,0–0,5	0,2–0,7	0,8–3,6	15
75	10	0,2–0,5	1,0–0,5	0,2–0,7	3,6–7,5	10–20
125	20	0,2–0,4	1,0–0,5	0,2–0,7	7,5–15	15–40
150	20	0,2–0,4	1,0–0,5	0,2–1,0	12–21	20–50
250	20	0,2–0,4	1,0–0,5	0,2–1,0	27–51	30–100
360	20	0,2–0,4	1,0–0,5	0,2–1,0	51–90	40–150
500	20	0,2–0,4	1,0–0,5	0,2–1,0	120–270	50–200
710	20	0,2–0,4	1,0–0,5	0,2–0,9	210–450	60–250
1000	20	0,2–0,4	1,0–0,5	0,2–0,9	360–1100	70–280
1400	20	0,2–0,4	1,0–0,5	0,2–0,9	750–2000	80–300

Примечание. D — диаметр гидроциклона; d_c — диаметр сливного патрубка; d_s — эквивалентный диаметр питающего патрубка; $d_s = 1,13\sqrt{bh}$, b , h — ширина и высота суженной части питающей насадки; d_n — диаметр песковой насадки.

Механические классификаторы отличаются от гидравлических наличием механизма, воздействующего на разделение зерен материала. В промышленности нерудных строительных материалов из различных типов механических классификаторов применяют только спиральные классификаторы. Процесс классификации в этих аппаратах основан на различии скоростей падения крупных и мелких частиц в горизонтальном потоке воды с последующим выделением осажденной части крупного продукта при помощи непре-

рывно действующего винтового конвейера (спирали) и удалением взвешенной части мелких частиц потоком воды.

Существует принципиальное различие в использовании спиральных классификаторов на обогатительных фабриках горно-рудной промышленности и в промышленности нерудных строительных материалов. В первом случае классификаторы работают совместно с мельницами и служат для выделения в слив мелких частиц (тонкой фракции), поступающих на последующие стадии обогащения, например, флотацию, а крупные частицы возвращаются на доизмельчение. В нерудной промышленности спиральные классификаторы чаще всего используют на конечных стадиях переработки горной массы для обесшламливания и обезвоживания песка, т.е. в слив уходит мелкая фракция $-0,16$ мм (пылеватые и илистые частицы), а песок с содержанием влаги 15—25 % поступает на склады готовой продукции. При консистенции пульпы Т:Ж от 1:4 до 1:6 выход в слив фракции крупнее 0,315 мм не превышает 1—2 % и в расчет не принимается.

Безусловное преимущество применения спиральных классификаторов на конечных стадиях переработки песка способствует его обезвоживанию до 18 % влажности. В результате обогащенный песок может транспортироваться ленточными конвейерами в склады готовой продукции, в которых обеспечивается равномерная крупность в отличие от карт намыва, где происходит сегрегация частиц по крупности по длине карты.

4.3. ДРОБЛЕНИЕ

Дробление — основной процесс в технологических схемах дробильно-сортировочных фабрик и заводов при производстве щебня.

При переработке на щебень гравийно-валунной массы из песчано-гравийных месторождений, в основном, применяют *два типа дробилок: щековые*, разрушение в которых происходит сжатием кусков породы между подвижной и неподвижной плитами (щеками), *и конусные*, разрушение кусков в которых происходит при сжатии и частичном истирании между неподвижным и вращающимся конусами.

Выбор типа и размера дробилок зависит от размера наибольших кусков в питании, требуемой производительности и максимальной условной крупности продуктов дробления*. При содержании в исходной массе валунов размером более 150 мм на первой стадии дробления устанавливаются щековые дробилки ЩДП (с простым качанием щеки) или ЩДС (со сложным качанием щеки), у которых размеры приемных отверстий должны быть не менее $1,25D$ (где D — максимально возможный размер валуна в исходном питании).

Если максимальная крупность валунов, поступающих на переработку, не превышает 250 мм, но требуется большая производительность, то на первой стадии дробления устанавливают конусные дробилки среднего дробления КСД.

Одним из важнейших показателей, характеризующих процесс дробления, является степень дробления, которая определяется по формуле

*Под максимальной условной крупностью понимают крупность, соответствующую размеру отверстия сита, через которую проходит 95 % материала.

$$i = D_y / d_y, \quad (4.31)$$

где D_y и d_y — соответственно условная максимальная крупность кусков в продуктах питания и дробления.

Средняя степень дробления для различных типов дробилок составляет: щековые — 3—4; конусные крупного дробления ККД — 3—4; конусные среднего и мелкого дробления КСД и КМД — 4—7.

В зависимости от размеров валунов в исходном питании и требуемой крупности продуктов дробления щебня применяется одно-, двух- или трехстадийное дробление.

Нормами технологического проектирования предприятий нерудных строительных материалов [21] рекомендуются определенные сочетания дробилок (табл. 4.14).

Характеристики зернового состава продуктов дробления на выходе из дробилок должны определяться экспериментально или расчетным путем по результатам технологического исследования пород, намечаемых к добыче и переработке. При инженерных расчетах данные о крупности продуктов дробления принимаются по типовым характеристикам, которые для некоторых типов дробилок, указанных в табл. 4.14, представлены на рис. 4.7. Для упрощения инженерных расчетов, обеспечивающих точность в пределах 3—5 %, типовые характеристики аппроксимируются (рис. 4.8). Аналитическое значение выходов отдельных фракций по аппроксимированным зависимостям имеет вид

$$\gamma^{d_i-d_{i-1}} = \frac{d_i - d_{i-1}}{b_{ш}K}, \quad (4.32)$$

- где γ — выход фракции $d_i - d_{i-1}$, доли. ед.;
- $d_i - d_{i-1}$ — размер фракции, мм (например, для фракции 0–5 мм $d_i - d_{i-1} = 5 - 0 = 5$ мм, для фракции 10–20 мм $d_3 - d_{3-1} = 20 - 10 = 10$ мм);
- $b_{ш}$ — размер выпускной щели дробилки, мм;
- K — коэффициент закругнения, зависящий от типоразмеров дробилки и прочности дробимых пород; для прочных пород с $\sigma_{сж} > 600$ кгс/см² и приведенных типоразмеров дробилок значения K указаны на рис. 4.8 (численное значение этого коэффициента определяется точкой пересечения аппроксимированной характеристики с осью абсцисс).

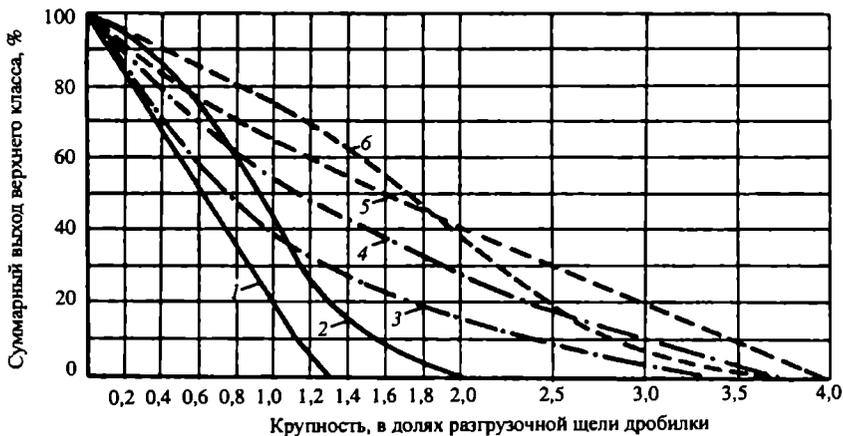


Рис. 4.7. Типовые характеристики крупности продуктов дробления прочных пород ($\sigma_{сж} > 600$ кгс/см²):

щелевые дробилки: 1 — ШДС, 2 — ШДП; конусные дробилки: 3 — КСД-1750Гр и КСД-2200Гр, 4 — КСД-1760Т и КСД-2200Т, 5 — КМД-1750Гр и КМД-2200Т, 6 — КМД-1750Т и КМД-2200Т

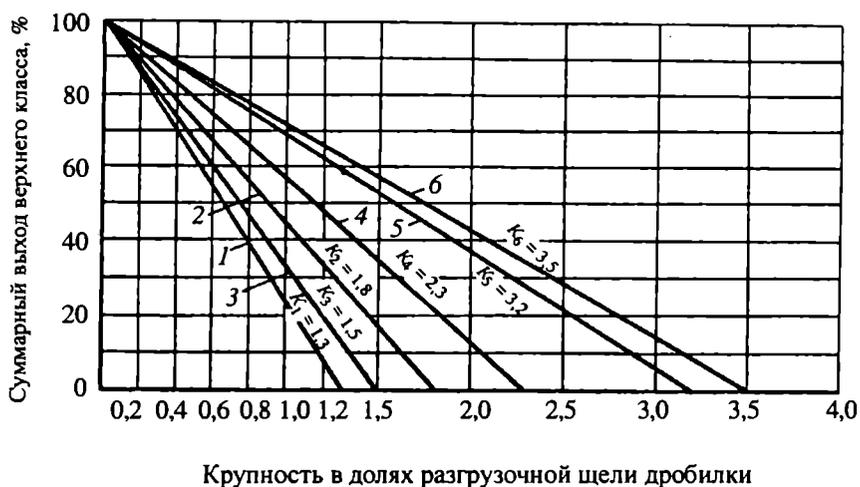


Рис. 4.8. Аппроксимированные характеристики крупности продуктов дробления для различных типов дробилок:
 щековые дробилки: 1 — типа ЩДС, 2 — типа ЩДП; конусные дробилки: 3 — КСД-1750Гр и КСД-2200Гр, 4 — КСД-176ОТ и КСД-220ОТ, 5 — КМД-1750Гр и КМД-220ОТ, 6 — КМД-175ОТ и КМД-220ОТ

Таблица 4.14

Рекомендуемые сочетания дробилок при переработке гравийно-песчаной массы

Характеристика горной массы		Стадии дробления		
Крупность валунов, мм	Содержание гравия, %	первая	вторая	третья
До 500	До 50	ЩДС-600×900 (СМ-16Д или СМД-110)	КСД-1750Т(Гр) КСД-1750Т	КМД-1750Гр(Т)
До 500	Более 50	ЩДС-600×900 (СМ-16Д или СМД-110)	КСД-1750(Гр) КСД-2200Т	КМД-1750Гр(Т) КМД-2200Гр(Т)

Характеристика горной массы		Стадии дробления		
Крупность валунов, мм	Содержание гравия, %	первая	вторая	третья
До 700	До 50	ЩДП-900×1200 (СМД-59Б или СМД-111)	КСД-1750Гр КСД-2200Т	КМД-1750Гр(Т) КМД-2200Гр(Т)
До 700	Более 50	ЩДП-900×1200 (СМД-58Б или СМД-111)	КСД-1750Гр КСД-2200Т	КМД-1750Гр(Т) КМД-2200Гр(Т)

Примечания. 1. Рекомендуемые сочетания дробилок даны для технологических схем с отдельной выдачей щебня и гравия. 2. Двухстадийная схема может применяться при выпуске щебня из гравия крупностью до 40 мм, а трехстадийная — до 20 мм.

Метод и последовательность расчета процессов дробления представим двумя численными примерами.

Пример 1. На операцию дробления подается надрешетный продукт предварительной стадии грохочения крупностью +150 мм. Дробленый материал, смешиваясь с подрешетным продуктом, поступает на следующую стадию грохочения (рис. 4.9).

Исходные данные [16]

1. Гранулометрический состав горной массы представлен в табл. 4.15.

2. На предварительной стадии грохочения установлен колосниковый грохот с размерами щелей 150 мм.

3. На операции дробления установлена щековая дробилка типа ЩДС с номинальным размером выпускной щели $b_{щ} = 130$ мм.

Требуется: определить гранулометрический (зерновой) состав совокупного потока после предварительного грохочения и дробления, поступающего на последующую операцию.

Таблица 4.15

Гранулометрический состав исходной горной массы

Размер фракций, мм	Содержание фракций, %	Содержание фракций, доли от исходного питания
0-5	10	$0,1Q_{исх}$
5-20	20	$0,2Q_{исх}$
20-40	25	$0,25Q_{исх}$
40-70	15	$0,15Q_{исх}$
70-150	10	$0,1Q_{исх}$
+150	20	$0,2Q_{исх}$

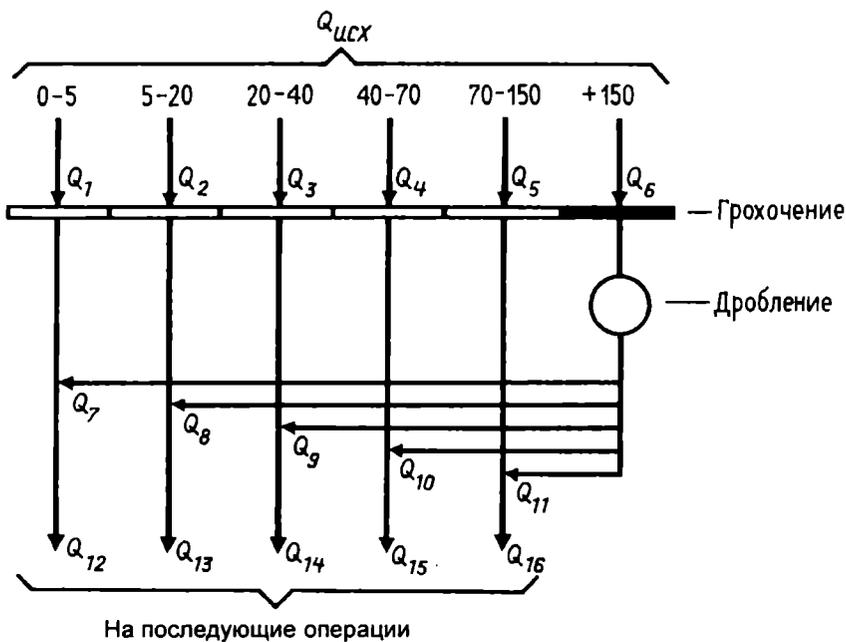


Рис. 4.9. Открытый цикл дробления

Решение

1. Определяем коэффициент закрутки для дробилки ШДС. В соответствии с рис. 4.8 $K = 1,3$.

2. По формуле (4.32) находим выход продуктов дробления в долях от потока, поступающего на дробление:

$$Q_7 = \gamma^{0-5} \cdot Q_6 = \frac{5-0}{1,3 \cdot 130} \cdot 0,2 Q_{\text{исх}} = 0,006 Q_{\text{исх}};$$

$$Q_8 = \gamma^{5-20} \cdot Q_6 = \frac{20-5}{1,3 \cdot 130} \cdot 0,2 Q_{\text{исх}} = 0,018 Q_{\text{исх}};$$

$$Q_9 = \gamma^{20-40} \cdot Q_6 = \frac{40-20}{1,3 \cdot 130} \cdot 0,2 Q_{\text{исх}} = 0,024 Q_{\text{исх}};$$

$$Q_{10} = \gamma^{40-70} \cdot Q_6 = \frac{70-40}{1,3 \cdot 130} \cdot 0,2 Q_{\text{исх}} = 0,035 Q_{\text{исх}};$$

$$Q_{11} = Q_6 - (Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10}) = 0,2 \cdot Q_{\text{исх}} - \\ - (0,006 + 0,018 + 0,024 + 0,036) = 0,116 \cdot Q_{\text{исх}}.$$

3. Устанавливаем относительное содержание отдельных фракций совокупного продукта:

$$Q_{12} = Q_1 + Q_7 = 0,1 Q_{\text{исх}} + 0,006 Q_{\text{исх}} = 0,106 Q_{\text{исх}};$$

$$Q_{13} = Q_2 + Q_8 = 0,2 Q_{\text{исх}} + 0,018 Q_{\text{исх}} = 0,2 Q_{\text{исх}};$$

$$Q_{14} = Q_3 + Q_9 = 0,25 Q_{\text{исх}} + 0,024 Q_{\text{исх}} = 0,274 Q_{\text{исх}};$$

$$Q_{15} = Q_4 + Q_{10} = 0,15 Q_{\text{исх}} + 0,036 Q_{\text{исх}} = 0,186 Q_{\text{исх}};$$

$$Q_{16} = Q_5 + Q_{11} = 0,1 Q_{исх} + 0,116 Q_{исх} = 0,216 Q_{исх}.$$

4. Проверяем правильность расчетов:

$$\begin{aligned} & Q_{12} + Q_{13} + Q_{14} + Q_{15} + Q_{16} = \\ & = (0,106 + 0,218 + 0,274 + 0,186 + 0,216)Q_{исх} = 1,0Q_{исх}. \end{aligned}$$

Пример 2. Надрешетный продукт крупностью +20 мм с промежуточной операции грохочения подается в дробилку, работающую в замкнутом цикле (рис. 4.10).

Исходные данные [15]

1. Зерновой состав горной массы, поступающей на промежуточную стадию грохочения, представлен в табл. 4.16.

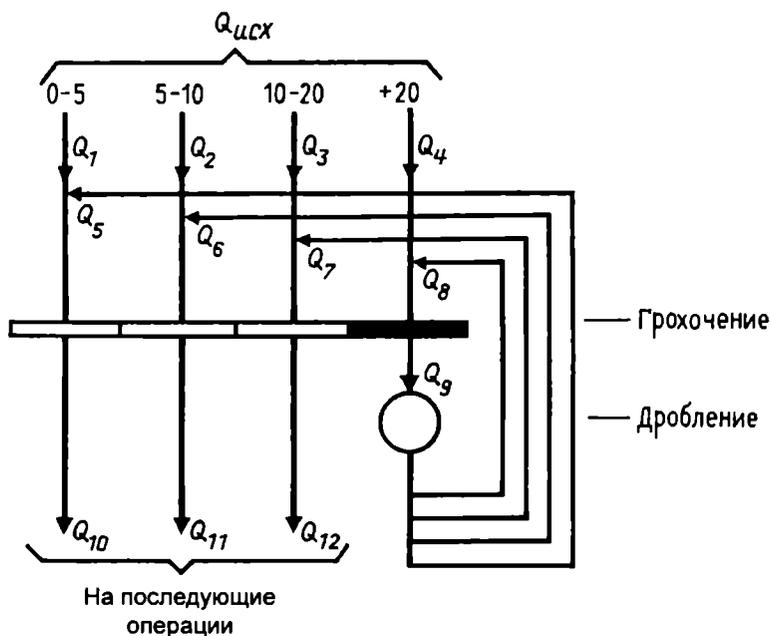


Рис. 4.10. Замкнутый цикл дробления

Таблица 4.18

Гранулометрический состав горной массы на промежуточной стадии грохочения

Размер фракций, мм	Содержание фракций, %	Содержание фракций, доли от исходного питания
0–5	15	$0,15Q_{исх}$
5–10	25	$0,25Q_{исх}$
10–20	30	$0,3Q_{исх}$
+20	30	$0,3Q_{исх}$

2. На операции грохочения — грохот с тремя просеивающими поверхностями. Размеры отверстий сит: нижнее — 5 мм, среднее — 10 мм, верхнее — 20 мм.

3. На операции дробления установлена конусная дробилка КМД-1750Т с номинальным размером выпускной щели $b_{щ} = 10$ мм.

Требуется: определить выходы продуктов после операции грохочения и относительную величину потока, поступающего в дробилку.

Решение

1. Определяем коэффициент закругнения для дробилки КМД-1750Т. В соответствии с рис. 4.8 $K = 3,2$.

2. Находим содержание фракций в продуктах дробления по формуле (4.32) (доли. ед.):

$$\gamma^{0-5} = \frac{5-0}{3,2 \cdot 10} = 0,156;$$

$$\gamma^{5-10} = \frac{10-5}{3,2 \cdot 10} = 0,156;$$

$$\gamma^{10-20} = \frac{20-10}{3,2 \cdot 10} = 0,312;$$

$$\gamma^{+20} = 1,0 - (\gamma^{0-5} + \gamma^{5-10} + \gamma^{10-20}) = 0,376.$$

3. Устанавливаем относительную величину потока материала, поступающего на дробление:

$$Q_9 = \frac{Q_4}{1 - \gamma^{+20}} = \frac{0,3Q_{\text{исх}}}{1 - 0,375} = 0,48Q_{\text{исх}}.$$

4. Вычисляем относительные выходы продуктов дробления:

$$Q_5 = \gamma^{0-5} \cdot Q_9 = 0,156 \cdot 0,48Q_{\text{исх}} = 0,075Q_{\text{исх}};$$

$$Q_6 = \gamma^{5-10} \cdot Q_9 = 0,156 \cdot 0,48Q_{\text{исх}} = 0,075Q_{\text{исх}};$$

$$Q_7 = \gamma^{10-20} \cdot Q_9 = 0,312 \cdot 0,48Q_{\text{исх}} = 0,15Q_{\text{исх}};$$

$$Q_8 = Q_9 - (Q_5 + Q_6 + Q_7) = 0,48Q_{\text{исх}} - (0,075 + 0,075 + 0,15) = 0,18Q_{\text{исх}}.$$

Q_8 представляет собой постоянно присутствующий циркулирующий поток.

5. Определяем выход продуктов после операции грохочения:

фракция 0–5 мм

$$Q_{10} = Q_1 + Q_5 = 0,15 Q_{\text{исх}} + 0,075 Q_{\text{исх}} = 0,225Q_{\text{исх}};$$

фракций 5–10 мм

$$Q_{11} = Q_2 + Q_6 = 0,25 Q_{\text{исх}} + 0,075 Q_{\text{исх}} = 0,325Q_{\text{исх}};$$

фракция 10–20 мм

$$Q_{12} = Q_3 + Q_7 = 0,3 Q_{\text{исх}} + 0,15 Q_{\text{исх}} = 0,45Q_{\text{исх}}.$$

6. Проверяем правильность расчетов

$$Q_{10} + Q_{11} + Q_{12} = (0,225 + 0,325 + 0,45) Q_{исх} = 1,0 Q_{исх}.$$

В заключение данного раздела в табл. 4.17—19 представим технические характеристики оборудования дробления горных пород для получения щебня. Этими дробилками оснащены практически все дробильно-сортировочные заводы (фабрики).

В настоящее время широко рекламируется продукция ОАО «Механобр-Техника» [22]. Указанное предприятие предлагает широкий спектр виброщековых (табл. 4.20) и виброконусных (табл. 4.21) дробилок, позволяющих в технологических схемах производства щебня получать так называемый «кубовидный щебень» (рис. 4.11).

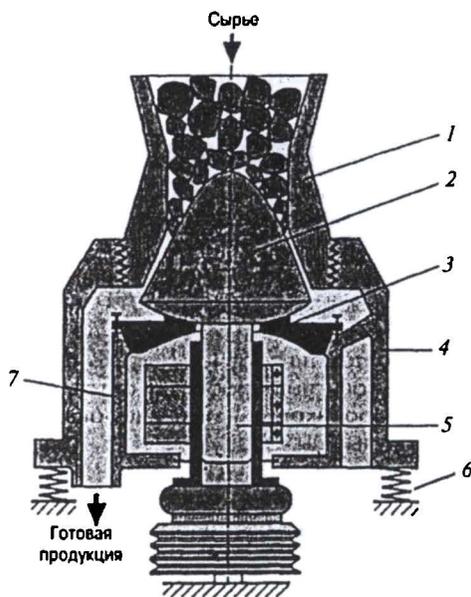


Рис. 4.11. Вибрационная конусная дробилка:

1 — наружный дробящий конус; 2 — внутренний дробящий конус; 3 — сферическая опора; 4 — корпус; 5 — вал; 6 — амортизаторы; 7 — дебалансный вибратор

Таблица 4.17

Технические характеристики щековых дробилок

Параметры	Дробилки со сложным качанием щеки					Дробилки с простым качанием щеки		
	ЩДС 1,6×2,5	ЩДС 2,5×4	ЩДС 2,5×9	ЩДС 4×9	ЩДС 6×9	ЩДП 9×12	ДДП 12×15	ЩДП 15×21
Размеры приемного отверстия, мм	160× 250	250× 400	250× 900	400× 900	600× 900	900× 1200	1200× 1500	1500× 2100
Наибольшая крупность исходного материала, мм	130	210	210	310	500	750	1000	1300
Номинальная выходная щель, мм	30	40	40	60	100	130	150	180
Диапазон регулирования выходной щели, мм, не менее	±15	+40 -20	±20	±25	±30	±35	±40	±45
Производительность при номинальной выходной щели, м ³ /ч, не менее	3,0	7,8	18	30	62	180	310	600
Мощность электродвигателя, кВт	7,5	17	40	40	75	100	160	250
Масса дробилки без электродвигателя, т	1,37	2,56	8,0	12,0	20	75	145	260
Габаритные размеры, м:								
длина	0,88	1,36	1,67	2,14	2,63	5,0	6,4	7,5
ширина	1,07	1,24	2,1	2,14	2,28	6,0	6,8	7,0
высота	1,085	1,435	1,6	2,0	2,4	4,0	5,0	6,0

Технические характеристики конусных дробилок среднего дробления

Параметры	КСД-600Т	КСД-600Гр	КСД-900Гр	КСД-1200Т	КСД-1200Гр	КСД-1750Т	КСД-1750Гр	КСД-2200Т	КСД-2200Гр
Производительность, м ³ /ч	5–15	19–40	36–55	42–95	77–115	100–190	170–320	180–360	360–600
Диаметр основания подвижного конуса, мм	600	600	900	1200	1200	1750	1750	2200	2200
Наибольший размер куска загружаемого материала, мм	40	60	100	100	150	160	200	250	300
Размер выходной щели, мм	5–15	12–35	15–40	10–25	20–50	15–30	25–60	15–30	30–60
Частота вращения эксцентриковой втулки (качаний конуса), об/с	6,1	6,1	5,5	4,3	4,3	4,3	4,3	4,0	4,0

Мощность электродвигателя, кВт	30	30	55	75	75	160	160	250	250
Масса без электродвигателя, т	5	5	12,5	22	22	55	55	100	100

Таблица 4.19

Технические характеристики конусных дробилок мелкого дробления

Показатели	КМД-1200Т	КМД-1200Гр	КМД-1750Т	КМД-1750Гр	КМД-2200Т	КМД-2200Гр
Производительность, м ³ /ч	20–40	30–50	85–110	95–180	170–220	220–260
Диаметр основания подвижного конуса, мм	1200	1200	1750	1750	2200	2200
Наибольший размер куска загружаемого материала, мм	40	80	70	100	85	110
Размер выходной щели, мм	3–12	5–15	5–15	9–20	5–15	10–20
Частота вращения эксцентриковой втулки (качаний конуса), об/с	4,3	4,3	4,3	4,3	4,0	4,0
Мощность электродвигателя, кВт	75	75	160	160	250	250
Масса без электродвигателя, т	22	22	55	55	100	100

Технические характеристики виброщелевых дробилок

Параметры	ВЩД 130×300	ВЩД 440×800	ВЩД 440×1200	ВЩД 600×1200
Производительность, т/ч	2	35	50	50
Наибольшая крупность исходного куска, мм	120	400	400	520
Крупность 95 % готового продукта, мм	15	50	50	50
Установленная мощность двигателей, кВт	11×2	28×2	37×2	45×2
Габариты, мм				
длина	1570	4000	800	800
ширина	1240	3100	3100	3300
высота	1200	2680	2860	2860
Масса, т	15	16	18,6	22

Таблица 4.21

Технические характеристики конусных (виброконусных) инерционных дробилок

Параметры	КИД-60	КИД-100	КИД-200	КИД-300	КИД-450	КИД-600	КИД-900	КИД-1200	КИД-1750	КИД-2200
Диаметр дробящего конуса, мм	60	100	200	300	450	600	900	1200	1750	2200
Наибольший размер исходного куска (размер куска для специальной дробящей камеры), мм	6	10	20	20(50)	35(70)	50(100)	70(130)	80(160)	90(180)	110(200)
Производительность дробилки на минерале средней прочности (например, кварц) с влажностью не более 4 % (производительность при мокром дроблении), т/ч	0,005	0,01	0,15	1,5[5]	8[22]	25[70]	45[120]	100[250]	180[420]	300[700]

Параметры	КИД-60	КИД-100	КИД-200	КИД-300	КИД-450	КИД-600	КИД-900	КИД-1200	КИД-1750	КИД-2200
Крупность дробленого продукта (при регулировке на самый мелкий продукт), мм	0,2	0,3	0,7	2,0/3,0	3,0/5,0	5,0/7,0	6,0/8,0	8,0/10,0	10,0/14,0	12,0/16,0
Параметры электродвигателя привода:										
мощность, кВт										
напряжение, В	0,55	1,0	5,5	10	30	65	160	200	400	600
частота вращения, мин ⁻¹	380	380	380	380	380	380	380	380	6000	6000
	1800–2200	1800–2200	1000–2000	1450	1380	950	750	750	500	450
Габариты, мм										
длина	300	350	580	1300	1500	2170	3210	4000	6500	6600
ширина	100	210	380	800	1000	1280	1890	2500	4000	4000
высота	380	400	770	1450	1650	2170	2210	2700	5400	6400
Масса дробилки*, т	0,015	0,05	0,20	8,0	3,5	6,5	16	35	90	140
* Без электрического и смазочного оборудования, но с учетом металлической опоры, которая исключает необходимость устройства фундамента.										

4.4. ПРОМЫВКА, СГУЩЕНИЕ И ОБЕЗВОЖИВАНИЕ

В технологических схемах разработки песчано-гравийных месторождений с последующей переработкой горной массы и получением товарных продуктов в виде песка, гравия и щебня операции промывки, сгущения и обезвоживания являются не основными, однако очень важными для обеспечения качества продукции и режима работы основного оборудования: грохотов, классификаторов, дробилок.

Средствами гидромеханизации разрабатываются, как правило, песчано-гравийные месторождения, образовавшиеся в результате деятельности водных потоков — аллювиальные и пролювиальные, а также ледникового происхождения. Содержание глины в горной массе этих месторождений может быть весьма значительным и составлять 0,1—0,5 % для аллювиальных месторождений, до 10 % — в пролювиальных и несколько выше — в месторождениях ледникового происхождения. Данные геологической разведки не выделяют содержание глинистых компонентов в отдельных фракциях, а указывают общее содержание глинистых частиц, в том числе содержание глины в комках.

Во всех технологических схемах вопросам отделения глины уделяется большое внимание, так как необходимо строго обеспечить требования ГОСТа по содержанию в конечных продуктах глинистых частиц. Как показывают исследования, для получения бетонной смеси заданной жесткости применение заполнителей, содержащих до 10 % глинистых примесей, вызывает перерасход цемента до 45 % и

снижает прочность бетона до 30 %. Операция удаления глины и илистых частиц вызывается *промывкой* [25].

Гидромеханизированный способ разработки песчано-гравийных месторождений по сравнению с «сухими» способами способствует лучшему отделению примесной глины. Гидромеханизированный способ можно представить в виде распределенного во времени и пространстве дезинтегратора, т.е. устройства для механического разрыхления с водой связанных между собой составных частей полезного ископаемого. Вовлечение грунта во всас, его проход через рабочее колесо грунтового насоса и движение грунта в турбулентном потоке воды по напорному трубопроводу приводят к тому, что значительная часть глины, обволакивающая зерна, и комовая глина диспергируются и переходят в суспензию.

При небольших ее содержаниях в исходной горной массе этого бывает достаточно для промывки и удаления диспергированной глины и пылеватых частиц на гидроотвалах. При этом промывка поверхности гидроотвала водой производится перед установкой следующего ряда шандор над колодцем; по всей длине карты намыва поддерживается скорость потока, достаточная для транспортирования илистых и глинистых частиц, что достигается постепенным сужением ширины карты и другими мероприятиями.

При несколько большем содержании глинистых и илистых примесей (до 10 %), обволакивающих зерна песка и гравия, для их смыва на первых стадиях грохочения (например, колосниковых грохотах или виброгрохотах) устанавливаются разбрызгивающие устройства. Промывка производится на участке $2/3$ длины сита начиная от места загрузки потока горной массы. Вода на сито подается

по всей ширине грохота струями под углом $100\text{--}110^\circ$ по отношению движения потока горной массы. Насадки разбрызгивающего устройства располагаются на расстоянии $0,3\text{--}0,5$ м от поверхности сита. Расход воды на промывку составляет $2\text{--}3$ м³ на 1 м³ гравия при давлении $0,15\text{--}0,2$ МПа.

При средне- и труднопромывистой горной массе с содержанием глины до 20 % промывка на грохотах может осуществляться на всех стадиях грохочения.

В особо тяжелых условиях при содержании в исходной горной массе высокопластичных глин для доводки материала в отношении глинистых примесей до требований ГОСТа требуется его промывка в специальных машинах: барабанных мойках — скрубберах и скрубберах-бутарах, вибромойках, корытных мойках и др.

Барабанные мойки в промышленности нерудных строительных материалов имеют ограниченное применение. Наибольшее распространение они нашли при разработке россыпных месторождений. Вибромойки — промывочные машины нового поколения и пока не освоены отечественной промышленностью. Простейшей вибрационной промывочной машиной можно считать плоский виброгрохот, работающий с орошением.

Наибольшее применение для промывки щебня и гравия мелких фракций получили промывочные машины корытного типа. Они представляют собой ванну прямоугольной или овальной формы, в которой установлены один или два лопастных вала, выполненных в виде прерывистой или непрерывной спирали. Принцип действия корытных моек противоточный: вода движется навстречу промываемому материалу. Образующиеся шламы удаляются из ванны через

отверстия в боковых стенках или через сливной порог со стороны загрузки. Технические характеристики корытных моек представлены в табл. 4.22.

На дробильно-сортировочных заводах и фабриках (ДСЗ, ДСФ), где на конечных стадиях осуществляется промывка щебня в корытных мойках, он получает название «мытый щебень», что означает его, безусловно, высокое качество.

Таблица 4.22

Технические характеристики корытных моек различных марок

Параметры	К-7	К-12	К-14
Производительность, т/ч	60, 40, 30	100	150
Максимальная крупность промываемого материала, мм	40	100	100
Диаметр окружности, описываемой лопастями вала, мм	750	1200	1400
Угол установки лопастей спирали к оси вала, градусы	65	65	65
Число заходов лопастей спирали	2	2	2
Частота вращения лопастных валов, об/мин	32; 21; 5; 5	15; 12; 9,4	15; 12; 9,4
Установленная мощность, кВт	40; 26; 24	55	55
Габаритные размеры, мм:			
длина	8950	11810	11960
ширина	2840	3463	3560
высота	1000	1941	2156
Масса, т:			
без материала	10,5	23,05	28,2
с материалом и водой	15,0	40	48

При гидромеханизированной разработке песчано-гравийного месторождения практически все процессы, исключая дробление, можно рассматривать как процессы обезвоживания по отношению к одному из конечных продуктов. Так, например, при подаче пульпы от земснаряда на конические грохоты или в гидравлические классификаторы можно выделить крупную фракцию с заданной влажностью в пределах 20—50 %. Кроме того, для более глубокого обезвоживания грунтосорборники оснащаются устройствами обезвоживания в виде перфорированных лотков и специальных лотков и труб с вибраторами. Для этих целей ВНИПИИСтромсырье разработаны трубчатые виброобезвоживатели типа ВЗО с сечением перфорированных труб 110—300 мм производительностью 10—100 т/ч по песку.

