



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технология вяжущих веществ, бетонов и  
строительной керамики»

**Методические указания**  
к курсовой работе по дисциплине «Контроль  
параметров работы оборудования  
промышленности строительных материалов»

**«Контроль параметров работы  
оборудования предприятий  
строительной индустрии»**



Автор  
Егорочкина И.О.

Ростов-на-Дону, 2017

## Аннотация

Контроль параметров работы оборудования промышленности строительных материалов: методические указания к курсовой работе «Контроль параметров работы оборудования предприятий строительной индустрии», для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство», профиль «Механическое оборудование и технологические комплексы предприятий строительных материалов, изделий и конструкций».

## Автор

к.т.н., доцент  
кафедры «ТВВБиСК»  
Егорочкина И.О.





## Оглавление

<b>ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>4</b>
<b>1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....</b>	<b>5</b>
<b>2. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ....</b>	<b>6</b>
<b>СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>31</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ.....</b>	<b>32</b>

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Рост парка строительных машин, их использование, повышение уровня организации и технологии технического обслуживания и ремонта требует улучшения качества подготовки специалистов, занятых эксплуатацией и ремонтом машин. Повышение требований к качеству подготовки специалистов относится ко всем этапам учебного процесса, в том числе курсовому проектированию. Важной особенностью курсовой работы является её практическая значимость, т.е. возможность последующего использования результатов в условиях реального производства. В частности, обучающиеся осуществляют модернизацию машин и оборудования, находящегося в эксплуатации, проектируют технологические процессы на изготовление и ремонт деталей, а также разрабатывают комплекс мер по оптимизации работы строительных машин и оборудования.

Бакалавры изучают свойства и область применения строительной продукции, предъявляемые к ней нормативные требования, технологию производства и схему компоновки оборудования на технологической линии, по результатам технического и экономического обоснования выбирают базовую единицу строительной машины (оборудования) с целью разработки предложений по модернизации строительной машины и/или оптимизации параметров работы базовой единицы (оборудования). Проводят необходимые сравнительные расчеты. Решения, принимаемые в курсовой работе, должны отличаться прогрессивностью и в большинстве случаев приводить к повышению производительности труда. Должное внимание уделяется надежности и долговечности машин и оборудования.

Курсовая работа разрабатывается на основании задания, выданного руководителем. Варианты заданий и исходные данные для расчетной части приводятся в Приложении. При необходимости руководитель курсовой работы корректирует задание, а также согласовывает принятые студентом отсутствующие исходные данные.

## 1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1.1. Курсовая работа включает в себя пояснительную записку объемом 30-35 страниц текста содержащую компоновочную схему технологической линии (по вариантам), технические характеристики механического оборудования, расчетную часть, указания и рекомендации по техническому обслуживанию и ремонту оборудования.

1.2. Пояснительная записка включает следующие разделы:

Введение

1. Общая характеристика строительной продукции (сырьевой материал, строительные материалы, конструкции и изделия. Контролируемые параметры качества.

2. Технология производства, схема компоновки механического оборудования на технологической линии. Технические и эксплуатационные характеристики механического оборудования и строительных машин на технологической линии.

3. Обоснование выбора единицы оборудования. Установление расчетных характеристик параметров оборудования, влияющих на параметры качества строительного материала, изделия.

4. Разработка предложений по модернизации базовой единицы строительной машины (оборудования). Оптимизации параметров работы базовой единицы строительной машины (оборудования). Сравнительные расчеты.

Заключение

Список использованной литературы.

Приложение

## 2. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

**Введение.** Во введении формулируется цель и задачи выполняемой курсовой работы, анализируется влияние параметров работы механического оборудования на формирование качественных и количественных характеристик выпускаемой продукции. Указывается на необходимость оптимизации параметров работы механического оборудования на технологической линии для достижения экономического эффекта и продления ресурса работы отдельных узлов и агрегата в целом. Во введении выделяются основные этапы производства строительной продукции, физико-механические, энергетические и иные процессы преобразования сырья в готовую продукцию. Анализируются факторы, влияющие на качество готовой продукции, выделяются факторы, обусловленные влиянием параметров качества работы машин и механического оборудования.

### **1 Общая характеристика строительной продукции. Контролируемые параметры качества**

В настоящей курсовой работе рассматривается процесс производства строительных материалов, изделий, конструкций (по вариантам).

Приводится общая характеристика базовой продукции, её назначение, область и перспективы применения, требования, предъявляемые нормативно-технической документацией. Представляются показатели технического уровня и качества базовой продукции. Рассматриваются и анализируются факторы, влияющие на показатели нормативного уровня качества, выделяются факторы, обусловленные влиянием вида и параметров работы механического оборудования.

В качестве образца для представления материала курсовой работы рассмотрим технологический комплекс по производству щебня для тяжелого бетона.

## 1.1 Характеристика базовой продукции

Щебень — неорганический, зернистый, сыпучий материал с зёрнами размером свыше 5 мм, получаемый дроблением горных пород, гравия и валунов, попутно добываемых вскрышных и вмещающих пород или некондиционных отходов горных предприятий по переработке руд (чёрных, цветных и редких металлов металлургической промышленности) и неметаллических ископаемых других отраслей промышленности и последующим рассевом продуктов дробления.

Ежегодно в мире дроблению подвергается более 3 млрд. т. минерального сырья и других материалов [1]. По своей физико-химической сути материал представляет собой неорганический (гранит, известняк, кварцит, гнейс и пр.) зернистый сыпучий материал, имеющий размер зерен от 3-х до 70-ти мм. Щебень производят из специально заготавливаемого для этого бутового камня или попутных вскрышных пород и отходов горнорудных предприятий. Наиболее качественным считается щебень из камней твердых пород.

В настоящей курсовой работе рассматривается технологическая линия по выпуску щебня фракций: 5-10, 10-20, 20-40, 40-70 мм, изготавливаемого в соответствии с требованиями ГОСТ 4.211-80 (2003) «Материалы строительные нерудные и заполнители для бетона пористые», а также ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ».

В качестве заполнителей для бетонов и растворов различного назначения также может применяться щебень, песок и песчано-щебеночные смеси из дробленого бетона и железобетона (вторичный заполнитель), соответствующий требованиям ГОСТ 32495-2013 «Щебень, песок и песчано-щебеночные смеси из дробленого бетона и железобетона».

## 1.2 Показатели качества базовой продукции

ГОСТ 4.211-80 (2003) «СПКП. Материалы строительные нерудные и заполнители для бетона пористые. Номенклатура показателей» устанавливает комплексные и единичные показатели качества. Показатель качества – это количественная характеристика её свойств, рассматриваемых применительно к определенным условиям создания и эксплуатации или применение продукции.

Технический уровень качества продукции (ТУКП) – показатель, характеризующий относительный уровень качества базовой продукции в сравнении с лучшим отечественным или зарубежным аналогом, или, как минимум, с требованиями национального (государственного) стандарта. ТУКП включает 5-12 комплексных показателей, включающие соответственные единичные показатели отдельных свойств продукции.

Основные показатели качества щебня:

1. Показатели назначения – определяют область применения и характеризуют приспособленность материала, изделия, продукции для использования по назначению.

2. Показатели технологичности – характеризуют эффективность конструктивно-технологических решений для обеспечения высокой производительности труда.

3. Показатели безопасности – группа показателей, характеризующая отсутствие риска для жизни, здоровья человека, животных и окружающей среды при обращении продукции на всех стадиях жизненного цикла.

4. Эстетические показатели – свойства продукции, характеризующие совершенство технического исполнения, степень влияния на эстетические чувства потребителя, например: цвет, текстура, выразительность, гармоничность и т.п.

Следует отметить, что необходимо рассматривать не все комплексные показатели качества, а только те, которые характеризуют продукцию как потребительский товар. Например, потребитель не предъявляет требований к эстетично-

сти щебня, но устанавливает требования по показателям назначения – вид, минералогический и фракционный состав, прочностные и другие физико-механические характеристики; требования к показателям безопасности (радиационной); транспортабельности (масса, коэффициент занимаемой площади в транспортном средстве, удобство погрузочно-разгрузочных работ и т.п.).

Группа показателей технического уровня качества представляется в табличной форме. Показатели ТУКП щебня представлены в таблице 1.

### **1.3 Анализ факторов, влияющих на качество готовой продукции**

Основные факторы, влияющие на ТУКП, анализируются с использованием причинно-следственной диаграммы, известной также как диаграмма «анализа корневых причин», модель которой предложил японский исследователь Каору Исикава. Диаграмма позволяет выявить ключевые взаимосвязи между различными факторами и более точно понять исследуемый процесс, способствует определению главных факторов (качествообразующих), оказывающих наиболее значительное влияние на развитие рассматриваемой проблемы, а также предупреждению или устранению действия данных факторов.

Образец диаграммы Исикавы для анализа факторов, влияющих на качество щебня, представлен на рисунке 1.

Диаграмма наглядно иллюстрирует, что фактором, определяющим качество готовой продукции, наряду с видом и качеством исходного сырья, является технология производства (переработки) и вид используемого технологического оборудования. На количественные показатели влияют такие параметры работы оборудования как мощность, производительность, время бесперебойной работы, на показатели качества готовой продукции влияют параметры геометрических и метрологических характеристик механического оборудования – взаимное положение элементов, размеры рабочих органов, а также параметры надежности и долговечности, так как износ отдельных элементов сказывается на качестве производственного процесса, следовательно и на качестве конечного продукта.

Таблица 1 – Показатели качества базовой продукции (щебня)

Наименование критерия, показателя качества и единица измерения	Значение показателя качества
1	2
<b>1. Технический уровень качества продукции</b>	
<b>1.1 Показатели назначения</b>	
– Номинальный (наибольший и наименьший) размер зерен щебня, мм	5-10, 10-20, 20-40, 40-70
– Полные остатки, %, на контрольных ситах с отверстиями размером $D_i$	60-2%, 40-3%, 20-4%
– Размер фрагментов конструкций для начального дробления, мм, не более	3000
– Содержание пылевидных и глинистых частиц, %, не более	3
– Содержание глины в комках, %, не более	1
– Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы, %, не более	35
– Содержание дробленых или расколотых зерен, %, не более	35
– Коэффициент формы зерен (отношение наибольшего размера к наименьшему), %, не более	20
– Дробимость щебня при сжатии в цилиндре, %	18-20
Марка щебня по прочности	1200, 1000, 800, 600, 400
– Содержание в щебне слабых пород, %, не более	35
– Плотность (без пор) породы (материала) зерен щебня, г/см <sup>3</sup>	2, 65- 2,8
– Плотность (включая поры и пустоты – объемная насыпная масса) щебня, г/см <sup>3</sup>	1,4 – 2,2
Пористость зерен щебня с учетом растворной части, %	12-18
Пустотность щебня (объем межзерновых пустот), %	44-48
Водопоглощение, %	2-9
Влажность, %	4-6
<b>1.2 Показатели структуры. Минералого-петрографический состав</b>	
– Содержание пород и минералов, в том числе инородных, %, не более	10
– Содержание вредных примесей, в том числе потенциально-реакционно способных пород и минералов и органических примесей, %, не более	2
– Содержание водорастворимых сернистых и сернокислых соединений, %, не более	2
Морозостойкость, циклы, не менее	F150
Потеря массы пористых заполнителей при кипячении, %, не более	1
Потери массы при прокаливании, %, не более	5
Коэффициент размягчения, усл. ед.	0,94
<b>1.3 Показатели технологичности</b>	
Трудоемкость, нормо-ч/м <sup>3</sup>	
Энергоемкость, кВтч/м <sup>3</sup>	4,2
Выход продукции из единицы горной массы, %, не менее	70
<b>1.4 Показатели транспортабельности</b>	
Коэффициент уплотнения при транспортировании	0,85
<b>1.5 Показатели безопасности</b>	
Удельная эффективная активность ЕРН (естественных радионуклидов) $A_{эфф}$ , Бк/кг не более	370
<b>2. Экономическая эффективность</b>	
– Себестоимость, среднее значение по южному региону, руб./м <sup>3</sup>	500
– Оптовая цена, руб./м <sup>3</sup>	800-1000
– Рентабельность, срок окупаемости, средний по предприятиям Юга России, не более, месяцы	6
– Коэффициент народнохозяйственного экономического эффекта от использования вторичного щебня, средний по предприятиям Юга России	1,25