В качестве аппаратов для обезвоживания используются также дуговые сита и гидроциклоны (см. рис. 3.1).

Гравий, выделенный на виброгрохотах, практически не требует дополнительного обезвоживания и подается ленточными конвейерами на склады или немедленно отгружается в транспортные средства, причем склады не требуют сооружения в их основаниях специальных дренажных систем.

Основная масса жидкой фазы пульпы поступает в технологическую линию переработки песка. Концентрация песка в песчаной пульпе значительно ниже концентрации его в исходной массе.

В большинстве случаев, особенно на карьерах небольшой производительности, обезвоживание песка производится на намывных складах (штабелях) с помощью водосбросных колодцев и системы дренажа. При этом часть

песка теряется в сливе и качество его снижается из-за сегрегации зерен по длине карты намыва. Установлено, что более экономично складировать песок и гравий не намывным способом, а с предварительным обезвоживанием с помощью специальных аппаратов и с дальнейшим их транспортированием и формированием складов штабелеукладчиками.

Транспортабельность песка и гравия ленточными конвейерами обеспечивается при относительной влажности этих продуктов порядка 20 %. Поэтому на конечных операциях наиболее распространенным оборудованием для обезвоживания песка являются спиральные классификаторы, обеспечивающие влажность песка в этих пределах. Затем песок направляют на окончательное обезвоживание в склады и бункера, оборудованные дренажной системой.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
СХЕМЫ
ПЕРЕРАБОТКИ
СТРОИТЕЛЬНЫХ
ГОРНЫХ ПОРОД

5.1 Общие понятия
5.2. Технологические схемы
существующих типовых
проектов



5

5.1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ

По характеру выпускаемой продукции и особенностям технологии предприятия промышленности строительных материалов подразделяют на щебеночные (дробильно-сортировочные), гравийно-песчаные и песчаные (гравийно-сортировочные).

Предприятия, на которых сырье добывают экскаваторами, работают в течение всего года. Предприятия с гидромеханизированным способом добычи гравия и песка работают сезонно. Предприятия, выпускающие щебень, гравий и песок, подразделяют на стационарные, сборно-разборные и передвижные. Их производственная мощность соответственно свыше 400, 200—400 и до 200 тыс. м³/год.

При переработке прочных однородных изверженных, метаморфических и осадочных пород технологическая схема однопоточная, при переработке неоднородных по прочности карбонатных пород — двухпоточных материалов — двухпоточная с выделением гравийного и щебеночного потоков. На предприятиях, вырабатывающих свыше 1000 тыс. м³ щебня в год, предусмотрено несколько параллельных технологических линий с одинаковым набором оборудования.

Технология переработки горных пород всех типов включает в себя операции дробления и грохочения, при содержании в горной массе глины применяют промывку.

В зависимости от выхода (%) готовой продукции различают безотходную (100), малоотходную (>90), высоко- (70—90), средне- (55—70) и низкопродуктивную (<55)

технологии. При комплексном использовании сырья, кроме выпуска щебня, гравия и песка, производят сырье для приготовления цемента, минеральных удобрений, смеси для асфальтобетона, добавки к корму животных и птиц, а также другую продукцию [13].

5.2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТИПОВЫХ ПРОЕКТОВ

5.2.1. ГРУППЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПЕРЕРАБОТКИ

Все технологические схемы действующих гидромеханизированных предприятий и существующих типовых проектов можно разделить на две основные группы: поточные и поточно-циклические. Выбор технологических схем зависит в основном от содержания гравия в исходной горной массе и от коэффициента неравномерности подачи материала в исходном питании. Применение *поточной технологии* считается целесообразным, если коэффициент неравномерности не превышает 2,0. При более высоком значении коэффициента используют поточно-циклические схемы, когда выделенный гравий после предварительной стадии грохочения направляется в промежуточную емкость (склад) и дальнейшая его переработка осуществляется при подаче с этого склада.

При содержании гравия в исходной горной массе до 20—30 %, как правило, применяются поточные схемы переработки, включающие в себя стадию предварительного грохочения по крупности 5 мм, дальнейшие операции по классификации и обезвоживанию песка, разделение гравия по фракциям 5–10, 10–20 или 5–20 мм, а также 20–40 и +40 мм.

При содержании гравия в исходной горной массе свыше 20—30 % в состав гидромеханизированного предприятия включаются цеха дробления крупного материала на щебень. В этом случае типичной технологической схемой является *поточно-цикличная*.

В поточных технологических схемах гидромеханизированной разработки песчано-гравийных месторождений для производства высококачественных заполнителей бетонных смесей (песка и гравия) оптимальным вариантом является сочетание гидравлических и механических грохотов. Это объясняется тем, что с помощью гидравлического оборудования удастся эффективно осуществлять обогащение песков, промывку и удаление глинистых и органических примесей, а также транспортирование нетоварных фракций за пределы рабочей площадки сортировочно-складского хозяйства. Механическое оборудование (грохоты) обеспечивает высокую точность и эффективность разделения на фракции гравийных смесей [15].

5.2.2. ПОТОЧНАЯ СХЕМА ПЕРЕРАБОТКИ

На рис. 5.1, *а* представлена технологическая схема, используемая при разработке среднепромывистых смесей с содержанием гравия до 30 %. В качестве сортирующих устройств используются конический грохот и виброгрохот. Песчано-гравийная смесь, связанная в забое пылеватыми, илистыми и глинистыми частицами, разрабатывается земснарядом, который оборудован механическим рыхлителем (фрезой или роторной головкой). Пульпа по трубопроводу поступает на конический грохот, где происходит предварительное разделение исходного сырья по граничному зерну 5 мм. Фракция +5 мм, частично засоренная зернами крупно-

стью менее 5 мм, подается на двухситный вибрационный грохот. На верхнем сите отбивается гравий крупнее 20 мм. Гравий 5–20 мм, скатываясь с нижнего сита виброгрохота, попадает в приемник гидроэлеватора и подается по трубам в штабель готовой продукции. Гравий +20 мм, скатываясь с верхнего сита виброгрохота, сбрасывается по направляюще-му желобу в штабель гравия +20 мм.

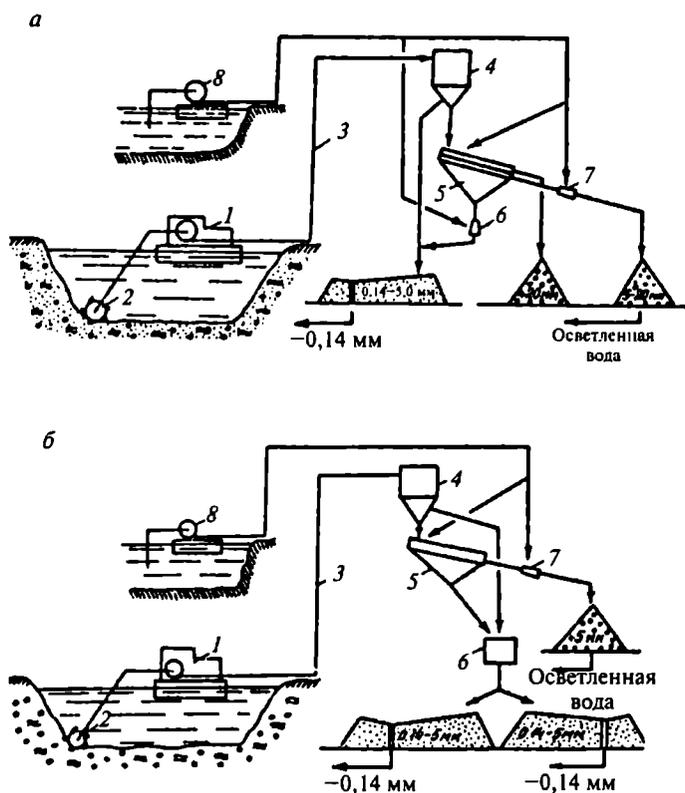


Рис. 5.1. Поточные технологические схемы с использованием конических грохотов:

a — для разделения среднепромывистых пород с содержанием гравия до 30 %; *b* — то же, с содержанием гравия до 20 %; 1 — земснаряд; 2 — механический рыхлитель; 3 — напорный пульпопровод; 4 — конических грохот; 5 — виброгрохот; 6 — сборная усреднительная емкость; 7 — гидроэлеватор; 8 — насосная станция

Песок, просеявшийся через оба сита виброгрохота, попадает в бункер и с помощью гидроэлеватора подается в пульповод мелкого продукта, идущий от конического грохота на склад песка и состоящий из трех — четырех карт намыва. Глинистые, пылеватые и илистые частицы удаляются с карт намыва через шандорные колодцы.

Технологическая схема, изображенная на рис. 5.1, б, применяется при разработке песчано-гравийных месторождений, не имеющих включения валунов, с содержанием гравия до 20 %. В состав технологического комплекса входят: земснаряд, оборудованный механическим рыхлителем; конический грохот; колосниковый грохот; усреднительная емкость; плавучая насосная станция. Исходная горная масса от земснаряда по напорному трубопроводу подается на конический грохот, где под действием остаточного напора грунтового насоса производится разделение песчано-гравийной смеси по заданной крупности.

Далее пульпа с мелким продуктом поступает в усреднительную емкость. Гравий с оставшимся в нем песком поступает на колосниковый грохот, где на наклонной решетке происходит окончательное разделение песка и гравия. Гравий по решетке и лотку скатывается в штабель +5 мм, а пульпа с песком и загрязняющими компонентами поступает в усреднительную емкость, смешиваясь с пульпой, поступившей из конического грохота. Песок складывается на склад, разделенный на четыре карты намыва: три карты — намываемые, одна — отгружаемая. Две из намывных карт поочередно принимают водопесчаную смесь; на третьей карте в это время устраивается обвалование из намывного песка. Все карты сужаются в направлении движения пульпы. На каждой карте существует по одному водосбросному колодцу [15].

Расчет конического грохота и качественных показателей разделения песчано-гравийной смеси для приведенной технологической схемы будет рассмотрен далее. Расчет произведен для земснаряда типа 180—60, разрабатывающего месторождение с содержанием гравия до 20—30 %.

В практике гидромеханизированной разработки песчано-гравийных месторождений получили распространение технологические схемы с использованием гидроклассификаторов. Причем применяются они как на карьерах с ограниченными запасами горной массы (в этом случае используют передвижные или полустационарные сортировочные установки), так и на карьерах с большими запасами, где переработка горной массы осуществляется на сортировочных заводах.

На рис. 5.2, а представлена технологическая схема добычи и переработки песчано-гравийной смеси, которая используется, как правило, на небольших карьерах. Все оборудование выполнено в передвижном или полустационарном исполнении с целью быстрой передислокации на новый участок работ. Земснаряд подает песчано-гравийную массу на гидроклассификатор, в котором производится выделение глинистых и пылеватых частиц и очень мелкой фракции песка $-0,14—0,315$ мм. Слив гидроклассификатора сбрасывается в отстойник или майну. Крупный продукт из классификатора, частично загрязненный мелкими частицами, не попавшими в слив, поступает на конический грохот, где происходит его разделение по крупности 5 мм. Песок подается на гидроотвал, гравий сбрасывается в штабель.

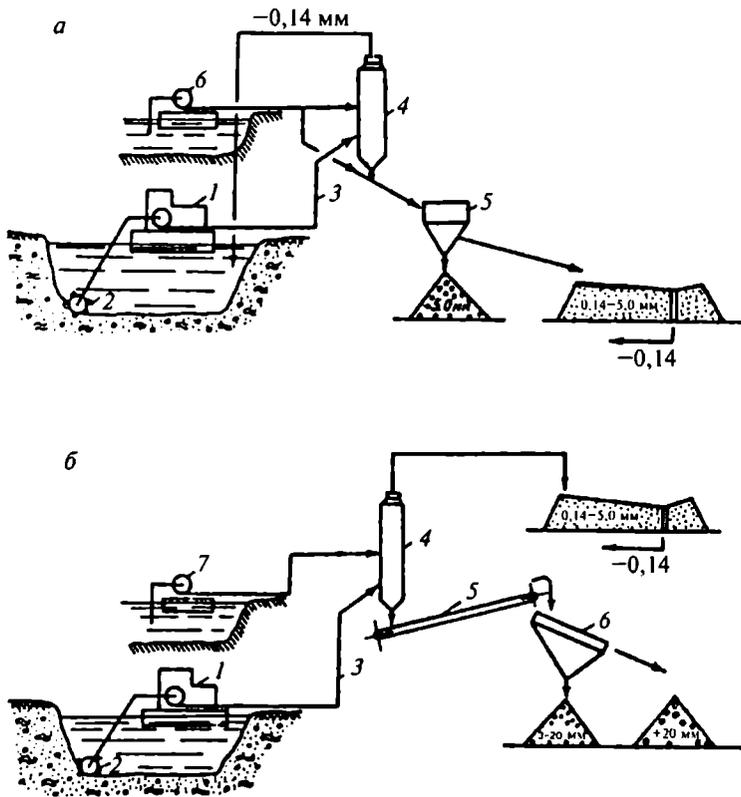


Рис. 5.2. Поточные технологические схемы с использованием гидрокласификаторов:

a — передвижное исполнение сортировочных устройств: 1 — земснаряд; 2 — механический рыхлитель; 3 — напорный пульпопровод; 4 — гидрокласификатор; 5 — конический хροот; 6 — насосная станция; *б* — полустационарное (стационарное) сортировочное хозяйство: 1 — земснаряд; 2 — механический рыхлитель; 3 — напорный пульпопровод; 4 — гидрокласификатор; 5 — ленточный конвейер; 6 — виброхроот; 7 — насосная станция

Данная схема может быть использована при разработке песчано-гравийных месторождений с содержанием в исходной горной массе более 3—10 % пылеватых и глинистых частиц и до 15 % гравия.

Расчет и выбор гидроклассификатора производятся по производительности земснаряда по горной массе при консистенции исходной пульпы Т:Ж = 1:10 и по величине граничного зерна $d_{гр} = 0,1+0,15$ мм. Расчет конического грохота ведется по изложенной ранее методике.

Технологическая схема, представленная на рис. 5.2, б, применяется на песчано-гравийных заводах производительностью 300—500 м³/ч по горной массе, в которой содержание пылеватых и глинистых частиц не превышает 10—15 % при содержании гравия 30—50 % и незначительном (до 10 %) содержании гальки и валунов. Здесь на первой стадии используется гидроклассификатор большой производительности, режим работы которого устанавливается на разделение зерен по граничной крупности 2—3 мм. Слив гидроклассификатора поступает на гидроотвал, где происходит сброс глинистых частиц через шандорные колодцы. Крупная фракция подается на механические грохоты, где разделяется на две или более фракции гравия.

В соответствии с данной технологической схемой «Гидромехпроект» был разработан типовой проект песчано-гравийного завода, план которого представлен на рис. 5.3. Разработка обводненного песчано-гравийного месторождения производится двумя земснарядами типа 350—50. Горная масса по двум пульпопроводам поступает на гидроклассификаторы ГКД-2-1600. На плане изображены три гидроклассификатора, два из которых рабочие, а один находится в постоянном резерве. Слив гидроклассификаторов поступает в штабели песка, с которых осветленная вода вместе с пылеватыми и глинистыми частицами через шандорные колодцы и водоотводную канаву сбрасывается в майну.

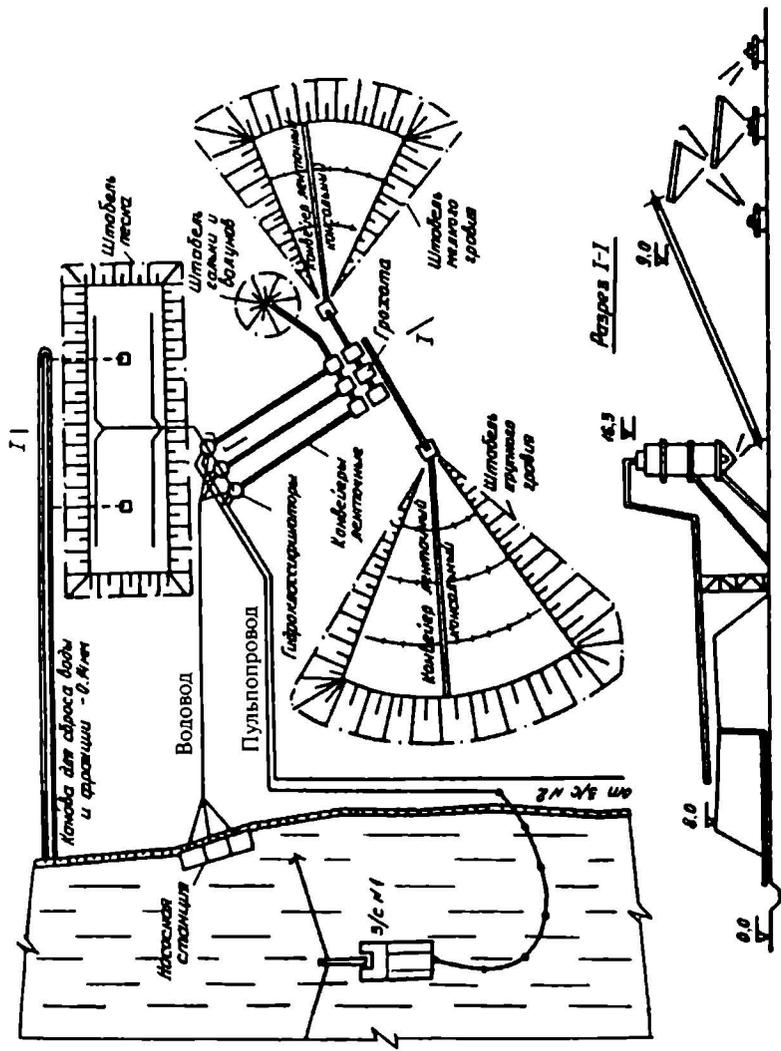


Рис. 5.3. Схематический план песчано-гравийного завода

Крупная фракция от гидроклассификаторов с помощью ленточных конвейеров подается на виброгрохоты, где она разделяется на три фракции: мелкий гравий (3—20 мм); крупный гравий (20—40 мм); галька и валуны (крупнее 40 мм). Из-под грохотов ленточными конвейерами эти фракции разводятся по направлениям: галька и валуны — непосредственно в штабель, а мелкий и крупный гравий поступают на консольные ленточные конвейеры — штабелеукладчики, оборудованные плужными сбрасывателями. С их помощью формируются два штабеля — мелкого и крупного гравия.

Отгрузка потребителям разделенных продуктов — песка, мелкого и крупного гравия, а также гальки и валунов осуществляется экскаваторами в автотранспорт.

Пример. Произвести расчет гидроклассификации и сортировки конечных продуктов для одного земснаряда по изложенной ранее методике для следующих условий:

1) земснаряд 350-50Т производительностью 300 м³/ч по горной массе подает песчано-гравийную смесь на гидроклассификатор ГКД-2-1600.

2) содержание глинистых и пылеватых частиц в исходной горной массе — 15 %, содержание гальки и валунов — 9,0 %; распределение остальных фракций дано в табл. 5.1, где представлены также конечные результаты расчетов по указанной методике; здесь выход в мелкий продукт отдельных фракций ϵ_i определен в соответствии с кривой извлечения на рис. 4.5 для $d_{гр} = 3,0$ мм, а суммарный выход мелкого и крупного продуктов — по формулам (4.29), (4.30). В результате $\gamma_m = 59,8$ %, $\gamma_{кр} = 40,2$ %.

Для качественной оценки полученных результатов произведен пересчет содержания отдельных фракций (см. табл. 5.1, табл. 5.2) [15].

Таблица 5.1

Расчет процессов классификации и грохочения

Фракции, мм	Содержание в исходном, %	Выход в мелкий продукт ϵ_i , %	Содержание в мелком продукте $\beta_m^i = \epsilon_i \beta_{\text{тех}}^i / \gamma_{\text{гр}}$, %	Содержание в крупном продукте $\beta_{\text{кр}}^i = \frac{(1 - \epsilon_i) \beta_{\text{исх}}^i}{\gamma_{\text{кр}}}$, %	Распределение по конечным продуктам			
					отдельных фракций, %	всего, % (м ³ /ч)	направление	
0–0,16	15	100	25,1	–	15,0	15,0 (45,0)	Сброс через шандорные колодцы	
0,16–0,315	12	100	20,1	–	12,0	44,8 (134,4)	Штабель песка	
0,315–0,63	11	100	18,4	–	11,0			
0,63–1,25	10	100	16,7	–	10,0			
1,25–2,5	9	90	13,5	2,2	8,1	17,2	Штабель мелкого гравия	
2,5–5,0	8	40	5,4	12,0	3,2			4,8
5,0–10,0	5	10	0,8	11,2	0,5			4,5
10,0–20,0	7	–	–	17,4	7,0	(51,6)		
40,0–70,0	6	–	–	14,9	6,0	9,0 (27,0)	Штабель гальки и валунов	
70,0–150	3	–	–	7,5	3,0			
<i>Итого</i>	100		100	100		100 (300,0 м ³ /ч)		

Таблица 5.2

Гранулометрический состав песка, %

Остатки на ситах	Размер отверстий сит, мм					Проход сквозь сито 0,13 мм, %
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	
Частные	7,2	18,3	22,5	25,0	27,0	—
Полные	7,2	25,5	48,0	73,0	100,0	—

Модуль крупности песка:

$$M_k = \frac{7,2 + 25,5 + 48,0 + 73,0 + 100}{100} = 2,54.$$

По зерновому составу намытый песок для принятых исходных условий соответствует группе песка «крупный». По остатку на сите № 063 — 48 % также соответствует указанной группе. По содержанию зерен крупностью +5,0 мм — 1,1 % относится к I классу.

5.2.3. ПОТОЧНО-ЦИКЛИЧНАЯ СХЕМА ПЕРЕРАБОТКИ

На крупных гидромеханизированных карьерах, разрабатывающих песчано-гравийные месторождения с содержанием гравия свыше 20—30 % в основном применяются поточно-циклические схемы переработки с выпуском готовой продукции в виде гравия и щебня различных фракций и обогащенного классифицированного песка.

Институтом ВНИПИИСтромсырье были разработаны типовые схемы дробильно-сортировочных заводов ДСЗ для различной годовой производительности по исходной горной массе, различного содержания каменной продукции (гравия и валунов) и промывистости исходного материала в зависимости от содержания глины.

На рис. 5.4 представлена технологическая схема ДСЗ. На рис. 5.5 показан узел первичного разделения песчано-гравийной смеси ПГС в конических гидрогрохотах. После этой операции формируются *две линии*: гравийная и песчаная.

Гравий направляется в промежуточный склад, вместимость которого обычно рассчитывается на 30—35 ч работы завода. Отвод воды на гравийной линии осуществляется дренажной системой, а на высокомеханизированных заводах производится в виброобезвоживателях, оборудованных ситами с щелевидными отверстиями. Выделенный гравий, как правило, содержит до 10—15 % мелкой фракции (-5 мм).

Песчаная линия может быть нескольких типов. В простейшей из них весь подрешетный продукт (0—5 мм) намывается в штабели, где осуществляется смыв глинистых и илистых частиц, а избыточная вода удаляется через шандорные колодцы. Отгрузка песка потребителям производится из намытых штабелей.

Однако качество намытого песка может не удовлетворить взыскательных потребителей, так как крупность частиц по длине карты намыва будет неравномерной. Кроме того, надо учитывать до 10—15 % потерь от консолидированного вокруг шандорного колодца некондиционного материала.

На крупных ДСЗ песчаную линию комплектуют дополнительным оборудованием. На рис. 5.6 представлен один из вариантов получения обогащенного классификационного песка. От конического гидрогрохота песчаная пульпа поступает в гидравлический классификатор 1, где в автоматизированном режиме разделяется в восходящем потоке по крупности 0,14—0,2 мм. Слив гидроклассификатора самотеком поступает в шламоотстойник б, а крупные пески выгружаются в спиральный классификатор 2, где обезво-

живаются и радиально-поворотным штабелеукладчиком 3 складываются в штабель вместимостью до 20 тыс. м³. Слив классификатора самотеком поступает в зумпф 4 и землесосом 5 откачивается в шламоотстойник 6.

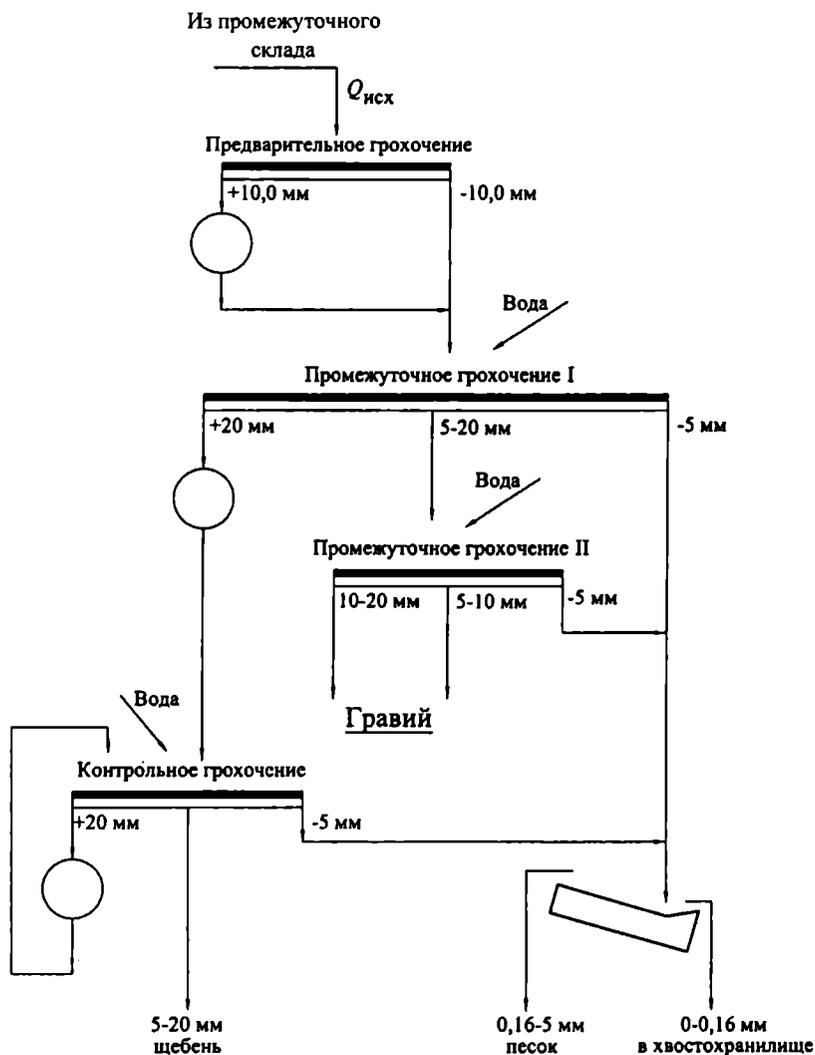


Рис. 5.4. Технологическая схема ДСЗ

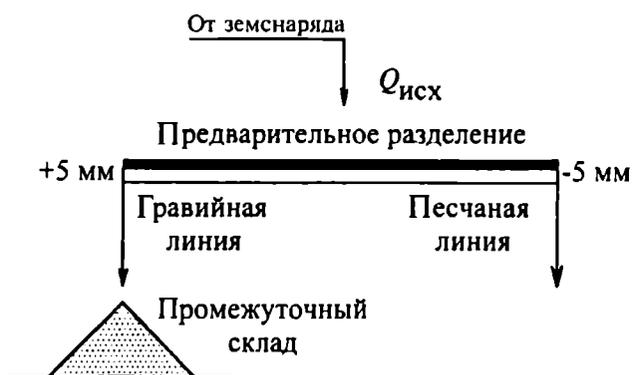


Рис. 5.5. Узел первичного разделения ПГС

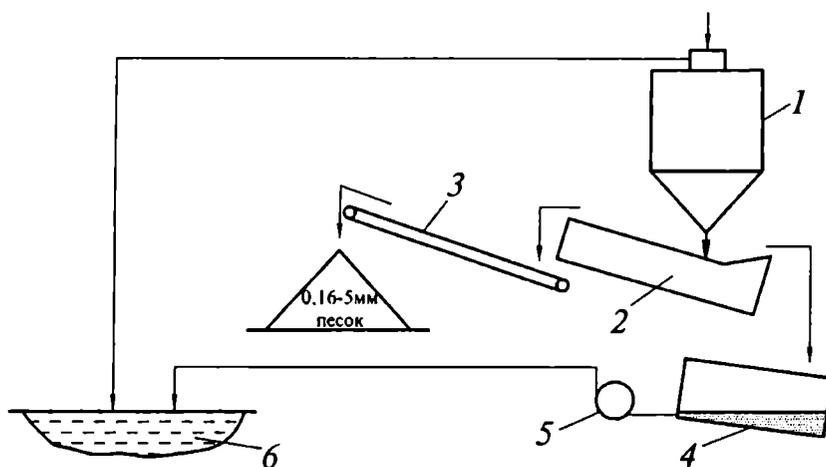


Рис. 5.6. Обогащение песка на песчаной линии.

Усл. обозначения — см. текст

Такая компоновка оборудования на песчаной линии ДСЗ позволяет получить качественный мытый классифицированный песок с равномерной крупностью по всему объему штабеля.

Гравийная линия ДСЗ представлена на рис. 5.4. На отечественных предприятиях вся цепочка дробильных и сортировочных устройств, как правило, сосредоточена в одном производственном здании. На исключительно крупных ДСЗ по переработке ПГС операции могут быть разъединены: «цех крупного дробления», «цех среднего дробления» и т.д. Однако в этих случаях между названными цехами сооружаются дополнительные промежуточные склады.

В соответствии с представленной на рис. 5.4 схемой на гравийной линии ДСЗ производится выделение мелкого гравия фракций 5–10 мм и 10–20 мм и применяется трехстадийное дробление крупного (более 20 мм) и валунов на щебень фракции 5–20 мм. Кроме того, на последовательных операциях грохочения выделяются песок из гравия, находящегося в промежуточном складе, и дробленый материал крупностью 0—5 мм после каждой операции дробления. Схема построена по принципу «не дрови лишнее», т.е. перед каждой стадией дробления присутствует операция грохочения для выделения по крупности кусков, не подлежащих дроблению.

Пример. Рассмотрим полный расчет технологической схемы ДСЗ по песчаной и гравийной линиям.

Исходные данные, принятые в расчете, не привязаны к конкретному месторождению и предприятию. Априори принимаем следующие данные:

1. Песчано-гравийное месторождение расположено в одной из южных областей Российской Федерации.
2. Длительность сезона — 300 дней.
3. Зерновой состав исходной горной массы ПГС:

<i>крупность фракций, мм</i>	<i>содержание в исходном, %</i>
-0,16.....	8,0
0,16–5,0.....	43,0
5–10.....	6,0
10–20.....	7,0
20–70.....	15,0
+70	21,0

Максимально крупный размер куска в исходном не превышает 250 мм.

4. Месторождение разрабатывается земснарядом 350-50Т. Грунтозаборное устройство снабжено фрезой отвального типа диаметром 1900 мм.

5. На земснаряде установлен грунтовый насос 20Р-11 с производительностью по воде 3600 м³/ч и полным напором 60 м вод. ст. Проходной диаметр канала рабочего колеса составляет 300 мм, что обеспечит пропуск принятого (250 мм) размера максимального куска.

6. По табл. 1.17 [2] распределения грунтов по трудности разработки их земснарядами принятый зерновой состав ПГС следует отнести к V группе пород с расходом воды на разработку и транспортирование 18 м³ воды/м³ породы. Однако, учитывая, что глинистые породы в исходной массе составляют 8 % и превышают регламентированное содержание для V группы пород расход воды в дальнейших расчетах принят равным 20 м³ воды/м³ грунта.

7. Отсюда следует, что расчетная производительность земснаряда 350-50Т по твердому не превысит 200 м³/ч.

8. Производственная мощность предприятия составляет 1,0 млн м³ в год.

9. По нагрузке на первую стадию дробления, составляющую 0,21·200 = 42 м³/ч (где 0,21 — содержание фракции +70 мм в исходном, а 200 м³/ч — подача земснаряда по твер-

дому принимаем дробилку на первой стадии дробления ШДС-6×9 производительностью 62 м³/ч при номинальной высоте разгрузочной щели $b_{щ} = 100$ мм, как наиболее распространенную и обеспечивающую резерв по производительности.

10. В соответствии с рекомендуемыми сочетаниями дробилок (табл. 4.14) на второй стадии принимаем дробилку КСД-1750Гр, а на третьей — КМД-1750Г.

После априори установленных начальных условий представлены описания и расчеты всех технологических процессов на ДСЗ по разделению ПГС и производству щебня.

Предварительная стадия разделения ПГС. Условно принято, что гравийная масса в промежуточном складе содержит 10 % фракции –0,5 мм. Следовательно, во фракцию +5,0 (гравий), составляющую (6,0 + 7,0 + + 15,0 + 21,0) % = = 49 % общей массы ПГС, добавляется часть частиц менее –0,16 мм, представляющая собой глинистые примеси, в том числе глину в комках, а также песок (0,16–5,0).

Приведем выход по массе исходя из часовой производительности по грунту $Q_{исх} = 200$ м³/ч (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Выход по массе, м³/ч

Крупность фракций, мм	Содержание в исходном, %	Выход по массе, м ³ /ч
–0,16	8,0	16
0,16–5,0	43,0	86
5–10	6,0	12
10–20	7,0	14
20–70	15,0	30
+70	21,0	42

Установленная в исходных данных доля засоренности гравийной массы мелкими частицами составляет 10 %, что в массовом исчислении составляет 9,8 м³/ч. Принимая долю глинистых частиц в объеме 4,0 м³/ч, включая возможное присутствие глины в комках, и 5,8 м³/ч песчаных частиц фракции 0,16–5 мм, получим изначальный зерновой состав гравийной массы, поступающей на переработку в ДСЗ по гравийной линии (табл. 5.4).

Гранулометрический состав поступающего потока на песчаную линию представлен в табл. 5.5.

Таблица 5.4

Гранулометрический состав гравийной массы, поступающей на переработку

Крупность фракций, мм	Выход по массе, м ³ /ч	Содержание, %	Содержание от исходного 200 м ³ /ч, %
–0,16	4,0	3,7	0,42
0,16–5,0	5,8	5,4	0,029
5–10	12,0	11,1	0,06
10–20	14,0	13,0	0,07
20–40	30,0	27,8	0,15
+70	42,0	35,0	0,21
<i>Итого</i>	107,8	100	0,539

Таблица 5.5

Гранулометрический состав поступающего потока на песчаную линию

Крупность фракций, мм	Выход по массе, м ³ /ч	Содержание в исходном, %
–0,16	12,0	13,0
0,18–5,0	80,2	87,0
> 5 мм	—	—
<i>Итого</i>	92,2	100

Расчеты по песчаной линии не требуются, так как двухстадийная очистка песчаного материала обеспечивает высокое качество конечных продуктов и с минимальной погрешностью можно принять, что:

1) выход обогащенного песка по массе составляет $80 \text{ м}^3/\text{ч}$ или 40 % от $Q_{\text{исх}}$ ($0,4Q_{\text{исх}}$);

2) выход хвостов (шламов) — 6,1 % $Q_{\text{исх}}$ ($0,061Q_{\text{исх}}$).

Описание и расчет гравийной линии. Из промежуточного склада по ленточному конвейеру, расположенному в подбункерной галерее, ПГС поступает на ДСЗ. Строго дозированный материал загружается на конвейер вибропитателями типа 181-ПТ.

Поступающий песчано-гравийный материал подается на предварительную операцию грохочения — наклонный колосниковый грохот с размером щелей между колосниками 70 мм. Надрешетный продукт подается в дробилку I стадии дробления — ШДС6×9. Дробленный материал, объединенный с подрешетным продуктом колосникового грохота, поступает на операцию «промежуточное грохочение I», где установлен двухситный грохот, который разделяет материал на три фракции по крупности.

Надрешетный продукт +20 мм поступает на II стадию дробления — конусную дробилку среднего дробления КСД-1750Гр. Надрешетный продукт нижнего сита выделяет гравий крупностью 5–20 мм, который поступает на операцию «промежуточное грохочение II», где разделяется на товарную продукцию: гравий мелкий — фракция 5–10 мм и гравий средней крупности — фракция 10–20 мм. Разделенный на фракции гравий ленточными конвейерами доставляется на склады готовой продукции. Подрешетный материал обеих промежуточных операций грохочения класса

–5 мм является песком, присутствовавшим в ПГС промежуточного склада.

Дробленый материал после II стадии грохочения поступает на операцию «контрольное грохочение». Установленный здесь грохот также имеет два сита. Надрешетный материал нижнего сита является конечным продуктом производства — щебень фракции 5–20 мм. Надрешетный материал верхнего сита размером более 20 мм поступает на III стадию дробления — конусную дробилку мелкого дробления КМД-1750Т, работающую в замкнутом цикле.

Подрешетным продуктом на операции контрольного грохочения является дробленый песок –5 мм, который смешивается с потоками песка после промежуточных операций грохочения и подается в спиральный классификатор типа КСН-25. В этом классификаторе через слив удаляются части размером –0,16 мм, а смесь естественного и дробленого песка (что допускается ГОСТом) промывается, обезвоживается и консольным отвалообразователем укладывается в штабель. Иногда, в случае очень засоренных и труднопромывистых ПГС, на конечной стадии щебень промывается в корытных мойках.

Расчет качественно-количественных показателей технологической схемы ДСЗ произведен по методике, разработанной на кафедре «Технологии, механизации и организации открытых горных работ» Московского государственного горного университета. Основные принципы методики изложены в разд. 4.3. По сути, это — графоаналитический метод, позволяющий проводить расчеты ДСЗ любой сложности.

На рис. 5.7 представлена расчетная схема, составленная для технологической схемы ДСЗ, изображенной на рис. 5.4.

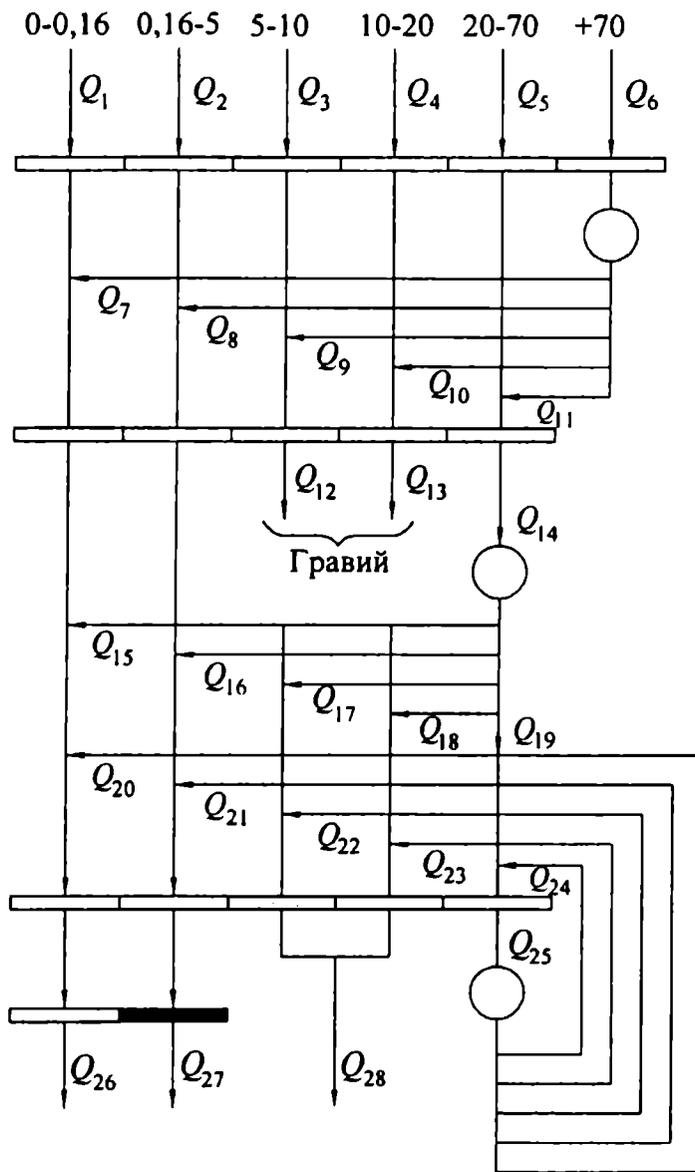


Рис. 5.7. Расчетная схема для принятой технологической схемы ДСЗ для определения качественных и количественных показателей

В соответствии с изложенной методикой весь поток ПГС, поступающий на переработку, может быть представлен как сумма отдельных потоков по крупности частиц в смеси. В соответствии с табл. 5.4 устанавливаем значения потоков $Q_1 \div Q_6$ в относительных ситуациях от $Q_{исх}$, которые приняты ранее; $Q_{исх} = 200 \text{ м}^3/\text{ч}$:

$$Q_1 = 0,02 Q_{исх},$$

$$Q_2 = 0,029 Q_{исх},$$

$$Q_3 = 0,06 Q_{исх},$$

$$Q_4 = 0,07 Q_{исх}$$

$$Q_5 = 0,15 Q_{исх},$$

$$Q_6 = 0,21 Q_{исх},$$

$$\Sigma = 0,539 Q_{исх},$$

так как $0,461 Q_{исх}$ приходится на песчаную линию.

Для щековой дробилки ЩДС-6×9, установленной на первой стадии дробления, принимаем номинальный размер выходной щели $b_{щл} = 100 \text{ мм}$, а коэффициент закругнения $K_{зл} = 1,3$.

$$Q_7 = \frac{0,16 - 0}{b_{щл} K_{зл}} \cdot Q_6 = \frac{0,16}{100 \cdot 1,3} \cdot 0,21 Q_{исх} = 0,0003 Q_{исх};$$

$$Q_8 = \frac{5 - 0,16}{100 \cdot 1,3} \cdot 0,21 Q_{исх} = 0,0078 Q_{исх};$$

$$Q_9 = \frac{10-5}{100 \cdot 1,3} \cdot 0,21 Q_{\text{исх}} = 0,0081 Q_{\text{исх}} ;$$

$$Q_{10} = \frac{20-10}{100 \cdot 1,3} \cdot 0,21 Q_{\text{исх}} = 0,0162 Q_{\text{исх}} ;$$

$$\begin{aligned} Q_{11} &= Q_6 - (Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10}) = \\ &= 0,21 Q_{\text{исх}} - (0,0003 + 0,0078 + 0,0081 + 0,0162) Q_{\text{исх}} = \\ &= 0,1776 Q_{\text{исх}}. \end{aligned}$$

Выделенный гравий — готовый продукт:

♦ фракция 5–10 мм $Q_{12} = Q_3 + Q_9 = 0,06 + 0,0081 = 0,0681 Q_{\text{исх}}$;

♦ фракция 10–20 мм $Q_{13} = Q_4 + Q_{10} = 0,07 + 0,0162 = 0,0862 Q_{\text{исх}}$.

Поток фракции Q_{14} поступает на вторую стадию дробления:

$$Q_{14} = Q_5 + Q_{11} = 0,15 + 0,1776 = 0,3276 Q_{\text{исх}}.$$

Производим расчет продуктов дробления, предварительно устанавливая для дробилки КСД-1750Гр размер выпускной щели $b_{\text{щп}} = 40$ мм и коэффициент закругления $K_{\text{зп}}$.

$$Q_{15} = \frac{0,16-0}{b_{\text{щп}} K_{\text{зп}}} \cdot Q_{14} = \frac{0,16}{40 \cdot 2} \cdot 0,3276 Q_{\text{исх}} = 0,0006 Q_{\text{исх}} ;$$

$$Q_{16} = \frac{5-0,16}{40 \cdot 2} \cdot 0,3276 Q_{\text{исх}} = 0,0198 Q_{\text{исх}} ;$$

$$Q_{17} = \frac{10-5}{40 \cdot 2} \cdot 0,3276 Q_{\text{исх}} = 0,0205 Q_{\text{исх}} ;$$

$$Q_{18} = \frac{20-10}{40 \cdot 2} \cdot 0,3276 Q_{\text{исх}} = 0,041 Q_{\text{исх}};$$

$$\begin{aligned} Q_{20} &= Q_{14} - (Q_{15} + Q_{16} + Q_{17} + Q_{18}) = \\ &= 0,3276 - (0,006 + 0,0198 + 0,0205 + 0,041) Q_{\text{исх}} = \\ &= 0,2457 Q_{\text{исх}}. \end{aligned}$$

Для расчета продуктов дробления на III стадии для дробилки КМД-1750Т устанавливаем:

$$b_{\text{шIII}} = 10 \text{ мм}, K_3 = 3,5.$$

Находим относительные выходы:

$$\gamma_{21} = \frac{0,16-0}{10 \cdot 3,5} = 0,0046;$$

$$\gamma_{22} = \frac{5-0,16}{10 \cdot 3,5} = 0,1383;$$

$$\gamma_{23} = \frac{10-5}{10 \cdot 3,5} = 0,1429;$$

$$\gamma_{24} = \frac{20-10}{10 \cdot 3,5} = 0,2857;$$

$$\begin{aligned} \gamma_{25} &= 1 - (\gamma_{21} + \gamma_{22} + \gamma_{23} + \gamma_{24}) = \\ &= 1 - (0,0046 + 0,1383 + 0,1429 + 0,2857) = 0,4285. \end{aligned}$$

Определяется нагрузка на III стадию дробления с учетом циркулирующего потока Q_{25} :

$$Q_{26} = \frac{Q_{20}}{1 - \gamma_{25}} = \frac{0,2457Q_{\text{исх}}}{1 - 0,4285} = 0,43Q_{\text{исх}}.$$

Устанавливаем численные относительные значения продуктов дробления III стадии:

$$Q_{21} = \gamma_{21} \cdot Q_{26} = 0,0046 \cdot 0,43Q_{\text{исх}} = 0,0020Q_{\text{исх}};$$

$$Q_{22} = \gamma_{22} \cdot Q_{26} = 0,1383 \cdot 0,43Q_{\text{исх}} = 0,0595Q_{\text{исх}};$$

$$Q_{23} = \gamma_{23} \cdot Q_{26} = 0,1429 \cdot 0,43Q_{\text{исх}} = 0,0616Q_{\text{исх}};$$

$$Q_{24} = \gamma_{24} \cdot Q_{26} = 0,2857 \cdot 0,43Q_{\text{исх}} = 0,1226Q_{\text{исх}}.$$

Циркулирующий поток Q_{25} составит

$$\begin{aligned} Q_{25} &= Q_{26} - (Q_{21} + Q_{22} + Q_{23} + Q_{24}) = \\ &= 0,43 Q_{\text{исх}} - (0,0020 + 0,0585 + 0,0615 + 0,1226) Q_{\text{исх}} = \\ &= 0,1808 Q_{\text{исх}}. \end{aligned}$$

Определяем выход мелких частиц $-0,16$ мм (глинистых, пылеватых):

$$\begin{aligned} Q_{27} &= Q_1 + Q_7 + Q_{15} + Q_{21} = 0,02Q_{\text{исх}} + 0,0003Q_{\text{исх}} + \\ &+ 0,0006Q_{\text{исх}} + 0,0046Q_{\text{исх}} + 0,0229Q_{\text{исх}}. \end{aligned}$$

Определяем выход песка класса $0,16-5$ мм:

$$\begin{aligned} Q_{28} &= Q_2 + Q_8 + Q_{16} + Q_{22} = 0,029Q_{\text{исх}} + 0,0078Q_{\text{исх}} + \\ &+ 0,0198Q_{\text{исх}} + 0,0595Q_{\text{исх}} = 0,1161Q_{\text{исх}}. \end{aligned}$$

Находим выход дробленого щебня класса $5-20$ мм

$$Q_{29} = Q_{17} + Q_{18} + Q_{23} + Q_{24} = 0,0205Q_{исх} + 0,041Q_{исх} + 0,0616Q_{исх} + 0,1226Q_{исх} = 0,2457Q_{исх}.$$

Составляем баланс продуктов по гравийной линии:

$$Q_{12} + Q_{13} + Q_{27} + Q_{28} + Q_{29} = \Sigma(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6);$$

$$0,681Q_{исх} + 0,0862Q_{исх} + 0,0229Q_{исх} + 0,1161Q_{исх} + 0,2457Q_{исх} = 0,539Q_{исх}.$$

Делаем общий баланс продуктов по ДСЗ, т.е. по сумме песчаной и гравийных линий:

$$Q_{песч} + Q_{гр} = Q_{исх}; 0,461Q_{исх} + 0,539Q_{исх} = 1,0Q_{исх}.$$

На основании расчетов качественно-количественных показателей переработки ПГС на ДСЗ получаем конечные результаты (табл. 5.6).

Таблица 5.6

Результаты расчетов переработки ПГС

Продукты	Выход		
	%	м ³ /ч	м ³ /год
Хвосты (шлам)	8,39	16,8	84,000
Песок:			
песчаная линия	40,0		
гравийная линия	11,61		
<i>всего</i>	51,61	103,2	516,000
Гравий:			
фракция 5–10 мм	6,81	13,6	68,000
фракция 10–20	8,62	17,3	86,000
Щебень 5–20 мм	24,57	49,1	246,000
<i>Итого</i>	100,0	200	1 000 000

Кроме того, расчетная схема позволяет по суммам отдельных потоков определить нагрузку на каждую операцию переработки. Это требуется для выбора необходимого оборудования.

При небольшом содержании в ПГС валунов и до 50—60 % гравия применяют гравийно-сортировочные заводы с двухстадийным дроблением. Схема цепи аппаратов этого завода представлена на рис. 5.8.

Горная масса добывается земснарядом типа 350-50Л1 и в виде пульпы с Т:Ж = 1:12+1:20 поступает на сортировочный узел, где в коническом грохоте 2 типа КГТ-5500 разделяется по крупности 5 мм на песчаную и гравийную фракции. Гравийный материал обезвоживается в виброобезвоживателе 4, оборудованном ситами с щелевидными отверстиями, и конвейером 5 транспортируется на промежуточный склад 6. Вместимость склада рассчитана на 30—35 ч работы завода.

Песчаная пульпа (0—5 мм) поступает в гидравлический классификатор 3, где в автоматизированном режиме разделяется в восходящем потоке по крупности 0,14—0,2 мм. Слив гидроклассификатора самотеком поступает в шламоотстойник 8, а крупные пески выгружаются в спиральный классификатор или виброобезвоживатель 7, где они обезвоживаются и складываются в штабель 9 вместимостью до 20 тыс. м³. Слив классификатора самотеком поступает в зумпф 12 и землесосом 13 откачивается в шламоотстойник.

С промежуточного склада с помощью вибропитателей 181-ПТ 10 и конвейера 11 гравийный материал крупностью 5—250 мм подается на грохот 14, где разделяется по крупности 20 мм. Подрешетный материал на втором грохоте 15 ГИС-62 промывается и разделяется на гравий (5—10 и 10—20 мм) и песок. Гравий конвейерами транспортируется на склады 16 и 17, песок обезвоживается в спиральном классификаторе 18 (КСН-20) и конвейером направляется в конусный склад 19.

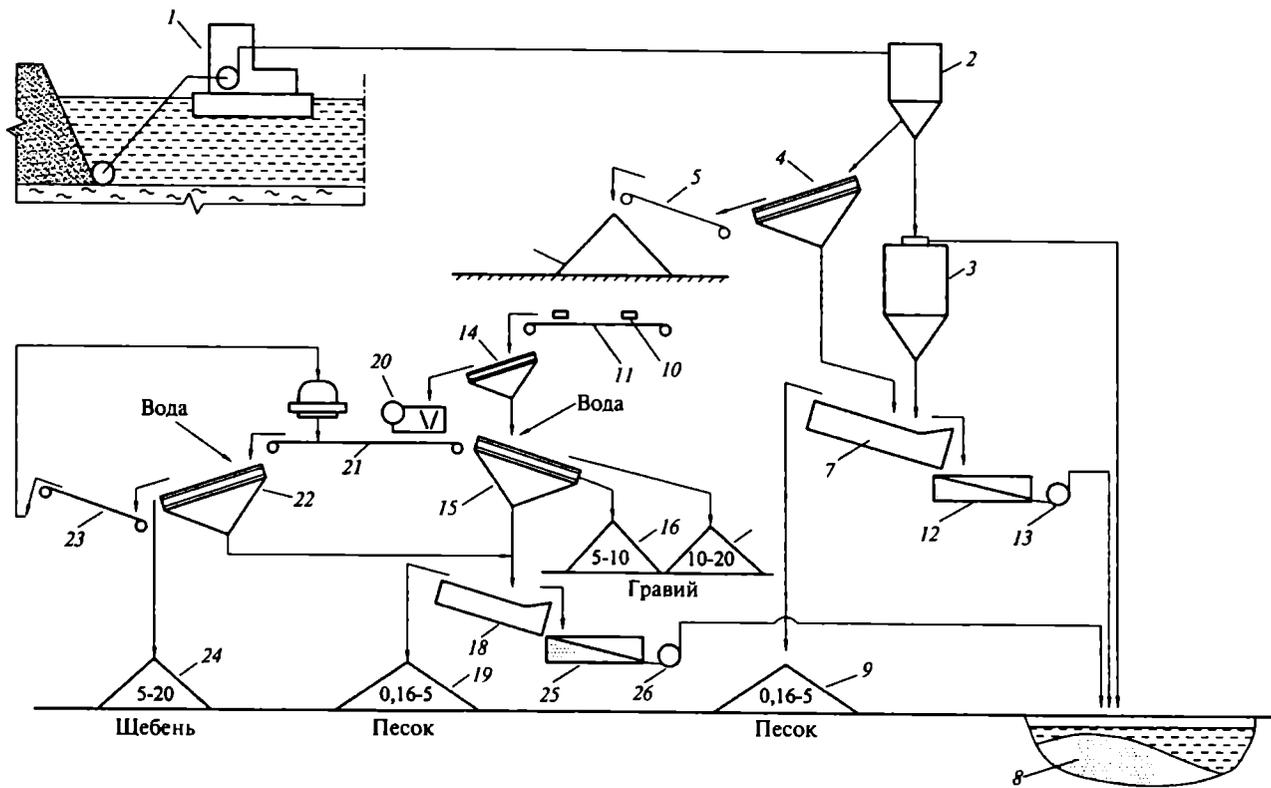


Рис. 5.8. Схема цепи аппаратов ДСЗ.
Усл. обозначения — см. текст

Гравий и валуны крупнее 20 мм направляют в щековую дробилку 20СМ-741 на дробление до крупности 20 мм и сборным конвейером 21 транспортируют на грохот 22. Здесь дробленый материал промывается и разделяется по крупности 20 и 5 мм. Надрешетный материал конвейером 23 подают на додрабливание в короткоконусную дробилку КМД-1200Гр 20, работающую в замкнутом цикле. Щебень фракции 5–20 мм конвейером транспортируется на склад 24, а песок самооттеком сливается в спиральный классификатор 18.

Слив через порог классификатора 18 поступает в зумпф 25, откуда грунтовым насосом 26 отправляется в шламоотстойник 8.

Для расчета представленной схемы необходимо, по аналогии с ранее описанной схемой ДСЗ с трехстадийным дроблением, составить технологическую схему переработки (см. рис. 5.4) и расчетную схему (см. рис. 5.7).

При известном зерновом составе ПГС и в соответствии с вышеизложенной методикой этот расчет не представляет большого труда.

5.2.4. СХЕМА ПЕРЕРАБОТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРТИРОВОЧНЫХ УСТАНОВОК (СУ) ТИПА I И II

При данной технологической схеме предусматривается разработка песчано-гравийного месторождения с классификацией на песок и гравий. В качестве классификатора используются сортировочные установки типа I и II. В первом случае используется один конический грохот, во втором — два. При сортировочной установке типа II принят намыв двух карт песка так, чтобы при намыве одной карты на другой велись

подготовительные работы с последующим ее намывом. Парная установка состоит из двух конических грохотов, которые работают попеременно по мере их ремонта. Переключение гидросмеси осуществляется с помощью задвижек или гидропереключателя.

Технологическая схема с использованием СУ типа I представлена на рис. 5.9. Разрабатываемая плавучим землесосным снарядом ПГС подается по магистральному пульпопроводу на конический грохот сортировочной установки типа I, где происходит разделение зернистого материала на песок фракции <5 мм и гравий >5 мм. Песок от сортировочной установки по намывному пульпопроводу через шибберные отверстия подается на карты песка. Намывной пульпопровод укладывается с уклоном $0,04 = 40 \text{ ‰} = 4 \text{ ‰} \cong 2,5^\circ$ по опорам высотой от 9 до 7 м с мостиком. Гравий по трубопроводу поступает на карту (штабель) гравия в виде конуса до определенной высоты, который потом сдвигается бульдозером.

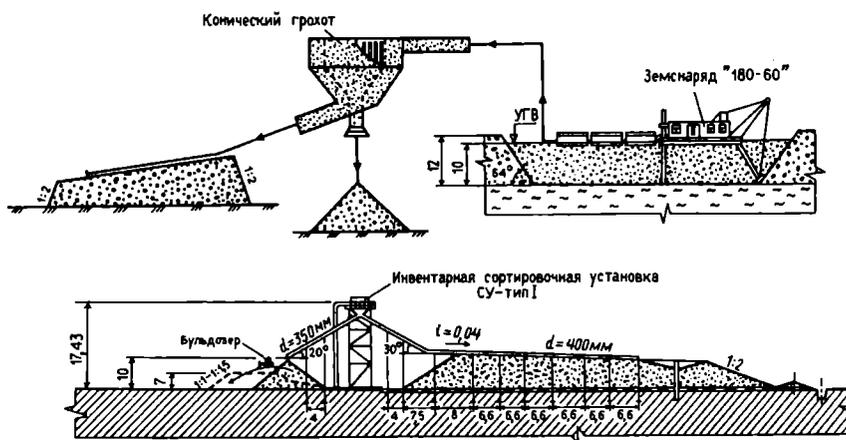


Рис. 5.9. Технологическая схема классификации ПГС на песок и гравий с использованием сортировочной установки типа I (с одним грохотом)

НЕСТАНДАРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ГОРНОЙ МАССЫ

6.1. Опытнo-промышленная установка для промывки и классификации песков при разработке Сычевского гидроотвала

6.2. Установка для разделения песчано-гравийной смеси конструкции ЗАО «Донтрансгидромеханизация»

6.3. Повышение качества песка за счет использования гидроциклонов

6.4. Опыт переработки песчано-гравийных смесей в Башкирском карьероуправлении (БКУ)



6.1. ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОМЫВКИ И КЛАССИФИКАЦИИ ПЕСКОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СЫЧЕВСКОГО ГИДРООТВАЛА

6.1.1. ПОСТАНОВКА ВОПРОСА

Гидроотвал представляет собой отходы от переработки и обогащения песчано-гравийной массы, добыча которой осуществлялась Сычевским горно-обоганительным комбинатом (ГОК). Гидроотвал намывался в период с 1968 по 1978 г. Общий объем гидротвала — 15 млн м³, площадь гидроотвала — 55,8 га, высота в пределах 20 м.

Гидроотвал расположен в Волоколамском районе Московской области, в 1,5 км к востоку от пос. Сычево, в непосредственной близости от автодороги Сычево—Волоколамск.

В гидроотвал намывались отходы дробильно-обоганительной фабрики, представляющие собой природный песок с включением гравия 5—10 мм в количестве до 5 %, а также иловых и глинистых включений до 5 %.

Для эффективного использования песка гидротвала, необходимо его обогащение с целью удаления пылевых и глинистых частиц, комовой глины и мелких фракций. Наиболее эффективны в данном случае гидравлические способы обогащения, предусматривающие промывку и классификацию песка в водном потоке.

Существующие промывочные аппараты (машины) и гидравлические классификаторы достаточно громоздки,

требуют капитального обустройства, и их использование в некоторых случаях неэффективно (затруднено). В связи с этим для рассматриваемых условий было предложено использовать опытно-промышленную установку — трубчатый классификатор, конструкция которого была разработана сотрудниками Сычевского ГОКа и Волоколамского ДПМК А.Е. Евстафьевым и В.Д. Ворониным. Отдельные элементы установки были проверены в промышленных условиях гидротранспорта на обогатительных фабриках Сычевского ГОКа.

На основании договора № 147 от 27.07.1999 г. с ОАО «Мосавтодор и партнеры» и Технического задания, утвержденного генеральным директором ОАО «Сычевская ГАТП», Московским государственным горным университетом был выполнен Рабочий проект опытно-промышленной установки для промывки и классификации песков при разработке Сычевского гидроотвала.

После промывки и классификации песка в опытно-промышленной установке предполагается получение фракционированного песка, отвечающего условиям эффективного использования его в качестве дорожно-строительного материала, мелкого заполнителя для бетонных растворов и штукатурных смесей.

6.1.2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ПРОМЫВКИ И КЛАССИФИКАЦИИ ПЕСКОВ

Извлечение фракционированного песка из горной массы на принятой установке осуществляется в водном потоке гравитационным методом. В основе обогащения песков лежит их промывка в трубчатом классификаторе [9].

Для повышения эффективности промывки применяют промывочные машины, в которых промываемый материал перемешивается в водной среде механическими органами (лопастями, спиральями) или за счет вибрации.

При промывке мелкозернистого материала (песка) диспергирование глинистых включений достигается, в основном, за счет трения о водную среду, взаимоударения твердых частиц (зерен) и вследствие быстрого размокания мелких кусков глины. В этом случае эффективность перемывания может достигаться за счет турбулентности движения воды, которое обусловлено высокой скоростью движения потока и образованием вихрей позади зерна.

Все закономерности определения конечных скоростей движения зерен приемлемы для бесструктурных сред с малым содержанием твердого в жидкой фазе, а поэтому вполне могут быть использованы для расчета процесса классификации песков.

Таким образом, в горизонтальном потоке зерна, имеющие большую крупность, а следовательно, меньшую скорость, будут выпадать на первых участках длины классификатора, а мелкие зерна — на дальних участках.

Этот принцип используется в классификаторах с горизонтальным потоком, производимых французской фирмой «Neutex». Классификатор представляет собой горизонтальную камеру, с одной стороны которой загружается гидро-смесь, а с противоположного конца через порт удаляется слив с тонкими частицами. В днище камеры установлены песковые насадки с регулируемыми отверстиями, через которые из классификатора удаляются оседающие частицы песка. Разгрузка песка производится в шихтующее устройство, расположенное под классифицирующей камерой, при этом регули-

рованием отверстий песковых насадок подбирается гранулометрический состав шихты. Принципиальная схема классификатора представлена на рис. 6.1.

Подобный принцип положен в основу работы трубчатого классификатора, используемого в опытно-промышленной установке [9].

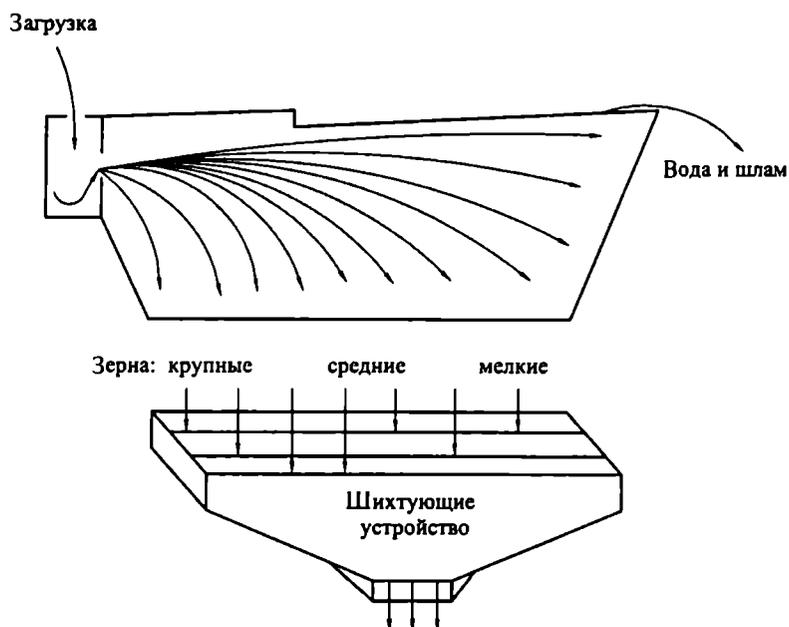


Рис. 6.1. Принципиальная схема классификатора

6.1.3. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫВКИ И КЛАССИФИКАЦИИ ПЕСКА НА ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОЙ УСТАНОВКЕ

В установке по промывке и классификации песка, загрязненного глинисто-иловыми включениями, используется энергия воды, поступающей от насосной станции под

давлением в гидросмесительную камеру, куда поступает загрязненный песок из загрузочного бункера [9].

Смесь из воды и песка (гидросмесь) гидросмесительной камеры транспортируется в гидроклассификатор. Поскольку диаметр трубы классификатора больше диаметра трубы, подводящей гидросмесь, то скорость движения потока в классификаторе снижается и тяжелые частицы начинают скапливаться в нижней части трубы.

По ходу движения гидросмеси смонтированы выпуска, где устанавливаются сита для отбора песка требуемой фракции. Взвешенные частицы глинисто-илистых включений потоком выносятся из классификатора и сливаются на пляж, где также осаждаются наиболее крупные частицы, а остальная гидросмесь стекает в пруд-отстойник (водоотстойник), где вода окончательно осветляется. Осветленная вода насосной станцией вновь подается в гидросмесительную камеру, чем замыкается круговой замкнутый цикл водоснабжения.

Подача песка в загрузочный бункер может осуществляться общепринятыми способами (бульдозерами, автопогрузчиками, автотранспортом).

Промытый песок в виде сгущенной гидросмеси из выпусков скапливается в конусах. Вода из этих конусов по дренажной канаве стекается в водоотстойник, а песок из конусов складировается с помощью бульдозера. Затем он отгружается потребителям.

Производительность установки и качественный состав песка зависят от производительности и напора насосной станции, конструкции гидросмесительной камеры, сочетания скорости подачи гидросмеси в классификатор и скорости движения гидросмеси в самом классификаторе.

Для нормальной работы скорость движения потока в классификаторе не должна превышать 1 м/с. Именно при такой скорости начинается интенсивный процесс отсадки песка. Опытные данные показывают, что соотношение твердых частиц и воды в смесительной камере, при котором осуществляется транспортировка гидросмеси, составляет 1:10.

Выход песка из классификатора зависит от объема песка в исходной массе и может составлять до 80 % его содержания.

Технология переработки песчано-гравийных смесей, как известно, основана на применении различных грохотов и гидроклассификаторов вертикального типа. При этом воздвигаются громоздкие сортировки высотой от 15 до 26 м. Большая часть рабочего напора грунтовых насосов (при использовании средств гидромеханизации), установленных на земснарядах, тратится на поднятие гидросмеси в верхнюю часть сортировки. Это обстоятельство обуславливает низкую концентрацию гидросмеси (Т:Ж=1:15 по объему и выше) и малую производительность всего комплекса.

Опытно-промышленная установка, созданная работниками Сычевского ГОКа и Волоколамского ДПМК, является компактной, малогабаритной и мобильной. Загрузку такой установки удобно осуществлять мобильными видами транспорта, в том числе бульдозерами, автопогрузчиками и автосамосвалами. Одним из главных узлов установки является гидроэлеватор-гидросмеситель загрузочного устройства.

В настоящее время в промышленности используются серийно выпускаемые гидроэлеваторы типа ГЭ-140/250, ГЭ-170/350, ГЭ-170/400 и ГЭ-190/400 (цифра в числителе означает диаметр горловины, в знаменателе — диаметр пульповода) [2, 10] (рис. 6.2, табл. 6.1).

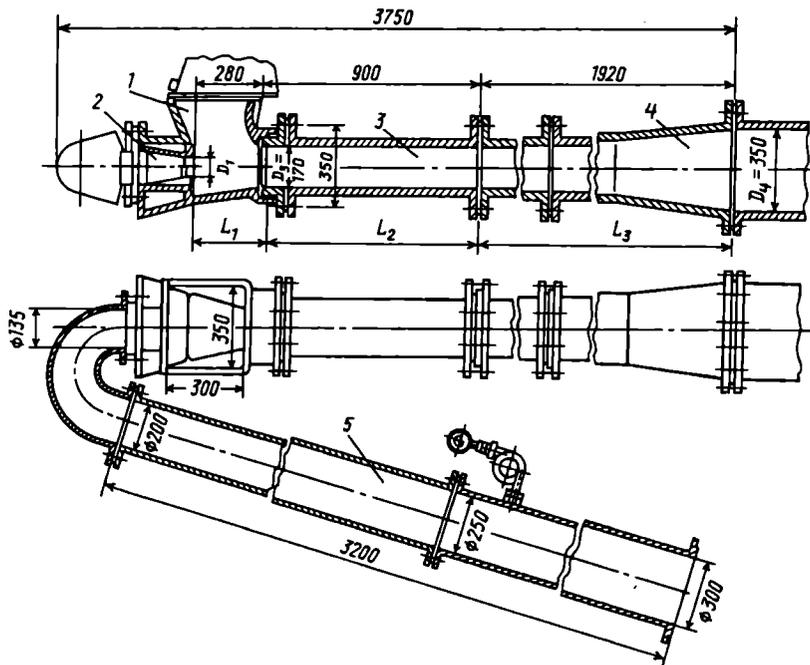


Рис. 6.2. Гидроэлеватор ГЭ-170/350:

1 — приемная камера; 2 — насадка; 3 — горловина (смесительная камера); 4 — диффузор; 5 — конфузор водовода

Таблица 6.1

Характеристика гидроэлеваторов

Показатели	Гидроэлеваторы		
	ГЭ-140/250	ГЭ-170/350	ГЭ-190/400
Диаметр пульповода, мм	250	350	400
Диаметр сменных горловин гидроэлеватора, мм	140	170	190
Диаметр сменных рабочих насадок гидроэлеватора, мм	60; 65; 70	85; 90	95; 100; 105
Диаметр отверстий сменных ограничительных решеток загрузочного бункера, мм	100	125	125; 140
Масса, кг	2360	4100	4400

Параметры гидросмесителя (гидроэлеватора) устанавливаются по определенным зависимостям [2, 9].