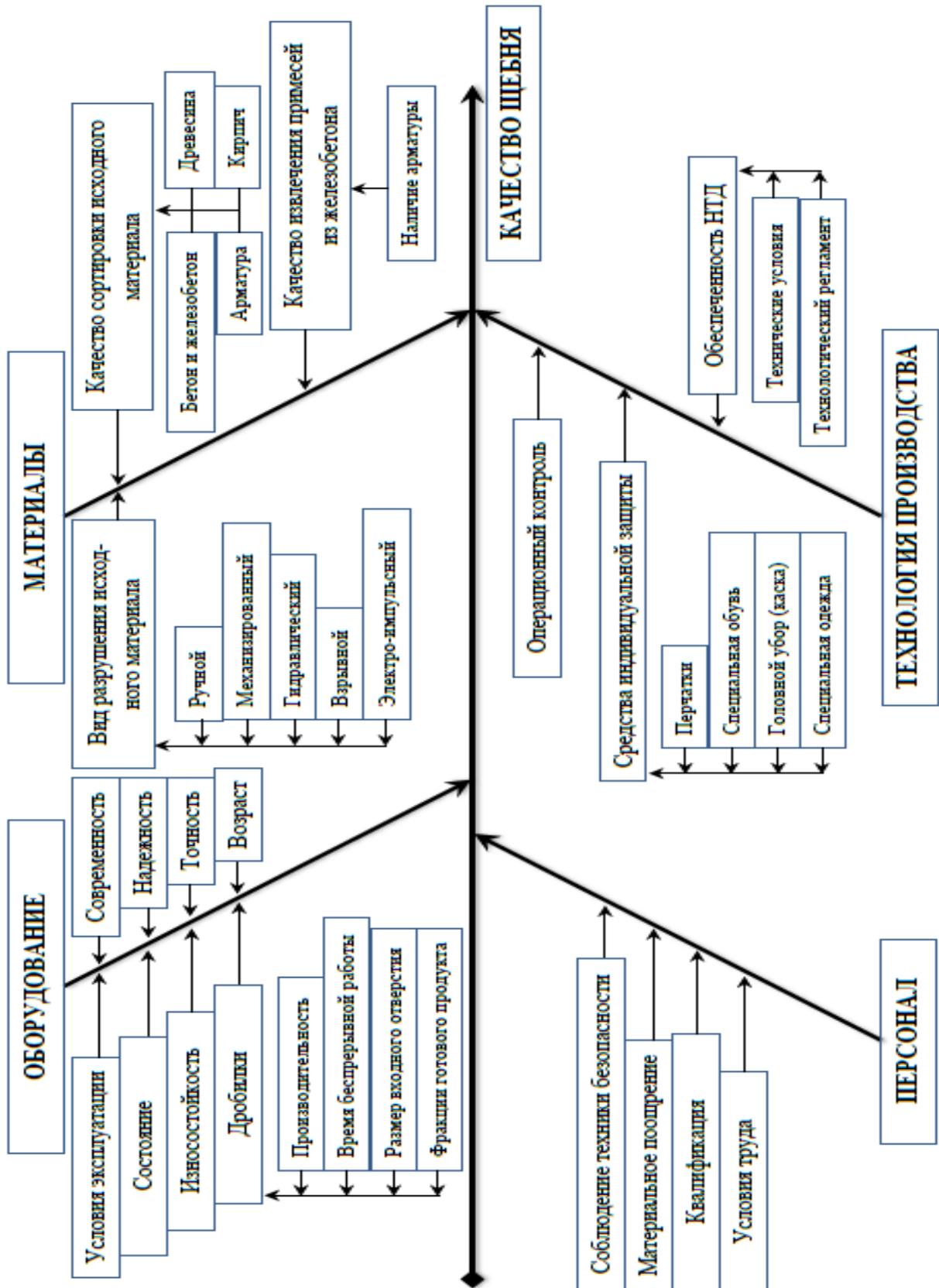


Рисунок 1 – Причинно-следственная диаграмма влияния различных факторов на качество базовой продукции (щебня)

## 2. Технологическая линия по производству базовой продукции

Приводится общая характеристика производственного процесса – типовой или индивидуальный (массовый, серийный, единичный); унифицированный; процент механизации, автоматизации, ручных операций; степень агрегатирования. Технологический процесс разделяется на отдельные технологические операции, включающие отдельные переделы, ход и шаги выполнения определенных действий, общая направленность которых подчинена единой цели – преобразование сырьевых материалов и полуфабрикатов в готовую продукцию.

Общая структурная схема производственного процесса представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Общая структурная схема производственного процесса

Производственные процессы разделяются на:

- основные – процессы изменения формы, размера, физико-механических и других свойств продукции;
- вспомогательные – изготовление и ремонт средств, обеспечивающих бесперебойное протекание основных процессов и обеспечение их

всеми видами энергии (теплом, электричеством, паром, водой, сжатым воздухом и т.д.);

- обслуживающие – процессы хранения, транспортировки, охраны, погрузки-разгрузки, контроль качества, уборка и т.п.

В курсовой работе приводится описание технологического процесса, как части производственного по изготовлению базовой продукции. Приводится общая организационная или блок-схема производства, а также функционально-технологическая схема производства.

Описание технологии производства сопровождается соответствующими схемами и фотоматериалами, которые следует подписывать как рисунок.

## 2.1 Технология производства щебня для строительных работ

Щебень производится с помощью технологии дробления и сортировки по фракциям известняка, гравия, базальта, шлаковых, горных пород и строительного мусора. Схема производства щебня представлена на рисунке 3.

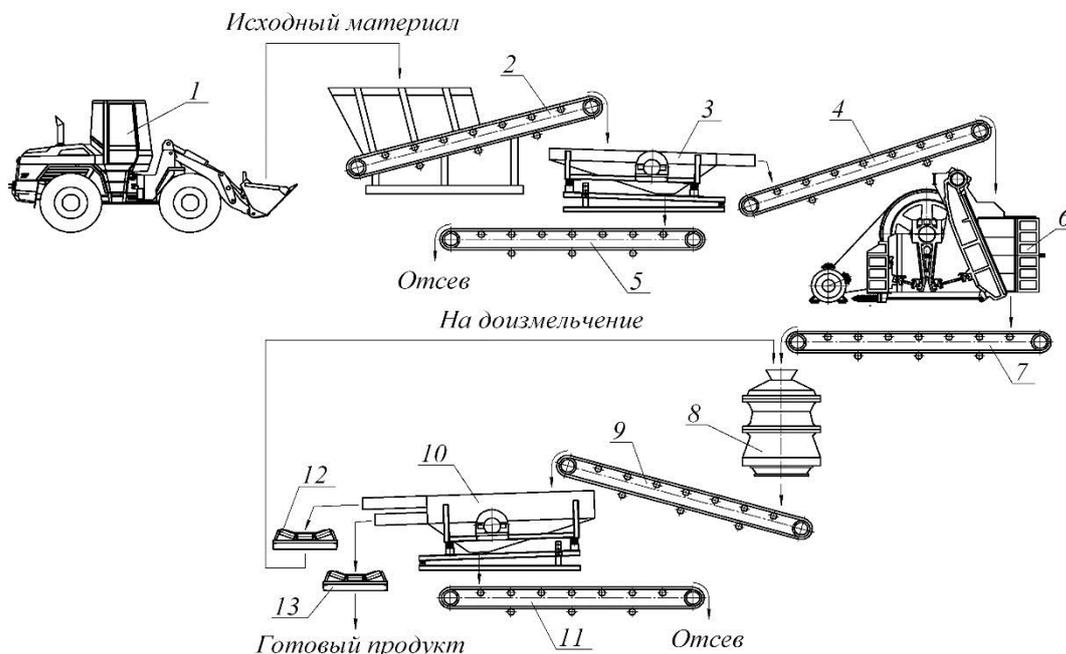


Рисунок 3 – Схема производства щебня

Технологическая схема представлена на рисунке 4.