1. Длина цилиндрической части насадки:

$$L_{\text{ц}} = (0,25+0,5)D_1, \text{ мм}, \quad (6.1)$$

где D_1 — диаметр выходного отверстия насадки (сопла), мм.

2. Расстояние между насадкой и горловиной (гасителем)

$$L_1 = 2 \cdot D_1, \text{ мм}. \quad (6.2)$$

Этот показатель значительно влияет на эффективность работы водоструйного насоса (гидроэлеватора) и его кпд. Если в горной массе будут встречаться (в значительном количестве) частицы диаметром больше L_1 , то L_1 необходимо принимать равным $(2,3+3)D_1$.

3. Диаметр горловины (смесительной камеры гасителя) должен в $1,5+2,5$ раза превышать диаметр выходного отверстия насадки D_1 и максимальный размер транспортируемой частицы (куска), т.е.:

$$D_3 = (1,5+2,5) D_1, \text{ мм}. \quad (6.3)$$

Установлено, что наибольший кпд гидроэлеватора с сухой загрузкой породы имеет место при отношении диаметра горловины D_3 к диаметру насадки D_1 (D_3 / D_1), равному 2.

4. Длина горловины

$$L_2 = (5+6)D_3, \text{ мм.} \quad (6.4)$$

5. Длина раструба (диффузора)

$$L_3 = (10+12)D_3, \text{ мм.} \quad (6.5)$$

Значения основных параметров отдельных узлов гидросмесителя загрузочного устройства для рассматриваемой опытно-промышленной установки приведены ниже (при диаметре насадки $D_1 = 110$ мм). Необходимо иметь в виду, что эти размеры могут быть уточнены в период эксплуатации опытно-промышленной установки.

<i>Показатели</i>	<i>Расчетные данные</i>
Расстояние между насадкой и горловиной L_1 , мм	220
Диаметр горловины D_3 , мм	219
Длина горловины L_2 , мм.....	1092
Длина раструба (диффузора расширителя) L_3 , мм.....	2190

При расчетных значениях заданная производительность гидросмесителя была установлена не менее 200 тыс. м³ песка за сезон. При продолжительности сезона 7 мес., круглосуточной работе и коэффициенте использования установки $K_{и.вр} = 0,7$ время работы за сезон составляет 3500 ч.

Часовая производительность установки

$$Q_{\tau} = \frac{Q_{\text{год}}}{T} = 200\,000/3500 \approx 60 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (6.6)$$

где $Q_{\text{год}}$ — заданная производительность за сезон, м^3 ; T — время работы установки за сезон, ч.

Потребность воды для промывки при соотношении Т:Ж не более 1:15 составит:

$$Q_{\text{в}} = 15 \cdot Q_{\tau} = 15 \cdot 60 = 900 \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (6.7)$$

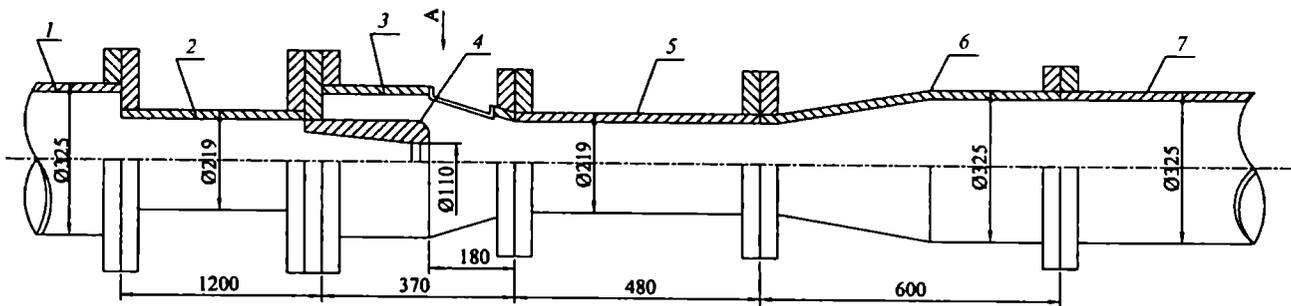
Таким образом, для подачи воды необходим насос с часовой производительностью 600—900 $\text{м}^3/\text{ч}$ (при 1/10+1/15). Возможно использование низконапорных центробежных лопастных насосов типов Д-800, Д-1000 и Д-1250 с развиваемым напором 80—40 м вод. ст.

Для подачи воды от насоса к установке необходим трубопровод с диаметром

$$D_{\text{в}} = 0,018 \sqrt{\frac{Q_{\text{в}}}{\vartheta}} = 0,018 \sqrt{\frac{900}{2,2}} = 0,36 \text{ м}, \quad (6.8)$$

где ϑ — оптимальная скорость движения воды в трубопроводе, м/с.

Для водовода можно принять стандартные электросварные трубы диаметром 325 мм (Ду300). Общий вид с расчетными значениями гидросмесителя, узла загрузки и всей опытно-промышленной установки приведены на рис. 6.3—6.5.



Вид по стрелке А

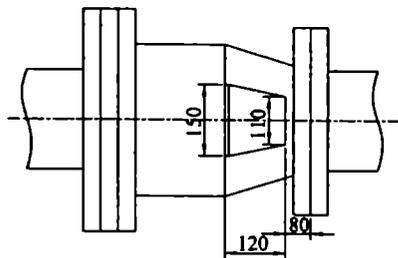


Рис. 6.3. Гидросмеситель:

1 — водовод (Ду300); 2 — стакан (Ду200); 3 — загрузка (Ду300) 4 — сопло; 5 — гаситель (Ду200); 6 — раструб (Ду300); 7 — пульпопровод (Ду300)

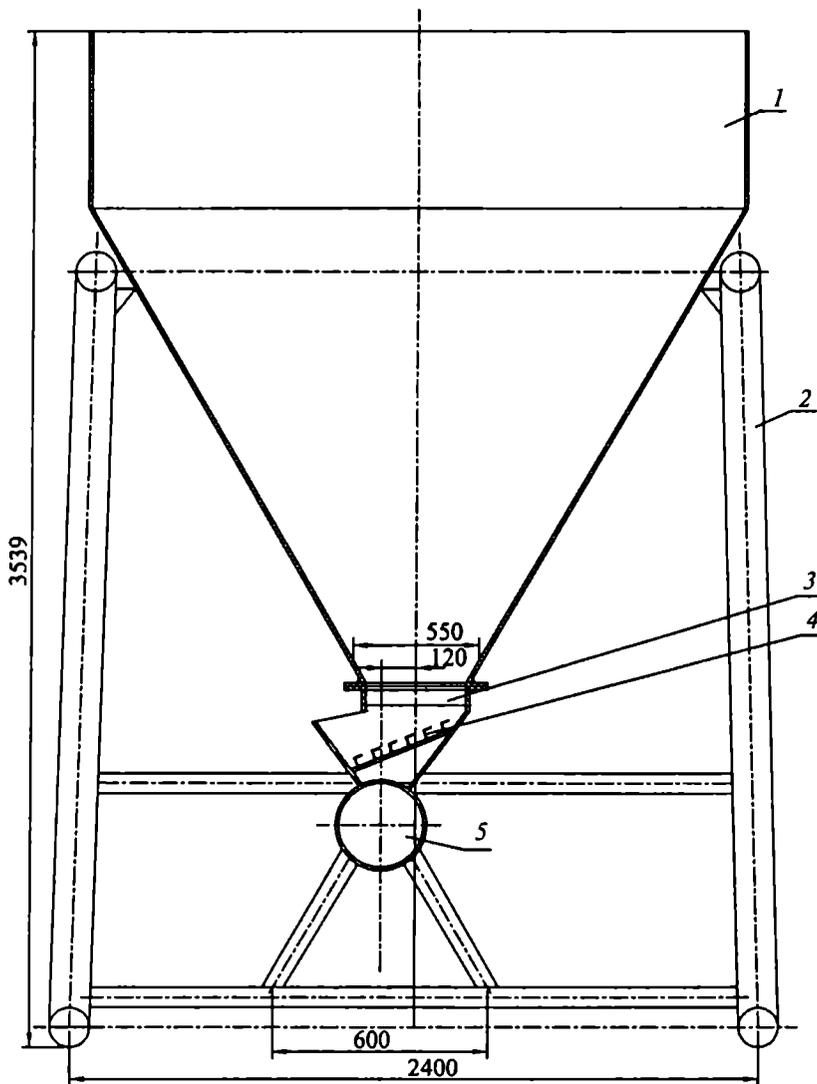


Рис. 6.4, а. Узел загрузки (со стороны поперечного вида гидросмесителя):
 1 — бункер; 2 — рама; 3 — точка; 4 — решетка; 5 — гидросмеситель

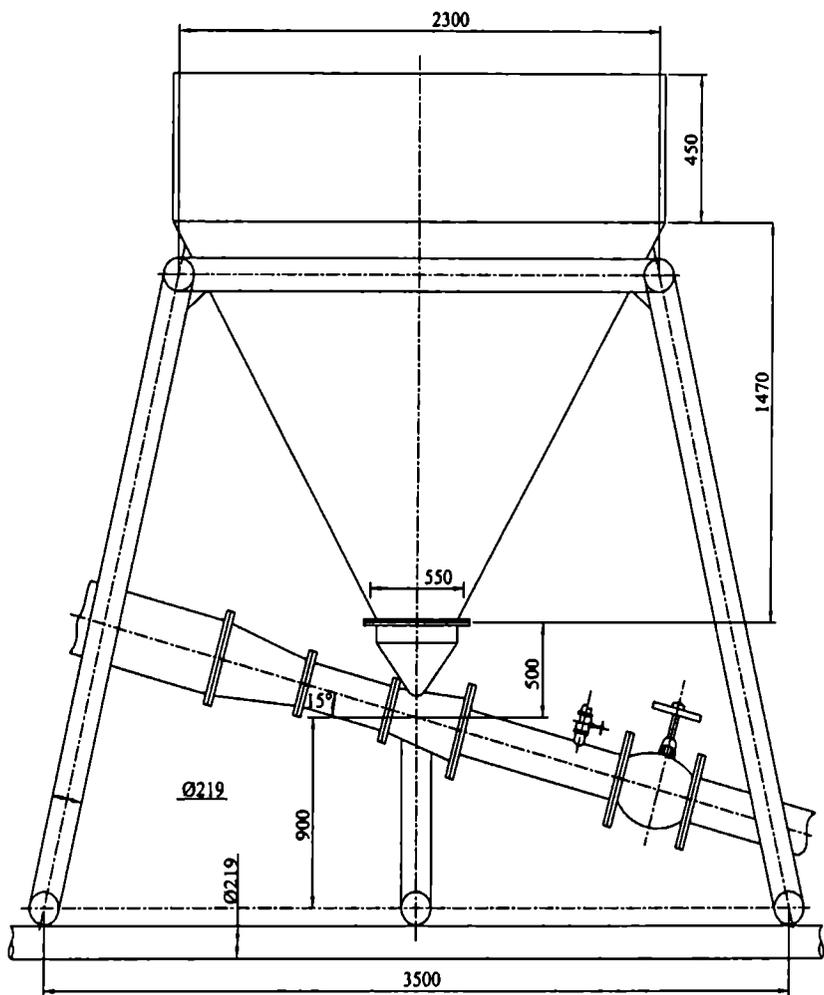


Рис. 6.4, б. Узел загрузки (со стороны продольного вида гидросмесителя)

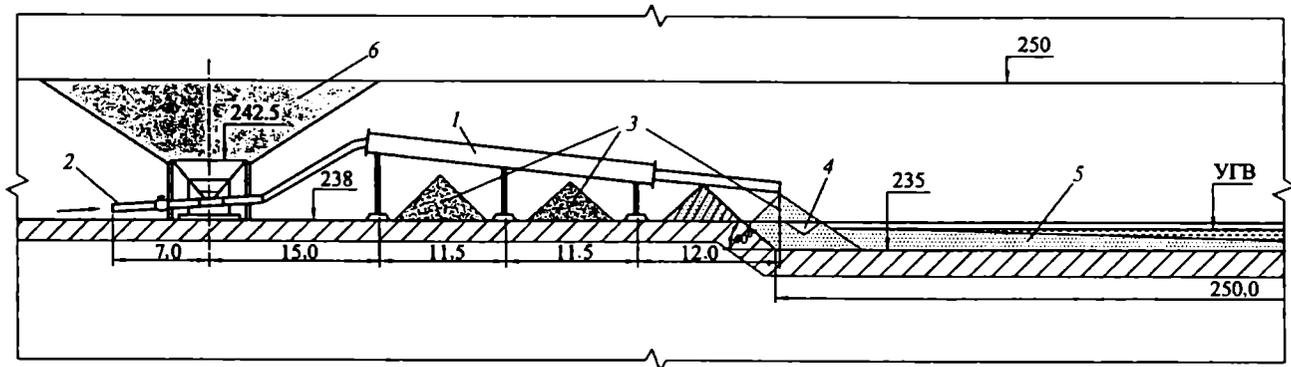


Рис. 6.5. Общий вид опытно-промышленной установки:

1 — пульпопровод; 2 — водовод; 3 — песок после сортировки; 4 — канава для стока воды; 5 — гидроотвал; 6 — приемный бункер;
 УГВ — уровень горизонта воды

6.2. УСТАНОВКА ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНОЙ СМЕСИ КОНСТРУКЦИИ ЗАО «ДОНТРАНСГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ»

На рис. 6.6 приведена установка, изготовленная для разделения сырья, подаваемого землесосным снарядом в виде гидросмеси 1 с Т:Ж = 1:10 ÷ 1:15. Переработка песчано-гравийной массы осуществляется по граничному зерну 5 мм. Производительность установки по гидросмеси составляет около 2000 м³/ч при скорости ее потока около 3 м/с.

Сортировочная установка состоит из перфорированной течки 2, емкости для сбора подрешетного продукта (песка, илистых и глинистых частиц) 3, пульпопровода 6 для сброса подрешетного продукта в виде гидросмеси на карту намыва 7 (гидроотвал). Все приемное устройство монтируется на раме 5. Подача гидросмеси на сортировочную установку подается земснарядом по пульпопроводу 1. Гидросмесь, попадая на наклонную перфорированную течку 2, разделяется на над- и подрешетный продукты. Надрешетный продукт практически в виде обезвоженного гравия с размером зерен 5 мм и более скатывается вниз на площадку и укладывается в виде конуса. В дальнейшем гравий сдвигается бульдозером в штабель 4, откуда он отгружается потребителю или идет на передвижную дробилку для получения щебня.

Подрешетный продукт в виде гидросмеси по наклонному пульпопроводу самотеком поступает на карту намыва, откуда песок после обезвоживания карты также отгружается потребителю.



Рис. 6.6. Установка переработки песчано-гравийной смеси конструкции ЗАО «Донтрансгидромеханизация»:

1 — пульповод от земснаряда; 2 — точка приема гидросмеси; 3 — емкость подрешетного продукта; 4 — штабель гравия; 5 — рама установки; 6 — пульповод подрешетного продукта; 7 — карта намыва песка 8 — земснаряд; 9 — карьер

Необходимо иметь в виду, что эффективность работы установки можно повысить за счет получения фракционированного песка. Это можно достичь использованием наклонного пульпопровода со смонтированными выпусками (в нижней части трубы), где устанавливаются сита для отбора песка требуемой фракции.

6.3. ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПЕСКА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОЦИКЛОНОВ

Уровень развития производительных сил в Сибири, прежде всего, топливно-энергетического и транспортного комплексов, в значительной степени определяет современное состояние и перспективы развития экономики Российской Федерации. Большой вклад в это развитие вносят Акционерное общество «Компания Трансгидромеханизация» и другие гидромеханизированные организации, расположенные в Тюменской области. В сложных природно-климатических, физико-географических и инженерно-геологических условиях они выполняют земляные работы по обустройству нефтяных и газовых месторождений, намыву площадей под промышленное и гражданское строительство и других объектов. Для намыва указанных объектов используются обводненные месторождения мелких- и среднезернистых песков, которые по своим качественным характеристикам в соответствии с ГОСТ 8736—93 не могут использоваться как наполнители для тяжелых бетонов, а в отдельных случаях — и как песок для штукатурных растворов.

Пески этих месторождений по модулю крупности M_k в соответствии с ГОСТ 8736—93 относятся ко II классу и определяются группами песков: мелкий, очень мелкий, тонкий и очень тонкий. Максимальный размер частиц песка в месторождениях редко превышает 2 мм.

Интенсивно развивающаяся промышленность Западной Сибири, в частности Тюменская область, включающая в себя Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий национальные округа, практически полностью лишена месторождений песчано-гравийных пород. Следовательно, пески из разрабатываемых гидромеханизированным способом месторождений не могут быть использованы в качестве мелкого наполнителя для производства тяжелых бетонов, которые необходимы для сооружения фундаментов строений, строительных конструкций, дорожных одежд и обеспечения жилищно-хозяйственного комплекса (ЖКХ).

Кафедрой «Технология, механизация и организация открытых горных работ» МГГУ совместно с сотрудниками ЗАО «Нижневартовсктрансгидромеханизация» проведены научные исследования и произведены расчеты по использованию гидроциклонов с целью обогащения песка и повышения модуля его крупности для производства мелкого наполнителя бетонов.

Исследования и расчеты проводились по одному из месторождений песка Тюменской области и базировались на рекомендациях ВНИПИИСтромсырье. Полученные результаты отразились в Нормах [21], а также на результатах экспериментов, проводившихся в «Механобр» [26].

Месторождение разрабатывается земснарядом. Пески намываются в штабели, откуда самовывозом разбираются

для отсыпки дорог и планировки территорий. Гранулометрический состав песка представлен в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Гранулометрический состав песка, %

Остатки на ситах	Размер отверстий сит, мм					
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	>0,16
Частичные	0,3	1,1	4,8	25,5	49,5	18,8
Полные	0,3	1,4	6,2	31,7	81,2	—

Модуль крупности песка

$$M = \frac{0,3 + 1,4 + 6,2 + 31,7 + 81,2}{100} = 1,21.$$

При остатке на сите 0,63 = 6,2 % (менее 10 %) в соответствии с ГОСТом [4] песок относится к группе «очень мелкий» ($M_k = 1,0+1,5$) и, следовательно, в соответствии с рекомендациями [4] не может быть использован в качестве наполнителя для бетонов. Кроме того, представленный песок без обогащения не может быть рекомендован и как песок для штукатурных растворов, так как содержание класса +1,25 мм составляет 1,4 % при допустимой величине не более 0,5 % по массе.

Для обогащения песка с целью выделения из общей массы части песка с повышенным модулем крупности (пригодным для использования его в качестве наполнителя для бетонов) был предложен гидроциклон.

Как было указано (см. разд. 3.1, 3.4), гидроциклоны нашли широкое применение. В горно-рудной промышленности они используются на обогатительных фабриках как

классификаторы, работающие в замкнутых циклах с оборудованием измельчения, а в промышленности производства нерудных строительных материалов применяются в качестве сгустителей и обезвоживателей гидросмеси [11—23].

Однако ни в научно-технической литературе и публикациях, ни в доступных результатах научно-исследовательских работ нет данных об использовании гидроциклонов в качестве обогатительного оборудования для улучшения качества песка, в частности, сброса мелких фракций с целью повышения модуля крупности M_k .

Технологические расчеты гидроциклона произведены по методике канд. техн. наук К.С. Бессмертного, которая включена в действующие «Нормы технологического проектирования предприятий промышленности нерудных строительных материалов», утвержденные МПСМ СССР 30.12.75 и согласованные с ГОССТРОЙ СССР 07.04.75 № АБ-1493-20/12 (далее «Нормы» [21]). Кроме того, с целью корректировки некоторых положений указанной методики использованы теоретические исследования и практические рекомендации д-ра техн. наук А.И. Поварова, выполненные в институте «Механобр» [23, 26].

В расчетах соблюдена последовательность определения основных параметров [21]. По каждому из них произведена интерпретация полученных результатов.

Расчеты произведены по двум вариантам: I — базовый (расчетный) — $Q_n = 1800 \text{ м}^3/\text{ч}$; II — предполагаемый — $Q_n = 2200 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Принятие первого варианта позволяет опираться на результаты промышленных испытаний гидроциклона диаметром 1400 мм. Они представлены коллективом авто-

ров: А.И. Поваровым, Л.Е. Даниэль, В.А. Кайтмановым, А.А. Геронтьевым [27].

1. Предполагаемый вариант принят для подачи грунтового насоса 16ГРУТ-8М земснаряда 180—60.

Определение диаметра гидроциклона D , м:

$$D = 0,2 + \frac{Q_{\text{п}}}{505 + 0,417 \cdot Q_{\text{п}}}, \text{ м}, \quad (6.9)$$

где $Q_{\text{п}}$ — подача от земснаряда на гидроциклон, м³/ч.

По I варианту — $D = 1,63$ м; по II варианту — $D = 1,75$ м.

Эмпирическая формула (6.9) для расчета величины D дает несколько завышенный результат. Это подтверждается и результатами испытаний [27], где $Q_{\text{п}} = 1646$ м³/ч. Тогда расчетный диаметр был бы 1,58 м, а в действительности составил 1,4 м.

Основываясь на этих заключениях, приведенную ранее формулу (6.9) предлагается представить в следующем виде:

$$D = \frac{Q_{\text{п}}}{505 + 0,417 \cdot Q_{\text{п}}}, \text{ м}. \quad (6.10)$$

Расчеты по ней дают следующие результаты:

◆ вариант I — $D = 1,43$ м (принимается $D = 1,4$ м);

◆ вариант II — $D = 1,55$ м (принимается $D = 1,6$ м).

По результатам испытаний [27] $D = 1,38$ м $\approx 1,4$ м.

2. Определяется диаметр сливного патрубка $d_{\text{сл}}$.

По «Нормам» [21] $d_{\text{сл}} = (0,3 + 0,4)D$; по «Механобру» [26] $d_{\text{сл}} = (0,2 + 0,4)D$.

Принимая $d_{\text{сл}} = 0,3D$,

◆ вариант I — $d_{\text{сл}} = 0,3 \cdot 140 = 42$ см;

◆ вариант II — $d_{\text{сл}} = 0,3 \cdot 160 = 48$ см.

3. Определяется диаметр питающего патрубка — $d_{\text{п}}$.

Уже было указано, что $d_{\text{п}} = d_3 = (1,0+0,5)d_{\text{сл}}$.

Принимая $d_{\text{п}} = 0,75d_{\text{сл}}$, следует:

◆ вариант I — $d_{\text{п}} = d_3 = 0,75 \cdot 42 = 31,5$ см;

◆ вариант II — $d_{\text{п}} = d_3 = 0,75 \cdot 48 = 36,0$ см.

Устанавливаются соотношения размеров входного отверстия $\frac{b}{h}$ на основании общепринятой практики, в част-

ности, по данным УЗГО [28], $\frac{b}{h} = \frac{1}{3}$.

Расчетами, проведенными по зависимости $d_{\text{п}} = d_3 = 1,13\sqrt{bh}$,

◆ вариант I — $b \cdot h = 16 \cdot 48$ см;

◆ вариант II — $b \cdot h = 19,5 \cdot 55,5$ см.

4. Стандартный угол конусности $\alpha = 20^\circ$ проверяется по безразмерному параметру:

$$\text{число Фруда } F_z = \frac{\vartheta^2}{gD}, \quad (6.11)$$

где ϑ — скорость подачи пульпы в гидроциклон, м/с;

$$\vartheta = \frac{Q}{3600 \cdot b \cdot h}; \quad (6.12)$$

◆ вариант I — $\vartheta = \frac{1800}{3600 \cdot 0,16 \cdot 0,48} = 6,51$ м/с;

◆ вариант II — $\vartheta = \frac{2200}{3600 \cdot 0,185 \cdot 0,555} = 5,95$ м/с.

Число Фруда:

$$\blacklozenge \text{ вариант I — } F_r = \frac{6,51^2}{9,81 \cdot 1,4} = 3,08 ;$$

$$\blacklozenge \text{ вариант II — } F_r = \frac{5,95^2}{9,81 \cdot 1,6} = 2,26.$$

По обоим вариантам число Фруда превышает 1,5, что соответствует установленным нормам [21].

5. Определяется диаметр песковой насадки Δ .

В соответствии с рекомендациями [21, 23, 26]

$$\Delta = (0,2+0,7)d_{\text{сл}}.$$

Учитывая очень большой разброс в выборе величины диаметра песковой насадки, можно воспользоваться рекомендациями «Норм» [21] и определить диаметр песковой насадки Δ по эмпирической зависимости

$$\Delta = (-0,524 + \frac{0,12 \cdot d_c}{D^{1,25}} + 0,54\gamma + \frac{0,0003\gamma \cdot \vartheta_0^2}{gD}) \frac{D^{1,25}}{2}, \text{ см}, \quad (6.13)$$

где $d_{\text{сл}}$ — диаметр сливного насадка, см;

D — диаметр цилиндрической части гидроциклона, см;

γ — плотность пульпы, т/м³;

ϑ_0 — скорости входа пульпы в гидроциклон (определены ранее), см/с.

В результате расчетов по приведенной ранее зависимости получаем:

- ◆ вариант I — $\Delta = 21,2$ см;
- ◆ вариант II — $\Delta = 24,75$ см.

Проверяем расчетные величины по рекомендациям:

- ◆ вариант I — $\frac{\Delta}{d_{сл}} = \frac{21,2}{42} = 0,505$;
- ◆ вариант II — $\frac{\Delta}{d_{сл}} = \frac{24,75}{48} = 0,516$.

Полученные результаты строго вписываются в рекомендации [23].

Расчетные показатели основных параметров гидроциклонов по вариантам I и II представлены в табл. 6.4.

Таблица 6.4

Расчетные показатели основных параметров гидроциклонов

Параметры	Варианты	
	I	II
Диаметр гидроциклона D , м	1,4	1,6
Диаметр сливной насадки d_c , см	40	45
Диаметр питающего патрубка $d_n = d_3$, см	30	37
Размеры входного отверстия $b \times h$, см	15×45	20×55
Диаметр песковых насадок Δ , см	15, 20, 25	20, 25, 30
Производительность по пульпе Q , м ³ /ч	1800	2200
Напор на входе в гидроциклон H , кг/см ²	1,5	1,5
Высота цилиндрической части l_r , см	100	120
Высота конической части l_k , см	385	440
Высота сливного патрубка l_c , см	75	80
Ориентировочная общая высота $l_{гидр}$, м	~6	~7

Полученные расчетные данные безусловно требуют некоторых корректировок и округления. При этом следует руководствоваться следующими допущениями:

- ◆ нестабильность подачи питания в гидроциклоне как по общей подаче Q_n , так и по производительности по грунту;
- ◆ изменение зернового состава природного песка как по отдельным участкам, так и в пределах разрабатываемого участка.

Пользуясь рекомендациями «Норм» [21] проведены расчеты обогащения песка по варианту I в гидроциклоне $D = 1,4$ м с подачей $Q = 1800$ м³/ч при давлении на входе $H = 1,5$ кг/см² для трех диаметров песковых насадок, мм: 250, 200, 150 мм. Наиболее приемлемые результаты, удовлетворяющие выполнению поставленной задачи, т.е. извлечению из общей массы части песка с модулем крупности более 2,0, получены при $\Delta = 150$ мм. Результаты этих расчетов приведены в табл. 6.5.

В соответствии с расчетами выход обогащенного песка составляет 25,6 %. Модуль крупности обогащенного песка $M_k = 2,1$. По этому показателю он может быть отнесен к группе «песок средний» ($M_k = 2+2,5$) и использоваться в качестве мелкого наполнителя для бетонов марки В15 и выше.

При намыве карты остатком после обогащения песка и со сбросом в хвосты фракции $> 0,16$ мм получается песок, относящийся к группе «тонкий» с модулем крупности $M_k = 0,91$ (предел 0,7+1,0). Однако при отводе с карты намыва части частиц фракции 0,16—0,315 мм (что технически возможно осуществить при укороченной длине карты намыва) модуль песка, намытого в штабеля может превысить модуль крупности 1,0. В результате в намытом штабеле будет представлен песок, относящийся к группе «мелкий», который по всем показателям представляет собой промытый песок для штукатурных растворов.

Расчетные значения процесса обогащения с диаметром песковой насадки 150 мм

Продукты	Извлечение	Остатки, %	Размеры отверстий сит, мм						Σ
			2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	>0,16	
Питание		Частные	0,3	1,1	4,8	25,5	49,5	18,8	100,0
		Полные	0,3	1,4	6,2	31,7	81,2	—	120,8
Песок обогащенный	%		100,0	100,0	96,0	58,0	8,5	0,3	—
	По массе, %		0,3	1,1	4,6	14,8	4,2	0,6	25,6
		Частные	1,17	4,3	18,0	57,8	16,4	2,33	100,0
		Полные	1,17	5,47	23,47	81,27	97,67	—	209,05
Намыв остатка песка на карту	По массе, %		0	0	0,2	10,7	45,3	18,2	74,4
		Частные	0	0	0,27	14,38	60,89	24,46	100
		Полные	0	0	0,27	14,65	75,54	—	90,46

Представленный расчет и выводы, сделанные по их результатам, относятся к варианту I (базовому) при $Q_r = 1800 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $D = 1400 \text{ мм}$. Расчеты произведены в относительных выходах продуктов разделения. Эти значения в полной мере соответствуют и предполагаемому варианту II при $Q = 2200 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $D = 1600 \text{ мм}$. Хотя геометрические размеры основных параметров гидроциклона ($d_n, d_{сл}, \Delta$) в соотношении $D_{II}: D_I$ не могут быть приняты как прямо пропорциональные, их все равно следует учитывать.

Работа гидроциклона с $D = 1,6 \text{ м}$ при расходе гидросмеси $2200 \text{ м}^3/\text{ч}$ приведет к увеличению диаметров питающего насадка, сливного и пескового в отношении 1: (1,15:1,2). В результате, например, при выходе песков 25 % по варианту I (производительность по пескам $200 \text{ м}^3/\text{ч}$) объем составит $50 \text{ м}^3/\text{ч}$. По варианту II (производительность по пескам $260 \text{ м}^3/\text{ч}$) объем составит $65 \text{ м}^3/\text{ч}$. Годовую производительность нетрудно подсчитать по длительности сезона работы земснаряда (табл. 6.6).

Таблица 6.6

Производительность по пескам

Продукты	Выход, %	Производительность			
		м ³ /ч		м ³ /год	
		вариант I	вариант II	вариант I	вариант II
Песок «средний»	25,0	50	60	В зависимости от числа рабочих дней в году	
Песок «мелкий»	45,0	90	117		
Всего	70	140	182		
Хвосты	30,0	60	78		
<i>Итого</i>	100	200	260		

Перевод работы земснаряда на режим обогащения песка потребует провести тщательную работу в области маркетинга: установить потребителей в области стройиндустрии — бетонные заводы, растворные узлы и др., а также в отраслях ЖКХ.

Одной из основных составляющих ценообразования предлагаемых решений может быть расстояние «карьер—потребитель», определяющее стоимость франко-куба в зависимости от дальности транспортирования.

6.4. ОПЫТ ПЕРЕРАБОТКИ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ СМЕСЕЙ В БАШКИРСКОМ КАРЬЕРОУПРАВЛЕНИИ (БКУ)

Приведенный обзор накопленного опыта по переработке песчано-гравийных смесей в БКУ относится к 90-м гг. XX в. БКУ в указанный временной отрезок времени разрабатывало несколько месторождений ПГС: «Александровка», «Дежнево», «Князево», «Чесноковка», «Чижов Яр» и ряд других. Месторождения разрабатывались гидро-механизированным способом с использованием различных типов земснарядов. По всем месторождениям имелись подробная геологическая информация и отчеты по физико-механическим испытаниям проб песка и гравия, проведенные Уфимским филиалом РОСОГТЕХСТРОМ Минпромстройматериалы РСФСР.

Все месторождения характеризуются высоким качеством ПГС в исходной горной массе: содержание пластинчатых и игловатых частиц не превышало 10 %; содержание зерен слабых пород также было не выше 10 %;

потери в массе после 25 циклов замораживания были не более 1 %; отмечалось значительное содержание глины при полном ее отсутствии в комках.

Проектной группой при техническом отделе БКУ были спроектированы, а на ремонтно-механической базе построены и внедрены в производство более десяти гравие-сортировок Г1. Схема цепи аппаратов гравие-сортировок представлена на рис. 6.7.

Дальнейшие расчеты основаны на данных по месторождению «Красный Яр», разрабатываемому земснарядом 100-40К, частично модернизированным, и грунтовым насосом ЗГМ-2М (подача $1900 \text{ м}^3/\text{ч}$, полный напор 58 м вод. ст.) Гидросмесь подается в конический гидрогрохот КГГ-3000. Соотношение Т:Ж в пульпе 1:15, содержание твердого в исходной пульпе $120 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Гранулометрический состав исходной ПГС представлен на рис. 6.8 в полулогарифмическом масштабе. Максимальная крупность куска в исходной горной массе не превышает 70 мм, хотя в расчетах предусматривалось до 100 мм.

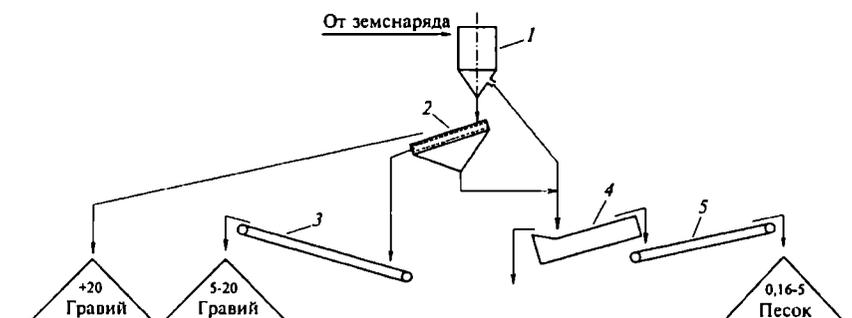


Рис. 6.7. Схема цепи аппаратов гравие-сортировок:

1 — конический гидрогрохот КГГ-3000 — 1 шт.; 2 — виброгрохот ГИЛ-52-2 — 2 шт.; 3 — отвалообразователь — 1 шт.; 4 — спиральный классификатор ИКСН-24 — 1 шт.; 5 — консольный транспортер — 1 шт.

Конический гидрогрохот установлен на высотноразориентированной ферме на уровне около 18 м от поверхности земли. Ферма сварная, из труб различного диаметра и прокатных металлических профилей (тавры, швеллеры, уголки, листовой прокат). Размер перфорации внутреннего цилиндрического грохота составляет 7,5 мм. Перфорация набрана из армированного проката. Расчетное значение диаметра граничного зерна $d_{гр}$ при таком размере перфорации составляет 2,1 мм.

После предварительного грохочения (разделения) на коническом гидрогрохоте надрешетный продукт (гравий) поступает на два параллельно работающих виброгрохота СМД-121 (ГИЛ-52). Эти грохоты установлены на промежуточной площадке фермы на уровне 12 м от дневной поверхности. На грохотах установлены два просеивающих сита: верхнее — с размером ячеей — 20 мм и нижнее — с размером ячеей — 5 мм.



Рис. 6.8. Гранулометрический состав ПГС месторождения «Красный Яр»

Надрешетный продукт +20 мм с верхних сит по лоткам сбрасывается в конус крупного гравия. Промежуточный продукт (надрешетный нижнего сита 5–20 мм) поступает в сборочный бункер. Под этим бункером гравий фракции 5–20 мм поступает на консольный ленточный отвалообразователь длиной 30 м с шириной ленты 650 мм. Отвалообразователь смонтирован на несущей ферме и имеет переменную высоту разгрузки гравия в штабель — от 6 до 14 м.

Песок, выделенный на коническом гидрогрохоте, и подрешетный продукт (класс 0–5 мм) поступают непосредственно в спиральный классификатор 1КСН-24, где происходит обезвоживание песка до влажности 18 %. Мелкая фракция 0–16 мм удаляется через сливной порог классификатора и потоком воды возвращается в майну. Песок по отдельному консольному транспортеру длиной 35 м с шириной ленты 1000 мм направляется на склад песка. Сформированный таким образом склад песка имеет существенное преимущество перед намытым штабелем, так как обеспечивает равномерную крупность по всему объему.

Качественно-количественная схема переработки ПГС на гравиесортировке представлена на рис. 6.9.

Несмотря на все преимущества и стабильную устойчивую работу при эксплуатации в БКУ гравиесортировок Г1, они имеют существенный недостаток. Водопесчаная смесь, поступающая в спиральный классификатор на обезвоживание, имеет соотношение Т:Ж порядка 1:40. В результате в ванне классификатора наблюдается высокая турбулентность и через сливной порог происходит излишнее удаление мелких фракций песка. Это приводит к потерям части песка и завышенному по модулю крупности обезвоженного песка.



Рис. 6.9. Качественно-количественная схема

В связи с этим целесообразно перед подачей водопесчаного потока в спиральный классификатор провести операцию частичного обезвоживания до $T:Ж = 1:4$ или $1:6$, что является оптимальным для работы классификатора. Перепад высот между коническим гидрогохотом и классификатором позволяет установить низконапорный гидроциклон диаметром 1400 мм. Это будет способствовать стабилизации процесса обезвоживания в спиральном классификаторе, снижению потерь и обеспечению требуемого модуля крупности песка.

РАСЧЕТ ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

- 7.1. Капитальные затраты на строительство гидромеханизированного предприятия
- 7.2. Основные производственные фонды
- 7.3. Полная себестоимость полезного ископаемого
- 7.4. Производительность труда
- 7.5. Фондоотдача
- 7.6. Валовая прибыль предприятия
- 7.7. Уровень рентабельности предприятия
- 7.8. Денежные средства, остающиеся в распоряжении предприятия
- 7.9. Прибыль, остающаяся в распоряжении предприятия
- 7.10. Прибыль на вложенный капитал и срок окупаемости капитальных вложений
- 7.11. Основные технико-экономические показатели предприятия



7.1. КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ НА СТРОИТЕЛЬСТВО ГИДРОМЕХАНИЗИРОВАННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Пример. Рассмотрим порядок расчета технико-экономических показателей, основываясь на данных технического задания разработки песчано-гравийного месторождения с частично обводненной залежью и сравнительно мощными вскрышными породами.

Дано: полезная мощность частично по глубине обводнена; вскрышная порода обрабатывается шагающим экскаватором ЭШ-10/70 с внутренним отвалообразованием; верхняя часть полезной толщи обрабатывается карьерным экскаватором ЭКГ-5А с использованием железнодорожного транспорта; в комплексе с экскаватором работает тепловоз марки ТЭМ-2 и думпкары типа ВС-60; обводненная часть залежи (нижний уступ) обрабатывается земснарядом марки 350-50Л; транспортировка гидросмеси до карт намыва осуществляется по трубам диаметром 600 мм с толщиной стенок 12 мм.

Величина капитальных вложений на строительство карьера определяется сводной сметой затрат, которая представлена в форме 7.1.

Форма 7.1. Сводная смета затрат

№ п/п	Наименование затрат	Сумма затрат, руб.	Затраты на 1 м ³ готовой продукции, руб.
<i>ЧАСТЬ I</i>			
1	Подготовка территории строительства предприятия		

Окончание формы 7.1

№ п/п	Наименование затрат	Сумма затрат, руб.	Затраты на 1 м ³ готовой продукции, руб.
2	Горно-капитальные затраты		
3	Затраты на промышленные здания и сооружения		
4	Затраты на электромеханическое оборудование и монтаж		
5	Затраты на приспособления, инструменты, производственный инвентарь		
6	Прочие работы и затраты		
	<i>Итого</i> по части I (основные производственные фонды)		
ЧАСТЬ II			
1	Содержание дирекции строящегося предприятия, включая технический надзор		
2	Проектные и изыскательные работы		
	<i>Итого</i> по части II		
	Всего по I и II частям		
	Всего по смете		
	Возвратные суммы за полезное ископаемое от попутной добычи		

7.1.1. ЗАТРАТЫ НА ПОДГОТОВКУ ТЕРРИТОРИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ

Эти затраты принимаются в размере 0,5—1 % суммы затрат по 2—5 главам части I формы 7.1:

$$K_1 = \frac{(k_2 + k_3 + k_4 + k_5)0,5}{100}, \text{ руб.} \quad (7.1)$$

7.1.2. ЗАТРАТЫ НА ГОРНО-КАПИТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Эти затраты сводятся в форму 7.2 (K_2 , руб.).

Форма 7.2. Затраты на горно-капитальные работы

№ п/п	Виды горных работ и транспортных коммуникаций	Объем работ, м ³	Стоимость единицы работ, руб.	Общая стоимость, руб.
1	Разработка растительного грунта бульдозером Д-385А с перемещением до 50 м в навал			
2	Отгрузка растительного грунта экскаватором мех. лопата Э-2505 в автосамосвалы КраЗ-256 с транспортированием до 1,5 км			
3	Проходка капитальной траншеи с уклоном 20 % на глубину 14 м экскаватором ЭШ-10/70			
4	Проходка разрезной траншеи экскаватором ЭШ-10/70 по вскрышной породе и экскаватором ЭКГ-5 по полезному ископаемому			

Окончание формы 7.2

№ п/п	Виды горных работ и транспортных коммуникаций	Объем работ, м ³	Стоимость единицы работ, руб.	Общая стоимость, руб.
5	Разбортовка разрезной траншеи (частичная)			
6	Сооружение дамб обвалования карт намыва (4-х карт) с углом откоса обвалования 40°			
7	Проходка водоотводной канавы от карт намыва до борта карьера длиной 600 м			
<i>Всего</i>				

7.1.3. ЗАТРАТЫ НА ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Затраты сводятся в форму 7.3 (Кз, руб.)

Форма 7.3. Затраты на здания и сооружения

№ п/п	Наименование зданий и сооружений	Объем, м ³	Стоимость единицы, руб.	Общая сумма, руб.
1	Здание бытового помещения			
2	Здание трансформаторов			
3	Здание электро-механических мастерских			
4	Здание обогатительного хозяйства			
5			
<i>Всего</i>				

7.1.4. ЗАТРАТЫ НА ПРИОБРЕТЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

Эти затраты сводятся в форму 7.4.

Форма 7.4. Затраты на приобретение оборудования (К₄, руб)

№ п/п	Наименование оборудования	Стоимость единицы, руб.		Общая стои- мость всего оборудования, руб.
		цена	доп. затраты на доставку, монтаж	
1	Экскаватор на вскрыше ЭШ-10-70, К _{ЭШ}			
2	Экскаватор на добыче ЭКГ-5, К _{ЭКГ}			
3	Земснаряд 350-50Л на обводненном добычном уступе, К _{350-50Л}			
4	Катер при земснаряде, К _{КАТ}			
5	Локомотив ТЭ, К _{ТЭ}			
6	Думпкары ВС-60, К _{ВС}			
7	Бульдозер Д-385А, К _Д			
8	Экскаватор Э-2505, К _{Э-1}			
9	Автосамосвал КраЗ-256, К _{КР}			
10	Обогатительное оборудо- вание			
<i>Всего</i>				

7.1.5. ЗАТРАТЫ НА ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, ИНСТРУМЕНТЫ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ИНВЕНТАРЬ

Эти затраты принимаются равными 0,5 % затрат 1—5 глав части I формы 7.1 (K_5 , руб.):

$$K_5 = \frac{(k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5)0,5}{100}, \text{ руб.} \quad (7.2)$$

7.1.6. ЗАТРАТЫ НА ПРОЧИЕ РАБОТЫ

Эти затраты принимаются равными 8 % затрат 1—5 глав части I формы 7.1 (K_6 , руб.):

$$K_6 = \frac{(k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5)8}{100}, \text{ руб.} \quad (7.3)$$

7.1.7. ЗАТРАТЫ НА СОДЕРЖАНИЕ ДИРЕКЦИИ СТРОЯЩЕГОСЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Эти затраты принимаются в размере 0,6 % части I сметы (K_7 , руб.):

$$K_7 = \frac{(k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5 + k_6) \cdot 0,6}{100}, \text{ руб.} \quad (7.4)$$

7.1.8. ЗАТРАТЫ НА ПРОЕКТНЫЕ РАБОТЫ

Стоимость этих работ (K_8) рекомендуется принимать в размере 0,5 % ранее изложенных затрат, т.е.:

$$K_8 = \frac{(k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5 + k_6 + k_7)0,5}{100}, \text{ руб.} \quad (7.5)$$

7.1.9. ЗАТРАТЫ НА НЕПРЕДВИДЕННЫЕ РАБОТЫ

Эти затраты принимаются в размере 5 % сметной стоимости строительства (K_9):

$$K_9 = \frac{(k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5 + k_6 + k_7)5}{100}, \text{ руб.} \quad (7.6)$$

7.1.10. ВЕЛИЧИНА ВОЗВРАТНЫХ СУММ ЗА ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ ОТ ПОПУТНОЙ ДОБЫЧИ ЗА ВРЕМЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Величина возвратных сумм (K_{10}) определяется путем умножения количества полезного ископаемого, добытого при строительстве, на его цену:

$$K_{10} = Q_{\text{стр}} C, \text{ руб.}, \quad (7.7)$$

где $Q_{\text{стр}}$ — объем полезного ископаемого, добытого при строительстве, м^3 ;

C — цена 1 м^3 полезного ископаемого, руб.

7.1.11. УДЕЛЬНЫЕ КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ

Удельные капитальные вложения равны отношению капитальных затрат $\sum_{i=1}^n K_i$ (приведенных в сводной смете) к годовой производительности по полезному ископаемому $Q_{\text{год}} (K_y)$:

$$K_y = \sum_{i=1}^n K_i / Q_{\text{год}}, \text{ руб/м}^3, \quad (7.8)$$

где i — капитальные, на i -е наименование затрат, руб.;
 n — количество затрат (см. раздел 7.1, $n = 9$).

7.2. ОСНОВНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФОНДЫ

Общая сумма основных производственных фондов принимается равной затратам, определенным в части I сводной сметы.

7.3. ПОЛНАЯ СЕБЕСТОИМОСТЬ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО

Себестоимость — это эксплуатационные затраты на производство и реализацию единицы продукции, т.е. песчано-гравийной смеси.

В соответствии с «Положением о составе затрат, включаемых в себестоимость продукции от 5 августа 1992 г.» затраты необходимо группировать по следующим элементам:

- ◆ материальные;
- ◆ на оплату труда;
- ◆ отчисления на социальные нужды;
- ◆ амортизация основных фондов;
- ◆ прочие.

7.3.1. МАТЕРИАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ

Материальные затраты C_1 равны сумме затрат:

$$C_1 = c_1 + c_2 + c_3 + c_4, \text{ руб.}, \quad (7.9)$$

где c_1 — стоимость вспомогательных материалов, руб.
(стоимости этих материалов сведены в форму 7.5).

Форма 7.5. Стоимость вспомогательных материалов C_1

№ п/п	Наименование материалов	Единицы измерения	Норматив расхода		Стоимость единицы, руб.	Сумма, руб/год
			на единицу	всего		
1	Авторезина (на рекультивации)	Вскрыша, руб/тыс. км пробега				
2	Кабель для подключения оборудования	% от стоимости приобретения кабеля				
3	Стальные канаты	руб/1000 м ³ горной массы				
4	Материалы для содержания и текущих ремонтов железнодорожных путей: рельсы, скрепление	т/км горной массы				

Продолжение формы 7.5

№ п/п	Наименование материалов	Единицы измерения	Норматив расхода		Стоимость единицы, руб.	Сумма, руб/год
			на единицу	всего		
5	Запчасти и материалы на текущее содержание и ремонт: экскаваторы: Э-2053 с E = 2,5 м ³ ЭКГ-5А ЭШ-10/70 автосамосвал КраЗ-250Б тепловоз ТЭМ-2 думпкары	% от стоимости экскаватора на 1000 ч работы руб/1000 км пробега руб/1000 км пробега % от стоимости вагона				
6	Дизельное топливо: для автосамосвалов для бульдозеров для тепловозов	руб/1т дизельного топлива				
7	Смазочные и обтирочные материалы: для экскаватора Э-2053	руб/1000 ч работы				

Окончание формы 7.5

№ п/п	Наименование материалов	Единицы измерения	Норматив расхода		Стоимость единицы, руб.	Сумма, руб/год
			на единицу	всего		
7	Смазочные и обтирочные материалы:	руб/1000 ч работы				
	для бульдозеров	% от стоимости расходуемого дизельного топлива				
	для тепловозов	% от стоимости дизельного топлива				
	для думпкаров	руб.				
8	Износ малоценных предметов и спецодежды	руб/чел.				
Итого						
Неучтенные материалы 3 %						
<i>Всего</i>						

Отчисления на воспроизводство минерально-сырьевой базы c_2 , руб., взимаются с пользователя недр (3,7 %), осуществляющего добычу песчано-гравийной смеси, и поступают в Государственный внебюджетный фонд воспроизводства минерально-сырьевой базы:

$$c_2 = Q_{\text{год}} \cdot C \frac{3,7}{100}, \text{ руб.} \quad (7.10)$$

Расходы на топливо для отопления имеющихся зданий, руб., c_3 равны 0,3 % общих эксплуатационных затрат Э:

$$c_3 = \frac{\text{Э} \cdot 0,3}{100}, \text{ руб.} \quad (7.11)$$

Расчет затрат на электроэнергию c_4 , руб., получаемую со стороны, производится в данном случае по двухставочному тарифу.

Общая сумма затрат на электроэнергию

$$c_4 = (N_y \cdot a + W \cdot b)(1 \pm c), \text{ руб.}, \quad (7.12)$$

где N_y — установленная мощность (трансформаторов, КВА) высоковольтных двигателей с максимальной нагрузкой;

$$M_{\text{ЭШ-1070}} + M_{\text{ЭКГ-5}} + M_{\text{350-50л}} + M_{\text{ТЭМГ}}, \text{ кВт}; \quad (7.13)$$

$$N_y = \frac{M_n}{\cos \varphi \eta_{\text{дв}}}, \text{ кВт}, \quad (7.14)$$

где M_n — номинальная мощность сетевых двигателей, кВт;

$\cos \varphi$ — номинальный коэффициент мощности; $\cos \varphi = 0,9$;

$\eta_{\text{дв}}$ — номинальный КПД двигателей; $\eta_{\text{дв}} = 0,85$;

a — тариф за 1 кВт максимальной мощности двигателя в год, руб.;

- b — тариф за 1 кВт·ч потребленной энергии, руб.;
- W — фактически потребленная электроэнергия за год, кВт·ч.

$$W = M_n t_p K_n + M'_n t'_p K'_n, \text{ кВт·ч,} \quad (7.15)$$

где t_p, t'_p — число часов работы оборудования в год, соответственно экскаваторов + тепловоза и земснаряда, ч;

M_n, M'_n — соответственно номинальная мощность экскаваторов + тепловоза и земснаряда, кВт;

K_n, K'_n — соответственно коэффициент использования во времени экскаваторов + тепловоза и земснаряда;

c — надбавка или скидка к тарифу за электроэнергию (в нашем случае $c = 0$).

Результаты расчета затрат на электроэнергию можно свести в форму 7.6.

Форма 7.6. Затраты на электроэнергию

Наименование потребителей	Количество потребителей	Установленная мощность	Суточный расход, кВт·ч	Число дней работы	Годовой расход, кВт·ч
Экскаватор ЭШ-10/70	1				
Экскаватор ЭКГ-5А	1				
Локомотив ТЭМ-2	1				
Земснаряд 350-50Л	1				

7.3.2. ЗАТРАТЫ НА ОПЛАТУ ТРУДА

Прежде чем определить величину заработной платы, необходимо установить численность явочного и списочного состава рабочих.

Явочную численность рабочих определим из следующей зависимости:

$$M_{\text{я}} = MN_0T_{\text{см}}, \quad (7.16)$$

где M — число рабочих мест или машин;

N_0 — норма обслуживания рабочих мест или машин (из практики), чел.;

$T_{\text{см}}$ — число рабочих смен в сутки.

Списочное количество рабочих N_c определяется из равенства

$$N_c = N_{\text{я}}K_{\text{с.с}}, \quad (7.17)$$

где $K_{\text{с.с}}$ — коэффициент списочного состава.

При прерывной рабочей неделе и числе рабочих дней в году, равном 305, величина $K_{\text{с.с}} = 1,32$ (в среднем для всех профессий).

Численность состава рабочих, определенная по всем приведенным профессиям, сводится в форму 7.7.

Годовые затраты на оплату труда руководящих работников, специалистов, служащих и МОП представлены в форме 7.8. Тогда

$$C_2 = C_2' + C_2'', \text{ руб.} \quad (7.18)$$

Форма 7.7. Численность состава рабочих

№ п/п	Профессия рабочих по конкретному технологическому процессу	Полная зарплата (средняя) одного человека в смену, руб.	Штат рабочих, чел.		Число рабочих дней в году	Годовые затраты на оплату труда, руб.
			N_a	N_c		
<i>На вскрыше</i>						
1	Машинист экскаватора ЭШ-10/70					
2	Помощник машиниста экскаватора ЭШ-10/70					
<i>На верхнем добычном уступе</i>						
3	Машинист экскаватора ЭКГ-5А					
4	Помощник машиниста экскаватора ЭКГ-5А					
5	Машинист тепловоза ТЭМ-2					
6	Помощник машиниста тепловоза ТЭМ-2					
7	Кондуктор					
8	Путевой рабочий					
9	Электросварщик					

№ п/п	Профессия рабочих по конкретному технологическому процессу	Полная зарплата (средняя) одного человека в смену, руб.	Штат рабочих, чел.		Количество рабочих дней в году	Годовые затраты на оплату труда, руб.
			N_a	N_c		
<i>На обводненном добычном уступе</i>						
10	Начальник земснаряда					
11	Машинист земснаряда					
12	Машинист мехоборудования					
13	Машинист электрооборудования					
14	Речной рабочий					
15	Электросварщик					
<i>Участок рекультивации на отвале</i>						
16	Машинист экскаватора Э-2503					
17	Бульдозерист					
18	Шофер					
19	Бульдозерист на карте намыва					
20	Электрослесарь участка					
Итого						
Неучтенная зарплата 3 %						
Всего C_2'						

Форма 7.8. Годовые затраты на оплату труда отдельных работников

№ п/п	Наименование должностей	Численность, чел.	Должностной оклад, руб/мес.	Годовые затраты на оплату труда, руб.
1	Начальник (карьера) участка			
2	Горный мастер			
3	Маркшейдер участка			
4	Энергетик участка			
5	Механик участка			
6	Заведующий складом запасных частей			
7	Уборщица			
8	Машинистка			
9	Диспетчер участка			
Итого				
Неучтенная зарплата 3 %				
<i>Всего C₂</i>				

7.3.3. ОТЧИСЛЕНИЯ НА СОЦИАЛЬНЫЕ НУЖДЫ

Согласно установленным законодательством нормам необходимы отчисления на социальные нужды, в которые включают отчисления органам государственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования:

$$C_6 = \frac{C_2 \alpha_{с.н}}{100}, \text{ руб.} \quad (7.19)$$

где $\alpha_{с.н}$ — норма отчисления на социальные нужды от затрат на оплату труда, %.

7.3.4. АМОРТИЗАЦИОННЫЕ ОТЧИСЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ

В элементе «Амортизация основных фондов» отражается сумма амортизационных отчислений на полное восстановление всех основных производственных фондов.

Величина амортизационных отчислений определяется по следующей формуле:

$$A_0 = \frac{\alpha_n C_6}{100}, \text{ руб.}, \quad (7.20)$$

где A_0 — поправочный коэффициент, учитывающий время, режим работы и условия эксплуатации основных фондов;

α_n — годовая норма амортизационных отчислений, %;

C_6 — балансовая стоимость основных фондов (см. форму 7.4), руб.

Форма 7.9. Амортизационные отчисления

№ п/п	Наименование основных фондов	Балансовая стоимость основных фондов C_6 (см. форму 7.4)	Норма ежегодных амортизационных отчислений на полное восстановление α_n , %	Сумма амортизационных отчислений, руб.
1	Экскаватор ЭШ-10/70			
2	Экскаватор ЭКГ-5А			
3	Земснаряд 350-50Л			
4	Тепловоз ТЭМ-2			
4'	Землесос перекачки 20Р-11М			

Окончание формы 7.9.

№ п/п	Наименование основных фондов	Балансовая стоимость основных фондов C_6 (см. форму 7.4)	Норма ежегодных амортизационных отчислений на полное восстановление α_n , %	Сумма амортизационных отчислений, руб.
5	Думпкары ВС-60			
6	Бульдозеры			
7	Экскаватор Э-2503			
8	Катер при земснаряде			
9	Пульпопровод Дуб600 $L_m = 1500$ м			
10	Автосамосвал КрАЗ-256			
11	Амортизация горно-капитальных работ			
12	Амортизация зданий и сооружений			
13	Железнодорожный путь			
	Неучтенные амортизационные отчисления			
<i>Всего C_7</i>				

7.3.5. ПРОЧИЕ ЗАТРАТЫ

Прочие затраты можно определить в размере 20—30 % общей суммы ранее учтенных затрат в себестоимости продукции, т.е.:

$$C_8 = \frac{C \cdot 20}{100}, \text{ руб.}, \quad (7.21)$$

где C — сумма предыдущих затрат, руб., равная

$$\sum_{i=1}^7 C_i. \quad (7.22)$$

Подсчитанные расходы по элементам сведены в форму 7.10.

7.3.6. ЭЛЕМЕНТЫ ЗАТРАТ И ПОЛНАЯ СЕБЕСТОИМОСТЬ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО

Форма 7.10. Расходы по элементам затрат

№ п/п	Элементы затрат	Сумма затрат, руб/год	Затраты на единицу полезного ископаемого, руб/м
1	Материальные затраты		
2	Затраты на оплату труда		
3	Отчисления на социальные нужды		
4	Амортизация основных фондов		
5	Прочие затраты		
<i>Всего</i>			

В полную себестоимость полезного ископаемого входят не только все производственные затраты на выпуск продукции, но и непроизводственные расходы, связанные с реализацией продукции и содержанием сбытовых организаций:

$$C_{\text{пол}} = C_{\text{пр}} K_{\text{н.пр}}, \text{ руб/м}^3, \quad (7.23)$$

где $C_{\text{пол}}$ — полная себестоимость полезного ископаемого, руб/м³;

$C_{\text{пр}}$ — производственная себестоимость, руб/м³;

$K_{\text{н.пр}}$ — коэффициент, учитывающий непроизводственные расходы ($K_{\text{н.пр}} \approx 1,03+0,07$);

7.4. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА

Годовая производительность труда рабочего

$$P_p^r = \frac{Q_r}{N_p}, \text{ м}^3; \quad (7.24)$$

трудящегося —

$$P_t^r = \frac{Q_r}{N_t}, \text{ м}^3. \quad (7.25)$$

Месячная производительность рабочего и трудящегося соответственно равна

$$P_p^m = \frac{Q_m}{N_p}, \text{ м}^3, \text{ и} \quad (7.26)$$

$$P_t^m = \frac{Q_m}{N_t}, \text{ м}^3, \quad (7.27)$$

где Q_r, Q_m — соответственно годовой и месячный объем добычи полезного ископаемого, м^3 ;

N_p, N_t — соответственно списочная численность рабочих и трудящихся, чел.

7.5. ФОНДООТДАЧА

Фондоотдача измеряется соотношением произведенной за год продукции (в натуральном или стоимостном выражении) и среднегодовой стоимости основных производственных фондов:

$$\Phi_o = \frac{Q_r}{\Phi_{\text{осн}}}, \text{ м}^3/\text{руб.}; \quad (7.28)$$

$$\Phi_0 = \frac{B}{\Phi_{\text{осн}}}, \text{ руб/руб.}, \quad (7.29)$$

где B — сумма годовой выручки от реализации песчано-гравийной массы, руб.;

$\Phi_{\text{осн}}$ — среднегодовая стоимость основных производственных фондов, $(K_3 + K_4)$ руб.

7.6. ВАЛОВАЯ ПРИБЫЛЬ ПРЕДПРИЯТИЯ

Валовая прибыль представляет собой сумму прибыли от реализации продукции P_p , основных фондов P_ϕ и иного имущества предприятия, выводимого из эксплуатации, а также доходов от внереализационных операций $P_{\text{внр}}$, уменьшенных на сумму расходов по этим операциям:

$$P_v = P_p + P_\phi + P_{\text{внр}}, \text{ руб.} \quad (7.30)$$

Прибыль от реализации продукции определяется как разница между выручкой от реализации продукции без налога на добавленную стоимость и затратами на производство и реализацию, включаемыми в себестоимость:

$$P_p = B' - C_{\text{пол}} Q_p, \text{ руб.}, \quad (7.31)$$

где $C_{\text{пол}}$ — полная себестоимость полезного ископаемого, руб/м³;

B' — выручка от реализации продукции без учета налога на добавленную стоимость, руб.

$$B' = B - N_{\text{ндс}}, \text{ руб.}, \quad (7.32)$$

где B — годовая выручка от реализации продукции, руб.

$$B = CQ_p, \text{ руб.} \quad (7.33)$$

где C — цена реализации песчано-гравийной смеси, руб/м³;

$Q_p = Q_{\text{год}}$ — годовой объем реализуемой песчано-гравийной смеси, м³;

$N_{\text{ндс}}$ — сумма налога на добавленную стоимость; определяется как разница между суммой налога, полученной от потребителя за реализованную продукцию, и суммой налога, уплаченной поставщиком за израсходованные материальные ресурсы:

$$N_{\text{ндс}} = N_{\text{ндс}}^{\text{потр}} - N_{\text{ндс}}^{\text{пост}}, \text{ руб.}, \quad (7.34)$$

где $N_{\text{ндс}}^{\text{потр}}$ — сумма налога, полученная от потребителей, руб.

$$N_{\text{ндс}}^{\text{потр}} = B - \frac{B \cdot 100}{100 + \text{НДС}}, \text{ руб.}, \quad (7.35)$$

где $N_{\text{ндс}}^{\text{пост}}$ — сумма налога, уплаченная поставщиком за материальные ресурсы, руб.

$$N_{\text{ндс}}^{\text{пост}} = Z_n - \frac{Z_n \cdot 100}{100 + \text{НДС}}, \text{ руб.}, \quad (7.36)$$

где Z_n — годовая стоимость приобретенных и используемых материальных ресурсов, руб. (приспособления, инструменты, производственный инвентарь), руб.;

НДС — налог на добавленную стоимость (НДС = 18 %).

Прибыль от реализации основных фондов, выводимых из эксплуатации, в нашем случае отсутствует ($P_{\phi} = 0$ руб).

Прибыль от внереализованных $P_{\text{внр}}$ операций представляет собой доходы от долевого участия в деятельности других предприятий, от сдачи имущества в аренду и другие доходы. В проекте принимаем $P_{\text{внр}} = 0$.

7.7. УРОВЕНЬ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Рентабельность предприятия определяется отношением прибыли от реализации песчано-гравийной смеси P_p и полной (годовой производственной) себестоимости $C_{\text{пол}}$.

$$R = \frac{P_p}{C_{\text{пол}}} \cdot 100, \text{ руб.} \quad (7.37)$$

7.8. ДЕНЕЖНЫЕ СРЕДСТВА, ОСТАЮЩИЕСЯ В РАСПОРЯЖЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Денежные средства, остающиеся в распоряжении предприятия, представляют собой сумму амортизационных отчислений и валовой прибыли за вычетом всех обязательных выплат и налогов, т.е. они равны:

$$D = P_v - P_n \cdot \frac{N_n}{100} + A, \text{ руб.} \quad (7.38)$$

7.9. ПРИБЫЛЬ, ОСТАЮЩАЯСЯ В РАСПОРЯЖЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

$$P_o = P_v - P_n \cdot \frac{N_n}{100}, \text{ руб.} \quad (7.39)$$

где N_n — налог на прибыль по основной деятельности, %;
 A — годовая сумма амортизационных отчислений, руб.;

Π_n — налогооблагаемая прибыль по основной деятельности, руб., равная

$$\Pi_n = \Pi_p - K_n, \text{ руб.}, \quad (7.40)$$

где K_n — капитальные затраты, уменьшающие облагающую прибыль в соответствии с представленными льготами, руб.

Эта величина составляет:

$$K_n = K_{\text{пер}} + 0,3 K_{\text{пр}}, \text{ руб.}, \quad (7.41)$$

где $K_{\text{пер}}$ — капитальные затраты на техническое перевооружение, реконструкцию, расширение предприятия; эти затраты связаны с увеличением производственной мощности предприятия за счет отработки обводненного горизонта средствами гидромеханизации;

$K_{\text{пр}}$ — капиталовложения на природоохранные мероприятия, руб. (см. форму 7.2).

При этом следует учесть, что налоговые льготы не должны уменьшать фактическую сумму налогов, исчисленную без учета льгот, более чем на 50 %.

7.10. ПРИБЫЛЬ НА ВЛОЖЕННЫЙ КАПИТАЛ И СРОК ОКУПАЕМОСТИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ

Прибыль на вложенный капитал и срок окупаемости капитальных вложений Π_k характеризуют темп оборота вложенного в производство капитала:

$$P_k = \frac{P_o}{K} \cdot 100, \%, \quad (7.41)$$

где P_o — прибыль, оставшаяся на предприятии, руб.;

K — суммарные капитальные вложения ($\sum_{i=1}^n K_i$), руб.

Чем выше оборачиваемость вложенного в производство капитала, тем эффективнее производство.

Величина, обратная прибыли на вложенный капитал — P_k , представляет собой срок окупаемости капитальных вложений:

$$T_{ок} = \frac{100}{P_k}, \text{ лет.} \quad (7.42)$$

7.11. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЯ

В форму 7.11 сводятся основные технико-экономические показатели предприятия.

Форма 7.11. Основные технико-экономические показатели предприятия

№ п/п	Наименование показателей	Значения
1	Годовая производственная мощность карьера, м ³	
2	Текущий коэффициент вскрыши, м ³ /м ³	
3	Капитальные вложения на промышленное строительство (без возвр. суммы), руб.	
4	Удельные капитальные вложения (с учетом возвратной суммы), руб/м ³	
5	Размер основных производственных фондов, руб.	

Окончание формы 7.11

№ п/п	Наименование показателей	Значения
6	Эксплуатационные затраты на добычу 1 м ³ полезного ископаемого (с учетом затрат на вскрышу), руб.	
7	Полная себестоимость полезного ископаемого, руб/м ³	
8	Штат рабочих (трудящихся), чел.	
9	Годовая производительность труда рабочего (трудящегося), м ³ /чел.	
10	Фондоотдача, руб/руб.	
11	Валовая прибыль, руб.	
12	Уровень рентабельности, %	
13	Прибыль, остающаяся в распоряжении предприятия, руб.	
14	Прибыль на вложенный капитал, %	
15	Срок окупаемости капитальных вложений, лет	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буянов Ю.Д., Аверченков А.П., Бессмертный К.С. Песково-гравийные, щебеночные и глиняные карьеры. — М.: — Недра, 1964.
2. Ялтанец И.М., Егоров В.К. Гидромеханизация: Справочный материал. — М.: Изд-во МГГУ, 1999.
3. ГОСТ 8267—93. Межгосударственный стандарт. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. Дата введения 1995-01-01. — М.: Изд-во стандартов, 1995.
4. ГОСТ 8736—93. Песок для строительных работ. Технические условия. Дата введения 1995-07-01. — М.: Изд-во стандартов, 1995.
5. Глевицкий В.И. Гидромеханизация в транспортном строительстве. — М.: Транспорт, 1988.
6. Нурок Г.А. Процессы и технология гидромеханизации открытых горных работ. — М.: Недра, 1985.
7. Юфин А.П. Гидромеханизация. — М.: Стройиздат, 1974.
8. Технические условия. Песок морской сортированный для строительных работ. ТУ 5711-001-50863249-99. Санкт-Петербург, 2000.
9. Рабочий проект опытно-промышленной установки для промывки и классификации песков при разработке Сычевского гидроотвала. Исполнители: гл. инж. проекта, проф., д-р И.М. Ялтанец, гл. специалист, ОАО «Мосав-тодор и партнеры» доц., канд. техн. наук В.А. Степанов, генеральный директор ОАО «Сычевское ГАТП» Ю.А. Евстафьев и др. — М.: Изд-во МГГУ, 1999.
10. Богданов Е.И. Оборудование для транспорта и промывки песков россыпей. — М.: Недра, 1978.
11. Липман А.А., Терехов Д.И., Шаненко Ф.Ф. Обезвоживание нерудных строительных материалов. — М.: Стройиздат, 1975.
12. Справочник по обогащению руд. Основные и вспомогательные процессы / Под ред. О.С. Богданова, В.А. Олевского. — М.: Недра, 1984.
13. Олюнин В.В. Переработка нерудных строительных материалов. — М.: Недра, 1988.