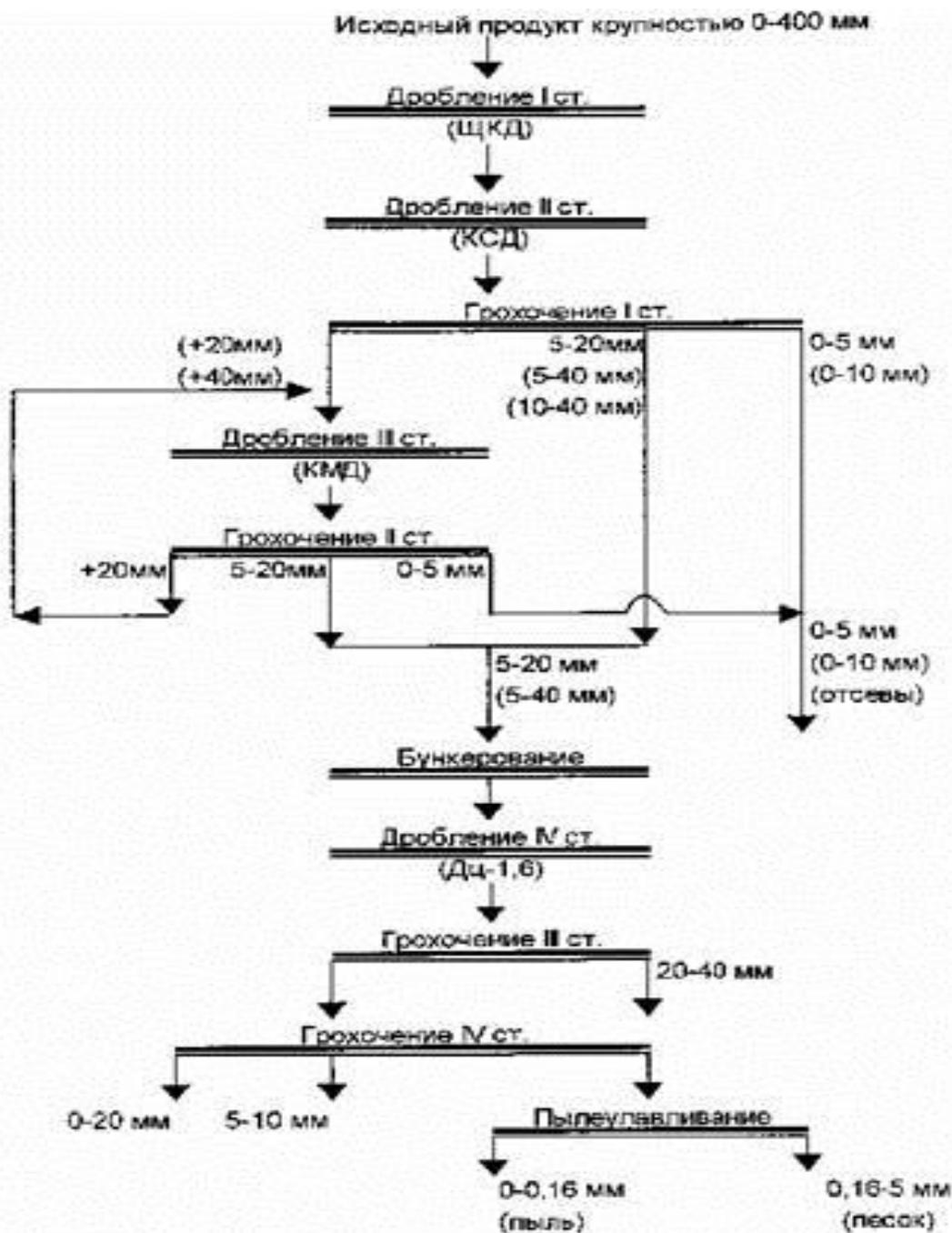


Рисунок 4 – Технологическая схема по производству заполнителей для бетона

В курсовой работе приводится описание технологии производства базовой продукции – состав технологических операций, последовательность действий. Указывается используемое технологическое оборудование и строительные машины – марка, основные характеристики.

В общем виде производство щебня состоит из добычи горной породы (или доставки ее с горнорудных предприятий), нескольких стадий дробления и сортировки по фракциям.

*Подача на дробление.* Прежде чем приступить к дроблению камней, необходимо обеспечить их равномерную регулируемую подачу в дробилку. Это делается с помощью питателей. Машин этого типа, отличающихся друг от друга конструкцией и принципом работы, существует довольно много. Есть ленточные, пластинчатые, винтовые, вибрационные, барабанные, дисковые и другие виды питателей. В линиях по производству щебня в основном используются пластинчатые и вибрационные.

Пластинчатый питатель – это транспортер из шарнирно соединенных пластинчатых элементов, которые, перемещаясь, захватывают каменную смесь из располагающегося над ним бункера и равномерно подают его в приемник дробилки.

Вибрационные питатели – более современное оборудование. Их работа основана на быстрых возвратно-поступательных движениях лотка с сырьем, получающего импульсы от электромагнитного вибратора. В результате вибраций лотка камни скользят по нему, ссыпаясь в дробилку. Вибрация лежит в основе работы и виброгрохотов, с помощью которых каменное сырье можно не только подавать в дробилку, но и очищать от ненужных примесей.

*Дробление щебня.* Это основная операция производства щебня от которой зависит размер и форма получаемых зерен. Осуществляется дробление в несколько (от 2-х до 4-х) этапов. В зависимости от используемого способа измельчения существует разные виды дробильных машин.

*Сортировка щебня на фракции.* Прежде чем купить щебень его необходимо разделить на фракции. Операция осуществляется на подвесных или стационарных грохотах. Принцип их работы состоит в том, что порода последовательно проходит несколько вибрирующих сит, на каждом из которых происходит отделение щебня определенной фракции. В результате получается несколько марок материала, отличающихся друг от друга размером зерна.

Выбор оборудования для производства щебня во многом зависит от сырья, которое будет использоваться при производстве. Если в регионе большие залежи породы, то экономнее построить стационарный завод. При отсутствии мощных

залежей и наличии мелких разбросанных по всему региону месторождений лучше приобрести передвижной дробильный комплекс.

## 2.2 Способы измельчения материалов и классификация машин

Измельчение осуществляют различными способами: раздавливанием, раскалыванием, разламыванием, истиранием, ударом (рисунок 5).

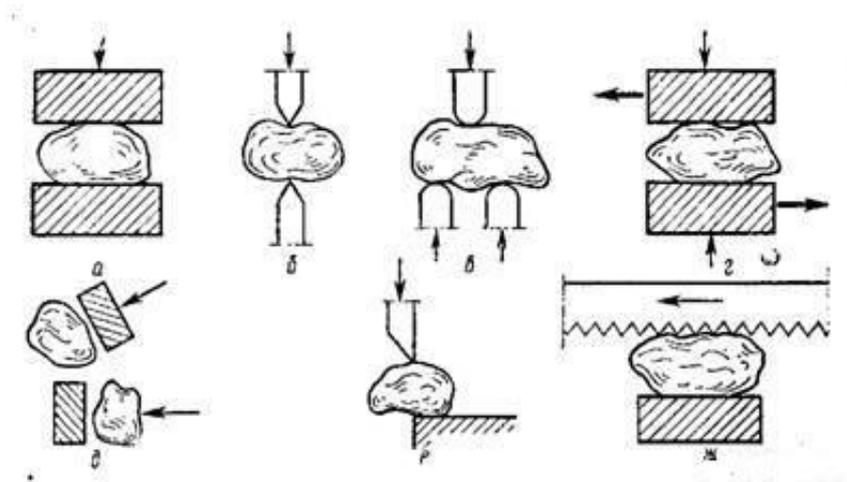


Рисунок 5 – Способы измельчения: а – раздавливание; б – раскалывание; в – разламывание; г – истирание; д – удар; е – резание; ж – распиливание.

При раздавливании (рисунок 5, а) материал под действием нагрузки деформируется по всему объему и, когда внутренние напряжения в нем превышают предел прочности сжатию, разрушается. При раскалывании (рисунок 5, б) материал разрушается в местах наибольшей концентрации нагрузок под действием клиновидного режущего инструмента. Форма и размеры образующихся кусков материала, как и при раздавливании, непостоянны. Материал измельчается при меньших нагрузках, следовательно, и меньших затратах энергии, чем при раздавливании. При разламывании (рисунок 5, в) материал разрушается в результате действия на него изгибающих сил. При истирании (рисунок 5, г) материал измельчается под действием сжимающих, растягивающих и срезающих сил, превращаясь в диспергированное вещество. При ударе (рисунок 5, д) материал распадается на части в результате действия динамической нагрузки. В случае сосредоточенной нагрузки

получается эффект, подобный тому, что и при раскалывании, а при распределенной нагрузке по всему объему эффект разрушения аналогичен наблюдаемому при раздавливании. При резании (рисунок 5, е) материал разделяется на части заранее заданных размеров и формы. Распиливание (рисунок 5, ж) является разновидностью процесса резания. Оба эти процесса полностью управляемы.

Из перечисленных способов наиболее пригодными для промышленного измельчения щебня оказались резание и распиливание (машины для крупного измельчения), сочетание резания с раздавливанием, раскалыванием и ударом (машины для среднего и мелкого измельчения), комбинация резания, раздавливания и истирания (машины для тонкого измельчения).

### 2.3 Классификация механического оборудования для получения щебня

В зависимости от назначения, принципа действия и способа измельчения машины классифицируют следующим образом (рисунок 6) [5].