14. *Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В.* Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. — М.: Недра, 1980.
15. *Бруякин Ю.В., Тухель А.Э.* Переработка пород при гидромеханизированной разработке песчано-гравийных месторождений. — М.: изд. МГИ, 1990.
16. *Тухель А.Э.* Расчет дробильно-сортировочных фабрик: Методические разработки и справочные материалы. — М.: Изд-во МГГУ, 1999.
17. *Ялтанец И.М.* Проектирование открытых гидромеханизированных и дренажных разработок месторождений. — М.: Изд-во МГГУ, 2003.
18. *Ялтанец И.М.* Гидромеханизированные и подводные горные работы. Кн. 1, 2. — М.: Изд-во МГГУ, 2006.
19. *Марцинчик А.Б., Шубенкин П.Ф.* Определение свойств и качеств строительных материалов в полевых условиях. — М.: Стройиздат, 1983.
20. *Геологический словарь.* Т. 1, 2. — М.: Недра, 1973.
21. *Нормы технологического проектирования предприятий промышленности нерудных строительных материалов.* — Л.: Стройиздат, 1977.
22. *Горный журнал.* — 2003. — № 10. — С. 97—109.
23. *Поваров А.Н.* Гидроциклоны на обогатительных фабриках. — М.: Недра, 1978.
24. *Троицкий В.В.* Обогащение нерудных строительных материалов. — Л.: Стройиздат, 1986.
25. *Белодус В.В., Ляпин М.А. и др.* Переработка песчано-гравийных пород для получения нерудных строительных материалов. — Л.: Стройиздат, 1975.
26. *Поваров А.И.* Гидроциклоны. — М.: изд. ГНТИЛ по горному делу, 1961.
27. *Промышленные испытания гидроциклона диаметром 1400 мм / Обогащение руд.* — 1973. — № 3. — С. 26—28.
28. *Каталог обогатительного оборудования.* — Л.: изд. ГИПРНЕМЕТРУД, 1961.
29. *Тухель А.Э., Дятлов В.М., Кунашев С.С.* Повышение качества песка с использованием гидроциклонов: Материалы IV Съезда гидромеханизаторов России / Горный информационный аналитический бюллетень: Приложение. — М.: Изд-во МГГУ, 2006.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ГОРНЫХ ЗАДАЧ*

Задача № 1. Рассчитать параметры размыва пород гидромониторами. Нарисовать схему гидромониторного забоя.

Дано: группа разрабатываемой горной породы — IV; годовой объем вскрышных пород — 1 500 000 м³; продолжительность сезона — 150 рабочих дней.

Решение

1. Часовой расход воды по карьере

$$Q_b = \frac{W_r q K_1}{n t_c T_c K_v} = \frac{1\,500\,000 \cdot 9 \cdot 1,1}{3 \cdot 8 \cdot 150 \cdot 0,9} = 4583 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где W_r — годовой (сезонный) объем вскрышных работ, м³;

q — удельный расход воды, м³/м³;

K_1 — коэффициент запаса воды;

n — число смен в сутки;

t_c — продолжительность смены, ч;

T_c — число рабочих дней в году;

K_v — коэффициент использования гидромониторной установки во времени.

2. Число рабочих гидромониторов для размыва породы

$$N_r = \frac{Q_b}{Q_{\text{тех}} K'} = \frac{4583}{1530 \cdot 0,9} = 3 \text{ ед.},$$

* Задачи приведены в авторской редакции.

где $Q_{\text{тех}}$ — техническая производительность гидромонитора, м³/ч;

K' — коэффициент, учитывающий высоту уступа, наличие в породах корней и камней.

Принимаем гидромонитор марки ГМН-250с с водопроизводительностью $Q_{\text{тех}} = 1530$ м³/ч и напором на насадке $H_r = 60$ м.

3. Скорость вылета струи из насадки

$$V_c = \varphi \sqrt{2gH_r} = 0,92 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 60} = 32,2 \text{ м/с,}$$

где φ — коэффициент запаса;

g — ускорение свободного падения, м/с²;

H_r — рабочий напор воды на насадке, м.

4. Секундный расход воды гидромонитора

$$Q_{\text{г.с}} = \frac{Q_{\text{тех}}}{3600} = \frac{1530}{3600} = 0,42 \text{ м}^3/\text{с.}$$

5. Расчетный диаметр насадки

$$d_n = 0,52 \sqrt{\frac{Q_{\text{г.с}}}{\sqrt{H_r}}} = 0,52 \sqrt{\frac{0,42}{\sqrt{60}}} = 0,13 \text{ м.}$$

Принимаем стандартный $d_n = 150$ мм.

6. Техническая производительность гидромонитора по породе за 1 ч чистой работы

$$Q_r = \frac{Q_{\text{тех}} K_i}{q} = \frac{1530 \cdot 0,95}{9} = 161 \text{ м}^3/\text{ч,}$$

где K_i — коэффициент, учитывающий наличие перекачивающих станций.

7. Годовая производительность гидромонитора по породе

$$Q_r = Q_r n t_c T_c K_b = 161 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 150 \cdot 0,9 = 521\,640 \text{ м}^3.$$

Задача № 2. Рассчитать параметры гидромониторного размыва на рабочей площадке карьера и изобразить их графически.

Дано: группа вскрышной породы — IV; годовой объем вскрышных пород — 1 400 000 м³; число рабочих дней в году — 150.

Решение

1. Исходя из группы разрабатываемой породы и высоты уступа ($H_y = 16$ м), размыв будем осуществлять встречным забоем.

Разработка встречным забоем наиболее эффективна, так как струя размывает породу с подбойкой и обрушенная порода смывается равномерно.

2. Необходимый часовой расход по воде

$$Q_b = \frac{W_r q K_1}{n t_c T_c K_b} = \frac{1\,400\,000 \cdot 9 \cdot 1,1}{3 \cdot 8 \cdot 150 \cdot 0,9} = 4277 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где W_r — годовой (сезонный) объем вскрышных работ, м³;

q — удельный расход воды, м³/м³;

K_1 — коэффициент запаса воды;

n — число рабочих смен в сутки;

t_c — продолжительность смены, ч;

T_c — число рабочих дней в году;

K_b — коэффициент использования гидромониторной установки во времени.

3. Число рабочих гидромониторов для размыва породы

$$N_r = \frac{Q_{\text{в}}}{Q_{\text{тех}} K'} = \frac{4277}{2200 \cdot 0,9} = 2 \text{ ед.},$$

где $Q_{\text{тех}}$ — техническая производительность гидромонитора, м³/ч; K' — см. задачу 1.

4. Минимальное расстояние от забоя до гидромонитора

$$l_{\text{min}} = \alpha H_y = 0,8 \cdot 16 = 12,8 \text{ м},$$

где α — коэффициент приближения гидромонитора к забою при ручном управлении;

H_y — высота уступа, м.

5. Максимальное расстояние от забоя до гидромонитора

$$l_{\text{max}} = 0,4 H_r = 0,4 \cdot 60 = 24 \text{ м},$$

где H_r — напор на насадке гидромонитора, м.

6. Ширина заходки гидромонитора

$$A_r = 2\sqrt{l_{\text{max}}^2 - (l_{\text{min}} + a_r)^2} = 2\sqrt{24^2 - (12,8 + 5,5)^2} = 31 \text{ м},$$

где a_r — шаг передвижки гидромонитора.

$$a_r = \frac{\sqrt{8l_{\text{max}}^2 + H_y^2} - 3H_y}{4} = \frac{\sqrt{8 \cdot 24^2 + 16^2} - 3 \cdot 16}{4} = 5,5 \text{ м}.$$

Принимаем значение a_r , равное длине стандартной трубы, т.е. 6 м.

7. Часовая производительность карьера по породе

$$W_{\text{ч}} = \frac{W_{\text{г}}}{T_{\text{с}} n t_{\text{с}}} = \frac{1\,400\,000}{150 \cdot 3 \cdot 8} = 388 \text{ м}^3.$$

8. Необходимая часовая производительность карьера по гидросмеси

$$Q_{\text{г}} = W_{\text{ч}} (1 - m + q) = 400(1 - 0,35 + 9) = 3744 \text{ м}^3,$$

где m — пористость разрабатываемой породы, доли ед.

9. Вместимость зумпфа при гидромониторном размыве

$$V_{\text{зум}} = \frac{Q_{\text{г}} n_3 K_3}{60} = \frac{3860 \cdot 1 \cdot 2}{60} = 124,8 \text{ м}^3,$$

где n_3 — число грунтовых насосов, работающих из одного зумпфа;

K_3 — коэффициент запаса вместимости зумпфа.

10. Объем породы, разрабатываемой с одной стоянки гидромонитора,

$$W_{\text{с}} = H_{\text{у}} A_{\text{г}} a_{\text{г}} = 16 \cdot 31 \cdot 6 = 2976 \text{ м}^3.$$

Задача № 3. Рассчитать параметры самотечного гидро-транспорта вскрышных пород на внешний гидроотвал и изобразить графически поперечное сечение деревянного лотка.

Дано: высота разрабатываемого уступа $H_{\text{у}} = 10$ м; категория пород — IV; пористость породы $m = 0,35$; плотность породы $\gamma = 2,65$ т/м³; средняя крупность транспортируемых частиц $d_{\text{ср}} = 0,7$ мм; годовой объем вскрышных пород $W_{\text{г}} = 1\,790\,000$ м³; продолжительность летнего периода $N_{\text{д}} = 150$ дней; число смен в сутки $n = 3$; продолжительность смены $t_{\text{с}} = 8$ ч.

Решение

1. Часовая производительность карьера по гидро-вскрыше

$$W_{\text{ч}} = \frac{W_{\text{г}}}{N_{\text{д}} n t_{\text{с}} K_{\text{в}}},$$

где $K_{\text{в}}$ — коэффициент использования гидроустановок во времени ($K_{\text{в}} = 0,85$);

$$W_{\text{ч}} = \frac{1\,790\,000}{150 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 0,85} = 585 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

2. Удельный расход воды для высоты уступа $H_{\text{у}} = 10$ м с учетом IV категории пород $q = 8,1 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

3. Часовая производительность гидротранспорта по гидросмеси

$$Q = W_{\text{ч}}(1 - m + q) = 585(1 - 0,35 + 8,1) = 5120 \text{ м}^3/\text{ч},$$

или $1,7 \text{ м}^3/\text{с}$.

4. Содержание твердого в пульпе, % от массы воды,

$$P_{\text{вв}} = \frac{\gamma}{(1 - m)q} 100 = \frac{2,65}{(1 - 0,35)8,1} \cdot 100 = 50 \text{ \%}.$$

5. Величина m_1 , необходимая для определения соотношения между шириной лотка $b_{\text{л}}$ и критической глубиной потока, соответствующей критической скорости, равна 3.

6. Для $d_{\text{ср}} = 0,7$ мм определяется глубина потока $h_{\text{к}}$, соответствующая критической скорости.

$$Q = m_1 h_k^2 (0,35 + 2,15 \sqrt{P_{\text{вв}} h_k^2}) \sqrt{d_{\text{ср}} / 0,4}, \text{ м.}$$

В нашем случае, согласно приведенным расчетам и заданному значению $d_{\text{ср}}$, имеем: $Q = 1,7 \text{ м}^3/\text{с}$, $P_{\text{вв}} = 50 \%$, $d_{\text{ср}} = 0,7 \text{ мм}$, т.е.:

$$1,7 = 3h_k^2 (0,35 + 2,15 \sqrt{50h_k^2}) \sqrt{0,7/0,4}.$$

Откуда $h_k = 0,33 \text{ м}$.

7. Ширина лотка по дну

$$b_{\text{л}} = m_1 h_k = 3 \cdot 0,33 = 1,0 \text{ м.}$$

8. Площадь живого сечения потока, соответствующая критической скорости,

$$\omega_k = h_k b_{\text{л}} = 0,33 \cdot 1,0 = 0,33 \text{ м}^2.$$

9. Критическая скорость движения гидросмеси

$$V_{\text{кр}} = \frac{Q}{\omega_k} K_1 = \frac{1,7}{0,33} 1,1 = 5,1 \text{ м/с},$$

где K_1 — коэффициент неравномерности движения гидросмеси ($K_1 = 1,1$).

10. Гидравлический радиус потока

$$R = \frac{b_{\text{л}} h_k}{b_{\text{л}} + 2h_k} = \frac{1,0 \cdot 0,33}{1,0 + 2 \cdot 0,33} = 0,2 \text{ м.}$$

11. При коэффициенте, зависящем от шероховатости русла $n = 0,0125$, коэффициент Шези $C = 64$, а уклон русла (лотка) определяется из следующего равенства:

$$i = \frac{V_{\text{кр}}^2}{RC^2} = \frac{5,1^2}{0,2 \cdot 64^2} = 0,03.$$

Превышение высоты лотка над h_k составляет 15 см.

Задача № 4. Определить производительность по гидросмеси, длину фронта работ, ширину заходки при разработке обводненного песчано-гравийного месторождения земснарядом 350-50Т.

Дано: категория породы по трудности разработки — V; паспортная часовая производительность по породе $Q_{\text{п.ч}} = 350 \text{ м}^3$; пористость грунта $m = 0,4$; высота подводной части уступа $H_{\text{уп}} = 12 \text{ м}$.

Решение

1. Часовая производительность земснаряда по гидросмеси

$$Q_r = \frac{Q_{\text{п.ч}}(q+1-m)}{\gamma_o K_3} = \frac{350(18+1-0,4)}{1 \cdot 1} = 6510 \text{ м}^3,$$

где q — удельный расход воды на разработку и транспортирование 1 м^3 грунта ($q = 18 \text{ м}^3/\text{м}^3$);

m — пористость грунта; $m = 0,4$;

γ_o — плотность воды ($\gamma_o = 1,0 \text{ т}/\text{м}^3$);

K_3 — коэффициент уменьшения технической производительности земснаряда в зависимости от высоты уступа ($K_3 = 1,0$).

Земснаряд 350-50Т с землесосом 20Р-11 обеспечивает необходимую производительность по гидросмеси при разработке грунта V категории.

2. Ширина заходки земснаряда

$$B = 2R \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 24,5 \sin \frac{60}{2} = 49 \text{ м},$$

где R — расстояние между фрезой и осью напорной сваи при полностью выбранном ходе тележки;

α — оптимальный угол поворота земснаряда вокруг оси сваи ($\alpha = 60^\circ$).

3. Длина фронта работ при инвентарном парке понтонов плавучего пульповода

$$\begin{aligned} L_{\text{ф}} &= l_{\text{зем}} + n l_{\text{зв}} + \frac{l_{\text{зв}}}{\sin \frac{\alpha_1}{2}} l_{\text{зв}} - \frac{\pi}{2d_1} l_{\text{зв}} = \\ &= 38 + 25 \cdot 6 + \frac{6}{\sin \frac{15}{2}} 6 - \frac{3,14}{2 \cdot 15} 6 = 200 \text{ м}, \end{aligned}$$

где $l_{\text{зем}}$ — длина корпуса земснаряда (по техническим данным $l_{\text{зем}} = 38$ м);

$l_{\text{зв}}$ — длина звена плавучего пульповода (по техническим данным $l_{\text{зв}} = 6$ м);

n — инвентарное число звеньев плавучего пульповода ($n = 25$);

α_1 — угол поворота шарового соединения плавучего пульповода (по паспортным данным $\alpha_1 = 15$).

Задача № 5. Выбрать тип земснаряда и определить параметры разработки и гидротранспорта. Построить схему работы земснаряда в забое.

Дано: тип залежи — УГСП; нормальная средняя мощность продуктивной толщи 15 м; мощность вскрыши до верхнего продуктивного горизонта: минимальная — 0,3 м, максимальная — 0,5 м; размеры залежи в плане 200×700 м; суточная производительность по горной массе 5000 м³; глубина залегания уровня грунтовых вод от поверхности 2,0 м; плотность грунта $\gamma_r = 2,65$ т/м³; пористость $m = 0,35$; зерновой состав: 0,1 + 0,25 мм — 9 %; 0,25 + 0,5 мм — 4 %; 0,5 + 1 мм — 6 %; 1 + 2 мм — 11 %; 2 + 3 мм — 24 %; 3 + 5 — 19 %; 5 + 10 мм — 15 %; 10 + 20 мм — 7 %; 20 + 40 мм — 5 %; высота подъема гидросмеси 12 м; максимальная дальность транспортирования по магистральному трубопроводу 1,2 км; водоснабжение прямое.

Решение

1. Выбор типа земснаряда.

1.1. Группа грунта по трудности разработки — V.

1.2. Техническая производительность земснаряда по грунту

$$Q_r = \frac{Q}{ntK_b} = \frac{5000}{3 \cdot 8 \cdot 0,6} = 346 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где n — число рабочих смен в сутки ($n = 3$);

t — продолжительность смены ($t = 8$ ч);

K_b — коэффициент использования земснаряда во времени ($K_b = 0,6$).

1.3. Для разработки тяжелых песчано-гравийных грунтов V группы принимается земснаряд 350-50Т. Данный земснаряд обеспечивает в грунтах V группы производительность до 350 м³/ч при глубине разработки до 18 м. На земснаряде установлен грунтовой насос 10Р-11М, обеспечивающий производи-

тельность по гидросмеси в оптимальном режиме 3500 м³/ч. Земснаряд оборудован напорным свайным ходом.

1.4. Проверка грунтового насоса земснаряда по условиям всасывания. Для этого определяются потери напора (м) во всасывающей линии:

$$H_{\text{вс}} = H_{\text{г}} \frac{\gamma_{\text{г}}}{\gamma_{\text{о}}} + H_{\text{р}} \left(1 - \frac{\gamma_{\text{о}}}{\gamma_{\text{г}}} \right) + i_{\text{о}} \frac{\gamma_{\text{о}}}{\gamma_{\text{г}}} l_{\text{вс}} + h_{\text{м}} \frac{\gamma_{\text{г}}}{\gamma_{\text{о}}} + \frac{V_{\text{вс}}^2}{2g} \frac{\gamma_{\text{г}}}{\gamma_{\text{о}}} + h_{\text{ш}},$$

где $H_{\text{г}}$ — геодезическая высота всасывания ($H_{\text{г}} = -0,8$ м; знак «минус» означает, что ось землесоса расположена ниже уровня воды в забое);

$H_{\text{р}}$ — глубина разработки ($H_{\text{р}} = 13,5$ м);

$\gamma_{\text{о}}$ — плотность воды ($\gamma_{\text{о}} = 1$ т/м³);

$\gamma_{\text{г}}$ — плотность гидросмеси, т/м³:

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{г}} &= \frac{Q_{\text{т}}(1-m)}{Q_{\text{г}}} (\gamma_{\text{г}} - \gamma_{\text{о}}) + \gamma_{\text{о}} = \\ &= \frac{346 \cdot 0,65}{3500} (1,65 + 1) = 1,11 \text{ т/м}^3; \end{aligned}$$

$i_{\text{о}}$ — удельное гидравлическое сопротивление при движении воды по всасывающему трубопроводу; при диаметре всасывающего трубопровода $D_{\text{вс}} = 600$ мм и расходе 3500 м³/ч значение $i_{\text{о}} = 0,0215$ м/м;

$l_{\text{вс}}$ — длина всасывающего трубопровода (по техническим данным $l_{\text{вс}} = 35$ м);

$V_{\text{вс}}$ — скорость гидросмеси во всасывающем трубопроводе:

$$V_{\text{вс}} = \frac{4Q_{\text{г}}}{3600\pi D_{\text{вс}}^2} = \frac{3500 \cdot 4}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,36} = 3,44 \text{ м/с};$$

$h_{\text{м}}$ — местные потери напора в шаровых шарнирах, местах сужений, коленах и др. (принимаются в приближенных расчетах равными 5—10 % гидравлических сопротивлений по длине всасывающего трубопровода; принимая 10 %, $h_{\text{м}} = 0,084$ м;

$h_{\text{щ}}$ — потери напора в щели всасывания, м:

$$h_{\text{щ}} = h_{\text{отр}} + h_{\text{вх}} = 3,49;$$

$h_{\text{отр}}$ — потери напора на отрыв от забоя (при фрезерном и роторном рыхлителе $h_{\text{отр}} = 0$);

$h_{\text{вх}}$ — потери напора во всасывающем наконечнике, м:

$$h_{\text{вх}} = K_{\text{вх}} \frac{V_{\text{вс}}^2}{2g} = 5,8 \frac{3,44^2}{2 \cdot 9,8} = 3,49 \text{ м};$$

$$K_{\text{вх}} = \frac{15}{(V_{\text{вс}} - 0,2)^{0,8}} = \frac{15}{(3,44 - 0,2)^{0,8}} = 5,8;$$

$$H_{\text{вс}} = -0,89 + 1,35 + 0,835 + 0,084 + 0,60 + 3,49 = 5,46 \text{ м}.$$

Допустимая вакуумметрическая высота всасывания при работе землесоса на гидросмеси

$$H_{\text{вак.г}} = H_{\text{вак}} \frac{\gamma_{\text{г}}}{\gamma_{\text{о}}} + H_{\text{а}} \left(\frac{\gamma_{\text{г}}}{\gamma_{\text{о}}} - 1 \right) = 6,5 \cdot 1,11 - 10 \cdot 0,11 = 6,1 \text{ м},$$

где $H_{\text{вак}}$ — вакуумметрическая высота всасывания ($H_{\text{вак}} = 6,5$ м);

H_a — атмосферное давление ($H_a = 10$ м вод. ст.);

$$H_{\text{вс}} < H_{\text{вак}} = 5,46 < 6,1.$$

Потери напора во всасывающем трубопроводе земснаряда меньше допустимого вакуумметрического напора. Следовательно, земснаряд будет работать в нормальном режиме без срыва вакуума.

2. Подготовка пород к выемке.

Земснаряд 350-50Т оборудован фрезерным рыхлителем открытого типа ФО-350. Расчетная производительность рыхлителя по тяжелым грунтам 350 м³/ч. Рыхлитель разрабатывает грунт и подает его к всасывающему наконечнику.

2.1. Скорость папильонирования при свайно-тросовом способе перемещения земснаряда

$$V_n = \frac{Q_{\tau}}{60 l_{\phi} D_{\text{фр}}^{\text{ср}} R_l R_d R_{\text{пр}}} =$$
$$= \frac{350}{60 \cdot 1,36 \cdot 1,81 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot 0,85} = 3,4 \text{ м/мин},$$

где l_{ϕ} — длина фрезы, м;

$D_{\text{фр}}^{\text{ср}}$ — средний диаметр фрезы, м;

R_l — коэффициент, характеризующий степень использования фрезы по длине (при напорном свайном ходе $R_l = 0,5 + 1,0$);

R_d — коэффициент, характеризующий степень использования фрезы по диаметру (при разработке плотных связных грунтов $R_d = 0,85 + 0,95$);

$R_{\text{пр}}$ — коэффициент просора (потерь) грунта ($R_{\text{пр}} = 0,75 + 0,85$).

По технической характеристике земснаряда скорость на барабанах папильонажных лебедок изменяется от 0,7 до 16,5 м/мин. Полученное значение $V_{п}$ близко к оптимальным скоростям папильонирования 4 — 5 м/мин.

2.2. Окружная скорость вращения фрезы

$$V_{фр} = (0,6 \div 0,85)V_{вс} = 0,7 \cdot 3,44 = 2,41 \text{ м/с.}$$

Большие значения коэффициента принимаются при разработке связных грунтов. Для нашей группы пород его значение принимается равным 0,7. Пересчитаем на скорость вращения фрезы:

$$n_{фр} = \frac{60V_{фр}}{\pi D_{фр}^{ср}} = \frac{60 \cdot 2,41}{3,14 \cdot 1,81} = 25,4 \text{ об/мин.}$$

Техническая скорость вращения фрезы 12,8 и 25 об/мин. Принимается $n_{фр} = 25$ об/мин.

2.3. Необходимая мощность электропривода фрезерного рыхлителя

$$N_{фр} = Q_{г} \omega = 346 \cdot 0,45 = 155 \text{ кВт,}$$

где ω — удельная мощность привода фрезерного рыхлителя, приходящаяся на 1 м³ часовой производительности.

Мощность установленного на рыхлителе двигателя 320 кВт. Рекомендуется при обработке данного месторождения снизить установленную мощность двигателя до 200 кВт.

3. Определение параметров выемки.

Принимается блочная обработка месторождения. Блоки обрабатываются параллельными заходками. В заходке земснаряд перемещается свайно-тросовым способом при напорном свайном ходе. Схема перемещения веерная.

3.1. Ширина заходки земснаряда при веерном перемещении

$$B = 2R \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 61 \cdot \sin 40^\circ = 72 \text{ м},$$

где R — горизонтальное расстояние между напорной свайей и фрезой, м;

α — угол поворота земснаряда в заходке ($\alpha = 80^\circ$);

$$R = L_p \cos \beta + l = 25,3 \cdot 0,846 + 29,5 = 61 \text{ м}.$$

Угол наклона рамы рыхлителя к горизонту

$$\sin \beta = \frac{H_p}{L_p} = \frac{13,5}{25,3} = 0,535,$$

откуда $\beta = 32^\circ$.

3.2. Шаг передвижки земснаряда

$$S = l_\phi R_l \cos \beta = 1,36 \cdot 0,95 \cdot 0,846 = 1,1 \text{ м}.$$

Ход тележки напорной сваи земснаряда 350-50Т равен 6 м.

3.3. Объем грунта, разрабатываемого земснарядом с одного шага передвижки,

$$V_c = BH_y S = 72 \cdot 15 \cdot 1,1 = 1188 \text{ м}^3.$$

3.4. Время работы земснаряда за один шаг передвижки

$$t_c = \frac{V_c}{Q_T} = \frac{1188}{346} \approx 4 \text{ ч.}$$

4. Расчет параметров гидротранспорта.

Расчет проводится по инструкции, разработанной ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, МИСИ им. В.В. Куйбышева, ВНИИНерудом.

Расчет состоит в определении критической скорости, удельных гидравлических сопротивлений, суммарного напора, необходимого для транспортировки материала, подборе дополнительных грунтовых насосов.

4.1. Средневзвешенный диаметр частиц грунта

$$d_{\text{ср}} = \frac{\sum d_i P_i}{100} = 5,25 \text{ мм,}$$

где d_i и P_i — соответственно средневзвешенная крупность и процентное содержание i -й стандартной фракции.

4.2. Средневзвешенный коэффициент транспортабельности грунта

$$\psi_{\text{ср}} = \frac{\sum \psi_i P_i}{100} = 1,44 ,$$

где ψ_i — коэффициент транспортабельности грунта i -й стандартной фракции.

4.3. Коэффициент разнородности грунта

$$j = \frac{3d_{10}}{d_{90}} = \frac{3 \cdot 0,18}{4,15} = 0,13 ,$$

где d_{10} и d_{90} — крупность частиц грунта, мельче которых в составе содержится соответственно 10 и 90 %.

4.4. Объемная консистенция гидросмеси

$$S_o = \frac{\gamma_r - \gamma_o}{\gamma_r - \gamma_o} = \frac{1,11 - 1,0}{2,65 - 1,0} = \frac{0,11}{1,65} = 0,067.$$

4.5. Критическая скорость движения гидросмеси

$$V_{кр} = 8,3\sqrt[3]{D} \sqrt[3]{S_o \psi_{cp}} = 8,3\sqrt[3]{0,6} \sqrt[3]{0,067 \cdot 1,44} = 4,7 \text{ м/с},$$

где D — диаметр напорного трубопровода (принимается равным диаметру плавучего пульпопровода земснаряда 350-50Т, $D = 0,6$ м).

4.6. Фактическая скорость гидросмеси

$$V_{\phi} = \frac{4Q}{3600\pi D^2} = 3,34 \text{ м/с}.$$

В связи с тем, что критическая скорость в 1,4 раза больше фактической, применять трубопровод диаметром 0,6 м нельзя из-за возможной его закупорки. Повторяется расчет для трубопровода $D = 0,5$ м: при $D = 0,5$ м, $V_{кр} = 4,47$ м/с, $V_{\phi} = 5$ м/с.

Комплектуется земснаряд 350-50Т плавучим пульпопроводом $D = 0,5$ м от земснаряда 300-40М. Магистральный трубопровод аналогично принимается диаметром 0,5 м.

4.7. Удельные гидравлические сопротивления

$$i_r = i_o + \Delta i = 0,038 + 0,047 = 0,085,$$

где i_0 — гидравлические сопротивления при движении воды, которые находятся по формуле Дарси—Вейсбаха:

$$i_0 = \lambda_0 \frac{V^2}{2gD} = 0,015 \frac{5^2}{2 \cdot 9,8 \cdot 0,5} = 0,038 \text{ м,}$$

λ_0 — коэффициент гидравлических сопротивлений;

Δi — дополнительные гидравлические сопротивления, обусловленные наличием твердых частиц в потоке гидросмеси:

$$\Delta i = \delta \sqrt{j} \sqrt[3]{S_0^2} \frac{Q_{г.кр}}{Q_г} = 0,53 \sqrt{0,13} \sqrt[3]{0,67^2} \frac{3160}{3500} = 0,047 \text{ м/м,}$$

δ — коэффициент, учитывающий влияние относительной крупности частиц грунта d_{cp}/D ;

$Q_{г.кр}$, $Q_г$ — расход гидросмеси соответственно при критической и фактической скорости, $\text{м}^3/\text{ч}$.

4.8. Необходимый напор для транспортирования

$$H = h_l^n + h_l^m + h_m + h_{п} + h_{зем} + h_{ост} =$$

$$= 25,5 + 102 + 6,4 + 13,3 + 2,1 + 5 = 154,3 \text{ м,}$$

где h_l^n — гидравлические сопротивления по длине плавучего пульпопровода:

$$h_l^n = 2i_r L_n = 2 \cdot 0,085 \cdot 150 = 25,5 \text{ м,}$$

L_n — длина плавучего пульпопровода ($L_n = 150 \text{ м}$);

h_l^m — гидравлические сопротивления по длине магистрального пульпопровода:

$$h_i^M = i_r L_M = 0,085 \cdot 1200 = 102 \text{ м};$$

L_M — длина магистрального пульпопровода, м;

h_M — местные гидравлические сопротивления (принимаются равными 5—10 % от сопротивлений по длине пульпопровода):

$$h_M = 0,05(h_i^n + h_i^M) = 6,4 \text{ м};$$

h_n — высота подъема гидросмеси:

$$h_n = Z \frac{\gamma_r}{\gamma_o} = 12 \cdot 1,11 = 13,3 \text{ м},$$

Z — разность отметок выпуска гидросмеси и оси землесоса, м;

$h_{зем}$ — гидравлические сопротивления в пределах корпуса земснаряда:

$$h_{зем} = \xi_3 \frac{V_\Phi^2}{2g} = 1,65 \frac{5^2}{2 \cdot 9,8} = 2,1 \text{ м};$$

$h_{ост}$ — остаточный напор на конце пульпопровода ($h_{ост} = 3 \div 5 \text{ м}$).

На магистральном трубопроводе устанавливается перекачивающая землесосная станция, оборудованная двумя последовательно соединенными грунтовыми насосами 20Р-11М. Для увеличения надежности работы станции она комплектуется двумя резервными насосами 20Р-11М.

Задача № 6. Рассчитать параметры основных производственных процессов.

Исходные данные

Полезное ископаемое представлено: крупнозернистыми песками со средним диаметром частиц $d_1 = 1,0$ мм, пористостью $m_1 = 0,3$ и плотностью $\gamma_{т1} = 2,6$ т/м³; мелкозернистыми песками со средним диаметром частиц $d_2 = 0,2$ мм, пористостью $m_2 = 0,35$ и плотностью $\gamma_{т2} = 2,65$ т/м³; гравием со средним диаметром частиц $d_3 = 20$ мм, пористостью $m_3 = 0,25$ и плотностью $\gamma_{т3} = 2,7$ т/м³.

Продуктивная толща разделена следующим образом: песок крупнозернистый — 85 %, песок мелкозернистый — 10 %, гравий — 5 %. Пласт полезного ископаемого мощностью 9 м залегает горизонтально и сильно обводнен. Уровень грунтовых вод находится ниже поверхности на 4 м. Поступление воды в карьер за счет фильтрации обеспечивает нормальную работу земснаряда.

Расчет основных показателей проекта

1. Средневзвешенные значения d , m , γ_t даны в табл. 1.

Таблица 1

Породы	Содержание P , %	Размер частиц d , мм	Пористость m , доли ед.	Плотность γ_t , т/м ³
Песок крупнозернистый	85,0	1,0	0,3	2,6
Песок мелкозернистый	10,0	0,2	0,35	2,65
Гравий	5,0	20,0	0,25	2,7
	100,0	1,87	0,303	2,61

$$d_{cp} = \frac{\sum d_i P_i}{100} = \frac{1 \cdot 85 + 0,2 \cdot 10 + 20 \cdot 5}{100} = 1,87 \text{ мм}; \approx 2 \text{ мм}$$

$$m_{\text{ср}} = \frac{\sum m_i P_i}{100} = \frac{0,3 \cdot 85 + 0,35 \cdot 10 + 0,25 \cdot 5}{100} = 0,303;$$

$$\gamma_{\text{т.ср}} = \frac{\sum \gamma_{\text{ти}} P_i}{100} = \frac{2,6 \cdot 85 + 2,65 \cdot 10 + 2,7 \cdot 5}{100} = 2,61 \text{ т/м}^3.$$

2. Удельный расход воды для разработки пород III группы $q = 11 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

3. Плотность гидросмеси

$$\gamma_{\text{г}} = \frac{\gamma_{\text{т}}(1-m) + q\gamma_{\text{о}}}{1-m+q} = \frac{2,61(1-0,303) + 11 \cdot 1}{1-0,303+11} =$$

$$= 1,0959 \approx 1,1 \text{ т/м}^3.$$

4. Техническая производительность карьера по породе

$$Q_{\text{тех.к}} = \frac{Q_{\text{год}}}{T n_{\text{см}} t K_{\text{ив}}} = \frac{400000}{160 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 0,7} = 148,8 \text{ м}^3,$$

где $Q_{\text{год}}$ — годовая производительность карьера по породе, м^3 ;

T — число рабочих дней в году;

t — продолжительность смены, ч;

$n_{\text{см}}$ — число рабочих смен за сутки;

$K_{\text{ив}} = 0,7$ — коэффициент использования земснаряда по времени.

5. Расчетная производительность карьера по гидросмеси

$$Q_{\text{г.к}} = Q_{\text{тех.к}} [(1-m) + q] = 148,8 [(1-0,303) + 11] =$$

$$= 1740,5 \text{ м}^3/\text{ч} \approx 1740 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

6. Подбираем необходимый тип земснаряда (земснаряд ЗГМ-1-350А с фрезерным разрыхлителем).

Техническая характеристика

Расчетная производительность по грунту III группы, м ³ /ч	178
Производительность по воде Q _в землесоса ЗГМ-1-350А, м ³ /ч	1900
Полный напор H _о , м	43
Вакуумметрическая высота всасывания H _{вс} , м	5,5
Максимальная глубина разработки H _р , м	6,0
Число звеньев плавучего пульпопровода	10
Длина одного звена, м	6
Диаметр всасывающего трубопровода, мм	350
Длина всасывающей трубы, м	16
Диаметр плавучего пульпопровода, мм	400
Длина стандартного плавучего пульпопровода, м	60

7. Для рыхления песчаных пород III группы принимается фрезерный рыхлитель открытого типа.

8. Диаметр фрезы для разработки легких пород

$$D_{\text{фр}} = 0,23Q_{\text{п.з}}^{0,35} = 0,23 \cdot 148^{0,35} = 1,33 \text{ м,}$$

где Q_{п.з} — производительность земснаряда по породе, м³:

$$Q_{\text{п.з}} = \frac{Q_{\text{в.з}}}{1 - m + q} = \frac{1730}{1 - 0,303 + 11} = 147,9 \approx 148 \text{ м}^3/\text{ч,}$$

где Q_{в.з} — подача земснаряда по воде, м³/ч.