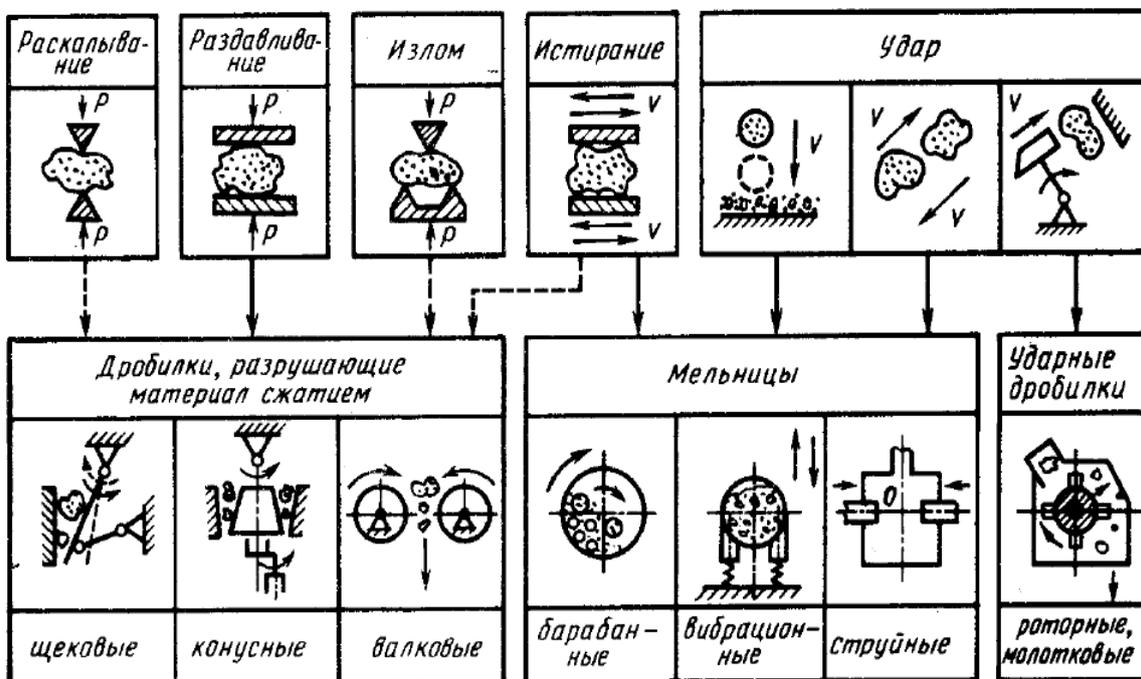


Рисунок 6 – Машины для разрушения материалов  
 ---- преобладающие; - - - - - сопутствующие.

По способу воздействия на измельчаемый материал различают дробилки, разрушающие материал сжатием (щековые, конусные и валковые дробилки) и

ударом (роторные и молотковые дробилки) (рисунок 7).

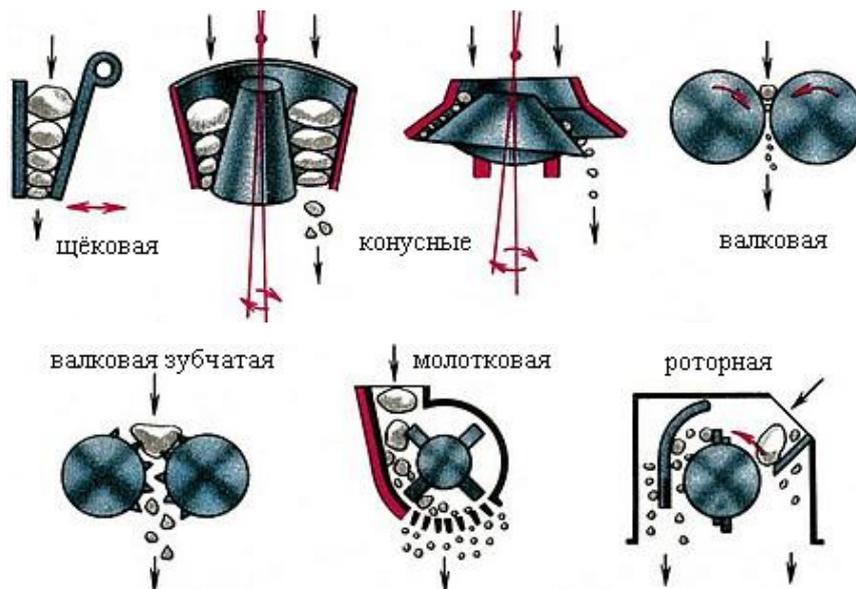


Рисунок 7 – Дробильное оборудование

Принцип действия щековой дробилки основан на раздавливании породы. Машина состоит из двух щек, одна из которых закреплена неподвижно, а другая совершает относительно нее сложное возвратно-поступательное маятниковое движение. Куски породы, попадая между щеками, безударно сдавливаются, разваливаясь при этом на несколько частей. Щековые дробилки устанавливаются на первичной стадии дробления.

В роторной дробилке для измельчения камней используется энергия удара. На вращающемся с большой скоростью роторе закреплены била. Засыпаемая в дробилку каменная масса ударяется о них и с силой отбрасывается к отбойным пластинам (футеровке). В результате многократных ударов о била и футеровку происходит дробление камней до того размера, который позволяет им высыпаться через выходные щели камеры.

Действие центробежной дробилки основано на использовании центробежной силы. Расположенный в центре камеры вращающийся ротор с большой силой выбрасывает подаваемую в него горную породу на периферию. Ударяясь о броню футеровки, камни дробятся. Центробежные машины используются для мелкого дробления материала любой твердости.

## 2.4 Технические и эксплуатационные характеристики механического оборудования и строительных машин на технологической линии

Таблица 2 – Технические и эксплуатационные характеристики механического оборудования и строительных машин представляются в табличной форме

№ п/п	Вид, марка оборудования	Завод-изготовитель, год выпуска	Основные эксплуатационные характеристики
1	Щековая дробилка СМД-28, типоразмер ЩДС-9х12	ЗАО «Белгородский моторный завод», г. Белгород, РФ 1998 г	-мощность 45 кВт ; - число оборотов вала 250 об/мин; -габариты: 2000х2280х1920 мм; -размер куска исходного материала до 400 мм
2	Грохот ГИС-33	ООО «ДРОБсервис», г. Челябинск, РФ, 1995 г	-производительность – до 60 м <sup>3</sup> /час -мощность 11 кВт; -масса загружаемого материала – до 1,8 т/м <sup>3</sup>
3	...	...	...

### 3. Характеристика базовой единицы строительной машины (оборудования)

#### 3.1 Обоснование выбора базовой единицы оборудования

В процессе анализа диаграммы Исикавы обучающиеся устанавливают влияющие факторы, ранжируют по значимости влияния на формирование свойств материала и устанавливают основной качествообразующий фактор.

Основными параметрами качества щебня являются показатели зернового состава – размер фракции пригодный для использования щебня по назначению (промышленное и гражданское, дорожное строительство и т.п.) и марка по прочности. Анализ диаграммы, позволил установить основной качествообразующий фактор – способ дробления и геометрические параметры дробильной установки, регулируя которые можно менять размер и соотношение фракций обрабатываемого (измельчаемого) сырья (конгломерата).

В качестве базовой единицы механического оборудования следует выбрать машину (оборудование) непосредственно включенную в состав технологического комплекса, участвующую в процессе преобразования сырья в готовую продукцию. На технологической линии по производству щебня таким оборудованием является дробильная установка.

В качестве базовой строительной машины принимается дробилку первой стадии дробления – щековая дробилка СМД-28 (таблица 3)

Таблица 3 – Общий вид и технические характеристики дробилки СМД-28

Общий вид	Наименование	Характеристики
	Модель	СМД-28
	Типоразмер	ЩДС-9х12
	Приемное отверстие, мм	400х900
	Размер куска исходного материала, мм	до 400
	Ширина разгрузочной щели, мм	40-100
	Мощность, кВт	45
	Число оборотов вала, об/мин	250
	Масса, тонн	9,7
	Габаритные размеры, LxВxН, мм	2000х2280х1920

Щековые дробилки применяют для крупного и среднего дробления различных рудных и нерудных материалов (базальт, кварцит, гранит, известняк, песок и др.). Главным параметром щековых дробилок является размер приемного отверстия камеры дробления, образуемой подвижной и неподвижной щеками. Производят щековые дробилки с типоразмерами: 150x250, 150x750, 250x400, 250x750, 250x1000, 250x1200, 300x1300, 400x600, 500x750, 600x900, 750x1060, 900x1200, 1000x1200, 1200x1500 мм [5].

Дробилка СМД-28 — универсальный механизм дробления, используется для измельчения пород любой крепости. Дробление происходит в результате сжатия кусков материала между двумя щеками. Сфера применения — раздробление крупно- и средне-кусковых материалов, в редких случаях более мелких. Щековая дробилка является самой надежной среди механизмов этого типа. Главные детали щековой дробилки СМД-28: рама, дробящие панели, боковая футеровка, движущая щека, главная ось, шкив, эксцентриковый вал, регулировочная плита, запирающая пружина, упор, закрепляющее устройство, распорные пластины, шатун, защитная распорка.

Достоинства СМД-28:

- высокая эксплуатационная производительность, неприхотливость в обслуживании, мобильность;
- высокая надежность и эксплуатационные качества, универсальность, позволяющая работать с множеством разных материалов: дробящие плиты выполнены из высоколегированной стали 110Г13Л;
- приспособленность для дробления как сухих, так и влажных материалов высокой прочности и абразивности (предел прочности на сжатие до 2500 кгс/см<sup>2</sup>);
- возможность задавать (регулировать) величину частиц конечного материала;
- простота и надежность при эксплуатации и ремонте (общее количество деталей невелико, механизм имеет простую конструкцию).

### 3.2. Принцип работы щековой дробилки

Принцип работы щековой дробилки заключается в следующем. В камеру дробления, имеющую форму клина и образованную двумя щеками, из которых одна в большинстве случаев является неподвижной, а другая подвижной, подается дробимый материал. Благодаря клинообразной форме камеры дробления куски материала располагаются по высоте камеры в зависимости от их крупности: более крупные – вверху, менее крупные – внизу. Подвижная щека периодически приближается к неподвижной и куски материала дробятся, продвигаются под действием силы тяжести вниз к наиболее узкой части камеры, называемой выходной щелью, пока не высыплются в приемник грохота либо на конвейер для доставки к следующему технологическому участку.

Характер движения подвижной щеки зависит от кинематических особенностей механизма щековых дробилок. Все щековые дробилки могут быть разделены на две группы: дробилки с простым движением подвижной щеки (ЩДП) и дробилки со сложным движением подвижной щеки (ЩДС).

В ЩДП материал измельчается раздавливанием и раскалыванием, поскольку на обеих щеках установлены дробящие плиты с рифлениями в продольном направлении. В ЩДС щека совершает сложное движение, по траектории напоминающей эллипс, вследствие чего материал измельчается как раздавливанием, так и истиранием, что облегчает процесс дробления вязких материалов. Принцип работы дробилок с различным конструктивным исполнением дробящего механизма представлен на рисунке 8.

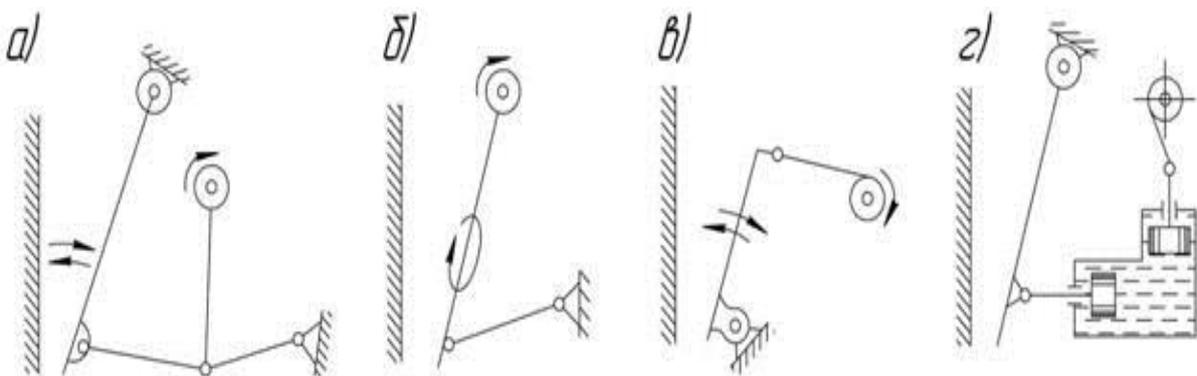


Рисунок 8 – Схема щековых дробилок: а) с простым качанием щеки; б) со сложным качанием щеки; в) с нижней подвеской щеки; г) с гидравлическим приводом

### 3.3 Конструктивная схема базового оборудования

В разделе приводятся конструктивная и кинематическая схемы базовой единицы строительной машины (оборудования) и/или узла агрегата. Приводится спецификация составляющих деталей.

В России щековые дробилки выпускаются согласно ГОСТ 7084-85. Основные параметры и размеры дробилок должны соответствовать ГОСТ 27412-93. В России выпуск щековых дробилок осуществляют такие предприятия, как ЗАО «Автокомполит» («Дробмаш», г. Выкса), ОАО «Волгоцеммаш» (г. Тольятти), «Уралмаш» (г. Екатеринбург) и другие предприятия.

На рисунке 9 изображена дробилка с простым движением подвижной щеки.