Из расчетов Q_{п.з} и Q_{в.з} ясно, что по производительности необходим один землесос.

9. Длина фрезы определяется по формуле

$$L_{\text{фр}} = aD_{\text{фр}} = 0,7 \cdot 1,33 = 0,931 \approx 0,93 \text{ м,}$$

где a — коэффициент, учитывающий свойства пород (a = 0,7÷0,8 для несвязанных песчаных пород).

10. Скорость папильонирования земснаряда

$$V_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{п.з}}}{L_{\text{фр}} D_{\text{фр}} K_l K_{\text{пот}} K_d} = \frac{148}{0,93 \cdot 1,33 \cdot 0,65 \cdot 0,75 \cdot 0,85}$$

$$= 289,0 \text{ м/ч} = 4,8 \text{ м/мин},$$

где K_l — коэффициент использования рыхлителя по длине ($K_l = 0,55+0,65$ для свай в неподвижных направляющих; $K_l = 0,9+1,0$ при напорном ходе);

$K_{\text{пот}}$ — коэффициент потерь породы ($K_{\text{пот}} = 0,75+0,85$);

K_d — коэффициент использования рыхлителя по диаметру ($K_d = 0,85+0,95$ для плотно связанных пород).

11. Ширина заходки земснаряда

$$B = 2R \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 29 \sin \frac{60}{2} = 29 \text{ м},$$

где R — расстояние от оси сваи до всасывающего накопника, м;

α — угол разворота земснаряда в забое ($\alpha = 60+70^\circ$).

12. Подача земснаряда

$$S = \frac{Bb}{2R} = \frac{29 \cdot 2,5}{2 \cdot 29} = 1,25 \text{ м},$$

где b — расстояние между сваями земснаряда, м.

13. Для крупнозернистых песков с примесью гравия угол откоса забоя в спокойной воде будет 1:2.

Угол откоса забоя в процессе работы земснаряда

$$\beta = 2\alpha,$$

где α — угол естественного откоса разрабатываемой породы ($\alpha = 27+40^\circ$ для крупнозернистых песков; $\alpha = 25+30^\circ$ для гравия).

Принимаем угол откоса уступа земснаряда

$$2\alpha = 2 \cdot 30 = 60^\circ.$$

14. Длина блока разработки земснаряда равна длине шага переключения плавучего трубопровода

$$L_{\text{бл}} = \sqrt{L_{\text{пл}}^2 - \left(\frac{B}{2}\right)^2} = \sqrt{80^2 - \left(\frac{29}{2}\right)^2} = 78,67 \approx 80 \text{ м},$$

где $L_{\text{пл}}$ — длина плавучего пульпопровода, м.

15. Место установки ложных створных знаков

$$A = \frac{Bl_1}{R} = \frac{29 \cdot 14}{29} = 14 \text{ м},$$

где l_1 — расстояние от сваи до багермейстерской рубки, м,
или

$$A = 2l_1 \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 14 \cdot \sin \frac{60}{2} = 14 \text{ м}.$$

16. Устанавливаем величину недобора:

$$h_{\text{нед}} = 0,5 \text{ м}.$$

Расчет гидротранспорта

Расчет гидротранспорта производится по методике ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева .

1. Коэффициент транспортабельности фракций:

- ◆ песок крупнозернистый — 85 %, $d = 1,0$, $\varphi_1 = 0,8$;
- ◆ песок мелкозернистый — 10 %, $d = 0,2$, $\varphi_2 = 0,2$;
- ◆ гравий — 5 %, $d = 20$, $\varphi_3 = 2$.

Средневзвешенный коэффициент транспортабельности

$$\varphi_{\text{ср}} = \frac{\varphi_1 P_1 + \varphi_2 P_2 + \varphi_3 P_3}{100} = \frac{0,8 \cdot 85 + 0,2 \cdot 10 + 2 \cdot 5}{100} = 0,8.$$

2. Для расчетов принимается диаметр трубопровода 400 мм, как по технической характеристике земснаряда.

3. Критическая скорость гидросмеси в пульпопроводе при $D_n = 0,4$ м равна:

$$V_{\text{кр}} = 8\sqrt[3]{D_n} \sqrt[3]{S_o \varphi_{\text{ср}}} = 8\sqrt[3]{0,4} \cdot \sqrt[3]{0,06 \cdot 0,8} = 3,55 \text{ м/с},$$

где S_o — объемная консистенция гидросмеси:

$$S_o = \frac{\gamma_r - \gamma_o}{\gamma_r - \gamma_o} = \frac{1,1 - 1,0}{2,61 - 1,0} = 0,0621 \approx 0,06.$$

4. Действительная скорость в пульпопроводе при $D_n = 0,4$ м составляет:

$$V_d = \frac{4Q_{г.з}}{\pi D_n^2 \cdot 3600} = \frac{4 \cdot 1730}{3,14 \cdot 0,4^2 \cdot 3600} = 3,826 \approx 3,83 \text{ м/с};$$

$$\frac{V_d}{V_{\text{кр}}} = \frac{3,83}{3,55} = 1,078 \text{ — допустимо.}$$

5. Производим проверку по диаметру. Принимаем $D_n = 0,45$ м:

$$V_{кр} = 8\sqrt[3]{0,45} \cdot \sqrt[6]{0,06 \cdot 0,8} = 3,695 \approx 3,7 \text{ м/с};$$

$$V_d = \frac{4 \cdot 1730}{3,14 \cdot 0,45^2 \cdot 3600} = 3,02 \text{ м/с}.$$

Имеем $V_d < V_{кр}$, следовательно, произойдет заиливание трубы и образование «пробки». Принимаем $D_n = 0,4$ м.

6. Оптимальная скорость в пульпопроводе при $D_n = 0,4$ м

$$V_o = 5,5\sqrt[6]{S_o \phi_{cp} D_n} = 5,5\sqrt[6]{0,06 \cdot 0,8 \cdot 0,4} = 2,85 \text{ м/с}.$$

7. Удельные потери напора при движении гидросмеси (при $D_n = 0,4$ м)

$$i_n = i_o \left[1 + 2 \left(\frac{V_o}{V_d} \right)^2 \right] = 0,022 \left[1 + 2 \left(\frac{2,85}{3,83} \right)^2 \right] = 0,0401 \text{ м},$$

где i_o — удельные потери напора при движении воды в пульпопроводе при $D_n = 0,4$ м:

$$i_o = \frac{\lambda_o V_d^2}{2gD_n} = \frac{0,0115 \cdot 3,82^2}{2 \cdot 9,8 \cdot 0,4} = 0,0215 \approx 0,022 \text{ м},$$

λ_o — коэффициент гидравлических сопротивлений.

8. Потери напора во всасывающем трубопроводе земснаряда

$$H_{\text{вс}} = h_r \frac{\gamma_r}{\gamma_o} + h_n \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_o} - 1 \right) + i_{\text{п.вс}} l_{\text{вс}} + h_m + \frac{V_{\text{вс}}^2}{2g} \frac{\gamma_r}{\gamma_o} + h_{\text{ш}}, \text{ м},$$

где h_r — геодезическая высота всасывания ($h_r = -0,5$ м; знак «минус» означает, что ось землесоса расположена ниже уровня воды в забое);

h_n — глубина разработки ($h_n = 6$ м);

h_m — местные потери напора во всасывающей трубе:

$$h_m = 0,1h_l,$$

$$h_l = l_{\text{вс}} i_{\text{п}}^{\text{вс}} = 16 \cdot 0,078 = 1,248 \text{ м},$$

$l_{\text{вс}}$ — длина всасывающей трубы, м;

$V_{\text{вс}}$ — скорость во всасывающей трубе:

$$V_{\text{вс}} = \frac{4Q_{\text{г.з}}}{\pi D^2 3600} = \frac{4 \cdot 1730}{3,14 \cdot 0,35^2 \cdot 3600} = 4,997 \approx 5 \text{ м/с},$$

D — диаметр всасывающей трубы, м;

$i_{\text{п}}^{\text{вс}}$ — удельные потери напора во всасывающей трубе:

$$i_{\text{п}}^{\text{вс}} = i_o^{\text{вс}} \left[1 + 2 \left(\frac{V_o^{\text{вс}}}{V_{\text{вс}}} \right)^3 \right] = 0,058 \left[1 + 2 \left(\frac{2,78}{5} \right)^3 \right] = 0,078 \text{ м/м},$$

$V_o^{\text{вс}}$ — оптимальная скорость во всасывающем трубопроводе; она равна:

$$V_o^{\text{вс}} = 5,5 \sqrt[3]{S_o \varphi_{\text{ср}} D} = 5,5 \sqrt[3]{0,06 \cdot 0,8 \cdot 0,35} = 2,78 \text{ м/с};$$

$i_o^{\text{вс}}$ — удельные потери напора во всасывающей трубе:

$$i_o^{bc} = \frac{\lambda_o V_{bc}^2}{2gD} = \frac{0,016 \cdot 5^2}{2 \cdot 9,8 \cdot 0,35} = 0,058 \text{ м/м};$$

$h_{щ}$ — потери напора в щели всасывания (принимаем $h_{щ} = 1,0$ м).

Подставляем значения:

$$\begin{aligned} H_{bc} &= -0,5 \frac{1,1}{1,0} + 6 \left(\frac{1,1}{1,0} - 1 \right) + 0,078 \cdot 16 + 0,125 + \\ &+ \frac{5^2}{2 \cdot 9,8} \frac{1,1}{1,0} + 1,0 = -0,55 + 0,6 + 1,248 + 0,125 + \\ &+ 1,403 + 1,0 = 3,83 \text{ м}; \end{aligned}$$

$$H_{bc} < H_{вак} = 3,83 < 5,5,$$

где $H_{вак}$ — вакуумметрическая высота всасывания на воде, м.

9. Потери напора в гидротранспортной системе, м:

$$H_{пот} = H_{bc} + H_{пл} + H_{нак} + H_{нам} + H_{гор} + H_{под} + H_m + H_{ост},$$

где H_{bc} — потери напора во всасывающем трубопроводе ($H_{bc} = 3,83$ м);

$H_{пл}$ — потери напора в плавучем трубопроводе:

$$H_{пл} = 2i_n L_{пл} = 2 \cdot 0,0401 \cdot 80 = 6,416 \text{ м};$$

$H_{нак}$ — потери напора в наклонном трубопроводе:

$$\begin{aligned} H_{нак} &= [i_o + (i_n - i_o) \cos \alpha] L_{нак} = \\ &= [0,022 + (0,0401 - 0,022) \cos 30^\circ] 30 = 1,13 \text{ м}; \end{aligned}$$

$L_{\text{нак}}$ — длина наклонного участка трубы при переходе от плавучего пульпопровода к береговому (магистральному), м;

$H_{\text{нам}}$ — потери напора в намывном трубопроводе на раструбных соединениях:

$$H_{\text{нам}} = 1,5i_{\text{п}}L_{\text{нам}} = 1,5 \cdot 0,0401 \cdot 50 = 3,01 \text{ м,}$$

$L_{\text{нам}}$ — длина намывного трубопровода (на карте намыва), м;

$$H_{\text{гор}} = i_{\text{п}}L_{\text{гор}} = 0,0401 \cdot 800 = 32,08 \text{ м;}$$

$H_{\text{под}}$ — потери напора на подъем гидросмеси (геодезия подъема гидросмеси):

$$H_{\text{под}} = h_{\text{геод}} \frac{\gamma_{\text{г}}}{\gamma_{\text{о}}} = 10,5 \frac{1,1}{1,0} = 11,55 \text{ м;}$$

$H_{\text{м}}$ — местные потери напора в трубопроводе:

$$H_{\text{м}} = 0,1(H_{\text{пл}} + H_{\text{нак}} + H_{\text{нам}} +$$

$$+ H_{\text{гор}}) = 0,1(6,416 + 1,13 + 3,01 + 32,08) = 4,263 \text{ м;}$$

$H_{\text{ост}}$ — остаточный напор на конце трубопровода (принимается $H_{\text{ост}} = 3 \text{ м}$).

Тогда:

$$H_{\text{пот}} = 3,83 + 6,416 + 1,13 + 3,01 + 32,08 + 11,55 + \\ + 4,263 + 3 = 65,28 \text{ м.}$$

10. Число грунтовых насосов в гидротранспортной системе для обеспечения необходимого напора

$$n = \frac{H_{\text{пот}}}{H_r} = \frac{65,28}{41,17} = 1,59 \approx 2,$$

где H_r — напор земснаряда по гидросмеси, м:

$$H_r = H_o \frac{\gamma_r}{\gamma_o} A_1,$$

A_1 — коэффициент, учитывающий дополнительные гидравлические потери в грунтовом насосе:

1) для песка и ПГС (песчано-гравийной смеси)

$$A_1 = 1 - 0,05 \frac{\gamma_r - \gamma_o}{\gamma_r} K_{\text{гр}} K_{\text{зем}},$$

2) для гравия

$$A_1 = \frac{1}{\gamma_r},$$

$K_{\text{гр}}$ — коэффициент влияния грунта ($K_{\text{гр}} = 1,5$);

$K_{\text{зем}}$ — поправочный коэффициент, зависящий от марки землесоса (для ЗГМ-1-350А $K_{\text{зем}} = 19$).

Подставляем значения:

$$A_1 = 1 - 0,05 \frac{1,1 - 1,0}{1,1} 1,5 \cdot 19 = 0,87;$$

$$H_r = 43 \frac{1,1}{1,0} 0,87 = 41,17 \text{ м.}$$

Сведем полученные данные.

<i>Размер фракций, мм</i>	<i>K_{гр}</i>	<i>Размер фракций, мм</i>	<i>K_{гр}</i>
80–20	1,8	1–0,5	0,75
20–5	1,7	0,5–0,25	0,4
3–5	1,5	0,25–0,1	0,1
2–1	1,2	0,1–0,05	0,07
<i>Марка земснаряда</i>	<i>K_{зем}</i>	<i>Марка земснаряда</i>	<i>K_{зем}</i>
НЗ	12	ЗГМ-1М-350А	19
10ГРУ-8Л	16	12ГРУ-8Л	13
12Р-7	22	16ГРУ-8Л	19
ЗГМ-1	14	20Р-11	11
ЗГМ-2	15	500-60	12
ЗГМ-2М	14	1000-80	20

Следовательно, для обеспечения требуемого напора необходимо иметь грунтовой насос на земснаряде с напором по гидросмеси $H_r = 41,17$ м и перекачивающую станцию с грунтовым насосом того же типа.

11. Определяем место расположения перекачивающей станции. Остаточный напор перед перекачивающей станцией по оптимальности режима работы должен составлять не менее 10 м. Следовательно, возможно использование следующего напора земснаряда:

$$H_n - H_{ост} = 41,17 - 10,0 = 31,17 \text{ м.}$$

Для определения расстояния, на котором следует располагать перекачивающую станцию от земснаряда, воспользуемся формулой

$$H_n - H_{ост} = H_{вс} + H_{пл} + H_{нак} + i_n l_n + Z \frac{\gamma_r}{\gamma_o},$$

где l_n — расстояние от борта карьера до перекачивающей станции;

Z — геодезическая высота подъема от земснаряда до перекачивающей станции ($Z = 5$ м).

Тогда:

$$31,17 = 3,83 + 6,42 + 1,13 + 0,0401 \cdot l_n + 5 \frac{1,1}{1,0};$$

$$14,294 = 0,0401 \cdot l_n;$$

$$l_n = \frac{14,294}{0,0401} = 256,5 \approx 357 \text{ м.}$$

Следовательно, перекачивающую станцию можно устанавливать от борта карьера на расстоянии 357 м.

Расчет намывных складов

1. Параметры намывных карт принимаются исходя из нормативов (размер карты в плане 50×60, 120×140, 140×160, 160×180 м, высота карты 6 и 10 м). Для примера принимаем размер карты в плане 100×120 м с высотой 6 м. Угол откоса карты $\beta = 40^\circ$. Намывная карта имеет форму усеченного штабеля.

Склад готовой продукции (песчаной или песчано-гравийной массы) обычно состоит из 2, 3 или 4 карт. Иногда на практике склад состоит из одной карты намыва, которая одновременно намывается и отгружается. Отгрузка горной массы потребителю обычно осуществляется экскаватором в автомобильный или железнодорожный транспорт.

Ширина карты поверху

$$B_1 = B - \frac{2H_k}{\operatorname{tg}\beta'} = 100 - \frac{2 \cdot 6}{\operatorname{tg}40^\circ} = 85,71 \approx 86 \text{ м.}$$

Длина карты поверху

$$L_1 = L - \frac{2H_k}{\operatorname{tg}\beta'} = 120 - \frac{2 \cdot 6}{\operatorname{tg}40^\circ} = 106 \text{ м.}$$

Объем карты намыва

$$V_k = B_1 L_1 H_k + \frac{H_k^2}{2 \operatorname{tg} \beta'} (L_1 + B_1) + \frac{\pi H_k^3}{3 \operatorname{tg}^2 \beta'}$$
$$= 5496 + 4114 + 323 = 59133 \text{ м}^3.$$

Здесь B — ширина карты в основании ($B = 100$ м);

L — длина карты в основании ($L = 120$ м);

H_k — высота карты намыва ($H_k = 6$ м); $\beta' = 40^\circ$).

В случае четырех карт: первая — находится под намывом, вторая — дренирует воду, третья — отгружается, четвертая — находится в стадии подготовки к последующему намыву.

2. Скорость движения частиц по оси потока при входе в пруд-отстойник

$$V_{\text{пог}} = \frac{Q_{г.з}}{bh_{п.г} 3600} = \frac{1730}{50 \cdot 0,1 \cdot 3600} = 0,096 \text{ м/с},$$

где b — ширина потока гидросмеси (при торцевом выпуске принимается $b = 50$ м);

$h_{п.г}$ — глубина потока гидросмеси на откосе намыва (из практики $h_{п.г} = 0,1 + 0,2$ м).

3. Длина откоса намыва

$$L_k = \frac{Q_{гп}^{\text{сут}}}{bh_{п.г}} = \frac{3549,6}{50 \cdot 1,0} = 70,99 \approx 71 \text{ м},$$

где $Q_{гп}^{\text{сут}}$ — суточная производительность земснаряда по грунту:

$$Q_{\text{гр}}^{\text{сут}} = \frac{Q_{\text{г.з}} \cdot m_{\text{см}}}{1 - m + q} = \frac{1730 \cdot 8 \cdot 3}{1 - 0,303 + 11} = 3549,6 \text{ м}^3/\text{сут.};$$

$h_{\text{н}}$ — интенсивность намыва ($h_{\text{н}} = 0,1 \div 1,0$ м/сут. для песчано-гравийных пород).

4. Минимальный путь осаждения частиц $d = 1,0$ мм на карте намыва

$$L_{\text{мин}} = 0,82 \frac{V_{\text{пот}}}{W_{\text{мах}}} H_{\text{пр}} = 0,82 \frac{0,096}{0,108} 3 = 2,19 \text{ м},$$

где $H_{\text{пр}}$ — глубина воды в пруду-отстойнике ($H_{\text{пр}} = 3 \div 5$ м);

$W_{\text{мах}}$ — максимальная гидравлическая крупность (для частиц $d = 1$ мм и $t = 15$ °С $W_{\text{мах}} = 0,108$ м/с).

5. Максимальный путь осаждения частицы $d = 0,2$ мм в пруду-отстойнике карты

$$L_{\text{мах}} = 1,18 \frac{V_{\text{пот}}}{W_{\text{мин}}} H_{\text{пр}} = 1,18 \frac{0,096}{0,019} 3 = 18,12 \approx 19 \text{ м},$$

где $W_{\text{мин}}$ — минимальная гидравлическая крупность (для частиц $d = 0,2$ мм и $t = 15$ °С $W_{\text{мин}} = 0,019$ м/с).

Учитывая длину откоса намыва ($L_{\text{к}} = 71$ м) и максимальный путь при осаждении частиц $d = 0,2$ мм в пруду-отстойнике ($L_{\text{мах}} = 19$ м), устанавливаем, что общий путь осаждения песчаных частиц ($L_{\text{г}} + L_{\text{мах}} = 90$ м) меньше длины карты намыва поверху ($L_1 = 106$ м). Следовательно, частицы $d = 0,2$ мм будут оставаться на карте намыва, а более мелкие — уходить через водосбросный колодец.

6. Средний уклон намывной поверхности карты

$$i_{\text{cp}} = \frac{a\sqrt[3]{S_{\text{в}}}}{\sqrt{1,6 \frac{Q_{\text{г.з}}}{L_{\text{к}}}}} = \frac{3,5\sqrt[3]{17,1}}{\sqrt{1,6 \frac{480}{71}}} = 2,7 \% = 27 \text{ ‰} = 0,027,$$

где a — коэффициент, зависящий от состава пород ($a = 3,5$);

$Q_{\text{г.з}}$ — расход гидросмеси, подаваемой на карту, л/с ($Q_{\text{г.з}} = 1730 \text{ м}^3/\text{ч} = 480 \text{ л/с} = 0,48 \text{ м}^3/\text{с}$);

$S_{\text{в}}$ — консистенция гидросмеси:

$$S_{\text{в}} = \frac{\gamma_{\text{г}} - \gamma_{\text{о}}}{\gamma_{\text{г}} - \gamma_{\text{о}}} \frac{\gamma_{\text{г}}}{\gamma_{\text{о}}} 100 = \frac{1,1 - 1,0}{2,61 - 1,0} \frac{2,61}{1,0} 100 = 17,1 \text{ ‰}.$$

Расчет водобросной системы

1. Определяется тип водобросного шандорного колодца для расхода гидросмеси $Q_{\text{з}} = 1730 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,48 \text{ м}^3/\text{с}$. Принимается двухсекционный шандорный колодец с высотой сливающегося слоя воды $H_{\text{с}} = 0,25 \text{ м}$.

2. Расход воды через двухсекционный шандорный колодец

$$Q_{\text{к}} = mb_{\text{с}}H_{\text{с}}\sqrt{2gH_{\text{с}}} = 0,5 \cdot 2 \cdot 0,25\sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,25} = 0,55 \text{ м}^3/\text{с},$$

где m — коэффициент расхода ($m = 0,3+0,55$);

$b_{\text{с}}$ — ширина водосливной части колодца (принимается $b_{\text{с}} = 2 \text{ м}$);

$H_{\text{с}}$ — высота слоя сливающейся воды над стенкой шандора ($H_{\text{с}} = 0,1+0,35 \text{ м}$).

3. Число водобросных колодцев на карте намыва

$$n_k = \frac{k_n Q_{г.з}}{Q_k} = \frac{0,85 \cdot 0,48}{0,55} = 0,74 \approx 1 \text{ колодец,}$$

где k_n — коэффициент, учитывающий потери воды ($k_n = 0,8+0,85$);

$Q_{г.з}$ — расход гидросмеси, м³/с.

4. Расход воды через водосбросную трубу

$$Q_{тр} = \mu \omega \sqrt{2gH_{тр}} = 0,68 \cdot 0,19625 \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,9} = 0,56 \text{ м}^3/\text{с,}$$

где $H_{тр}$ — напор воды над осью трубы (принимаем $H_{тр} = 0,9$ м);

ω — площадь поперечного сечения трубы:

$$\omega = \frac{\pi D_{тр}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} = 0,19625 \text{ м}^2;$$

μ — коэффициент расхода:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda \frac{l_{тр}}{D_{тр}}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,019 \frac{30}{0,5}}} = 0,68,$$

$l_{тр}$ — длина водосбросной трубы (принимаем $l_{тр} = 30$ м);

λ — коэффициент гидравлического сопротивления ($\lambda = 0,019$ при $D_{тр} = 0,5$ м).

Расход воды через водосбросную трубу должен быть

$$Q_{тр} \geq Q_k = 0,56 > 0,55 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Следовательно, диаметр водосбросной трубы подобран правильно.

5. Уклон водосбросной трубы

$$i_{\text{тр}} = \frac{Q_{\text{тр}}^2}{\omega^2 C^2 R_{\text{тр}}} = \frac{0,56^2}{0,19625^2 \cdot 53,9^2 \cdot 0,125} =$$
$$= 0,022 = 2,2 \% = 22 \text{ ‰} ,$$

где ω — площадь поперечного сечения трубы;

$$R_{\text{тр}} = \frac{D_{\text{тр}}}{4} = \frac{0,5}{4} = 0,125 \text{ м};$$

C — коэффициент Шези:

$$C = \frac{1}{n} R_{\text{тр}}^y = \frac{1}{0,013} 0,125^{0,171} = 53,9 ,$$

n — коэффициент, учитывающий шероховатость трубы ($n = 0,013$);

y — показатель степени; $y = 1,5\sqrt{n}$ при $R < 1$ м,

$$y = 1,5\sqrt{0,013} = 0,171.$$

Задача № 7. Рассчитать параметры дражного забоя, производительность драги и игловую оттайку пород.

Дано: система разработки — одинарно-поперечная; средняя мощность продуктивной толщи $H_p = 10$ м; мощность вскрыши до верхнего продуктивного горизонта: минимальная 0,5 м, максимальная 1,5 м; размеры залежи в

плане — $L = 5000$ м, $B = 200$ м; район работ — бассейн р. Колыма; россыпь расположена в пойменной части ручья; категория пород — III; уклон долины $i = 0,008$; средний уровень воды — 9 м выше плотика; россыпь обрабатывается драгой 250Д.

Решение

Сведем необходимые данные в табл. 2.

Таблица 2

Обозначение параметра	Значение параметра, м	Название параметра драги 250Д
<i>Д</i>	42,8	Длина понтона
<i>Ю</i>	0,95	Расстояние от оси понтона до оси сваи
<i>Г</i>	19,2	Расстояние от носа понтона до оси верхнего барабана
<i>А</i>	31,7	Длина черпаковой рамы между осями барабанов
<i>г</i>	1,7	Радиус черпания на нижнем барабане
<i>Б</i>	10,8	Высота установки оси верхнего барабана над палубой понтона
<i>Н₄</i>	—	Расстояние от точки выемки до уровня воды
<i>О</i>	1,0	Высота подводного борта понтона
<i>Э</i>	9,0	Ширина понтона в носовой части
<i>Р</i>	1,07	Ширина режущей части черпака
<i>У</i>	0,6	Расстояние между краевой точкой режущей части в черпаке и торцевой крышкой подшипника нижнего барабана
<i>П</i>	9,4	Длина носового сноса по борту
<i>Ш</i>	18,6	Ширина понтона
<i>М</i>	5,2	Расстояние между сваями
<i>У</i>	17,4	Ширина установки кормовых колод

Обозначение параметра	Значение параметра, м	Название параметра драги 250Д
K	10,0	Длина кормовых колод
T	32,2	Длина отвалообразователя
L	4,4	Расстояние до места установки опоры стакера над палубой
D_1	1,2	Диаметр верхнего барабана

1. Расчет дражного забоя.

1.1. Ширина дражного забоя

$$B = 2R \sin \frac{\beta}{2}, \text{ м}$$

где R — радиус черпания, м;

β — угол маневрирования, градусы.

Для расчетов дражного забоя необходимо определить радиус черпания на уровне воды, по дну разреза, на среднем горизонте, а также минимальный и оптимальный углы маневрирования.

1.2. Радиус черпания на уровне воды

$$\begin{aligned} R_b &= D + Ю - \Gamma + \sqrt{(A+r)^2 - (B+b \pm H_4)^2} = \\ &= 42,8 + 0,95 - 19,2 + \sqrt{(31,7+1,7)^2 - (10,8+1,0 \pm 0)^2} = \\ &= 56,1 \text{ м.} \end{aligned}$$

1.3. Радиус черпания по дну разреза

$$R_d = D + Ю - \Gamma + \sqrt{A^2 - (B+b + H_1 + Z - r)^2},$$

где H_1 — подводная глубина россыпи:

$$H_1 = H_p - M = 10 - 1 = 9 \text{ м};$$

Z — глубина задирки плотика ($Z = 0,3 \text{ м}$);

$$R_d = 42,8 + 0,95 - 19,2 +$$

$$\sqrt{31,7^2 - (10,8 + 1,0 + 9 + 0,3 - 1,7)^2} = 49,9 \text{ м}.$$

1.4. Радиус черпания на среднем горизонте

$$R_c = D + Ю - Г + \sqrt{(A + r)^2 - (B + б \pm H_1 - 0,5H_p)^2} =$$

$$= 42,8 + 0,95 - 19,2 +$$

$$+ \sqrt{(31,7 + 1,7)^2 - (10,8 + 1,0 + 9 - 0,5 \cdot 10)^2} = 54 \text{ м}.$$

1.5. Наименьший угол поворота драги

$$\beta_{\min} = 17,7 \sqrt{100 \left[1 - \frac{m_1 m_2 \sqrt{m_1^2 m_2^2 + n_1^2 n_2^2 - S^2} - n_1 n_2 S}{m_1^2 m_2^2 + n_1^2 n_2^2} \right]},$$

где

$$m_1 = R_c - (D + Ю) = 54,0 - (42,8 + 0,95) = 10,85 \text{ м};$$

$$n_1 = 0,5(\mathcal{E} - P - 2Y) = 0,5(9,0 - 1,07 - 2 \cdot 0,6) = 3,4 \text{ м};$$

$$m_2 = R_c - (D + Ю - Я) = 54,0 - (42,8 + 0,95 - 9,4)$$

$$= 9,6 \text{ м};$$

$$n_2 = 0,5(\mathcal{I} - P - 2Y) = 0,5(18,6 - 1,07 - 2 \cdot 0,6) = 8,2 \text{ м};$$

$$S = e + Ka,$$

e — безопасный зазор на уровне днищ понтона, который принимается равным 10+20 % от высоты надводного борта россыпи:

$$e = 0,2 \cdot 1 = 0,2 \text{ м};$$

K — коэффициент, учитывающий высоту бортового зуба ($K = 0,46$);

a — зашагивание на забой ($a = 4$ м);

$$\beta_{\min} = 17,7 \times \sqrt{100 \left[1 - \frac{10,25^2 \cdot 9,6 \sqrt{10,25^2 \cdot 9,6^2 \cdot 3,4^2 \cdot 8,2^2 - 2,05^2}}{10,25^2 \cdot 9,6^2 + 3,4^2 \cdot 8,2^2} \right]} \times$$

$$\times \frac{-3,4 \cdot 8,2 \cdot 2,05}{10,25^2 \cdot 9,6^2 + 3,4^2 \cdot 8,2^2} = 75^\circ.$$

1.6. Оптимальный угол маневрирования

$$\beta_n = 47,83 \sqrt{1000 \frac{V_6 h}{H'_p R_c} \left(t_1 + \frac{H'_p}{h} t^2 \right)},$$

где V_6 — скорость бокового перемещения драги ($V_6 = 0,15$ м/с;

H'_p — мощность россыпи, обрабатываемая черпаками (принимается $H'_p = 9,0$ м в предположении, что вся подводная часть россыпи обрабатывается черпанием), м;

t_1 — продолжительность зашагивания драги на новый забой ($t_1 = 4+30$ мин, принимаем $t_1 = 20$ мин);

t_2 — время простоев драги в углах забоя при переходе к выемке нижележащего слоя ($t_2 = 0,2+1$ мин для расчета $t_2 = 0$);

h — величина послынного опускания рамы (мощность обрабатываемого слоя), м;

$$h = 0,1 \sqrt{\frac{41E}{a\rho}},$$

E — вместимость черпака ($E = 0,25 \text{ м}^3$); $\rho = 1,25$;

$$h = 0,1 \sqrt{\frac{41 \cdot 0,25}{4 \cdot 1,25}} \approx 0,14 \text{ м};$$

$$\beta_{\text{н}} = 47,83 \sqrt{1000 \frac{0,15 \cdot 0,14}{9 \cdot 54,0} \left(20 + \frac{9}{0,14} 0,8 \right)} \approx 70^\circ.$$

В связи с тем, что оптимальный угол меньше минимального, т.е. $\beta_{\text{мин}} > \beta_{\text{н}}$, то по условиям нормальной работы драги необходимо принять угол, равный минимальному, с некоторым запасом для маневрирования.

Окончательно принимается $\beta = 80^\circ$.

1.7. Ширина дражного забоя по поверхности

$$b_1 = 2R_{\text{в}} \sin \frac{\beta}{2} \quad b_1 = 2R_{\text{в}} \sin \frac{\beta}{2} = 2 \cdot 56,1 \cdot 0,63 = 71 \text{ м}.$$

1.8. Ширина дражного забоя по дну разреза

$$b_1 = 2R_{\text{в}} \sin \frac{\beta}{2} \quad b_2 = 2R_{\text{д}} \sin \frac{\beta}{2} = 2 \cdot 49,9 \cdot 0,63 \approx 63 \text{ м}.$$

1.9. Ширина дражного забоя на среднем горизонте

$$b_1 = 2R_{\text{в}} \sin \frac{\beta}{2} \quad b_c = 2R_{\text{с}} \sin \frac{\beta}{2} = 2 \cdot 54 \cdot 0,63 = 68 \text{ м}.$$

Угол откоса бортов разреза:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{2(H_p + Z)}{b_1 - b_2} = \frac{2(10 - 0,3)}{71 - 63} = 2,58, \delta = 69^\circ.$$

2. Определение размеров и размещение дражных отвалов.

Для расчетов необходимы следующие коэффициенты (по С.М. Шорохову):

$\mu_k = 0,35$ — коэффициент каменности;

$\mu_n = 0,04$ — коэффициент пропуска пород через подчерпаковый уловитель;

$\mu_r = 0,06$ — коэффициент недогрохачиваемости пород в бочке;

$\mu_b = 0,02$ — коэффициент выноса породы.