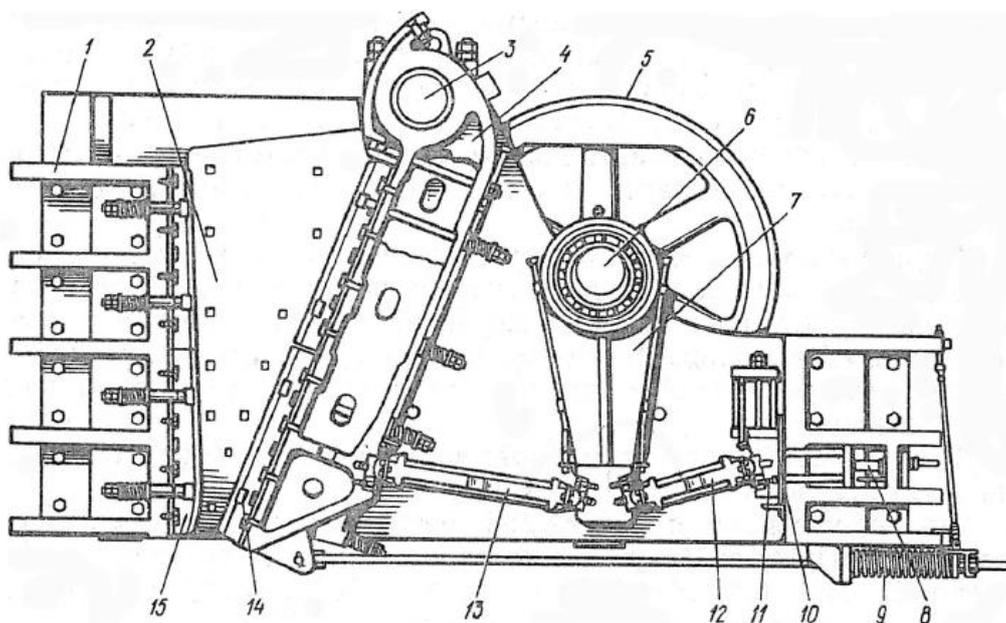


Рисунок 9 – Дробилка с простым движением щеки

Она состоит из: станины 1, в боковых стенках которой закреплены коренные подшипники эксцентрикового вала 6. На эксцентричной части вала подвешен шатун 7, в нижней части которого имеются пазы для установки сухарей, являющихся опорными поверхностями для передней и 13 и задней 12 распорных плит. При вращении эксцентрикового вала шатун получает качательное движение, которое с помощью распорных плит передается подвижной щеке 4. Щека получает маятниковое движение с центром в оси 3 подвеса. Силовое замыкание звеньев механизма привода подвижной щеки обеспечивается тягами и пружинами 9.

На один конец эксцентрикового вала насажен шкив-маховик 5, на другой – маховик. На неподвижной и подвижной щеках закреплены неподвижная 15 и подвижная 14 дробящие плиты (футеровки). Часть боковых стенок станины облицована боковыми плитами 2. Ширину выходной щели регулируют путем установки между упором 11 и задней стенкой станины дополнительных прокладок 10 различной толщины. Для облегчения этой операции предусмотрен гидравлический домкрат 8. Другим вариантом изменения ширины выходной щели является замена задней распорной плиты более длинной или короткой.

На рисунке 10 изображена дробилка со сложным движением подвижной щеки.

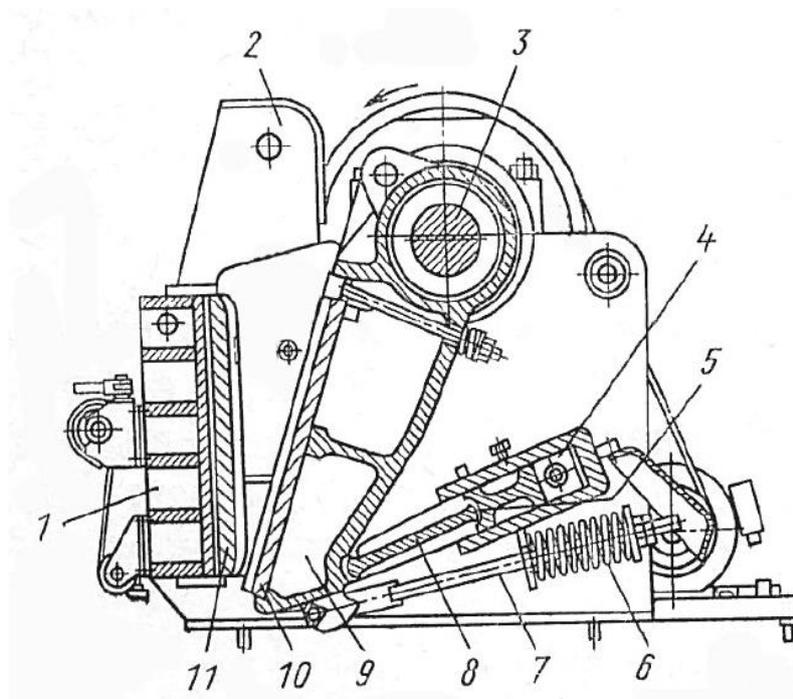


Рисунок 10 – Дробилка со сложным движением щеки

Дробилка со сложным движением щеки состоит из подвижной щеки 9, которая представляет собой стальную отливку, расположенную на эксцентричной части приводного вала 3. В ее нижней части имеется паз, куда вставлен сухарь для упора распорной плиты 8. Другим концом распорная плита упирается в сухарь регулировочного устройства 5 с клиновым механизмом. Замыкающее устройство состоит из тяги 7 и пружины 6. Натяжение пружины регулируется гайкой. В нижней части подвижной щеки имеется выступ, на который установлена дробящая

плита 10. Неподвижная дробящая плита 11 снизу опирается на выступ станины 1, а с боковых сторон зажата боковыми футеровками, выполненными в виде клиньев. Регулировка выходной щели осуществляется с помощью электродвигателя. Для предотвращения вылета дробимого материала предусмотрен кожух 2. Предохранительным устройством обычно является распорная плита 8. Ее делают либо с искусственно ослабленным сечением, либо составной из двух частей, скрепленных болтами (заклепками). При превышении допустимой нагрузки распорная плита ломается, предотвращая тем самым выход из строя более ответственных и дорогих узлов дробилки. Направление вращения эксцентрикового вала 3 в дробилках со сложным движением щеки должно обеспечивать затягивание дробимого материала между дробящими плитами 10 и 11.

Для изготовления дробилок используют следующие материалы. Станины чаще всего делают из стали марки 35Л или Ст3. Подвижную щеку изготавливают из стали 35Л, дробящие плиты (футеровки) отливают из высокомарганцевистой стали 110Г13Л. Эксцентриковый вал и ось подвижной щеки делают из стали 40Х, оттяжную пружину – из стали 60С2, шатун – из стали 25Л, клин и ползун регулировочного устройства – из стали 25ГЛ. Распорные плиты и маховики дробилок отливают из чугуна марок СЧ-18-36 или СЧ-24-34.

У каждого из двух основных типов щековых дробилок есть свои достоинства и недостатки. Преимуществами дробилок с простым качанием щеки являются: возможность дробления высокопрочных пород, сравнительно малый износ дробящих плит; недостатком – большая металлоемкость по сравнению с дробилками со сложным качанием щеки, а также большая неравномерность получаемой фракции. Дробилки со сложным качанием щеки более производительны по сравнению с аналогичными дробилками с простым качанием щеки, но из-за трения дробимого материала о дробящие плиты они подвергаются быстрому изнашиванию.

Форма спецификации оборудования представлена в таблице 5

Таблица 5 – Спецификация оборудования

№ п/п	Наименование	Материал ГОСТ	Техническая характеристика
1	Станина	Сталь 50х Гост 4543-71	
2	Ось	Сталь Ст3 ГОСТ380-94	
...	...	...	...

### 3.4 Установление расчетных характеристик параметров оборудования, влияющих на параметры качества строительного материала, изделия

Приводится расчет характеристик параметров оборудования. В качестве образца приведен пример расчета щековой дробилки СМД-28.

*Расчет разрабатываемого технологического передела.*

*Определение годового рабочего фонда по формуле:*

$$T_{год} = (D - B - П) \times c \times T_{см}, \quad (1)$$

$T_{год}$  – годовой фонд рабочего времени технологического передела, ч;

$D = 365$  – кол-во дней в году;

$B = 52 \times 2 - 4 = 100$  – число выходных дней с учетом 4-х рабочих суббот в году;

$П$  – расчетное количество праздничных дней в году;

$C$  – количество смен в сутки;

$T_{см}$  – продолжительность смены.

*Определение часовой производительности по формуле:*

$$P_{треб} = (M_{нач} + M_{возв}) / T_{год}, \quad (2)$$

$P_{треб}$  – требуемая часовая производительность агрегата;

$M_{нач}$  – количество сырья, вводимого в передел, за год, определяется по материальному балансу;

$M_{возв}$  – количество материалов, повторно вводимых в процесс при работе аппарата в замкнутом цикле;

$T_{год}$  – годовой фонд рабочего времени.

*Определение производительности по формуле:*

$$Q = 3600 \times \frac{((d_1 + s) + d_1)}{2} \times \frac{s}{tg\alpha} \times l, \quad (3)$$

где  $d_1$  – наименьший размер разгрузочной щели;

$S$  – ход щеки по горизонтали у разгрузочного отверстия;

$l$  – длина загрузочного отверстия;

$\alpha$  – угол захвата.

*Определение мощности двигателя по формуле:*

$$N = \frac{\sigma^2 \omega l (D^2 - d^2)}{24 E \eta 1000}, \quad (4)$$

где  $\sigma$  – предел прочности материала при сжатии;

$\omega$  – угловая скорость вращения эксцентрикового вала;

$l$  – длина загрузочного отверстия;

$D$  – диаметр загружаемых кусков, принимаемый на 15% меньше загрузочного отверстия дробилки;

$d$  – размер кусков после дробления, принимаемый равным ширине разгрузочной щели;

$E$  – модуль упругости дробимого материала;

$\eta$  – КПД привода щеки дробилки.

Результаты расчетов приводятся в таблице 6

Таблица 6 – Результаты измерений и расчетов параметров работы дробилки

Параметр	Значения параметров
Ширина приемного отверстия $B$ , м	
Длина приемного отверстия $L$ , м	
Высота камеры дробления $H$ , м	
Минимальная ширина выходной щели $b_1$ , м	
Максимальная крупность кусков в готовом продукте $d_{\max}$ , м	
Ход щеки вверху камеры дробления $S_b$ , м	
Ход щеки внизу камеры дробления $S_n$ , м	
Частота вращения эксцентрикового вала $n$ , с <sup>-1</sup>	
Максимальная крупность кусков, поступавших на дробление $D_{\max}$ , м	

#### 4 Оптимизации параметров работы базовой единицы строительной машины (оборудования)

##### 4.1 Анализ априорной информации для оптимизации

Для оптимизации параметров работы оборудования необходимо проанализировать исходные данные (априорную информацию), а именно:

- установить взаимосвязь между геометрическими параметрами и техническими показателями работы ЩДС;
- определить (рассчитать) основные геометрические и метрологические параметры. Для дробилки основными параметрами являются: толщина и длина основания поверхности подвижной щеки, угол наклона рабочей поверхности подвижной щеки, длина и угол наклона распорной плиты, высота рабочей камеры, угол захвата ЩДС, эксцентриситет эксцентрикового вала,
- обосновать рациональные значения, обеспечивающие повышение эффективности работы данного вида машин.

#### **4.2 Патентные исследования**

С целью модернизации оборудования проводятся патентные исследования на основе которых необходимо предложить техническое решение, направленное на повышение эксплуатационных свойств и производительности техники. Поиск проводится по фондам патентной, научно-технической и другой литературы. Глубина поиска - период охвата информации, как правило, составляет не менее 10 лет, однако, как указывают исследователи, наибольшее количество патентов в отрасли машиностроения приходится на индустриальные 70-е годы, есть смысл установления глубины поиска – 40 лет.

Патентный поиск в направлении модернизации дробильного оборудования представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты патентного поиска

Предмет поиска	Цель поиска информации	Страна поиска	Классификационные индексы		Ретро-спективность поиска	Наименование источников информации, по которым проводился поиск
			УДК	МПК		
ЩДС 12x9	Повышение надежности	Россия	RU 169141U1	B02C 1/02	10 лет	www1.FIPS.ru
ЩДС 12x9	Повышение надежности	Россия	RU 2199393C1	B02C 1/04	10 лет	www1.FIPS.ru
ЩДС 12x9	Повышение надежности	Россия	RU 2338592 C1	B02C 1/10	10 лет	www1.FIPS.ru

#### 4.3 Разработка предложений по модернизации базовой единицы строительной машины (оборудования)

В результате проведенного патентного поиска рассматривается оптимальное техническое решение, защищенное авторским свидетельством, в нашем примере Патент № 2338592. Приводится подробное описание сущности (формулы) изобретения.

Например: на основании проведенных исследований предлагается в качестве модернизации для базовой машины изменить профиль средней части дробящей плиты, что приведет к повышению надежности дробилки и увеличению качества готового продукта. Сущность модернизации заключается в том, что футеровка неподвижной и подвижной щек выполнена с размещенными в средней части камеры дробления криволинейными выступами. Криволинейные выступы выполнены съемными и закреплены на плоской части футеровок с помощью утепленных болтов и шипов на внутренней поверхности выступов с возможностью их взаимодействия с гнездами в плоской части футеровок. Шипы и гнезда могут быть выполнены круглого и прямоугольного поперечного сечения.

#### 4.4 Сравнительные расчеты

Проводятся сравнительные расчеты. Подготавливается заключение об эффективности мероприятий по оптимизации параметров работы оборудования. Результаты измерений и сравнительных расчетов представляются в итоговой таблице 8.

Таблица 8 – Сравнительные расчеты модернизации (оптимизации) оборудования

№ п/п	Наименование параметров работы машины (оборудования)	Значения параметров работы машины (оборудования)	
		базовый вариант	после модернизации (оптимизации)
1	Мощность электродвигателя $N_{эд}$ , Вт		
2	Производительность $Q$ , т/ч		
3	Средний ход щеки $S_{ср}$ , м		
4	Угол захвата $\alpha$ , град		
...	...		

#### Вывод

В заключении курсовой работы делается обоснованный вывод об эффективности варианта модернизации (оптимизации).

Приводится список используемых литературных источников.



## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дробильно-сортировочное оборудование. Каталог-справочник. Ч. 1. Дробилки / сост. А.И. Косарев, Д.С. Силенок, А.И. Загудаев. – М.: Машмир, 1992.
2. Механическое оборудование заводов сборного железобетона. Расчетно-практические упражнения и курсовое проектирование Морозов М.К. – Киев: Вища школа. Головное изд-во. 1982. – 98 с.
3. Строительные машины и оборудование: Курсовое и дипломное проектирование. / Дроздов Н.Е., Фейгин Л.А. – М.: Стройиздат, 1998. – 191 с.
4. Контроль параметров работы щековой дробилки со сложным движением щеки. Методические указания к практическим работам/ Егорочкина И.О. – Ростов н/Д: ДГТУ, 2015. – 30 с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

Технологический комплекс по производству строительной продукции  
(по вариантам):

№ варианта	Вид, назначение строительной продукции
1	Плиты и панели гипсовые, гипсобетонные
2	Кровельные асбестоцементные волнистые листы
3	Минераловатные полужесткие плиты
4	Плитки керамические глазурованные
5	Арматурные каркасы
6	Линолеум поливинилхлоридный
7	Пластик бумажнослоистый декоративный
8	Монтажный раствор
9	Панели пенополистирольные
10	Стекло листовое
11	Пенобетон
12	Преднапряженная арматура для плит перекрытий
13	Рубероид кровельный
14	Маты минераловатные прошивные
15	Кирпич пластического формования
16	Бетонные и растворные смеси
17	Поризованные керамические изделия
18	Древесноволокнистые плиты
19	Сухие строительные смеси
20	Силикатный кирпич
21	Щебень для строительных работ
22	Древесностружечные плиты
23	Кирпич полусухого формования
24	Портландцемент
25	Масляные (эмульсионные) краски и эмали