2.1. Коэффициент выхода пород на отвалообразователь

$$\mu = \mu_k + \mu_n + \mu_r = 0,35 + 0,04 + 0,06 = 0,37.$$

2.2. Площадь поперечного сечения нижнего эфельного отвала

$$S_1 = H_p b_c (1 - \mu - \mu_b) \rho_m,$$

где ρ_m — коэффициент разрыхления пород в эфельных отвалах ($\rho_m = 1,07 + 1,12$, принимаем $\rho_m = 1,1$);

$$S_1 = 10 \cdot 68 (1 - 0,37 - 0,02) \cdot 1,1 = 442 \text{ м}^2.$$

2.3. Приближение кормовой колоды к отвалу, м:

$$\begin{aligned} l_k &= 0,5(Y + M) \sin \frac{\varphi}{2} - (1 - \cos \frac{\varphi}{2})(K - Ю) = \\ &= 0,5(17,4 + 5,2)0,63 - (1 - 0,77)(10,0 - 0,95) \approx 5,0 \text{ м}. \end{aligned}$$

2.4. Расстояние от кормы до гребня отвала

$$l_n = K + l_k + Y_1 ,$$

где Y_1 — расстояние выброса эфелей за кормовую колоду ($Y_1 = 0,4$ м);

$$l_n = 10 + 5,0 + 0,4 = 15,4 \text{ м.}$$

2.5. Подводная глубина разреза в месте укладки эфельных отвалов

$$H_r = H'_p + Z - x_1 ,$$

где x_1 — величина подъема плотика в месте укладки отвалов ($x_1 = 0$ м);

$$H_r = 9 + 0,3 = 9,3 \text{ м.}$$

2.6. Высота нижнего отвала при $\mu = 0,35$ принимается в пределах $(0,5+1)H_r$, т.е.

$$h_n = 0,08H_r = 0,8 \cdot 9,3 \approx 7,5 \text{ м.}$$

2.7. Радиус рассеивания гали, м,

$$R = (T + T_{\text{доп}}) \cos\varphi + Y_2 - Л - Ю,$$

где φ — угол наклона рамы отвалообразователя (принимается $\varphi = 18^\circ$; $\cos\varphi = 0,95$);

Y_2 — расстояние выброса гали за ось окна выброса ($Y_2 = 0,7+1,5$ м, принимаем $Y_2 = 1$ м);

$T_{\text{доп}}$ — расстояние между осями верхнего барабана и окном выброса гали:

$$T_{\text{доп}} = 0,5D_1 + (0,2+0,4) = 0,5 \cdot 1,2 + 0,3 = 0,9 \text{ м};$$

$$R = (32,2 + 0,9) 0,95 + 1 - 4,4 - 0,95 = 27 \text{ м}.$$

2.8. Высота верхнего отвала над эфельным отвалом, м,

$$h_{\text{в}} = (\mu H_p + Z) v \epsilon + 0,25 a \text{ tg} \delta_r,$$

где ϵ — коэффициент перераспределения гали ($\epsilon = 0,97 + 1,07$, принимаем $\epsilon = 1$);

δ_r — средний угол наклона галечного отвала в сторону понтона ($\delta_r = 30^\circ$);

v — коэффициент сосредоточенности отсыпки:

$$v = \frac{R_c}{D} = \frac{54}{30} = 1,8,$$

D — ширина рассеивания гали ($D = 30$ м);

$$h_{\text{в}} = (0,37 \cdot 10 + 0,3) 1,8 \cdot 1,25 + 0,25 \cdot 4 \cdot 0,56 \approx 9,5 \text{ м}.$$

2.9. Полная высота дражного отвала

$$h = h_{\text{н}} + h_{\text{в}} - h_{\text{ос}} = 7,5 + 9,5 - 0,5 = 16,5 \text{ м},$$

где $h_{\text{ос}}$ — осадка отвала ($h_{\text{ос}} = 0,5$ м).

3. Определение производительности драги.

3.1. Часовая производительность драги

$$Q_{\text{ч}} = \frac{60En}{\rho} K_{\text{н}},$$

где $K_{\text{н}}$ — коэффициент наполнения черпаков ($K_{\text{н}} = 0,74$);

$n = 28$ — число черпаков в минуту;

$$Q_{\text{ч}} = \frac{60 \cdot 0,25 \cdot 28}{1,25} 0,74 \approx 250 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

3.2. Суточная производительность драги

$$Q_{\text{сут}} = 24K_{\text{н}} Q_{\text{ч}},$$

где $K_{\text{н}} = 0,75$ — коэффициент использования драги в течение суток для районов Северо-Востока;

$$Q_{\text{сут}} = 24 \cdot 0,75 \cdot 250 = 4500 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

3.3. Сезонная производительность драги

$$Q_{\text{сез}} = Q_{\text{сут}} T_{\text{сез}},$$

где $T_{\text{сез}} = 165$ дней — средняя продолжительность сезона для районов Северо-Востока;

$$Q_{\text{сез}} = 4500 \cdot 165 = 750000 \text{ м}^3/\text{сез}.$$

Задача № 8. Определить оптимальную ширину и начертить схему забоя при разработке россыпи драгой 250Д.

Дано: средняя мощность продуктивной толщи $H_{\text{р}} = 10$ м, размер залежи в плане $L \times B = 7000 \times 300$ м; район расположения месторождения — бассейн р. Амур; категория пород — III.

Решение

1. Оптимальная ширина забоя драги, м,

$$B_{\text{н}} = 2R_{\text{с}} \sin \frac{\beta_{\text{н}}}{2},$$

где $R_{\text{с}}$ — радиус черпания драги на среднем горизонте, м:

$$R_c = D + Ю - \Gamma + \sqrt{(A + r)^2 - (B + b + H_1 - 0,5H_p)^2};$$

принимаем следующие значения параметров: $D = 42,8$ м — длина понтона; $Ю = 5,2$ м — расстояние от оси понтона до оси сваи; $\Gamma = 19,2$ м — расстояние от носа понтона до вертикальной оси верхнего барабана; $A = 31,7$ м — длина черпаковой рамы между осями барабанов; $r = 1,7$ м — радиус черпания на нижнем барабане; $B = 10,8$ м — высота установки оси верхнего барабана над палубой понтона; $b = 1$ м — средняя высота надводного борта; $H_1 = 10$ м — глубина черпания (принимаем равной мощности россыпи); $H_p = 10$ м — мощность россыпи;

$$R_c = 42,8 + 5,2 - 19,2 + \sqrt{(31,7 + 1,7)^2 - (10,8 + 1 + 10 - 0,5 \cdot 10)^2} = 62 \text{ м.}$$

Оптимальный угол маневрирования драги

$$\beta_n = 47,83 \sqrt{1000 \frac{V_6 h}{H_p R_c} \left(t_1 + \frac{H_p}{h} t^2 \right)},$$

где V_6 — скорость бокового перемещения драги ($V_6 = 0,14$ м/с);

h — мощность одного отрабатываемого слоя:

$$h = 0,1 \sqrt{\frac{41E}{a\rho}} = 0,1 \sqrt{\frac{41 \cdot 0,25}{3,4 \cdot 1,25}} = 0,16 \text{ м,}$$

a — величина зашагивания драги, м:

$$a = (1,8 + 2,8)2 = 2,0 \cdot 1,7 = 3,4 \text{ м};$$

$\rho = 1,25$ — коэффициент разрыхления породы;

t_2 — время простоев драги в углах забоя при переходе к выемке нижележащего слоя ($t_2 = 0,2+1$ мин, для расчета принимаем $t_2 = 0,8$ мин);

t_1 — продолжительность зашагивания драги ($t_1 = 4+30$ мин, для расчета $t_1 = 25$ мин);

$$\beta_n = 47,83 \sqrt{1000 \frac{0,14 \cdot 0,16}{10 \cdot 62} \left(25 + \frac{9}{0,16} 0,8 \right)} = 50^\circ.$$

Тогда $B_n = 2 \cdot 62 \sin 50/2 = 51 \text{ м}$.

Задача № 9. Выполнить расчеты по охране поверхностных вод от загрязнения.

Общие требования к составу и свойствам воды контролируются органами по регулированию использования и охране вод с участием учреждений санитарно-эпидемиологической службы и органов, осуществляющих охрану рыбных запасов.

В соответствии с ВСН 486—86 концентрация взвешенных веществ не должна превышать: 0,25 мг/л — для хозяйственно-питьевого водоснабжения пищевых предприятий и для рыбоводных прудов, предназначенных для воспроизводства ценных видов рыб: 0,75 мг/л — для водоемов, предназначенных для купания, спорта и отдыха. Спуск крупных взвешенных частиц (гидравлическая крупность более 0,4 мм/с для проточных водоемов и более 0,2 мм/с для водохранилищ) вообще запрещен. Очень жесткие требования предъявляются к сбросу нефти, керосина и других

горюче-смазочных материалов, предельно допустимая концентрация которых не должна превышать 0,05 мг/л для рыбоводных прудов и 0,1 мг/л для других водных объектов.

Конкретные рекомендации по проектированию и расчету мероприятий, предотвращающих загрязнение водоемов, приведены в Методических указаниях по применению Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами (ВНИИ ВОДГЕО, 1982).

Решение

Необходимую длину прудка-отстойника находят по формуле

$$L_{от} = K_0 H_0 V_0 / W ,$$

где K_0 — коэффициент, учитывающий несовершенство отстойника (принимается равным 1,5—2,0);

H_0 — глубина воды в отстойнике, м;

V_0 — средняя скорость движения пульпы в отстойнике, м/с;

W — гидравлическая крупность частиц, осаждающихся в прудке, м/с.

Расчет допустимого сброса вещества в водные объекты выполняется с учетом требований Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. По данным рыбоохраны, допустимая концентрация взвешенных веществ в реке определяется по формуле

$$K = (a Q / Q_{ст} + 1) K_{доп} + K_p,$$

где a — коэффициент смешивания, т.е. доля расхода водоема, которая реально может участвовать в разбавлении сточных вод;

Q и $Q_{ст}$ — расход соответственно воды в водоеме и сточных вод, поступающих в водоем, м³/с;

$K_{\text{доп}}$ — допустимое увеличение концентрации взвешенных веществ (значение $K_{\text{доп}}$ принимается равным 0,25 и 0,75 мг/л в зависимости от вида водопользования);

K_p — концентрация взвешенных веществ в воде водоема выше места выпуска рассматриваемого стока, мг/л.

Коэффициент a для проточных водоемов определяют по формуле Фролова — Родзиллера:

$$a = \frac{1 - \beta}{1 + Q/(Q_{\text{ст}}\beta)},$$

где $\beta = e^{-a_1 \sqrt[3]{L}}$,

L — расстояние по фарватеру от места выпуска сточных вод до створа ближайшего пункта водопользования, м;

a_1 — коэффициент, учитывающий гидравлические условия смешивания.

Коэффициент a_1 рассчитывают по формуле

$$a_1 = ev \sqrt[3]{D/Q_{\text{ст}}},$$

где e — коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод в водоем (при выпуске у берега $e = 1$);

v — коэффициент извилистости рек, равный отношению расстояния по фарватеру от места выпуска сточных вод до створа ближайшего пункта водопользования к расстоянию до того же пункта по прямой;

D — коэффициент турбулентной диффузии.

Для равнинных рек

$$D = V_T H_B / 200,$$

где V_T — средняя скорость течения реки на участке между выпуском сточных вод и створом пункта водопользования, м/с;

H_B — средняя глубина водоема на том же участке, м.

Расчет загрязненности воды на карте намыва ведут в следующем порядке.

1. Определяют среднюю скорость движения пульпы от места выпуска до водосбросного колодца по формуле, м/с,

$$V_n = Q_{ст} / (Bh),$$

где $Q_{ст}$ — расход воды, сбрасываемой через водосбросный колодец, м³/с;

B — активная ширина прудка-отстойника, м;

h — глубина прудка-отстойника, м.

2. Вычисляют гидравлическую крупность частиц грунта, осаждающихся в прудке, по формуле

$$W = v V_n H_i / L_1,$$

где v — коэффициент извилистости;

H_i — глубина прудка у водосбросного колодца, м;

L_1 — длина прудка-отстойника, м.

3. Загрязненность воды, мг/л, находят по формуле

$$P_k = 1000P / (3,6Q_{ст}),$$

где P — расход твердых частиц, сбрасываемых через водосбросный колодец, м³/с;

ρ — плотность грунта, т/м³;

$Q_{\text{ст}}$ — расход воды, сбрасываемой через водосбросный колодец, м³/с.

Полученное значение P_k сравнивают с допустимой концентрацией взвешенных веществ в реке. Если $P_k > K$, то необходим отстойник, длину которого определяют по приведенной ранее формуле.

Расчет допустимого сброса взвешенных веществ в реку.

Исходные данные: расход воды в водоеме $Q = 900$ м³/с; расход сточных вод $Q_{\text{ст}} = 1,064$ м³/с; концентрация взвешенных веществ в водоеме $K_p = 25$ мг/л; средняя скорость течения в водоеме $V_T = 0,7$ м/с; средняя глубина у места выпуска $H_b = 1,0$ м; расстояние по фарватеру от места выпуска до створа пункта водопользования $L = 500$ м; коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод, $e = 1$; коэффициент извилистости $v = 1$; допустимое увеличение концентрации взвешенных веществ в водоеме $K_{\text{доп}} = 0,25$ мг/л.

Гранулометрический состав грунта в карьере $d_{\text{фр}}$ и его распределение по фракциям C следующее:

$d_{\text{фр}}$, мм	C , %	$d_{\text{фр}}$, мм	C , %
1–0,5	0,01	0,05–0,01	4,78
0,5–0,25	10,08	0,01–0,005	1,37
0,25–0,1	63,18	< 0,005	2,58
0,1–0,05	18,0		

Приняты следующие параметры отстойника: длина отстойника $l_{\text{от}} = 50$ м; глубина отстойника $H_0 = 1,5$ м; гидравлическая крупность частиц $W = 0,00185$ м/с; коэффициент, учитывающий несовершенство отстойника, $K_0 = 1,5$; скорость течения воды в отстойнике $V_0 = 0,0278$ м/с.

Определяем допустимую концентрацию взвешенных веществ в реке:

$$K = (aQ / Q_{\text{ст}} + 1)K_{\text{доп}} + K_p;$$

$$D = V_T H_b / 200 = 0,7 \cdot 1,0 / 200 = 0,0035;$$

$$a = ev \sqrt[3]{D/Q_{\text{ст}}} = 1,0 \cdot 1,0 \sqrt[3]{0,0035/1,064} = 0,152;$$

$$\beta = e^{-a \sqrt[3]{L}} = e^{-0,152 \sqrt[3]{500}} = 0,301;$$

$$a = \frac{1 - \beta}{1 + Q\beta/Q_{\text{ст}}} = \frac{1 - 0,301}{1 + (900/1,064)0,301} = 0,0027;$$

$$K = (0,0027 \cdot 900 / 1,064 + 1)0,25 + 25,0 = 25,78 \text{ мг/л.}$$

По гранулометрическому составу намываемого грунта определяем расход твердой массы, м³/с, сбрасываемой в реку с карт намыва через отстойник:

$$P = Q_{\text{ст}} \Pi / (0,8q),$$

где Π — содержание частиц, %, диаметром менее 0,01 мм с гидравлической крупностью менее 0,4 мм/с ($\Pi = 4\%$);

0,8 — коэффициент, учитывающий потери воды на картах намыва;

q — расход воды на разработку и укладку 1 м³ грунта ($q = 8,5 \text{ м}^3/\text{м}^3$).

Следовательно,

$$P = 1,064 \cdot 0,04 / (8,5 \cdot 0,8) = 0,00625 \text{ м}^3/\text{с.}$$

По расходу твердой массы, сбрасываемой через колодец, определяем загрязненность воды

$$P_k = 1000P\rho / (3,6Q_{\text{от}} = 1000 \cdot 0,00625 \cdot 1,6 / (3,6 \cdot 1,064) = 2,61 \text{ мг/л.}$$

Полученное значение $P_k = 2,61$ мг/л меньше допустимой концентрации взвешенных веществ в реке $K = 25,78$ мг/л, следовательно, отстойник необходим только для удержания в нем частиц диаметром более 0,01 мм. Проверяем длину отстойника по формуле

$$L_{\text{от}} = 1,5 \cdot 1,5 \cdot 0,0278 / 0,00185 = 34 \text{ м,}$$

что меньше фактической длины ($L_{\text{от}} = 50$ м).

Задача № 10. Выполнить гидравлические расчеты водобросного канала. Определить расход при равномерном движении воды в трапецидальном земляном канале (суглинок), если ширина его по дну $b = 5,5$ м, глубина $h = 1,8$ м, заложение откосов $m = 1$ и уклон $i = 0,0004$ [51].

Решение

Скорость определяем по формуле Шези:

$$V = C\sqrt{Ri}.$$

Площадь живого сечения

$$\omega = (b + m)h = (5,5 + 1 \cdot 1,8)1,8 = 13,14 \text{ м}^2.$$

Смоченный периметр

$$\chi = b + 2h\sqrt{1+m^2} = 5,5 + 2 \cdot 1,8\sqrt{1+1^2} = 10,58 \text{ м.}$$

Гидравлический радиус

$$R = \omega / \chi = 13,14 / 10,58 = 1,24 \text{ м.}$$

Находим коэффициент C по формуле Павловского. Коэффициент шероховатости $n = 0,025$, так как $R = 1,24$ м, что больше 1 м,

$$y = 1,3\sqrt{n} = 1,3\sqrt{0,025} = 0,206.$$

$$\text{Тогда } C = \frac{1}{n}R^y = \frac{1}{0,025}1,24^{0,206}41,8 \text{ м}^{1,2}/\text{с}.$$

$$\text{Скорость } V = C\sqrt{Ri} = 41,8\sqrt{1,24 \cdot 0,0004} = 0,93 \text{ м/с}.$$

Сравним полученную скорость с максимальной размывающей средней скоростью и наименьшей допустимой незаилающей скоростью. Первая для каналов в средних суглинках $V_{\text{макс}} = 1$ м. Вторую определим по следующей формуле:

$$V_{\text{мин}} = 0,5\sqrt{R} = 0,5\sqrt{1,24} = 0,56 \text{ м/с}.$$

Так как $0,56 \text{ м/с} < 0,93 \text{ м/с} < 1 \text{ м/с}$, то канал размыву и заилению подвергаться не будет.

Расход воды

$$Q = \omega v = 13,14 \cdot 0,93 = 12,2 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Таблица 3

Значения коэффициентов k , и n

Характеристика поверхностей	k , мм	n
Исключительно гладкая (эмалированная, глазуванная и т.д.)	0 (0–0,2)	0–0,007
Цементная штукатурка:		
ожезненная или весьма чисто заглаженная	0,1(0,002–0,3)	0,007–0,010
обыкновенная	0,3(0,1–0,8)	0,0085–0,012
Металлические лотки с гладкой внутренней поверхностью	1(0,4–5)	0,011–0,017

Окончание табл. 3

Характеристика поверхностей	k_s , мм	n
Канализационные трубы:		
бетонные и железобетонные	2	0,014
керамические	1,25	0,013
Деревянные лотки из досок:		
оструганных	2(0,5–8)	0,01–0,01–0,018
неоструганных	3(0,8–10)	0,012–0,019
Бетонировка	2(0,3–5)	0,012–0,015
Кирпичная кладка	3(1–6)	0,013–0,017
Земляные стенки	50(15–200)	0,02–0,03
Бутовая кладка	20(5–70)	0,017–0,025
Булыжная мостовая	35(15–70)	0,020–0,025
Примечания. 1. Приводятся наиболее вероятные значения k_s , а в скобках — возможные пределы колебаний k_s . 2. Для n даны возможные пределы колебаний.		

Таблица 4

Значения наибольших допустимых неразмывающих средних скоростей

Тип грунта или «одежды»	Максимальная скорость $V_{\text{макс}}$, м/с	Тип грунта или «одежды»	Максимальная скорость $V_{\text{макс}}$, м/с
Несвязные грунты:	0,15–0,2	Крепления: одиночная мостовая двойная бетонная облицовка	3–3,5
	0,2–0,6		3,5–4,5
	0,6–1,2		5–10
Связные грунты:	0,7–1		
	1–1,8		
	2,5–4,5		
	20–25		

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ВОЗМОЖНЫЕ ВАРИАНТЫ СОДЕРЖАНИЯ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ

Вариант № 1 — при использовании плавучих землесосных снарядов или гидромониторно-землесосных комплексов.

Содержание

Введение

1. Исходные положения для проектирования.
 - 1.1. Общая характеристика района месторождения.
 - 1.2. Геологическая характеристика месторождения.
 - 1.3. Гидрогеологическая характеристика месторождения.
 - 1.4. Существующее положение горных работ (для эксплуатируемого месторождения).
 - 1.5. Режим работы и производственная мощность предприятия.
 - 1.6. Горно-геометрический анализ карьерного поля (построение графика режима горных работ и календарного графика).
2. Вскрытие карьерного поля (для вновь разрабатываемого месторождения).
 - 2.1. Выбор и обоснование способа вскрытия.
 - 2.2. Объем горно-строительных работ.
3. Организация монтажной площадки земснарядов.
4. Система разработки месторождения.
 - 4.1. Характеристика принятой системы разработки.
5. Структура комплексной механизации.

5.1. Вскрышные работы (тип оборудования, его производительность и число при наличии вскрышной породы).

5.2. Добычные работы (тип оборудования, его производительность и число).

6. Элементы принятой системы разработки: число рабочих уступов; высота уступов; длина фронта работ на уступах; скорость подвигания фронта работ и забоя; ширина заходки; углы откосов бортов уступов надводных и подводных; ширина рабочих площадок (при отработке передовых уступов вскрышных пород гидромониторно-землесосных комплексов); шаг передвижки гидромониторов и землесосных станций первого подъема (забойных); уклон пульпоотводной канавы (при использовании гидромониторно-землесосных комплексов); подача земснаряда; расстояние между береговыми подключениями плавучего пульпопровода к магистральному (береговому); длина и ширина обрабатываемых участков; число участков, обрабатываемых от одного берегового подключения.

7. Способ подготовки пород к выемке.

8. Водоснабжение земснарядов (гидроустановок) в карьере.

9. Гидротранспорт породы от земснаряда (гидроустановок).

10. Отвалообразование (гидроотвалообразование) вскрышных пород (при наличии вскрышных пород).

11. Карты намыва полезного ископаемого.

11.1. Размеры и необходимое число карт намыва.

11.2. Водосбросная система карт намыва (гидроотвала).

11.3. Осветление оборотной воды (в случае необходимости).

12. Переработка горной массы.

13. Схема энергоснабжения карьера.
 14. Генеральный план предприятия.
 15. Мероприятия по технике безопасности и противопожарная профилактика.
 16. Восстановление земель, нарушенных горными работами.
 17. Организация и управление горным производством.
 18. Техничко-экономические показатели предприятия.
- Заключение.
- Список использованной литературы.

Вариант № 2 — при использовании многочерпаковых драг.

Содержание

Введение

1. Исходные положения для проектирования.
 - 1.1. Общая характеристика района россыпного месторождения.
 - 1.2. Геологическая характеристика месторождения.
 - 1.3. Гидрогеологическая характеристика месторождения.
 - 1.4. Режим работы и производственная мощность полигона (предприятия).
 - 1.5. Существующее положение горных работ (для эксплуатируемого месторождения).
 - 1.6. Горно-геометрический анализ карьерного поля (построение графика режима горных работ и календарного графика).
2. Выбор и обоснование модели многочерпаковой драги (техничко-экономическое сравнение вариантов моделей в соответствии с размерами россыпи; длина кормовых колод, черпаковой рамы, рамы стакера и свай; ширина конвейерной ленты).

3. Вскрытие россыпного месторождения.
 - 3.1. Выбор и обоснование способа вскрытия.
 - 3.2. Объем горно-строительных работ.
 - 3.3. Выбор места строительства драги (у нижней границы запасов, у верхней границы запасов).
 - 3.4. Выбор места монтажа драги (на борту котлована, в котловане).
 - 3.5. Осушение россыпного месторождения (руслоотвод реки, водоподпорные плотины, дренажный канал).
 4. Система разработки россыпного месторождения.
 - 4.1. Характеристика принятой системы разработки.
 - 4.2. Элементы принятой системы разработки (высота уступа; наименьшая, наибольшая и наивыгоднейшая ширина одинарного забоя).
 - 4.3. Эксплуатационные потери песков (в плотике россыпи, в западениях плотика, в межходовых целиках, в бортах россыпи, в межшаговых целиках).
 - 4.4. Разубоживание песков (при обрушении пород с бортов, из отвалов предыдущих ходов).
 5. Водоснабжение дражного разреза (определение водного баланса, поддержание уровня воды в дражном разрезе).
 6. Дражное отвалообразование.
 7. Энергоснабжение дражного разреза (освещение рабочих мест, мощность понизительной станции, расчет берегового кабеля и воздушной питающей сети, заземление).
 8. Генеральный план предприятия.
 9. Мероприятия по технике безопасности и противопожарная профилактика.
 10. Охрана окружающей природной среды.
 11. Техничко-экономические показатели.
- Заключение.
- Список использованной литературы.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
1. СТРОИТЕЛЬНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ И ОБЛАСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
1.1. Строительные горные породы, добываемые средствами гидромеханизации.....	9
1.2. Типы песчаных и песчано-гравийных месторождений.....	10
1.3. Физико-механические (технические) свойства пород, разрабатываемых средствами гидромеханизации	15
2. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ СТРОИТЕЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД	43
2.1. Качество строительных горных пород в зависимости от условий их залегания	45
2.2. Характеристика песчано-гравийных пород по геологической классификации	46
2.3. Песок для строительных работ (ГОСТ 8736—93, дата введения 01.07.1995)	48
2.4. Щебень и гравий из плотных горных пород для строи- тельных работ (ГОСТ 8267—93, дата введения 01.01.1995)	56
3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЕ АППАРАТЫ	61
3.1. Гидравлические аппараты и их применение	63
3.2. Грохоты (гидрогрохоты) и их подразделение на группы	65
3.3. Гидроклассификаторы.....	70
3.4. Гидроциклоны	81
3.5. Обезвоживатели	84
3.6. Сгустители	92
4. ПРОЦЕССЫ ПЕРЕРАБОТКИ ИСХОДНОЙ ГОРНОЙ МАССЫ	95
4.1. Грохочение	97

4.2. Гидравлическая классификация смеси	115
4.3. Дробление	133
4.4. Промывка, сгущение и обезвоживание.....	151
5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД	157
5.1. Общие понятия	159
5.2. Технологические схемы существующих типовых проектов	160
5.2.1. Группы технологических схем переработки.....	160
5.2.2. Поточная схема переработки.....	161
5.2.3. Поточно-цикличная схема переработки	170
5.2.4. Схема переработки с использованием сортировочных установок (СУ) типа I и II.....	188
6. НЕСТАНДАРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ГОРНОЙ МАССЫ	191
6.1. Опытно-промышленная установка для промывки и классификации песков при разработке Сычевского гидроотвала.....	193
6.1.1. Постановка вопроса.....	193
6.1.2. Теоретические основы процессов промывки и классификации песков	194
6.1.3. Технология промывки и классификации песка на опытном-промышленной установке.....	196
6.2. Установка для разделения песчано-гравийной смеси конструкции ЗАО «Донтрансгидромеханизация»	207
6.3. Повышение качества песка за счет использования гидроциклонов	209
6.4. Опыт переработки песчано-гравийных смесей в Башкирском карьероуправлении (БКУ)	220
7. РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ	225
7.1. Капитальные затраты на строительство гидромеханизи- рованного предприятия	227
7.1.1. Затраты на подготовку территории строительства предприятия.....	228
7.1.2. Затраты на горно-капитальные работы	229

7.1.3. Затраты на промышленные здания и сооружения.....	230
7.1.4. Затраты на приобретение оборудования	231
7.1.5. Затраты на приспособления, инструменты и производственный инвентарь.....	232
7.1.6. Затраты на прочие работы	232
7.1.7. Затраты на содержание дирекции строящегося предприятия	232
7.1.8. Затраты на проектные работы	232
7.1.9. Затраты на непредвиденные работы	233
7.1.10. Величина возвратных сумм за полезные ископаемые от попутной добычи за время строительства.....	233
7.1.11. Удельные капитальные затраты	233
7.2. Основные производственные фонды	234
7.3. Полная себестоимость полезного ископаемого	234
7.3.1. Материальные затраты	235
7.3.2. Затраты на оплату труда.....	240
7.3.3. Отчисления на социальные нужды	243
7.3.4. Амортизационные отчисления основных фондов.....	244
7.3.5. Прочие затраты	245
7.3.6. Элементы затрат и полная себестоимость полезного ископаемого.....	246
7.4. Производительность труда.....	247
7.5. Фондоотдача	247
7.6. Валовая прибыль предприятия	248
7.7. Уровень рентабельности предприятия.....	250
7.8. Денежные средства, остающиеся в распоряжении предприятия.....	250
7.9. Прибыль, остающаяся в распоряжении предприятия	250
7.10. Прибыль на вложенный капитал и срок окупаемости капитальных вложений.....	251
7.11. Основные технико-экономические показатели предприятия.....	252
Список литературы	254
<i>Приложение 1. Примеры решения горных задач</i>	<i>256</i>
<i>Приложение 2. Возможные варианты содержания дипломных проектов</i>	<i>312</i>



***Иван Михайлович
ЯЛТАНЕЦ*** —

доктор технических наук, профессор, академик Международной академии информатизации.

Работа И.М. Ялтанца в горной промышленности началась в 1958 г., после службы в армии, на Батурином разрезе в Челябинской обл., где он вначале работал

разнорабочим, а затем — помощником машиниста землесосной установки и электрослесарем. После окончания в 1965 г. Московского горного института (в 1965 г. — МИРГЭМ) работал в Проектгидромеханизации инженером-проектировщиком.

Его научная и педагогическая деятельность началась на кафедре «Технология, механизация и организация открытых горных работ» под руководством проф. Г.А. Нурока и акад. В.В. Ржевского и всегда была неразрывно связана с решением научных и практических проблем открытых горных работ и подготовкой инженерных кадров этого профиля. И.М. Ялтанец — автор более 130 научных работ, учебных пособий, монографий и учебников.

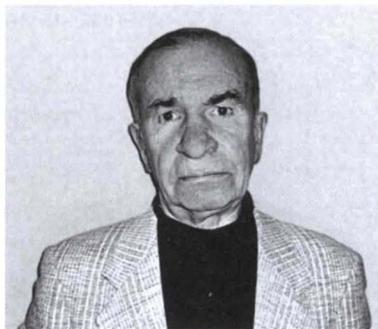
В 1974—1979 гг. он — проректор Московского горного института. В это время раскрылись его способности как руководителя и организатора. В 1980—1983 гг. И.М. Ялтанец работал в Афганистане в Кабульском политехническом институте, сначала преподавателем, а затем заведующим кафедрой «Разработка месторождений полезных ископаемых».

И.М. Ялтанец — председатель оргкомитетов Съездов гидромеханизаторов России (1998, 2000, 2003 гг. и в 2006 г.) и председатель редакционной коллегии по проблемам гидромеханизации при Издательстве Московского государственного горного университета. Имеет правительственные награды. Он — лауреат конкурса «Золотое перо горняка» 2000 г., имеет звание «Почетный горняк» и награжден нагрудным знаком «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации».

Андрей Эрманович
ТУХЕЛЬ —

кандидат технических наук, доцент.

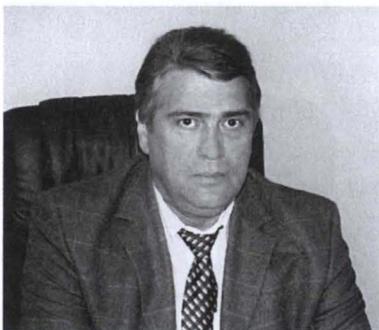
В 1954 г. окончил Прокопьевский горный техникум и до 1958 г. работал механиком участка на шахте. Далее — годы учебы в Московском горном университете, сначала студентом, а потом аспирантом.



В это время научная работа А.Э. Тухеля была тесно связана с лабораториями «Гидромеханизации» и «Подводной добычи полезных ископаемых со дна морей и океанов» при Московском горном институте. С 1976 г. он ведет преподавательскую работу на кафедре «Технология, механизация и организация открытых горных работ». До 1982 г. руководил подготовкой студентов по заочной форме обучения. В 1982—1985 гг. работал в Афганистане в Кабульском политехническом институте.

А.Э. Тухель — автор нескольких десятков научных работ, учебных пособий, имеет авторские свидетельства на изобретения.

Полный кавалер знаков «Шахтерская слава».



Николай Иванович
ЛЕВАНОВ —

президент компании «Трансгидро-механизация», заслуженный строитель РФ, почетный транспортный строитель, академик Академии транспорта, доктор транспорта.

Трудовую деятельность начал в 1966 г. машинистом земснаряда. После службы в армии работал начальником земснаряда, а потом старшим прорабом на участке строительства БАМ. Н.И. Леванов окончил Хабаровский институт инженеров железнодорожного транспорта по специальности «Инженер путей сообщения — строитель».

С 1985 по 1995 гг. Н.И. Леванов — начальник ПТО, главный технолог, главный инженер ЗАО «Уренгойгидромеханизация», с 1995 по 1998 гг. — генеральный директор ЗАО «Уренгойгидромеханизация».

С 1998 г. — президент компании «Трансгидромеханизация», которая не только активно внедряет новые технологии и оборудование в экстремальных условиях Крайнего Севера, но и проводит испытания новых конструкций земснарядов и вспомогательной техники.

Вся жизнь Н.И. Леванова связана с гидромеханизацией. Он принимал участие в строительстве автодорог Самара—Тольятти, Самара—Волгоград, Самара—Уфа, Чита—Хабаровск, Уренгой—Надым, железной дороги Кинель—Безенчук, мостовых переходов через реки Бурею, Селемджу, Зею, Быссу на БАМе. Участвовал в сооружении железнодорожных станций в сложных условиях развития многолетнемерзлых пород в Ургале и Февральском, в строительстве железной дороги Уренгой—Ямбург, в освоении многих нефтегазовых месторождений Западной Сибири.

Н.И. Леванов имеет несколько авторских свидетельств на изобретения.

**Валерий Михайлович
ДЯТЛОВ —**

первый вице-президент компании «Трансгидромеханизация», заслуженный строитель РФ.

В 1971 г. он закончил Новосибирский электромеханический техникум транспортного строительства, а затем Московский горный институт.



Практически вся трудовая деятельность В.М. Дятлова связана с проблемами внедрения и развития гидромеханизации в Западной Сибири. В ЗАО «Нижневартовсктрансгидромеханизация» он прошел путь от рабочего до главного инженера, занимая должности мастера, прораба, старшего прораба и начальника ПТО. В.М. Дятлов принимал участие во внедрении новой техники и технологии гидромеханизированных работ: погружных землесосов разной производительности; дальнего гидротранспорта (при освоении Самотлорского нефтяного месторождения); дизельных земснарядов различных типов. Под его руководством с применением средств гидромеханизации велись работы по дорожному строительству и обустройству многих нефтяных и газовых месторождений.

Иван Михайлович Ялтанец
Андрей Эртманович Тухель

Николай Иванович Леванов
Валерий Михайлович Дятлов

ПЕРЕРАБОТКА ГОРНЫХ ПОРОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ

Режим выпуска «стандартный»

Редактор текста *Л.С. Дмитриева*
Компьютерная верстка и подготовка
оригинал-макета *З.С. Люкманова*
Дизайн серии *Е.Б. Капралова*
Зав. производством *Н.Д. Урбушкина*

*Диапозитивы изготовлены
в Издательстве МГГУ*

Подписано в печать 25.04.2008.
Формат 60×90/16. Бумага офсетная № 1.
Гарнитура «Times». Печать офсетная.
Усл. печ. л. 20,5. Допечатка тиража — 300 экз.
Заказ 192

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА
*Лицензия на издательскую деятельность
ЛР № 062809. Код издательства 5X7(03)*

*Оригинал-макет подготовлен в издательстве
«Горная книга»*

Отпечатано
в ОАО «Московская типография № 6»
115088 Москва, ул. Южнопортовая, 24
Магнєвые штампы изготовлены в Первой
Образцовой типографии



119991 Москва, ГСП-1, Ленинский проспект, 6,
Издательство МГГУ;
тел. (495) 236-97-80; факс (495) 956-90-40;
тел./факс (495) 737-32-65



**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА
ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ
И СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ**