

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Факультет Материаловедения и металлургических технологий
Кафедра процессов и машин обработки металлов давлением

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Рецензент

Заведующий кафедрой

_____ Л.В. Радионова

« ____ » _____ 20__ г.

« ____ » _____ 20__ г.

Тема работы: «Реконструкция оборудования участка подготовки огнеупорных материалов «Группы Магнезит» с целью повышения качества продукции»

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-15.04.02-2018-196-00.00.00 ПЗ**

Руководитель работы:

_____ / В.С. Нагорнов /

*Автор работы
студент группы П-245*

_____ / А.Ю. Медведев /

АННОТАЦИЯ

Медведев А.Ю. Реконструкция оборудования участка подготовки огнеупорных материалов «Группы Магнезит» с целью повышения качества продукции. – Челябинск: ЮУрГУ, П-245, 52 с., 30 ил., библиогр. список – 15 наим.

В данной работе был проведен анализ современного состояния производства огнеупоров в России. Рассмотрен обзор конструкций дробилок центробежно-ударного действия и принцип работы.

Объектом реконструкции является участок дробления цеха ЦМП-4 ООО «Группа Магнезит».

Для обеспечения автоматизации была рассмотрена система автоматического согласования приводов дробильно-сортировочной линии.

В расчетной части были проведены прочностные расчеты основных деталей и узлов центробежной дробилки при помощи программного комплекса Solid works. Дано описание конструкции и порядок сборки.

Графическая часть выполнена на 6 листах формата А1 и двух листах формата А2 и содержит соответственно: сборочный чертеж дробилки центробежной (5 листов А1), сборочный чертеж узла ускорителя (1 лист А1), план реконструируемого участка дробления (1 лист А1), сборочный чертеж узла опоры подшипниковой (1 лист А2), чертеж детали корпуса опоры подшипниковой (1 лист А2).

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 6 |
| 1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОГНЕУПОРОВ | 7 |
| 1.1 Огнеупоры для металлургической промышленности | 7 |
| 1.2 Участники на рынке огнеупоров | 7 |
| 1.3 Внешнеэкономическая деятельность | 8 |
| 1.4 Сырьевая база | 9 |
| 1.5 Техническое оснащение | 10 |
| 2 РЕКОНСТРУКЦИЯ УЧАСТКА ДРОБЛЕНИЯ..... | 11 |
| 2.1 Описание участка | 11 |
| 2.2 Автоматическое согласование приводов дробильно- сортировочной линии..... | 13 |
| 3 ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ДРОБИЛОК..... | 17 |
| 3.1 Конструкции камер измельчения | 17 |
| 3.2 Принцип самоизмельчения | 19 |
| 3.3 Принцип полусамоизмельчения | 20 |
| 4 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ДРОБИЛКИ С УЧЕЛИЧЕННЫМ РЕСУРСОМ РАБОТЫ..... | 23 |
| 4.1 Описание основных узлов дробилки..... | 23 |
| 4.1.1 Описание корпуса дробилки..... | 24 |
| 4.1.2 Описание рамы дробилки | 24 |
| 4.1.3 Описание конструкции ускорителя и принципа работы | 24 |
| 4.1.4 Описание конструкции подшипниковой опоры..... | 27 |
| 4.1.5 Описание карданной передачи | 29 |
| 5 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ | 30 |
| 5.1 Расчет центробежной силы | 30 |
| 5.2 Расчет подшипника | 31 |
| 5.2.1 Расчет эквивалентной динамической нагрузки..... | 31 |
| 5.2.2 Расчет номинальной долговечности | 32 |
| 5.3 Расчет на прочность основных узлов при помощи программного комплекса Solid Works..... | 32 |
| 5.3.1 Расчет на прочность ускорителя | 32 |
| 5.3.2 Расчет карданной передачи | 35 |
| 5.3.3 Расчет на прочность корпуса дробилки..... | 38 |
| 6 ПОРЯДОК СБОРКИ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ДРОБИЛКИ..... | 41 |
| 7 ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ДРОБЛЕНИИ И ИЗМЕЛЬЧЕНИИ | 42 |
| 7.1 Доставка руды, приёмные и промежуточные бункеры..... | 42 |
| 7.2 Дробление | 44 |
| 7.3 Измельчение и классификация..... | 45 |
| 7.4 Меры безопасности при работе с дробилкой | 46 |
| 7.5 Требования по установке..... | 47 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 49 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 50 |

ВВЕДЕНИЕ

Для производства качественных огнеупорных материалов требуется тщательная подготовка исходного сырья. Его обогащение, дробление и сортировка по нужным фракциям. Для изготовления огнеупоров используют разнообразные технологии и процессы. Преобладающей является технология, включающая предварительную, тепловую обработку и измельчение компонентов.

В современном производстве магниевых порошков получили распространение дробилки центробежно-ударного действия. Применение центробежных дробилок ДЦ наиболее эффективно на последней стадии дробления, где происходит формирование основных качественных показателей материалов.

Целью данной работы является достижение наибольшей эффективности и повышение качества измельчаемого материала. В качестве объекта реконструкции был выбран участок дробления цеха ЦМП-4 ООО «Группа Магnezит». Для непрерывной и безопасной работы была рассмотрена автоматизированная система управления производством.

1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРОВ

1.1 Огнеупоры для металлургической промышленности

Огнеупоры – вид промышленной функциональной продукции, способной противостоять воздействию высоких температур и выдерживать механические, термические, химические, статистические, динамические и другие нагрузки.

Огнеупоры обладают физическим ресурсом, который определяется физико-химическим решением – правильным выбором химического и фазового состава, пространственным распределением их в объеме материала, что реализуется через научно-обоснованные параметры технологических операций [1].

Физический ресурс футеровки зависит от физико-технических свойств огнеупоров, дифференцированного подбора огнеупоров по элементам кладки футеровки с учетом физико-химических, температурных, термомеханических и др. воздействия.

Гарантированный результат стойкости огнеупорной конструкции основывается на опыте промышленной безаварийной эксплуатации футеровки. Соблюдение металлургических, регламентированное выполнение организационно-технических мероприятий, позволяют добиться более высокого результата, за счет эксплуатации огнеупорных изделий в кладке до остаточного размера 40-50% или менее от начального, при нормативном соблюдении механической устойчивости.

В отрасли запущенное состояние с оформлением приоритетов интеллектуальной собственности на международном уровне. Действия патентов ограничиваются преимущественно, территорией России. Это дезориентирует инновационные процессы и создает серьезные проблемы для самих российских производителей огнеупоров, замедляет научно-технический прогресс в сфере разработки истинно новых т.е. оригинальных огнеупоров, не благоприятствует развитию экспорта огнеупоров, но позволяет уверенно действовать и занимать значительную долю отечественного рынка особенно важных видов огнеупоров зарубежным фирмам и их посредникам. Без выпуска авангардной огнеупорной продукции, защищенной авторитетом международных патентов, предприятия будут продолжать испытывать трудности со сбытом огнеупоров и на внутреннем рынке огнеупоров.

1.2 Участники на рынке огнеупоров

В России насчитывается около 400 предприятий по производству огнеупорной продукции. Выпуск огнеупорного сырья, масс и изделий организовано и на ряде смежных предприятий. Постоянно организуются небольшие фирмы по выпуску малотоннажного объема огнеупоров. Активно развивают коммерцию отечественными и импортными огнеупорами фирмы, дополнительно предлагающие технические услуги.

Иностранные фирмы и их агенты реализуют до 30-40% объема огнеупорного рынка наиболее современной продукции, предлагая спектр инженерных и технических предложений. Однако удорожание импортных огнеупоров в 2015 году привело к тому, что российские потребители отдают все большее предпочтение отечественной продукции. Для удовлетворения растущего спроса многие российские предприятия загружают имеющиеся производственные мощности практически на 100%.

1.3 Внешнеэкономическая деятельность

Поставки в России по импорту периклазо-углеродистых, корундо-графитовых, желобных и ленточных, низкоцементных и торкрет масс для промежуточных ковшей, их высокие и надежные служебные показатели послужили хорошим примером для освоения аналогичной продукции на огнеупорных предприятиях страны.

Востребованная отечественными металлургическими предприятиями импортная продукция: погружные стаканы, стопора – моноблоки, огнеупорные плиты шибберных затворов, продувочные узлы, ремонтные материалы и др. привела к заинтересованности в организации совместных предприятий под ключ с использованием иностранных современных научно-технических достижений и технологий.

Ведущие производители металла (ОАО «Новолипецкий МК», ОАО «Магнитогорский МК», ОАО «Северсталь», ОАО «Оскольский электрометаллургический комбинат и др.) при использовании огнеупорной продукции и инженерно-технических услуг ведущих иностранных фирм достигли высоких результатов в эксплуатации агрегатов.

Активные действия «Vesuvius», «Mayerton», «Veitche-Radex-Didier» свидетельствуют о согласованной коммерческой политики и преподносят примеры, деловой, технической и технологической активности, включающей комплекс услуг.

Российские огнеупорные предприятия являются участниками закупок импортного огнеупорного сырья: бокситовый шамот – Китай, Гайяна, периклаз – Китай, Турция, Израиль, Ирландия; циркон – Австралия, Украина; высокоглиноземистый цемент – Франция, США; графит - Украина, Китай и др.

В последние годы имеются обнадеживающие успехи в обновлении технологий, оборудования и создание более совершенных производств. Также развивается экспорт огнеупоров и научно-технических услуг. При этом, не выражена составляющая ориентации на развитие экспорта огнеупоров и научно-технических услуг, что негативно продолжает сказываться на появлении новой и обновлении огнеупорной продукции и финансировании научных перспективных исследований.

1.4 Сырьевая база

Огнеупорная отрасль в основном обеспечена сырьем природного происхождения. Это, прежде всего, относится к огнеупорным глинам, магнезитам, доломитам, кварцитам, магнезиальным силикатам, в известной мере, бокситам, диоксиду циркония, графиту и др.

Отечественное сырье: плавленный периклаз, корунд, магнезиально-глиноземистая шпинель, карбид кремния зеленый и черный, высокоглиноземистый шамот производятся в больших объемах, но не всегда имеют высокие качественные показатели.

Имеются проблемы по ассортименту, объему, стабильности свойств, качеству с важными технологическими компонентами: пластификаторы, суперпластификаторы, функциональные добавки для регулирования вязкопластических свойств, клеящие, среднетемпературный пек, углеродистые термопластичные и терморезактивные смолы с высоким коксовым остатком, кремнезоли, глиноземистый и высокоглиноземистый цементы, добавками промоторов реакций для защиты углерода от газификации, супертонкие порошки, доступные по цене для массового применения карбиды, бориды, силициды, сиалон и др. Состояние химической промышленности все еще не позволяет устранить огромную задолженность и их дефицит.

В России отсутствуют некоторые виды важного качественного сырья: периклаз с содержанием MgO не менее 97 мас. %, плавленный и спеченный с размером кристаллов более 100 мкм, спеченный корунд с содержанием Al₂O₃ более 99 мас. %, высокоглиноземистый плотный бокситовый шамот с содержанием Al₂O₃ более 72 мас. %, высокочистый малозольный графит не менее 98 мас. % C, карбид бора, сиалон и др., что сдерживает достижение необходимого высокого уровня свойств огнеупоров (рисунок 1).

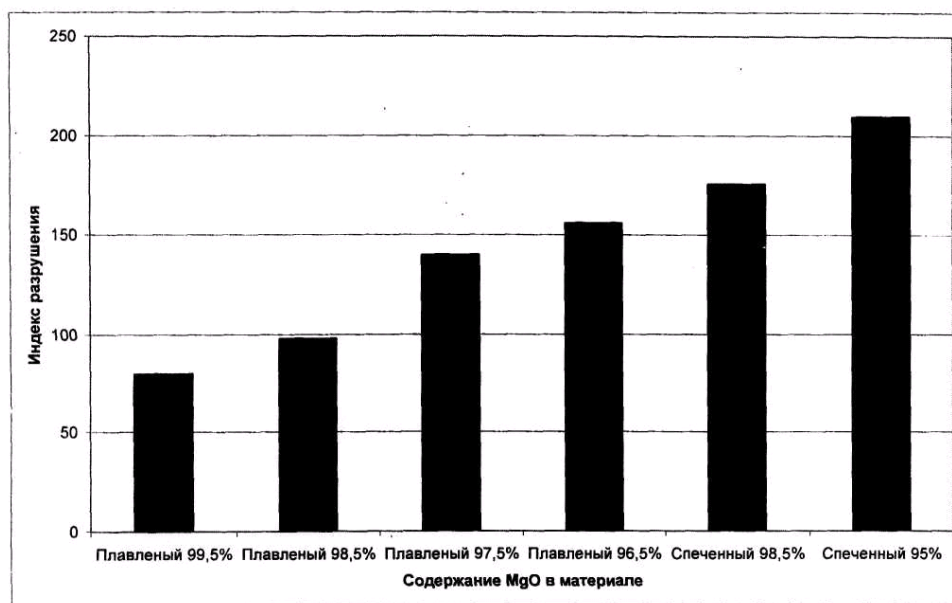


Рисунок 1 – Диаграмма коррозионной устойчивости MgO-C кирпича
1.5 Техническое оснащение

Ведущие производители огнеупоров уделяют серьезное внимание техническому переоснащению, выводят из пользования физически и морально устаревшее оборудование. Приоритет здесь принадлежит ООО «Группа Магнезит», АО «Динур», «Нижнетагильскому огнеупорному заводу», которые оснащаются современным дробильным и помольным оборудованием, смесителями «Erich», прессами «Zaies», «Sact» усилием до 2500 тонн, гидростатическими прессами.

Наибольшие проблемы вызывает состояние парка печей. Отсутствие высокотемпературных шахтных печей до 2000-2200 °С не позволяет производить высокочистые спеченные крупнокристаллические порошки корунда и периклаза, необходимые для изготовления авангардных высококачественных огнеупорных изделий для выплавки и переработки стали; корундографитовые, периклазоуглеродистые изделия для экстремальных условий эксплуатации, повышенной надежности и большим ресурсом. Отсутствуют печи с рабочей температурой до 1000-1100°С для обжига периклазоуглеродистых огнеупоров, улучшающих их качество и экологическую обстановку в металлургическом производстве.

Так же важным является переоснащение дробильно-сортировочных участков. Для получения продукции нужной фракции на второй и последующей стадиях дробления в настоящее время применяют центробежно-ударные дробилки.

Процессы дробления осуществляются обычно в три стадии:

- крупное дробление – от 1200 до 300 мм
- среднее дробление – от 300 до 75 мм
- мелкое дробление – от 75 до 15 мм

Дробилки центробежные предназначены для измельчения, грануляции и дробления руд и нерудных материалов различной крепости и прочности. Данный тип дробилок применяется в производстве кубовидного щебня, строительного песка, а так же неформованной огнеупорной продукции на заключительных стадиях дробления, где формируются основные характеристики качества готовых продуктов.

2 РЕКОНСТРУКЦИЯ УЧАСТКА ДРОБЛЕНИЯ

2.1 Описание реконструируемого участка

В рамках реконструкции оборудования участка дробления, для повышения качества выпускаемой продукции, на данном участке была внедрена система АСУП и установка транспортера для отгрузки готовой продукции в бункер.

Автоматизированная система управления производством (АСУП) — комплекс структурно-алгоритмических служб, обеспечивающих автоматический контроль и управление производством. Материальная часть АСУП включает в себя технические средства, системы (датчики, регуляторы, компьютеры и микропроцессоры, средства связи и др.), соединенные в соответствии со структурно-алгоритмической частью АСУП [2].

Планировка данного участка изображена на рисунке 2.

По ленточному конвейеру 1 исходное сырьё подается в питатель 2 центробежной дробилки 3. После измельчения готовое сырьё по транспортеру 4 поступает в бункер готовой продукции 5. Для необходимого монтажа оборудования на участке установлен кран-балка с грузоподъемностью 10 тонн.

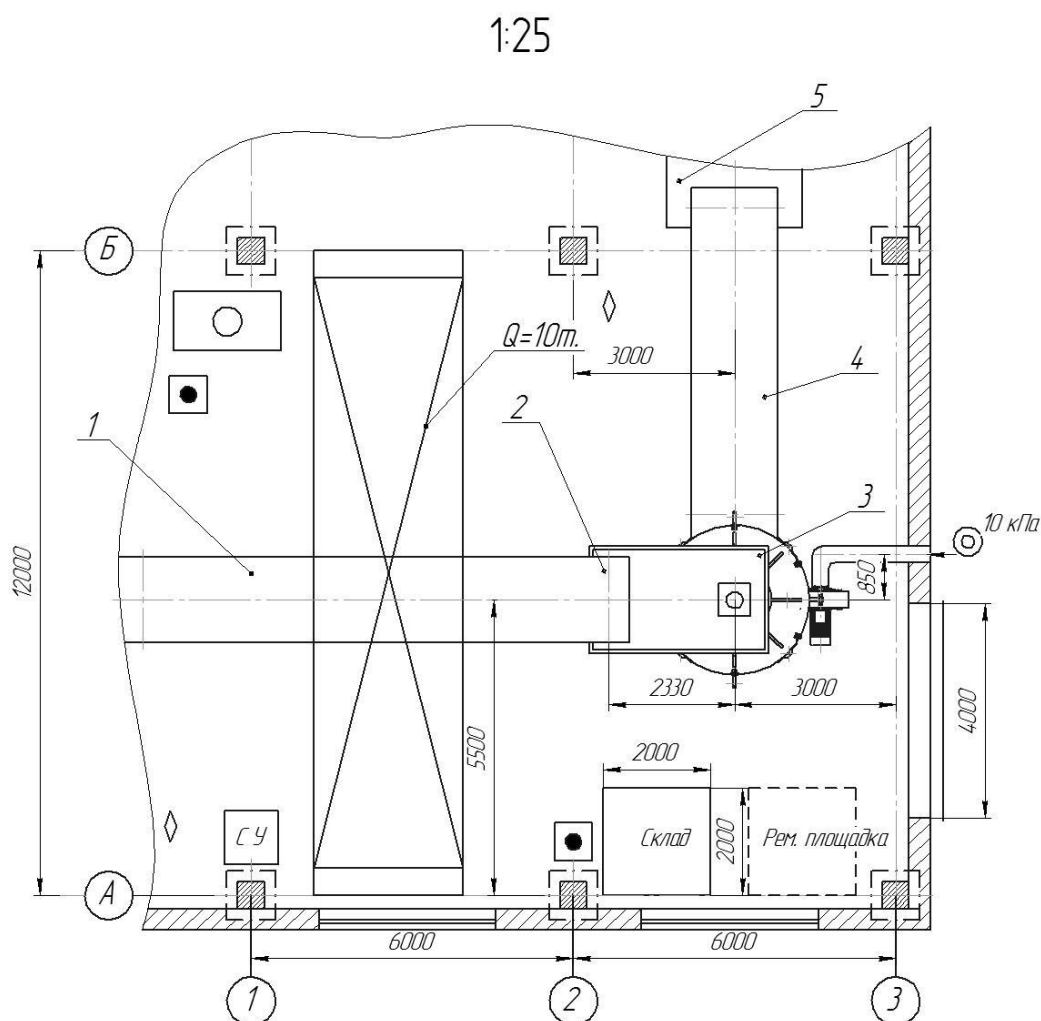


Рисунок 2 – План участка дробления

Участок дробления размещается на первом этаже здания цеха с шириной пролета 12 метров и шагом колонн 6 метров. Общая длина участка составляет 12 метров.

Площадь участка делится на:

- общую, это площадь, которую занимает участок в производственном здании, или цехе;
- производственную, та часть общей площади, на которой производится дробление и транспортировка материала;
- вспомогательную это часть площади, на которой располагаются вспомогательные службы, обслуживающие данный участок.

В основу расстановки оборудования на плане участка должны быть положены: намеченная схема технологического грузопотока и возможность обслуживания и ремонта оборудования.

Участки с шумопродуцирующим оборудованием должны располагаться в обособленных помещениях, изолированных от печного зала. К такому оборудованию относятся установки для измельчения и вентиляторы высокого давления.

Проезды и проходы желательно размещать по периметру с обязательным расположением ворот и дверей у наружных стен.

Покрытие полов на участке используется не скользкое и легко очищаемое от загрязнений.

Участки дробления характеризуются большим количеством выброса пыли. Для ликвидации пылевых выделений из дробилок обычно используют следующие средства, выбор которых определяется количеством и свойствами выделяющейся пыли:

- 1) оборудование источников пылевых выделений кожухами (местные укрытия) без применения аспирации, т. е. отсоса запыленного воздуха;
- 2) устройство местного укрытия дробилок с обеспечением в нем разрежения путем отсоса запыленного воздуха центробежным вентилятором;
- 3) искусственное увлажнение дробимых материалов распыленной водой при входе их в дробилку или в перегрузочную точку, если такое увлажнение допускается технологическими нормами. При этом расход воды составляет примерно 4% от веса проходящего материала.

Для обеспыливания отсасываемого воздуха применяются циклоны, скрубберы или рукавные фильтры. Эффективность этих аппаратов оценивают по степени осаждения пыли в них и по запыленности очищенного в них воздуха. Выбирают их с учетом следующих основных факторов:

- 1) свойств пыли (размеры частиц, удельный вес, способность к налипанию и др.);
- 2) количества пыли, выделяющейся в единицу времени;
- 3) влажности и температуры запыленного воздуха;
- 4) места расположения обеспыливающего устройства (в открытом или закрытом помещении).

Выбранный пылеуловитель и режим его эксплуатации должны обеспечивать санитарные нормы по запыленности воздуха, в соответствии с которыми содержание минеральной пыли в воздухе, выбрасываемом в атмосферу обеспыливающими и аспирационными устройствами дробилок, не должно превышать 150 мг/м³, а при содержании в пыли (более 50% свободной SiO₂ — 20 мг/м³.

2.2 Автоматическое согласование приводов дробильно-сортировочной линии на данном участке

Управление автоматизированным дробильно-сортировочным участком осуществляется с центрального диспетчерского пульта и предусматривает три режима управления: дистанционный, автоматизированный местный и местный сблокированный. Первый режим является основным и осуществляется с центрального пульта; второй применяется при профилактических и ремонтных работах; третий — при наладке схем автоматизации. Последние два режима осуществляются с помощью аппаратуры, установленной непосредственно на машине. Пуск и отключение механизмов осуществляются в последовательности, определяемой технологией производства, причем основной операции предшествуют вспомогательные: включение звуковой сигнализации, аспирационной системы и подачи воды. Нарушение принятой последовательности пуска и отключения механизмов может привести к авариям, поэтому предусматривается система блокировки механизмов, предотвращающая их повреждение [3].

Автоматизация технологического процесса предприятия начинается с бункера для исходного сырья, который оборудуется датчиками уровня расположения материала (рисунок 3). Верхний датчик ограничивает наибольшую высоту расположения материала, нижний - определяет минимальный слой материала, расположенный над питателем. При срабатывании нижнего датчика работа питателя прекращается, что сохраняет над ним минимальный слой материала, необходимый для предотвращения поломки питателя при разгрузке в бункер крупных кусков.

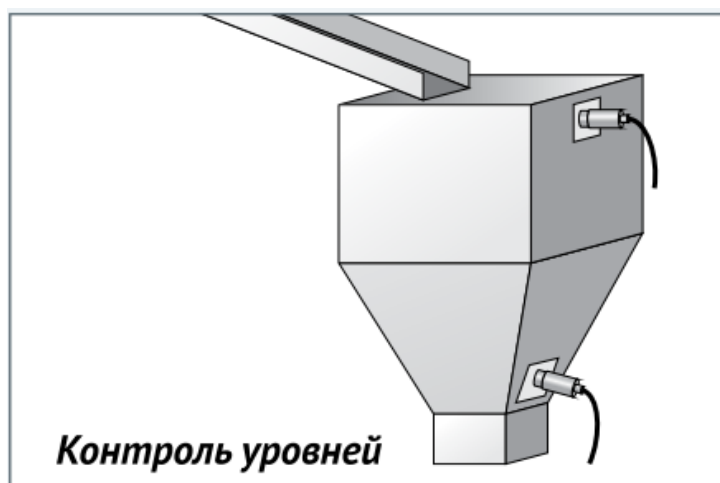


Рисунок 3 – Бункер с датчиками уровня

Автоматизация узлов крупного дробления, на которых установлены, как правило, щековые дробилки, предусматривает управление процессом загрузки дробилки, основанное на автоматическом измерении уровня загрузки камеры дробления, мощности, потребляемой электродвигателем привода, и погонной нагрузки на ленточный конвейер, отводящий продукт дробления. При этом сигналы об отклонении от заданного режима работы передаются, на систему, регулирующую скорость питателя. Кроме того, дробильные машины снабжаются автоматической системой защиты от попадания недробимых предметов, включающей в себя установку металлоискателей, или электромагнитов. Для отключения электродвигателя дробилки при попадании в нее предметов из немагнитных металлов применяется установка токовых реле в схеме электропривода.

Рассмотрим схему одностадийного дробления (рисунок 4).

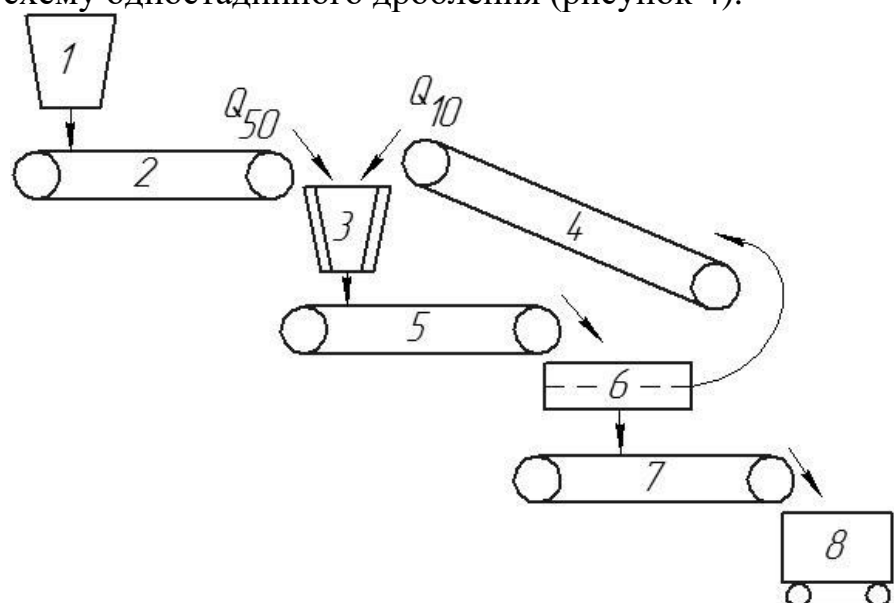


Рисунок 4 – Схема одностадийного дробления

Исходный кусковый материал крупностью 50 мм из бункера 1 питателем 2 подается в центробежную дробилку 3, а из нее конвейером 5 на грохот 6. Мелкий материал из грохота через конвейер 7 поступает в вагонетку готовой продукции 8. Крупный материал фракцией 10 мм и более, не прошедший через грохот, конвейером 4 подается на повторное дробление.

В большинстве случаев используют схемы с первичной щековой дробилкой и вторичными дробилками с различающимися зерновыми характеристиками (рисунок 5)

Оптимизация технологического процесса осуществляется путем обеспечения заданного соотношения между отдельными фракциями материала с помощью автоматического контроля за гранулометрическим составом продукта дробления. После дробления в щековой дробилке 1 на 3-х ступенчатый грохот 2. После грохочения материал разделяется на три фракции. Нижняя фракция направляется на рассев по конвейерам в бункера 8, средняя на промежуточные бункера после которых материал поступает на повторное дробление. Верхняя фракция отправляется сразу на шиберный бункер 9 на повторное дробление в щековой дробилке №2. Контроль за гранулометрическим составом готового продукта осуществляется датчиками ЛТ, расположенными на пути движения материала, сигналы с которых поступают через электроимпульсные счетчики ЭС на электропневматические преобразователи ЭП. Датчик ЛТ3 монтируется над резервуаром, измеряет дистанцию до материала и передает контроллеру сигнал для определения полного заполнения резервуара. Монтируется на питателе 1 и на накопительных бункерах 8.

Для систем, функционирующих в условиях динамической среды, к которым относятся ДСАП с переналаживаемой технологией, эффективность управления зависит от полноты и достоверности сведений, как о состоянии объектов управления, так и об условиях производства.

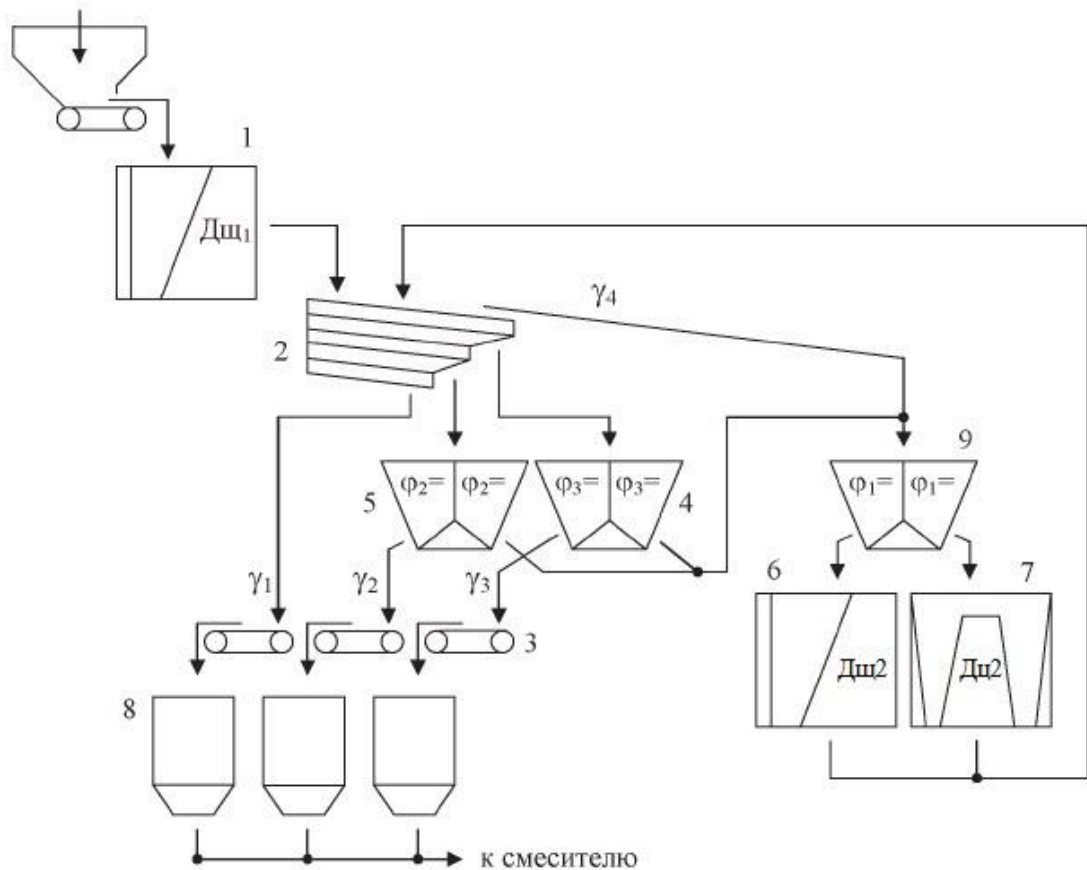


Рисунок 5 – Функциональная схема двухстадийного дробления:
 1 – первичная щековая дробилка; 2 – трехуровневый грохот; 3 – весовые транспортеры; 4,5,9 – шибберные бункеры; 6 – вторичная щековая дробилка; 7 – вторичная центробежная дробилка; 8 – накопительные бункера;
 $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ – выход товарных фракций щебня; $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ – коэффициенты перераспределения потока материала шибберными бункерами

Дробильно-сортировочное автоматизированное производство представляет собой сложную систему управления. Организация процесса обработки значительных массивов информационных потоков, циркулирующих в подобных сетях, выработка на их основе рациональных команд управления дробильно-сортировочным производством, выбор наилучшего режима функционирования всех элементов и системы в целом осуществляют с помощью современных ЭВМ с развитым математическим обеспечением [4].

3 ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ДРОБИЛОК

3.1 Конструкции камер измельчения

Центробежно-ударная дробилка позволяет добиться высокой степени дробления материалов, благодаря высокой скорости выброса материала. Современное оборудование для дробления центробежно-ударным способом позволяет получить большую производительность (до 650 т/ч). Благодаря оригинальному и простому по конструкции самобалансирующемуся опорному узлу вращающихся систем на воздушном подвесе дробилки не вызывают больших вибраций и не требуют массивных фундаментов [5].

В основе конструкции центробежно-ударной дробилки лежит ударный способ дробления. Частицы исходного материала разгоняются центробежными силами и выбрасываются в камеру дробления. Высокая кинетическая энергия частиц обеспечивает их разрушение при ударе о статичную поверхность: футеровку дробилки, которая может быть выполнена в виде брони (разрушение «камень о металл») или самофутеровки материала (разрушение «камень о камень»)

Исходный продукт дробления через воронку 1 подается на распределительный конус 2 ускорителя 3 (рисунок 6). Под действием центробежных сил исходный материал распределяется по каналам и заполняет специальные ниши ускорителя, создавая футеровочный слой.

После процесса самофутеровки ускорителя, подающийся материал направляется центробежной силой на периферию ускорителя по образованному футерующему слою материала. Получив необходимую окружную скорость для выброса, материал выбрасывается в камеру дробления 4.

Для эффективного дробления методом свободного удара необходимо обеспечить достаточно высокую скорость вылета кусков дробимого материала, что требует, в случае центробежно-ударных дробилок, достижения относительно высокой частоты вращения ускорителя.

Основным препятствием на этом пути являются трудности, связанные с работоспособностью подшипников в условиях высоких радиальных и осевых нагрузок, имеющих к тому же большую вибрационную составляющую, обусловленную случайным характером процесса дробления (вылета кусков из каналов ускорителя).

Решением данной проблемы является использование сферической воздушной опоры, заменяющей, по сути, обычные подшипники [6].

Вентилятором высокого давления 8 в камере 7 создается давление воздуха, необходимое для всплытия ротора 5 и образования «газового подшипника» системы. От электродвигателя 11, центробежную муфту 10 и карданную передачу 9 приводится в движение рабочий орган дробилки ускоритель 3.

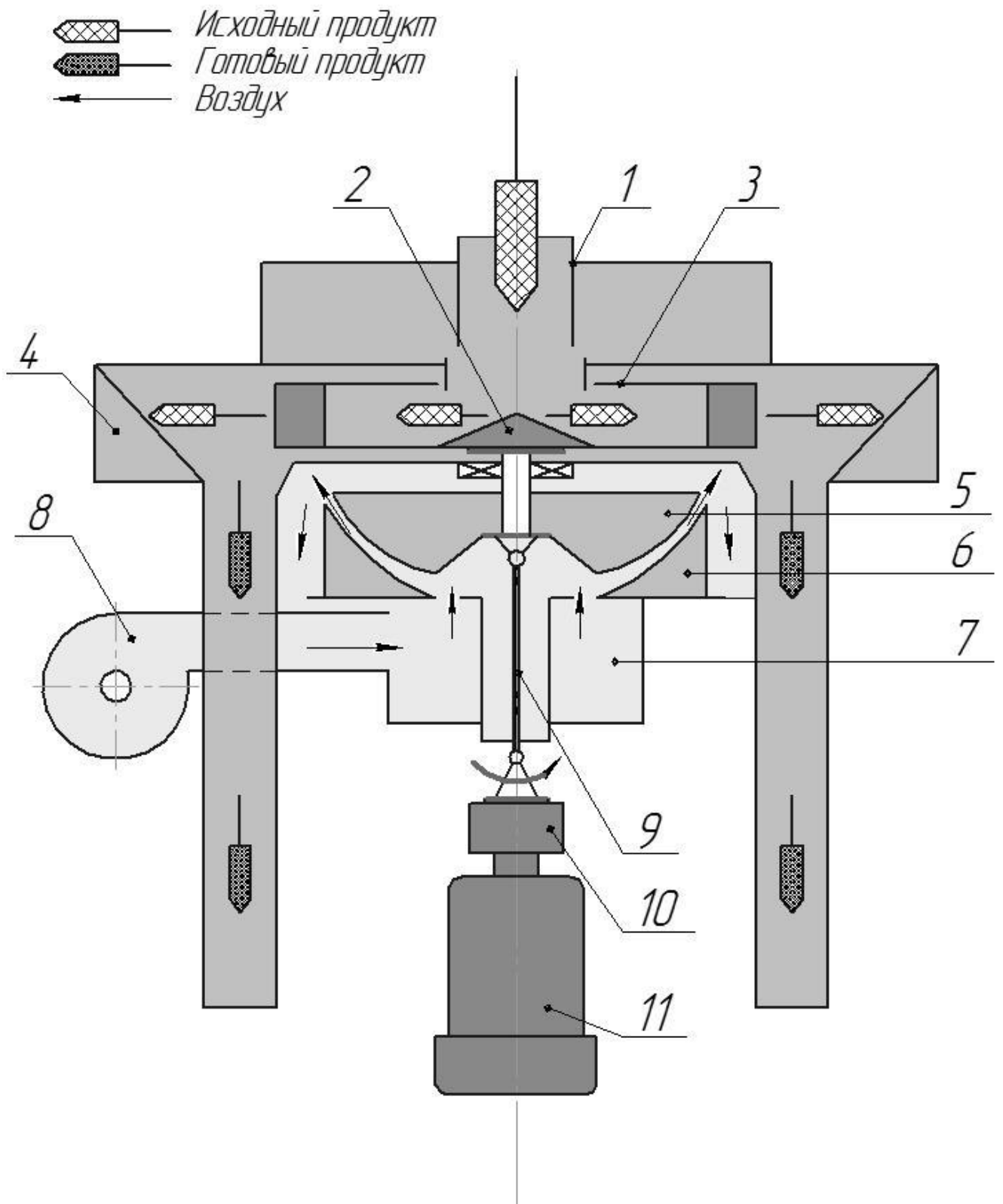


Рисунок 6 – Дробилка центробежная:

- 1 – воронка для исходной руды; 2 – разделительный конус; 3 – ускоритель;
 4 – корпус камеры дробления; 5 – ротор; 6 – статор; 7 – воздушная камера;
 8 – вентилятор высокого давления; 9 – карданная передача; 10 – центробежная муфта; 11 – электродвигатель

При включении вентилятора наддува 8, создающего в камере наддува 7 избыточное давление, подвижная часть дробилки (ротор 5 + ускоритель 3) находится во взвешенном состоянии, при котором результирующая всех приложенных к ней сил равна нулю, т.к. вес ротора и ускорителя плюс сила натяжения карданного вала уравновешены подъемной силой воздуха [6].

Поскольку сила, действующая со стороны воздуха на сферическую поверхность ротора, везде направлена к центру сферы, то центр сферы фактически оказывается точкой подвеса ротора. Это означает, что под действием любых сил, не проходящих через центр сферы (т.е. сил, создающих момент относительно точки опоры), ротор отклоняется от исходного положения таким образом, как если бы он имел шарнирное закрепление в центре сферы, иными словами, образуется воздушная опора, благодаря которой ротор может совершать вокруг центра сферы (виртуальной точки опоры) колебательные движения, не касаясь при этом статора (в действительности, наличие жесткой связи в виде карданного вала приводит к уменьшению величины воздушного зазора при любом развороте ротора, а возникающая при этом из-за наличия конечной жесткости воздушной опоры упругая сила препятствует касанию ротором статора, стремясь при этом вернуть геометрическую ось ротора в исходное состояние).

После приведения во вращение подвижная часть центробежно-ударной дробилки (ротор + ускоритель) фактически является *свободным гироскопом* с точкой опоры в центре сферы.

3.2 Самоизмельчение (принцип «камень о камень»)

Ротор и камера измельчения оборудованы специальными карманами, в которых залегает уплотненный слой измельчаемого материала, что способствует процессу измельчения по принципу «камень о камень».

Частицы, выходящие из ротора, соприкасаются со слоем самого измельчаемого материала, образуемого в карманах камеры измельчения. При столкновении отдельные частицы испытывают дополнительное скоростное истирание; в то же самое время ударное воздействие оказывают следующие за ними из ротора частицы. Таким образом, поддерживается непрерывный процесс измельчения, вызванный столкновением частиц материала.

Частицы материала, выходящие из ротора по касательной траектории к направлению движения, попадают во вращающуюся с большой скоростью высоконасыщенную среду, испытывая непрерывное дробление, измельчение и помол. По мере вращения в высоконасыщенной среде, группы частиц уплотняются, и под воздействием силы тяжести осуществляют вертикальное перемещение на выход из камеры измельчения. По мере вертикального перемещения уплотненные группы частиц испытывают сопротивление вырывающихся из ротора заряженных энергией движения частиц, что придает дополнительное дробление.

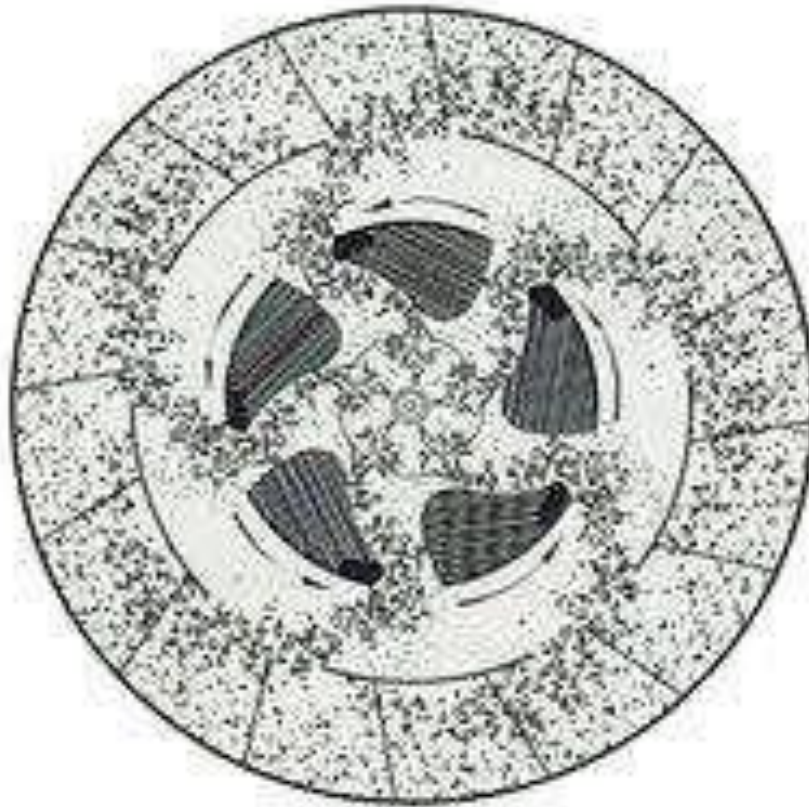


Рисунок 7 – Принцип самоизмельчения

3.3 Полусамоизмельчения (принцип «камень о металл»)

Ротор оборудован специальными карманами, в которых залегают уплотненный слой измельчаемого материала; стенки камеры измельчения оборудованы плитами.

Материал изначально соударяется с плитами из износостойкого хромистого чугуна, расположенными на заданном расстоянии от ротора. Зазор между ротором и плитами определяется в зависимости от типа перерабатываемого материала и параметров получаемого продукта.

Толщина плит и угол их расположения также зависят от абразивности перерабатываемого материала. Конструкция центробежной дробилки позволяет регулировать вертикальное положение профильного кольца, а вместе с ним и положение плит, что обеспечивает максимально равномерное распределение износа. Четырехпозиционное расположение каждой плиты максимально снижает издержки на замену футеровки (из расчета на тонну продукции) и минимизирует количество примесей металлического скрапа в получаемом продукте.

Модульность конструкции центробежных дробилок позволяет осуществить переустройство типа центробежной дробилки (самоизмельчения на полусамоизмельчения и наоборот) путем замены ротора и изменения обустройства камеры измельчения.

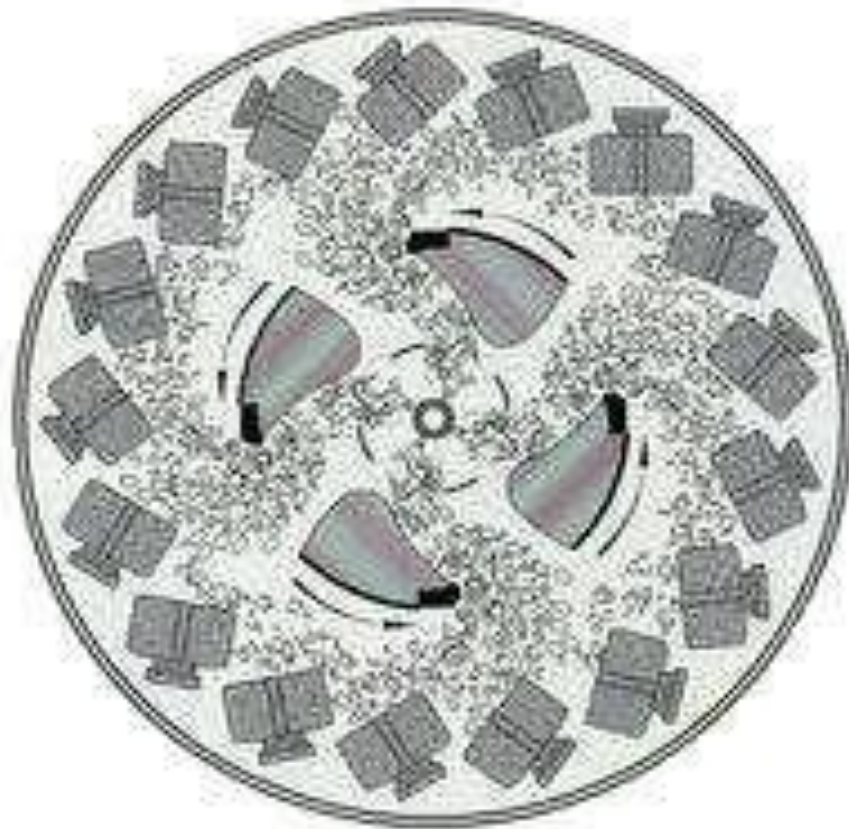


Рисунок 8 – Принцип полусамоизмельчения

Для уменьшения степени износа элементов дробилки в результате абразивного воздействия со стороны частиц дробимого материала используется принцип самофутеровки. Его идея состоит в том, чтобы по возможности исключить контакт движущихся частиц материала с элементами конструкции дробилки, заменив его контактом с неподвижными частицами самого материала. Для этого вдоль всего пути движения частиц дробимого материала создаются карманы самофутеровки, в которых образуются зоны устойчивого залегания частиц дробимого материала. Такие зоны имеются в разгонных каналах ускорителя, в камере измельчения и в разгрузочных патрубках (рисунок 9).

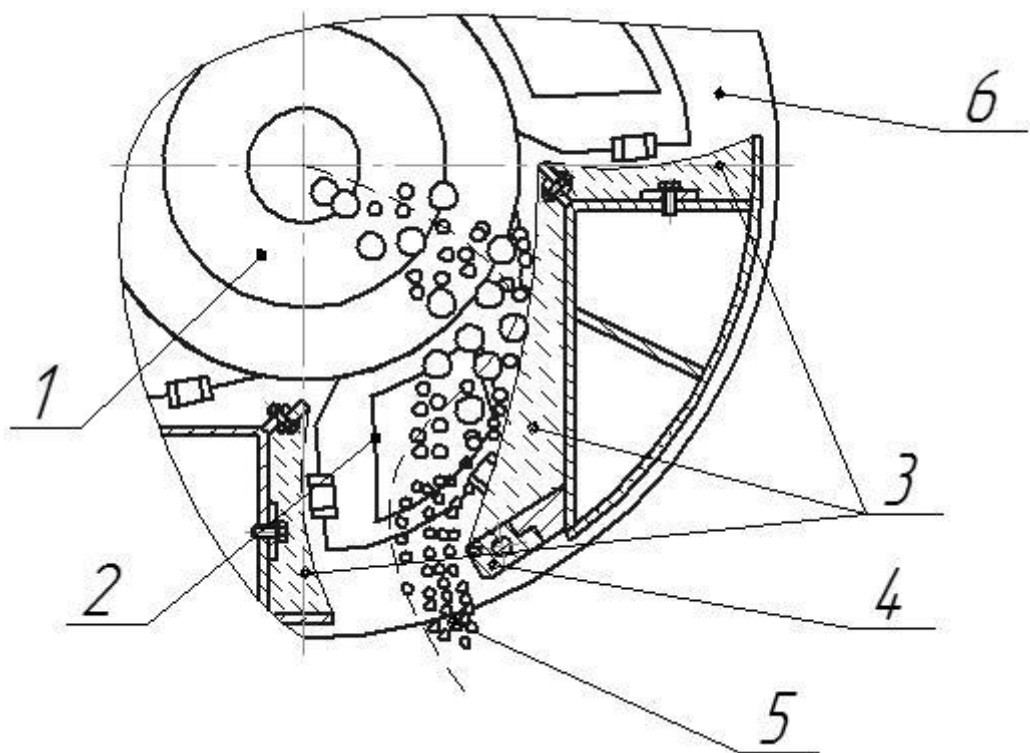


Рисунок 9 – Залегание футеровки в карманах ускорителя:

1 – распределитель; 2 – подкладной лист; 3 – самофутерующийся карман; 4 – концевая лопатка со вставкой из твердого сплава; 5 – движение материала; 6 – корпус ускорителя.

Взаимодействие кусков разгоняющегося материала с такими же кусками в карманах ускорителя, использующего принцип самофутеровки, позволяет существенно снизить абразивное и эрозионное воздействие материала на ускоритель.

Принцип самофутеровки состоит в заполнении специальных карманов 3 материалом при его загрузке в дробилку и ударе кусков материала не о корпус ускорителя 6, а о такие же куски материала в кармане ускорителя. Для предотвращения быстрого разрушения центральной части ускорителя падающий отвесно материал попадает на распределитель 1, а затем на подкладочный лист 2. Материал в кармане удерживается твердосплавной лопаткой 4.

В данной конструкции концевая лопатка не обеспечивает большей продолжительности работы и в скором времени выходит из строя, поэтому был рассмотрен патент на изобретение №2554977 ротор центробежной дробилки с увеличенным ресурсом работы [7]. Для модернизации была выбрана существующая конструкция центробежной дробилки фирмы «Урал-Омега» ДЦ-1,25 [8].

4 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ДРОБИЛКИ С УВЕЛИЧЕННЫМ РЕСУРСОМ РАБОТЫ

4.1 Описание основных узлов дробилки

Центробежная дробилка ДЦ-1,0 (рисунок 10) состоит из следующих основных узлов:

- корпус дробилки 1;
- ускоритель 2;
- подшипниковая опора 3;
- карданная передача 4;
- рама 5;
- вентилятор наддува 6;
- камера измельчения 7.

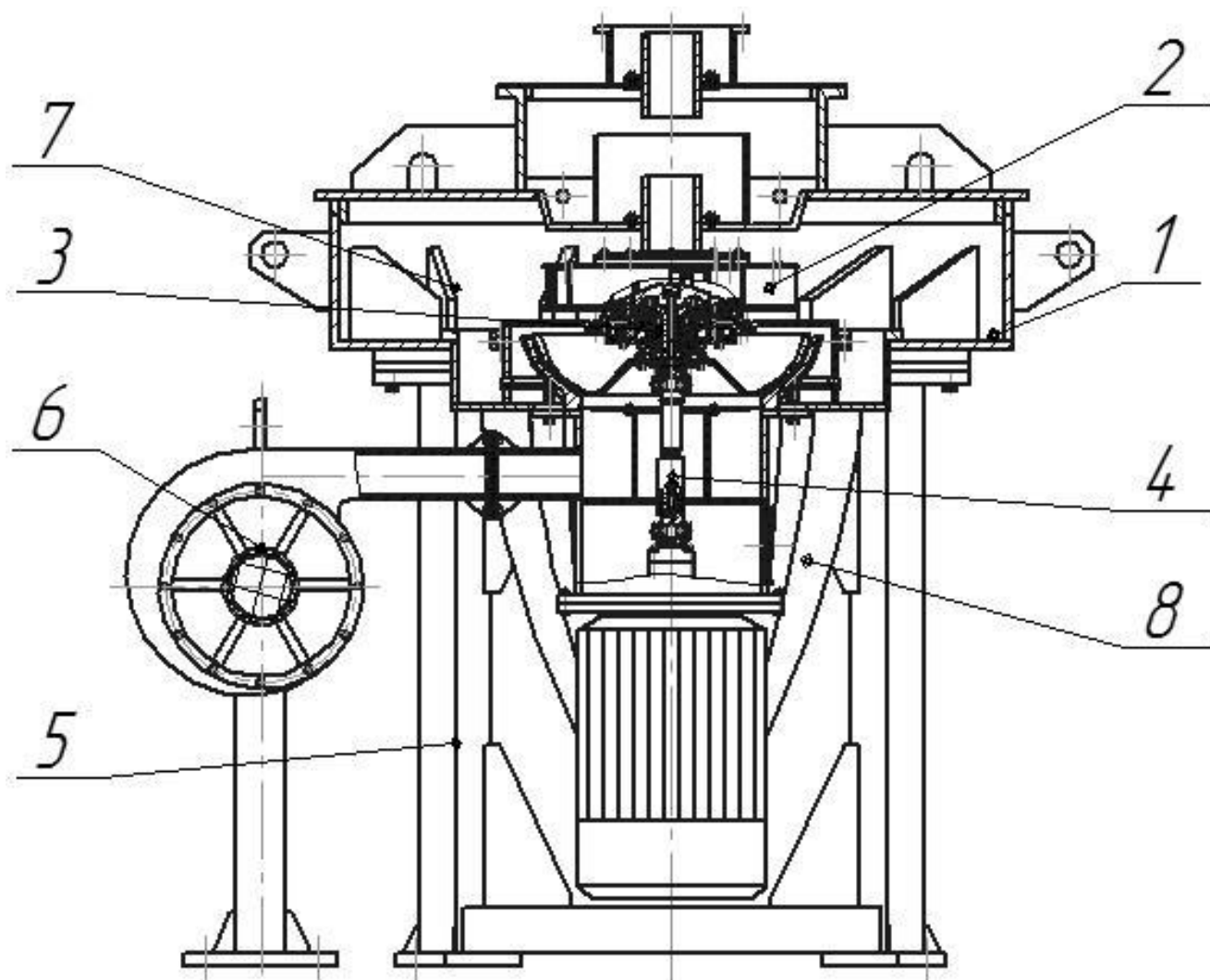


Рисунок 10 – Устройство дробилки.

4.1.1 Описание корпуса дробилки

Корпус 1 (рисунок 10), в состав которого входят камера измельчения 7 и разгрузочные патрубки 8, представляют собой единую сварную конструкцию из стальных листов толщиной 25 мм. Корпус крепится к раме восемью болтами М27 через амортизационно-уплотнительные резиновые прокладки. Сверху устанавливается крышка камеры измельчения, служащая для исключения возможного вылета кусков породы из зоны дробления и закрепляемая на корпусе шестью клиновыми пальцами. В верхней части крышки находится вставка с нижним загрузочным патрубком, служащая для организации потока материала. Сверху шестью клиновыми пальцами крепится верхняя крышка с вмонтированным в нее верхним загрузочным патрубком.

4.1.2 Описание рамы дробилки

Рама 5 (рисунок 10) коробчатой конструкции, к которой крепятся все рабочие узлы дробилки и через полости которой проходит выгружаемый измельченный материал. На опорных плоскостях рамы имеются четыре отверстия под болты М30 для закрепления дробилки на фундаменте (или технологическом основании).

4.1.3 Описание конструкции ускорителя и принцип работы

Ускоритель (рисунок 11) является основной рабочей частью центробежно-ударной дробилки, сообщаящей материалу необходимую скорость (кинетическую энергию) для его разрушения при последующем ударе о стенку камеры измельчения дробилки (о самофутеровку или закладные элементы). Корпус ускорителя сварной из стали 09Г2С.

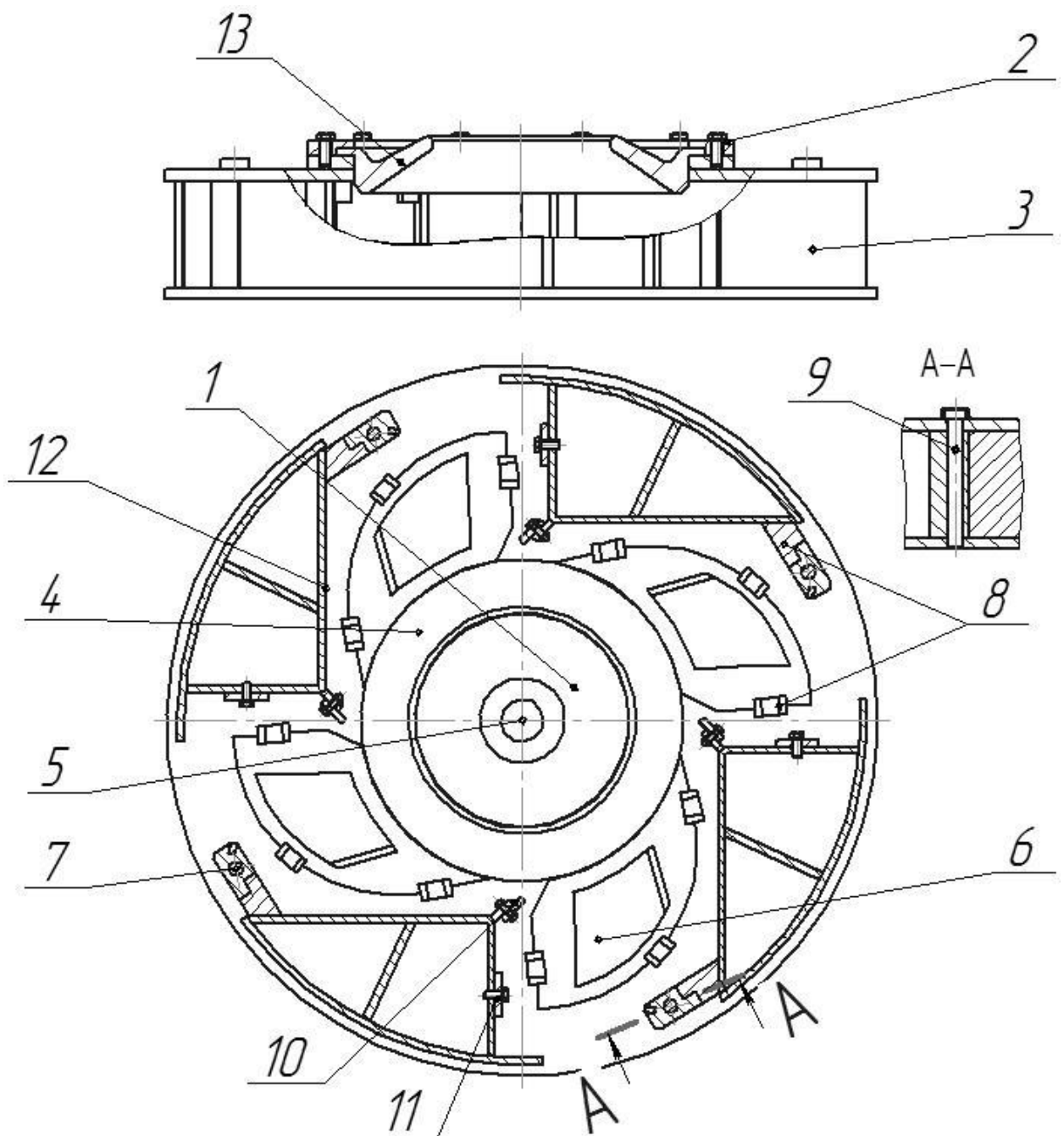


Рисунок 11 – Ускоритель центробежной дробилки:

1 – конус; 2 – верхнее кольцо; 3 – корпус ускорителя; 4 – нижнее кольцо; 5 – втулка; 6 – подкладной лист; 7 – лопатка; 8 – упоры; 9 – ось; 10 – пластины; 11 – места крепления балансировочных грузов; 12 – разгонное ребро; 13 входное кольцо.

Ускоритель содержит корпус 3, в котором закреплены на осях 9 концевые лопатки 7. Для предотвращения вылета материала через верхнее отверстие предусмотрено входное кольцо 13, которое закреплено при помощи верхнего прижимного кольца 2. Для удержания футеровки и придания заданной траектории дробимому материалу устанавливаются подкладные листы 6, закреплённые на

упорах 8. Также данные листы служат для защиты внутренней части ускорителя от износа. Листы изготовлены из чугуна марки ИЧХ28Н2.

Внутри канала, по которому движется разгоняемый материал, расположены пластины 10, которые обуславливают образование слоя самофутеровки на рабочей поверхности канала. Пластины имеют возможность перемещаться, что позволяет подбирать оптимальный характер залегания самофутеровки для каждого вида дробимого материала. Смещение пластин от центра ускорителя уменьшает толщину слоя самофутеровки, смещение к центру – увеличивает.

Для крепления балансировочных грузов предусмотрены пластины 11.

Для повышения износостойкости корпуса ускорителя и его восстановления следует использовать для наплавки твердосплавные электроды CARBO DURIT E.

Данный вид электродов предназначен для бронирования инструментов и деталей машин в добывающей промышленности. Металл шва состоит из матрицы стали и вольфрама с содержанием карбидов вольфрама. Данный состав обладает высокой износостойкостью.

По периферии разгонных лопастей расположены лопатки 7 (рисунок 12), на рабочих кромках которых закреплены износостойкие элементы, выполненные из сплава ТНМ 20. Данный сплав получают при добавлении молибдена в исходную порошкообразную смесь карбида титана с никелем в виде металлического порошка. Твердость данного сплава составляет 92 HRA [9]. Такие сплавы имеют высокую износостойкость и коррозионную стойкость. Их используют для изготовления режущего инструмента и быстроизнашиваемых деталей технологического оборудования.

Карбид и карбонитрид титана недефицитны, технология их получения проста, по твердости они превосходят карбид вольфрама, у них выше окалиностойкость, причем образующаяся на поверхности изделий тонкая окисная пленка выполняет роль «твердой смазки». Благодаря этому сплавы имеют низкий коэффициент трения и хорошо сопротивляются износу [10].

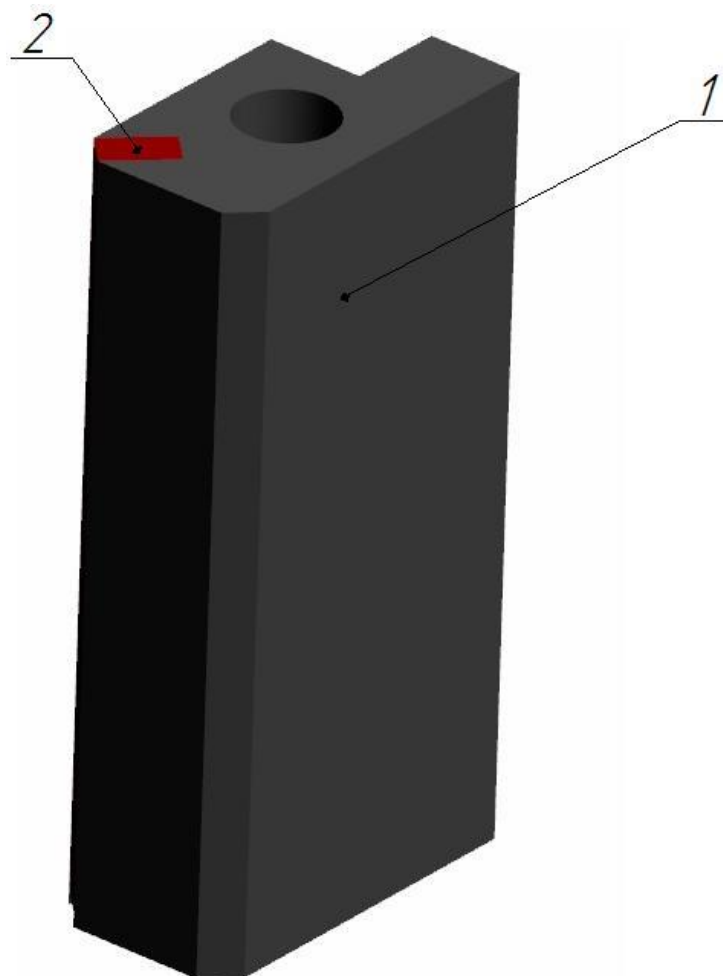


Рисунок 12 – Концевая лопатка:
1 – корпус лопатки; 2 – твердосплавная вставка

4.1.4 Описание конструкции подшипниковой опоры

Подшипниковый узел (рисунок 13), фиксируемый при помощи шпонки на цилиндрической части втулки, является элементом системы амортизации радиальных и угловых колебаний ротора, передавая радиальные, аксиальные и перекашивающие усилия с вращающегося ротора на неподвижный амортизатор 12 через корпус 1. Кроме того, при аварийном нарушении работы воздушной опоры (отключение или разрушение вентилятора, разрыв воздухопроводов и пр.) система ПШУ + амортизатор обеспечивает аварийный выбег ротора дробилки при помощи мерных прокладок 14, гарантируя наличие так называемого аварийного зазора между сферическими поверхностями статора и ротора.

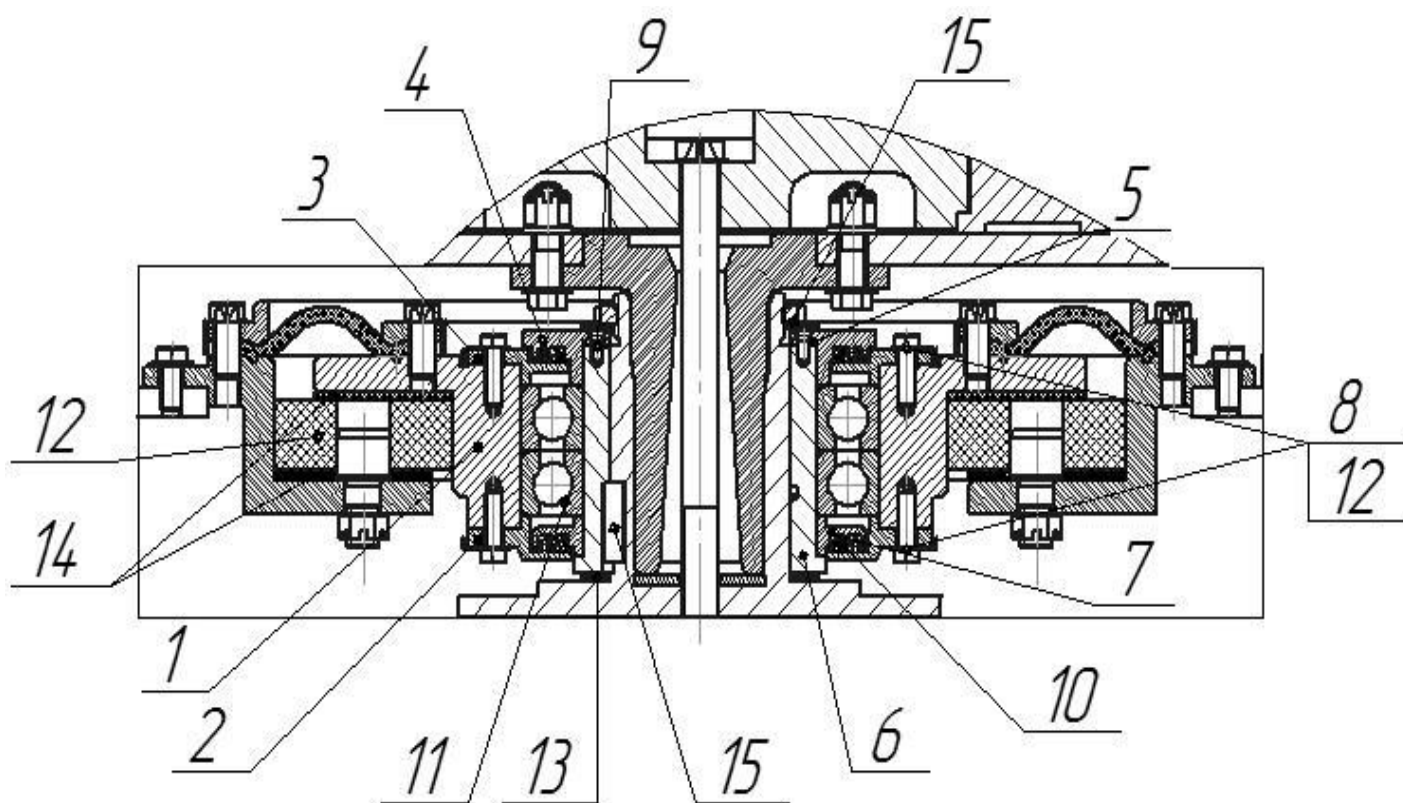


Рисунок 13 – Подшипниковая опора:

- 1 – корпус опоры; 2 – нижняя наружная крышка; 3 – верхняя наружная крышка;
 4 – верхняя внутренняя крышка; 5 – регулировочные кольца; 6 – втулка;
 7 – манжета; 8 – болты крепления наружной лабиринтной крышки; 9 – винты
 крепления внутренней крышки; 10 – внутренняя нижняя лабиринтная крышка;
 11 – радиальный подшипник 126 ГОСТ 8338-75; 12 – шайбы с лапами; 13 –
 регулировочные прокладки втулки; 14 – регулировочные кольца амортизатора; 15
 – круглая гайка с шайбой с лапами.

Наружные и внутренние обоймы подшипников плотно сжаты (внешние – крышками 2 и 3 при помощи болтов 8 и шайб с лапами 12, а внутренние – лабиринтными крышками 4 и 10), что исключает также самопроизвольное проворачивание обойм подшипников. Герметизация соединений деталей осуществляется при помощи резиновых манжет 7. Подшипниковая опора входит в систему ограничения и угловой стабилизации (СОУС), состоящую в свою очередь из подшипникового узла (ПШУ), фиксируемого при помощи шпонки на шлицевой втулке ротора и расположенного под ним резинового амортизатора 12. ПШУ крепится к шлицевому валу ротора (после установки регулировочных прокладок 13) круглой гайкой 15 М100×2.

В качестве смазки используется «Литол 24».

4.1.5 Описание карданной передачи

В конструкции мельницы использован доработанный карданный вал 18 (рисунок 14) от автомобиля «МАЗ-54341» со стандартными крестовинами 53205-2205025-01 или 4310-2205025-02. Размер по торцам крестовины – 155 мм, наружный диаметр подшипника крестовины – 50 мм. Конструкция карданного вала позволяет изменять длину хода шлицевого соединения 4 при помощи регулировочного болта 5, что необходимо для регулировки величины подъема ротора и ускорителя (рабочего зазора).

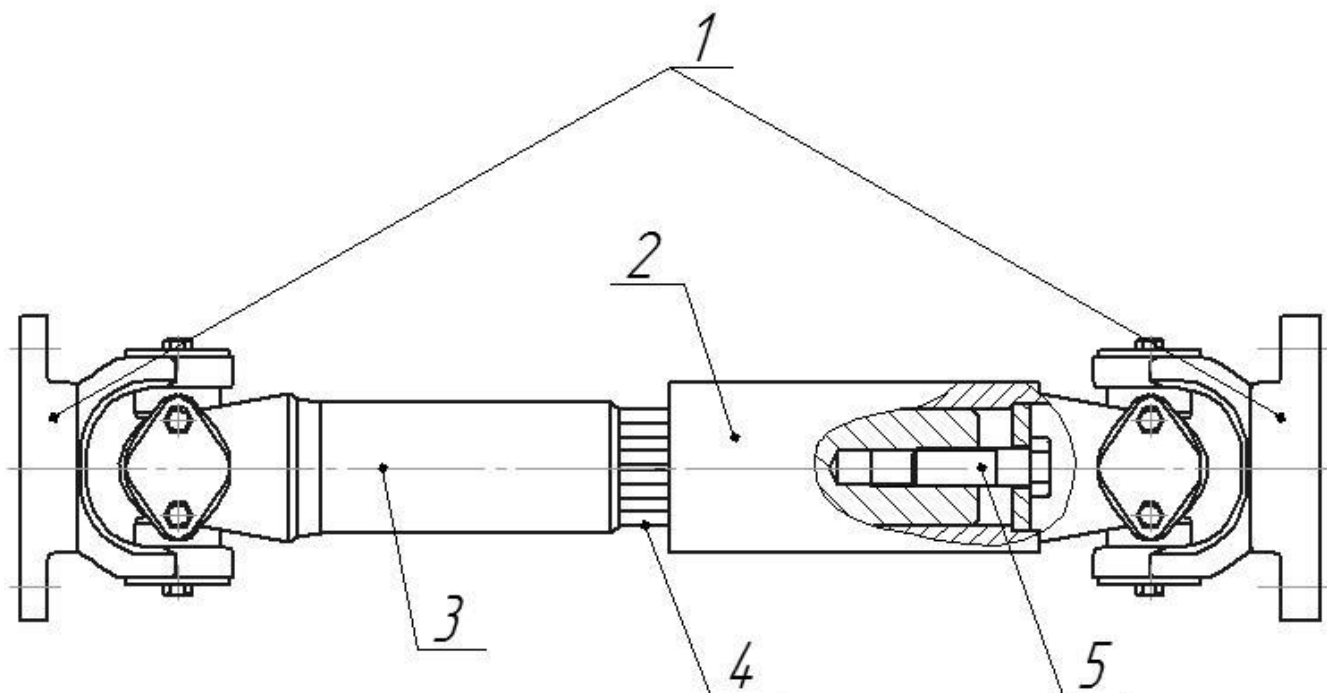


Рисунок 14 – Карданный вал:
1 – фланцы; 2 – ведущий вал; 3 – ведомый вал; 4 – шлицевое соединение; 5 – регулировочный болт.

5 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

5.1 Расчет центробежной силы

Расчетная схема центробежной силы изображена на рисунке 15.

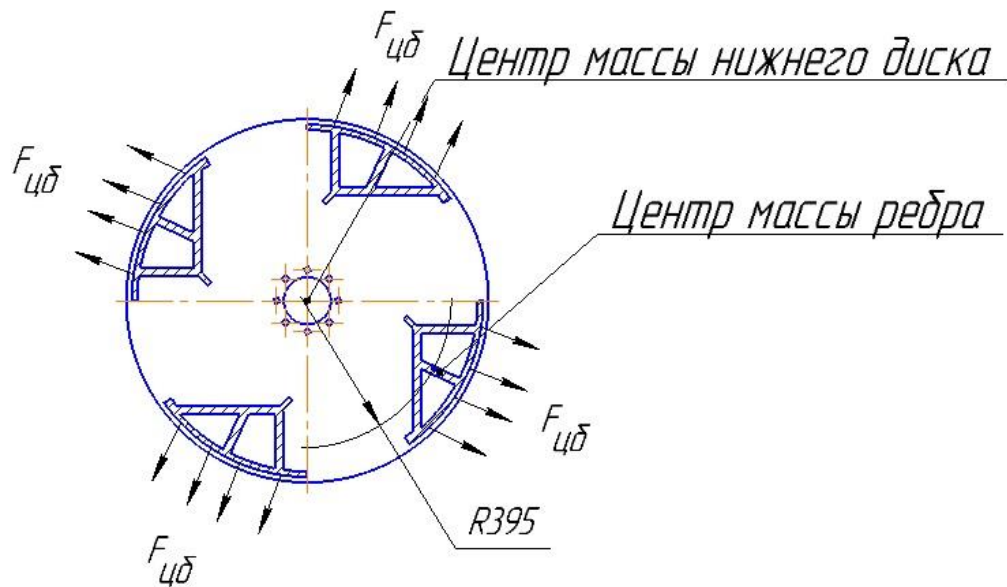


Рисунок 15 – Расчетная схема ускорителя ДЦ

Расчет ускорителя как узла приводит к расчету центробежной силы, действующей на ребро ускорителя, закреплённого сваркой к верхнему и нижнему диску [11].

Так как для модернизации была взята конструкция ДЦ-1,25 привод дробилки остаётся неизменным. Электродвигатель $N_{дв}=200$ кВт и рабочим числом оборотов 1000 об/мин.

Исходные данные:

Масса ребра $m=30$ кг;

Радиус центра масс $R=395$ мм;

Обороты $n=1000$ об/мин;

Мощность двигателя $N_{дв}=200$ кВт.

Центробежная сила равна [12];

$$F_{цб} = m \cdot \omega^2 \cdot R, \quad (1)$$

где ω – угловая скорость, рад/с;

Угловая скорость равна:

$$\omega = \frac{\pi n}{30}, \quad (2)$$

Соответственно угловая скорость равна:

$$\omega = \frac{\pi \cdot 1000}{30} = 104,7 \text{ рад/с,}$$

Отсюда по формуле (1) найдем силу:

$$F_{цб} = 30 \cdot 104,7^2 \cdot 395 = 129 \text{ кН,}$$

Затем найдем крутящий момент по формуле:

$$M_{дв} = \frac{N_{дв} \cdot 9550}{n} \quad (3)$$

Отсюда момент на валу двигателя равен:

$$M_{дв} = \frac{200 \cdot 9550}{1000} = 1910 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

5.2 Расчет подшипника [13]

В данной конструкции подшипниковой опоры установлены радиальные шариковые подшипники № 126 ГОСТ 8338-75.

Исходя из описания работы газостатической опоры можно сделать вывод, что при работе вентилятора воздушной, силы, которые должны действовать на подшипниковую опору равны нулю, поэтому нагрузки на сам подшипник исходят только от конструкций ускорителя, подшипниковой опоры, амортизатора, карданной передачи и ротора.

Исходные данные:

d – внутренний диаметр подшипника, $d = 130$ мм;

D – наружный диаметр подшипника, $D = 200$ мм;

$K_б$ – коэффициент безопасности, $K_б=2$;

K_T – температурный коэффициент, $K_T=1$;

C – грузоподъемность, $C = 78000$ Н.

5.2.1. Расчет эквивалентной динамической нагрузки.

Эквивалентную динамическую нагрузку для радиальных подшипников определяют по формуле:

$$P = (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a) K_б \cdot K_T, \quad (4)$$

где X , Y – коэффициенты для данного типа подшипника, $X = 0,6$; $Y = 0,5$;

V – коэффициент вращения, в случае вращения внутреннего кольца $V=1$;
 F_a – осевая нагрузка на подшипник, $F_a = 5000$ Н;
 F_r – радиальная нагрузка на подшипник, равная $F_r = 3500$ Н.
Таким образом, получим:

$$P = (0,6 \cdot 1 \cdot 3500 + 0,5 \cdot 5000)2 \cdot 1 = 9200 \text{ Н.}$$

5.2.2 Расчет номинальной долговечности

Номинальную долговечность посчитаем по формуле:

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^p = \left(\frac{78000}{9200}\right)^3 = 8,47^3 = 607,6 \text{ млн. оборотов.}$$

Долговечность равна:

$$L_h = \frac{10^6 L}{60 \cdot n} = 10126 \text{ часов.}$$

Исходя из расчетов можно сделать вывод, что благодаря применению в конструкции газостатической опоры, нагрузка на подшипниковую опору минимальна.

5.3 Расчет на прочность основных узлов при помощи программного комплекса Solid Works

5.3.1 Расчет на прочность ускорителя с учетом силы приложенной к ребрам.

В качестве альтернативы можно использовать современные методы подсчета напряжений. Произведем моделирование нагружения в программе Solid Works. Результаты расчета изображены на рисунке 16.

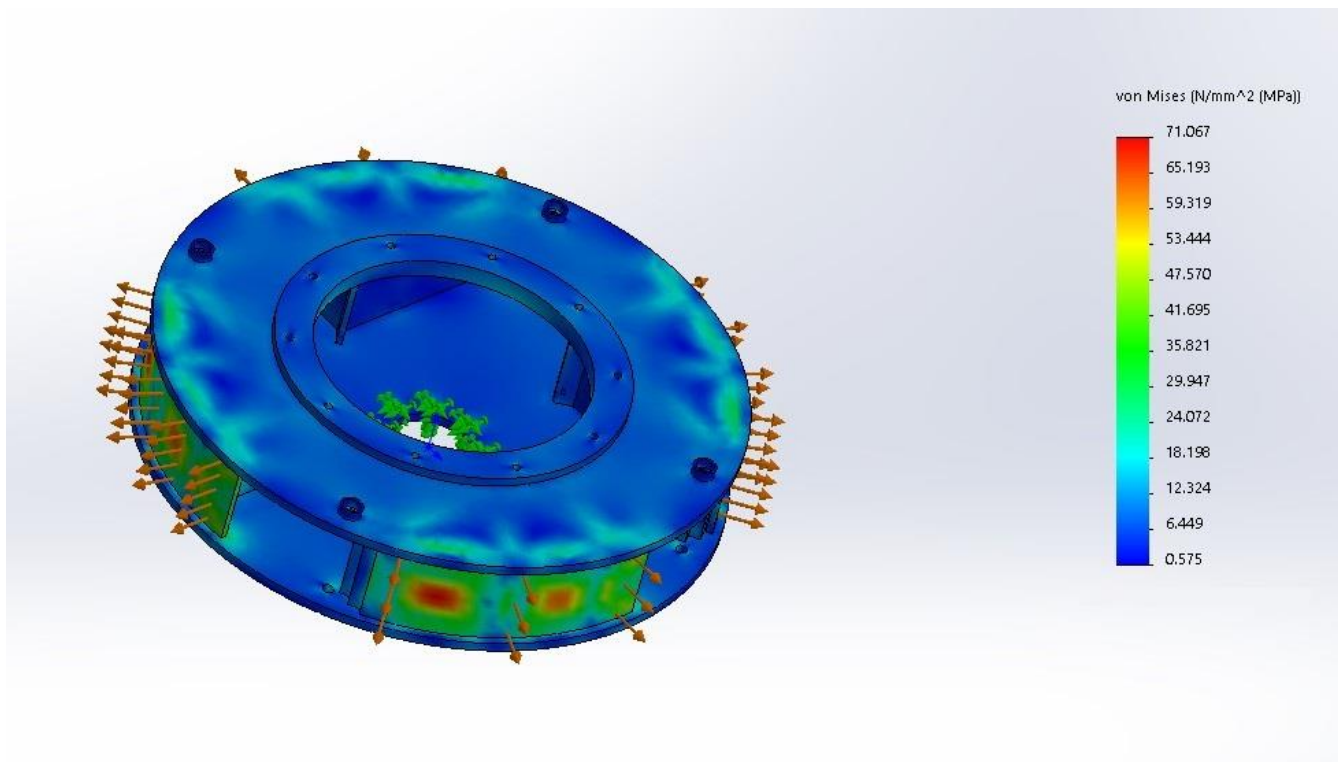


Рисунок 16 – Нагружение корпуса ускорителя центробежной силой

При нагружении ускорителя происходит подсчет эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$. Предел текучести стали 09Г2С $[\sigma]_m = 390 \text{ МПа}$ [14]. Расчет производился на центробежное воздействие на весь корпус ускорителя с заданной угловой скоростью $\omega = 104,7 \text{ рад/с}$.

При детальном осмотре видно, что в сварном шве возникает нагрузка в 80 МПа (рисунок 18).

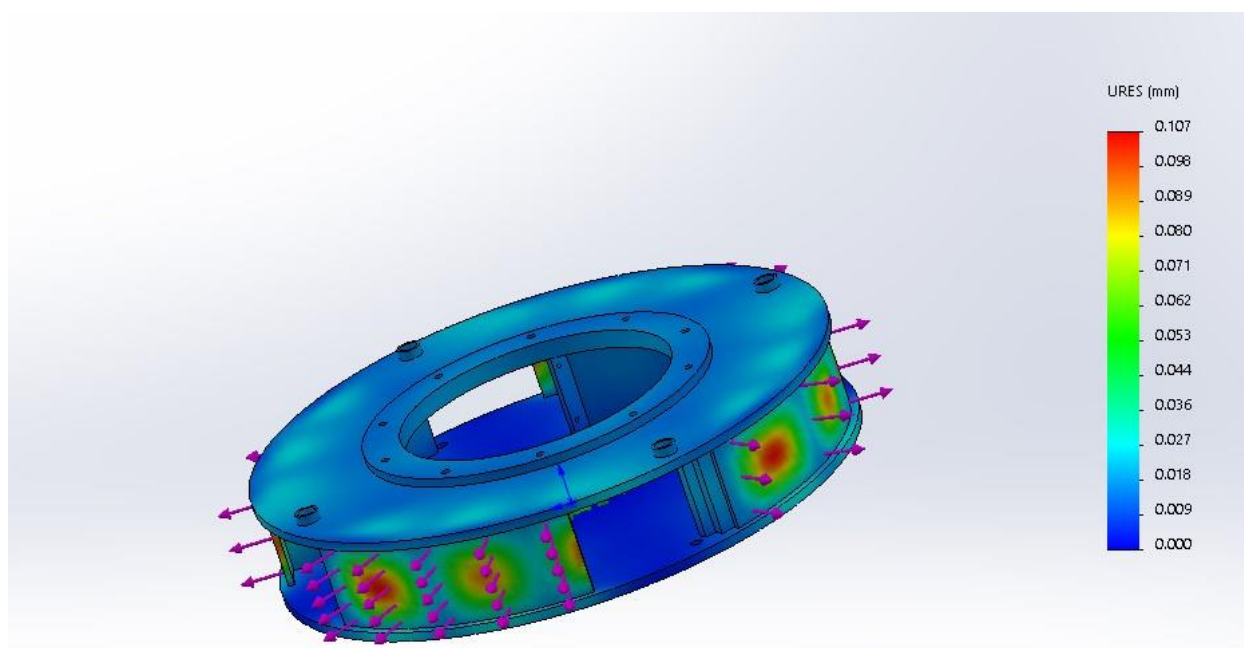


Рисунок 17 – Перемещение ускорителя

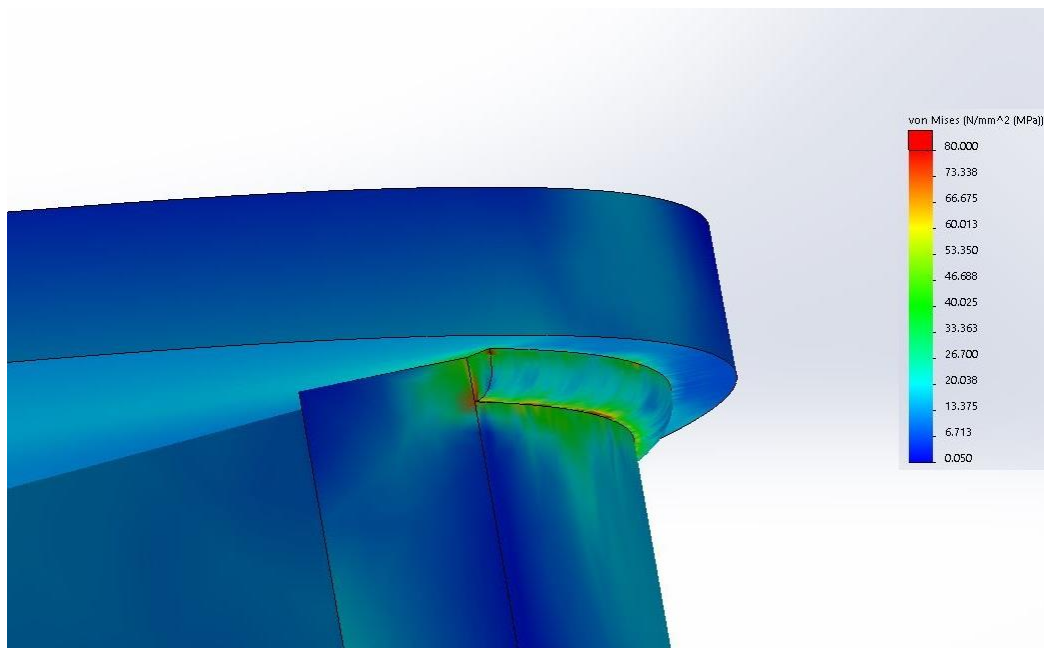


Рисунок 18 – Напряжение при центробежной силе в сварном шве

Так же был произведен расчет с усилием воздействующим на рёбра ускорителя. Для исходных данных была взята $F_{цб}=129$ кН. Результаты расчета изображены на рисунке 19.

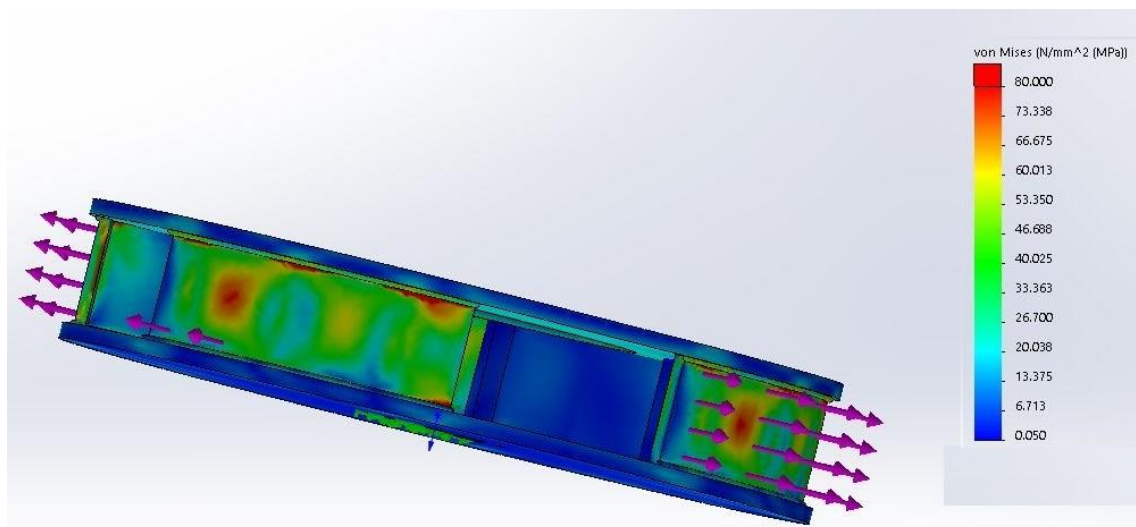


Рисунок 19 – Напряжения в ребрах ускорителя при усиллии 129 кН

В среднем, исходя из результатов двух расчетов напряжение в ускорителе составляет от 20 до 80 МПа. Как показано на рисунке напряжения достигают тех же 80 МПа.

Для выполнения условия прочности соотношение примет вид

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} \leq [\sigma]_m,$$

$$80\text{МПа} \leq 390\text{МПа}, \text{ условие выполняется.}$$

5.3.2 Расчет карданной передачи



Рисунок 20 – Карданный вал МАЗ-54341

Карданная передача – механизм, предназначенный для передачи крутящего момента между агрегатами, оси валов которых не совпадают или могут изменять свое относительное положение.

Один из самых нагруженных узлов карданной передачи является крестовина. Расчет крестовины выглядит следующим образом (рисунок 21, 22).

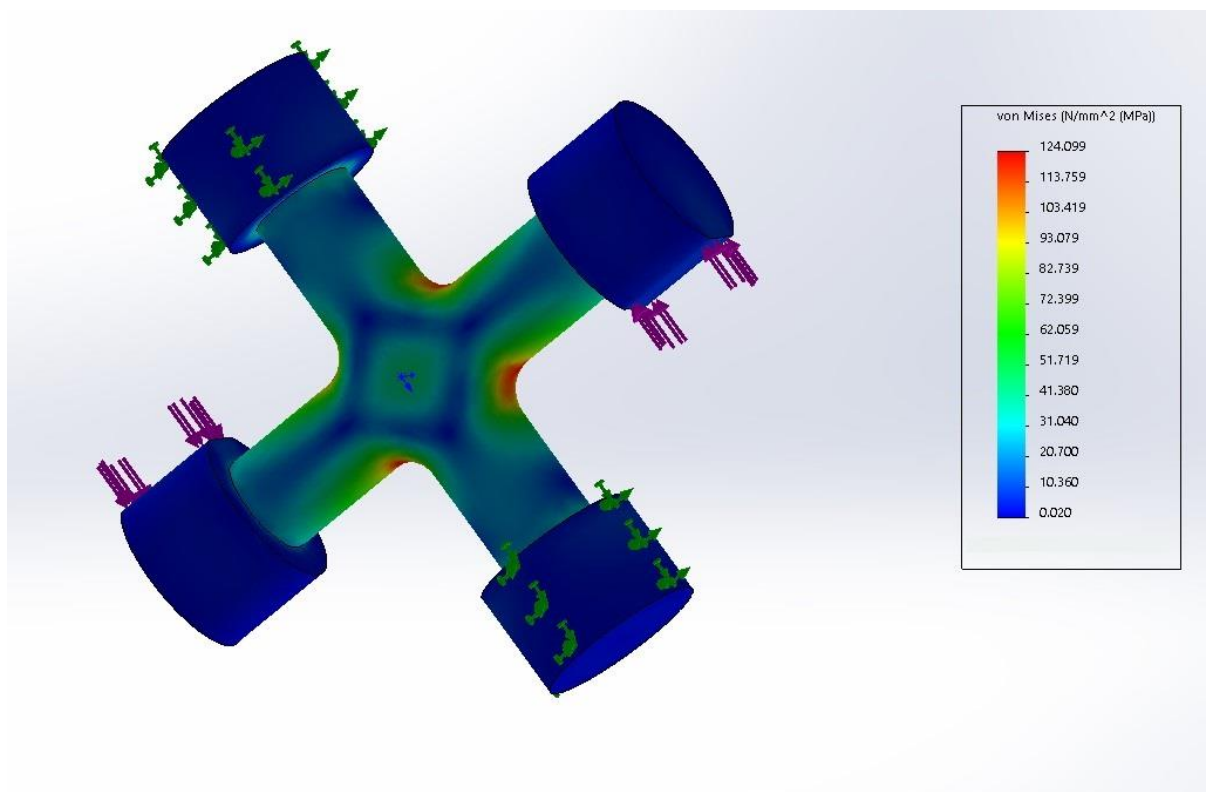


Рисунок 21 – Напряжения возникающие в крестовине

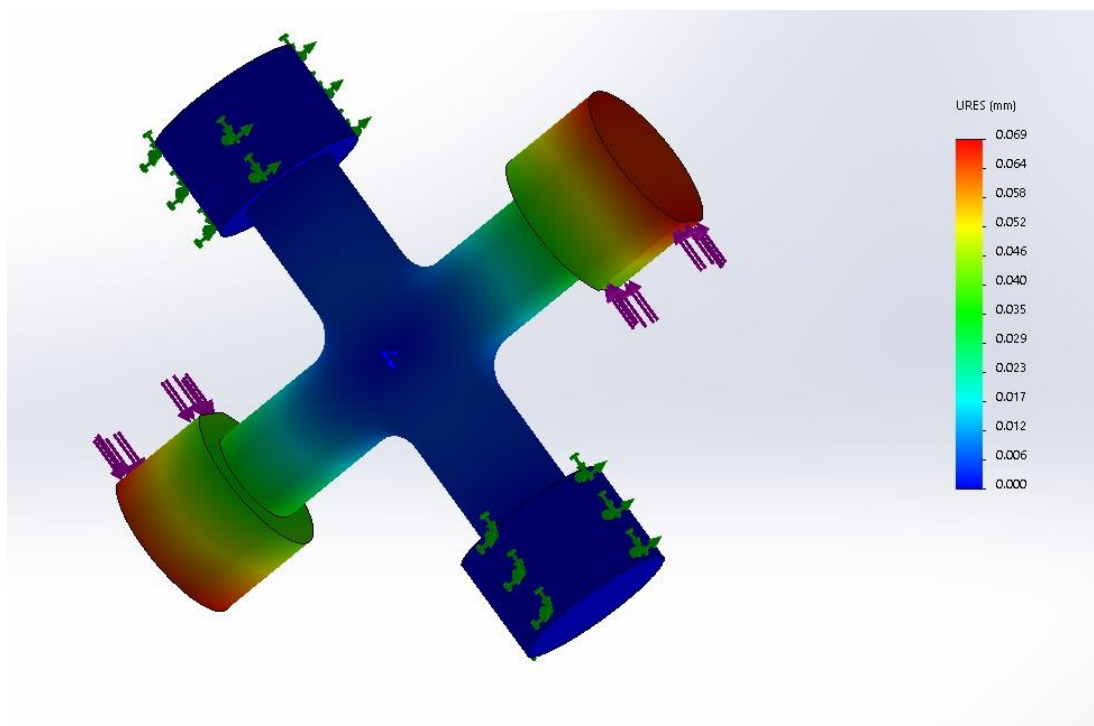


Рисунок 22 – Деформация крестовины

Материал крестовины сталь 19ХГН. Предел текучести стали 19ХГН $[\sigma]_m = 930$ МПа [14]. С приложенным крутящим моментом 1910 Н·м максимальный предел текучести составляет 124 МПа.

На рисунке 21 видно, что деформация крестовины не превышает 0,07 мм.

Затем рассчитываем шлицевой вал с вилкой. На графике видно где возникают напряжения после приложенного крутящего момента. Материал вала сталь 40Г2. Предел текучести $[\sigma]_m = 580$ МПа [14].

На рисунке 23 видно, что напряжения (183,5 МПа) не превышают предел текучести.

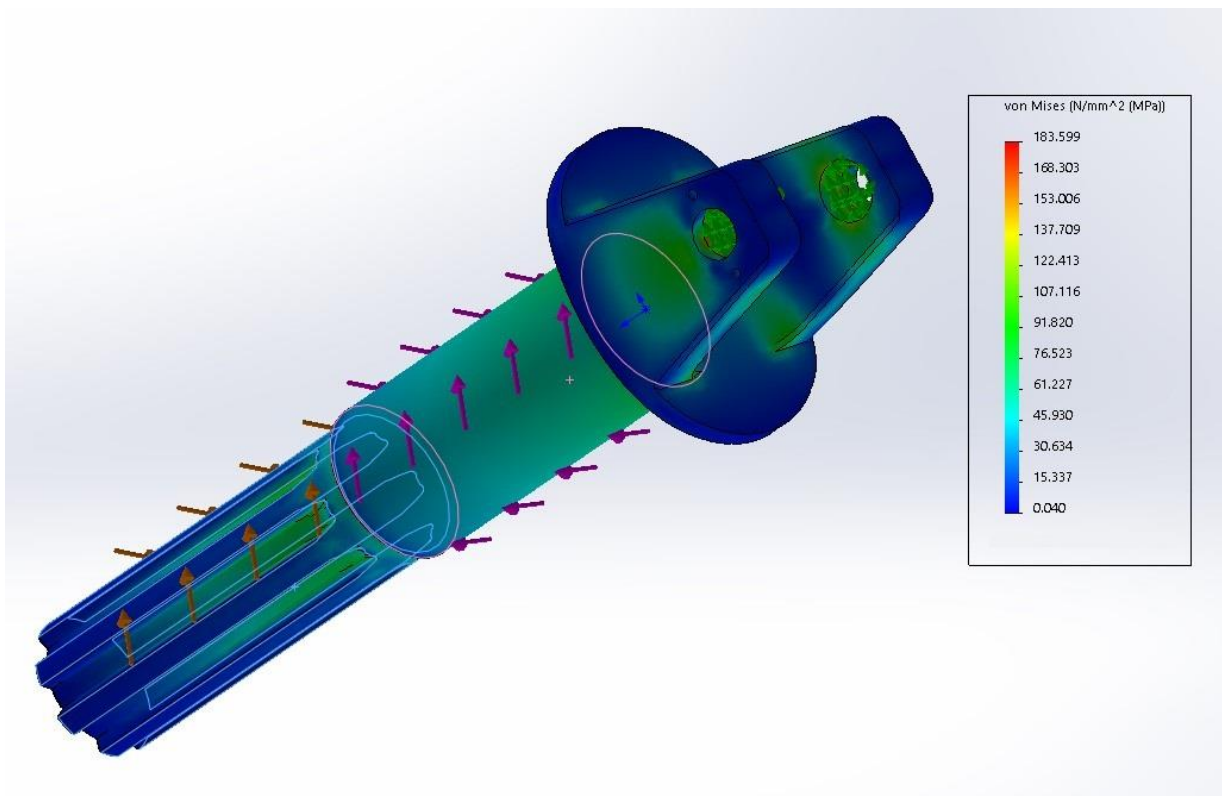


Рисунок 23 – Напряжения в шлицевом валу

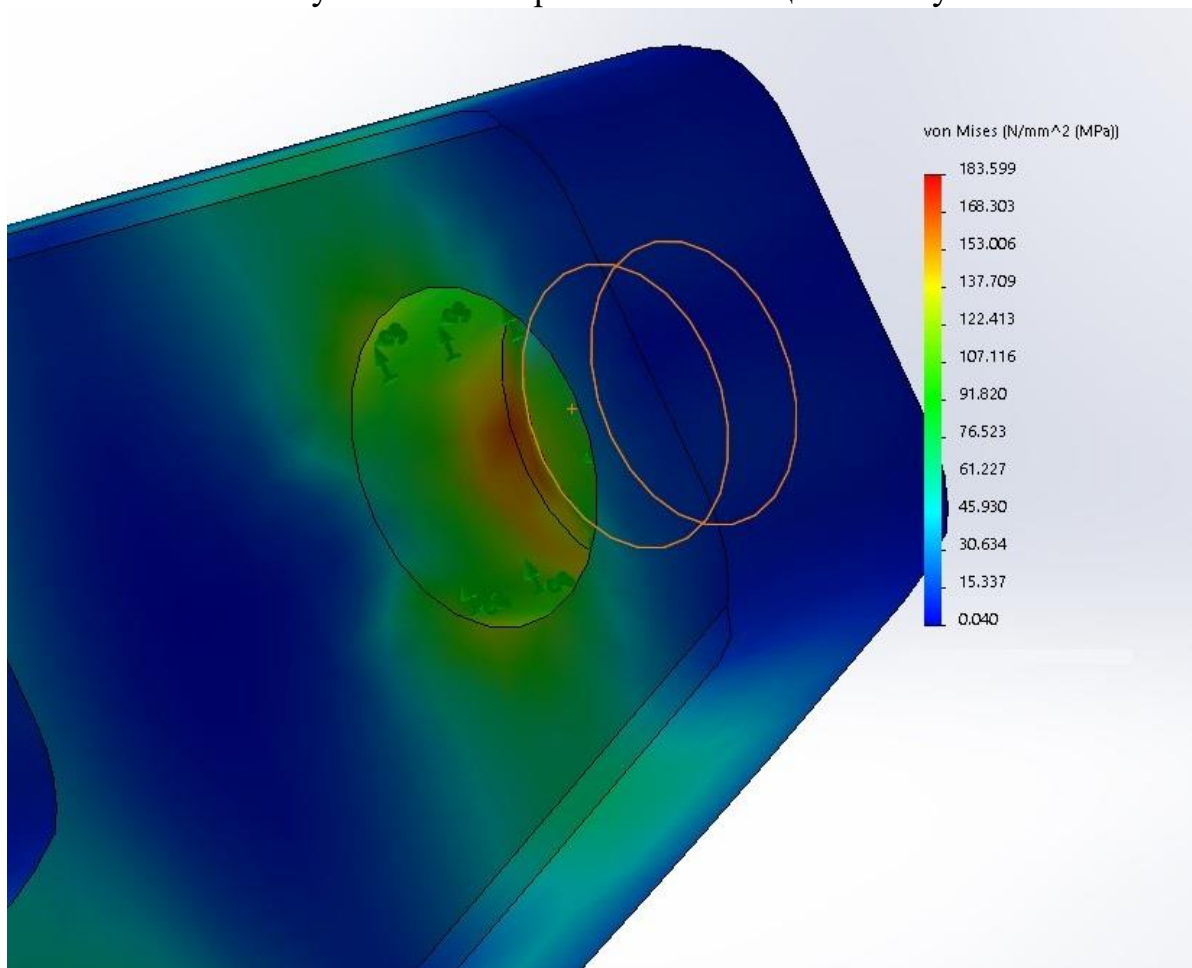


Рисунок 24 – Напряжения в отверстиях вилки

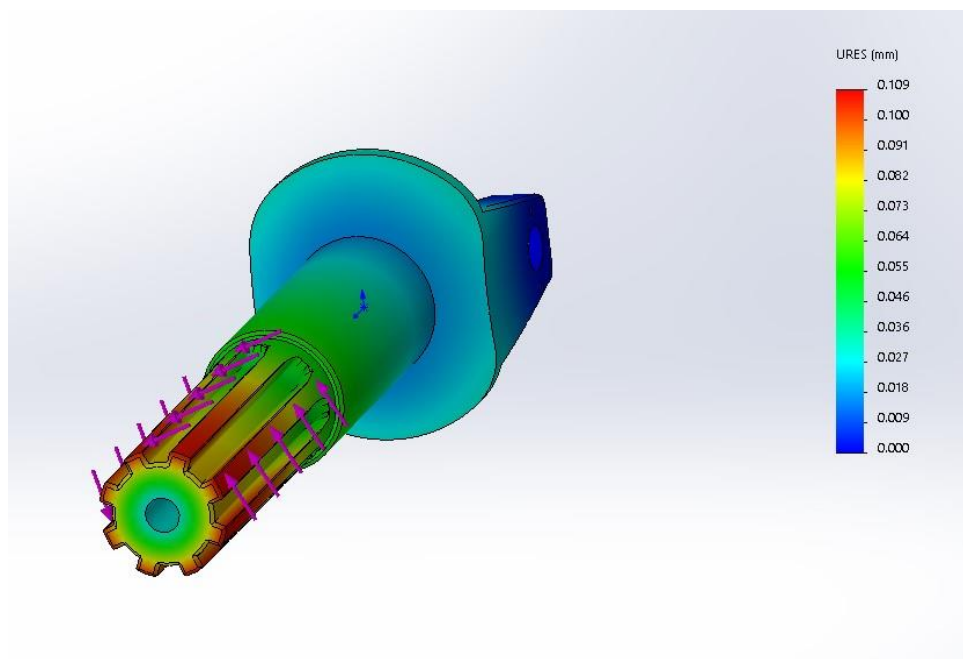


Рисунок 25 – Перемещение шлицевого вала

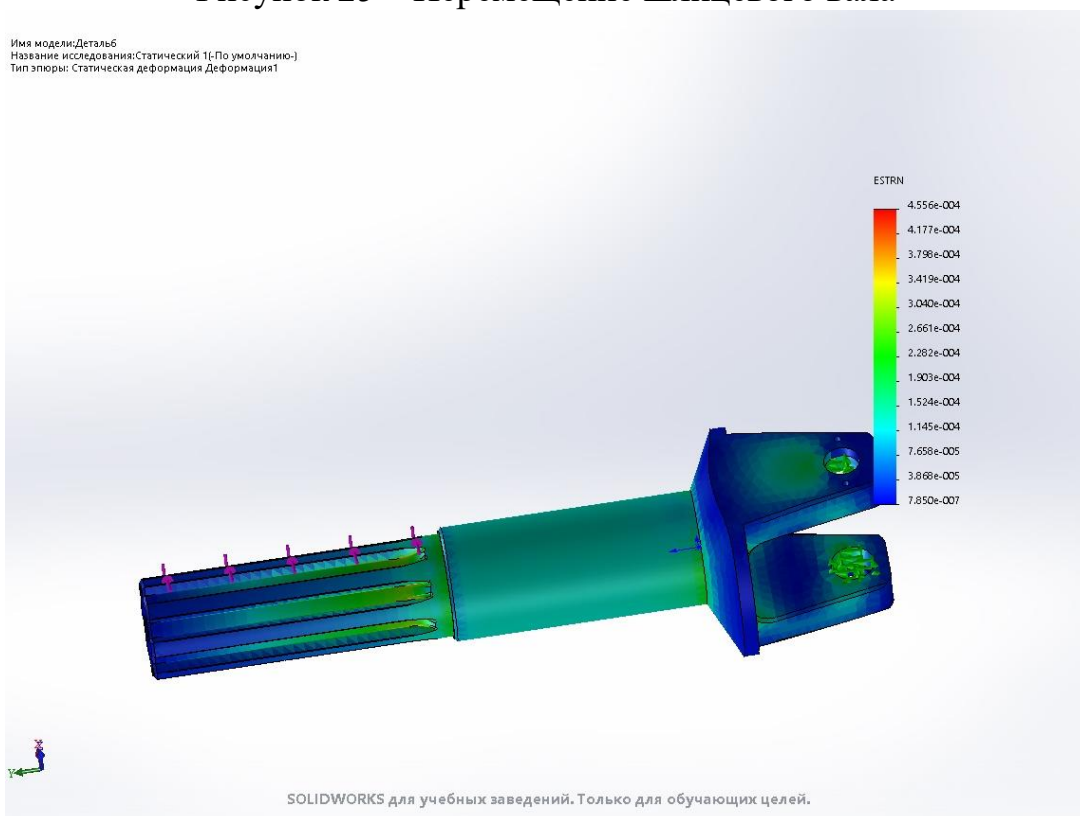


Рисунок 26 – Деформация шлицевого вала

5.3.3 Расчет на прочность корпуса центробежной дробилки

К корпусу центробежной дробилки прикладывается большое усилие со стороны крепления главного привода и камеры воздушной опоры. Общая нагрузка составляет около 1500 кг. Материал корпуса сталь 09Г2С. Предел текучести $[\sigma]_m = 390$ МПа. Результаты представлены на рисунке 27.

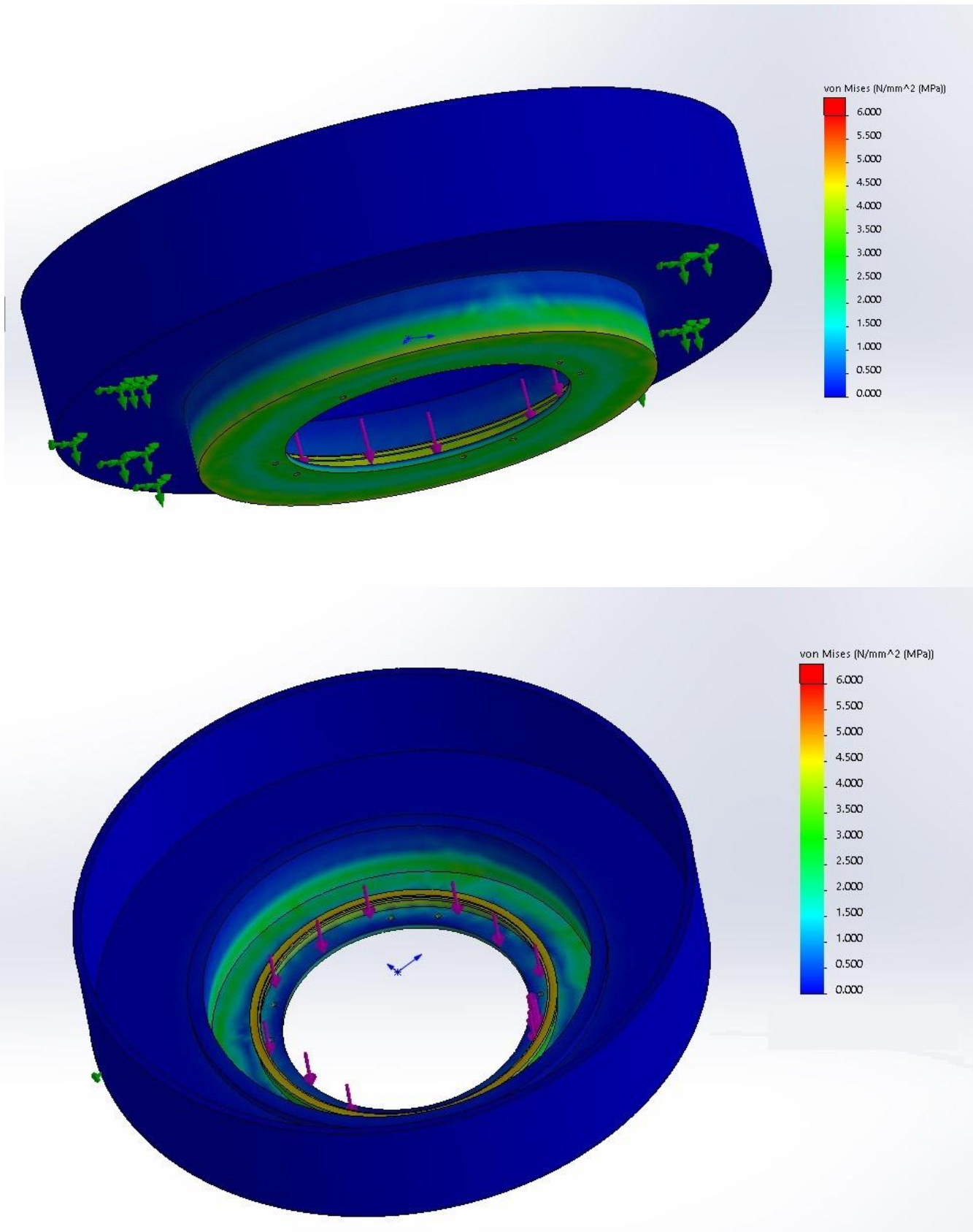


Рисунок 27 – Корпус ДЦ

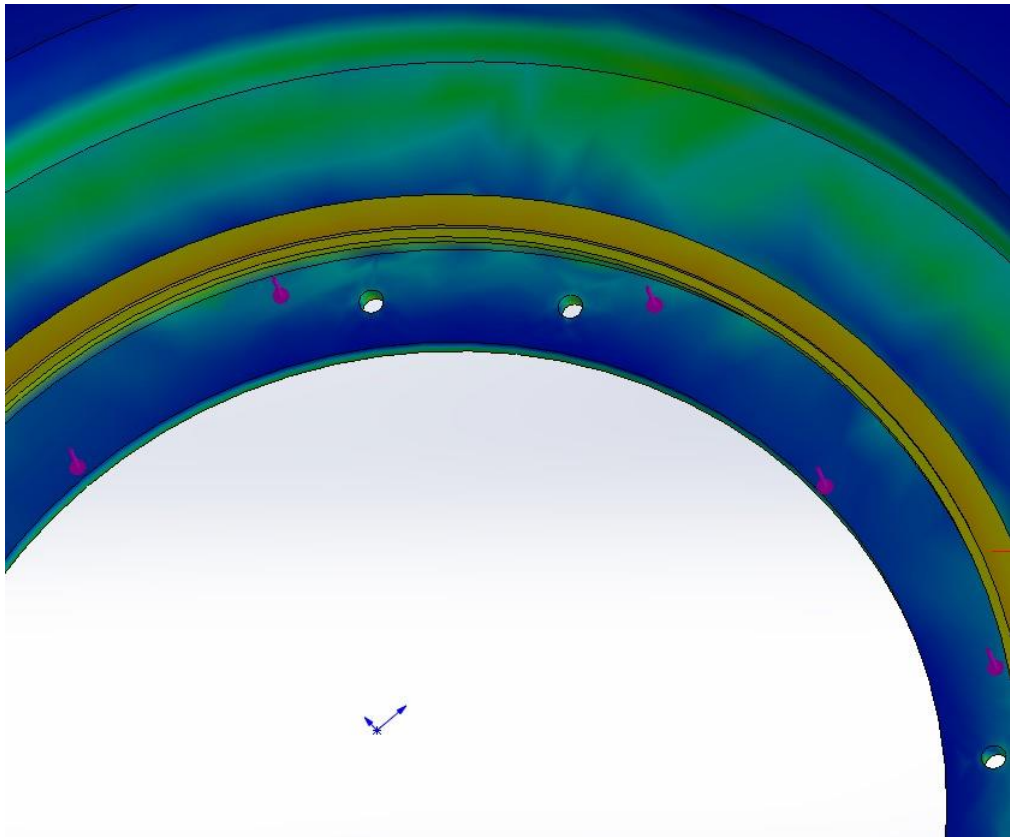


Рисунок 28 – Напряжения, возникающие в местах крепления привода

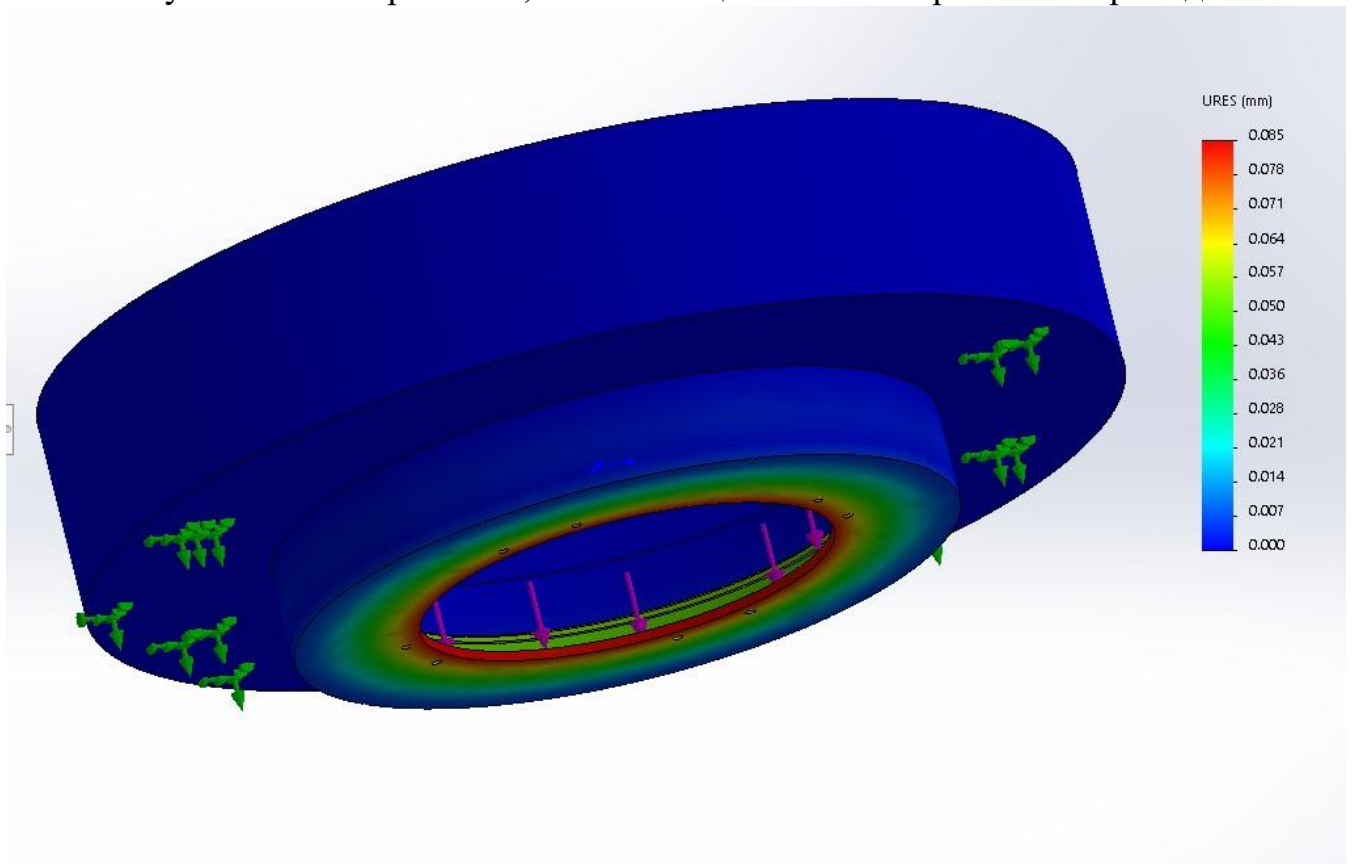


Рисунок 29 – Деформация корпуса

6 ПОРЯДОК СБОРКИ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ДРОБИЛКИ

Сборочный чертеж представлен на чертеже ЮУрГУ-15.04.02-2018-196-01.01.00.00.СБ. Сборка узла подшипниковой опоры и ускорителя осуществляется отдельно.

Установить корпус дробилки 1 при помощи болтового соединения и подкладной пластины 15 на закрепленную к фундаменту раму 2. На опорных плоскостях рамы 2 имеются четыре отверстия под болты М32 для закрепления дробилки на фундаменте (или технологическом основании). Далее присоединить электродвигатель к корпусу при помощи болтов 53 и гаек 65. Затем посадить статор воздушной опоры 9 на посадочное место. После присоединить карданный вал с выходным валом электродвигателя, предварительно соединив ротор воздушной опоры 17 с карданным валом и шлицевой втулкой 19.

Далее садится крышка воздушной опоры 12, к которой крепится корпус амортизатора 13. Амортизатор фиксируется осями 29. Затем устанавливается узел подшипниковой опоры 10, который фиксируется резиновой мембраной 24 и прижимными кольцами 27, 28. Осевое положение регулируется при помощи колец 23. Подвижная часть подшипниковой опоры фиксируется круглой гайкой 69 и шайбой с лапами 90 на шлицевой втулке.

Далее устанавливается узел ускорителя 8. При помощи шлицевого вала 20 ускоритель присоединяется к шлицевой втулке. Затем в ускоритель устанавливают подкладные листы 31, которые фиксируются специальными упорами и нижним конусом ускорителя 40. После устанавливается верхний конус 39 который прижимает нижний. Через отверстие в верхнем конусе ускоритель соединяется с шлицевой втулкой при помощи болта 55 М20х240. Болт фиксируется стопорной шайбой 85. После соединения ускорителя с воздушной опорой в верхний конус вставляется резиновая заглушка 18.

После установки ускорителя следует произвести регулировку зазора между ротором и статором воздушной опоры. Зазор регулируется при помощи регулировочного болта 56 в карданном валу.

После установки главных рабочих узлов устанавливается крышка 3, которая фиксируется за счет клиновых пальцев 16. Далее в крышку устанавливается вставка 4 со сменной воронкой 5. Вставка фиксируется платиками, приваренными по внутреннему диаметру крышки. Далее устанавливается верхняя крышка 6 со сменной воронкой 5. Крышка фиксируется посредством клиновых пальцев 16.

После завершения сборки дробилки нужно закрепить раму вентилятора наддува 11 к фундаменту (или технологическому основанию) и присоединить вентилятор к корпусу 1.

После сборки и монтажа дробилки на месте эксплуатации проводятся испытания в холостом режиме с целью проверки взаимодействия узлов и механизмов конструкции, выявления и устранения возможных неисправностей.

7 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ДРОБЛЕНИИ И ИЗМЕЛЬЧЕНИИ

7.1 Доставка руды, приемные и промежуточные бункера.

1. Перед корпусом (отделением) приема руды должен быть установлен светофор, разрешающий или запрещающий подачу составов (автосамосвалов, скипов и т.п.) на приемную площадку. В отдельных случаях разгрузка может осуществляться по разрешающим сигналам светофоров, заблокированных со шлагбаумом и установленных перед бункером.

Рабочие площадки приемных и разгрузочных устройств и бункеров должны быть оборудованы звуковой и световой сигнализацией, предназначенной для оповещения обслуживающего персонала о прибытии железнодорожных составов. Сигналы подаются за 1,5-2 минуты до момента прибытия железнодорожных составов, начала работы скиповых подъемников и канатных дорог.

2. На рабочих площадках приемных устройств, на уровне головки рельсов железнодорожных путей, должны быть предусмотрены проходы для обслуживания подвижного состава. Между рельсами в этих целях должны быть устроены настилы на одном уровне с головками рельс.

3. Железнодорожные пути, маневровые площадки для автотранспорта и приемных бункеров должны быть свободны от просыпей руды и посторонних предметов.

4. При производстве ремонтных работ в приемной воронке бункеров пути, ведущие к приемным устройствам, обязательно должны быть закрыты шлагбаумами или другим способом с оповещением об этом транспортного персонала. Составы поездов должны быть выведены из района приемных устройств. При наличии двух и более приемных бункеров для обеспечения ремонтных работ в одном из них должны быть разработаны в зависимости от местных условий специальные меры безопасности, утвержденные техническим руководителем организации.

5. Между приемной площадкой бункера и площадками питателя и дробилки крупного дробления должна поддерживаться связь (телефонная, громкоговорящая, световая и т.п.).

6. Загрузочные отверстия приемных устройств с боков и со стороны, противоположной разгрузке, должны быть ограждены прочными перилами. При двусторонней разгрузке ограждение выполняют с боковых сторон.

Для ограничения движения автосамосвалов задним ходом высота ограждения загрузочного отверстия приемного бункера фабрики должна быть не менее 0,7 м для автомобилей грузоподъемностью до 23 т, не менее 1 м для автомобилей грузоподъемностью от 24 до 45 т, не менее 1,1 м для автомобилей грузоподъемностью от 46 до 55 т, не менее 1,3 м для автомобилей грузоподъемностью от 56 до 80 т, не менее 1,5 м для автомобилей грузоподъемностью от 81 до 130 т.

7. Приемные площадки бункеров и площадки отгрузки продуктов в случае пылеобразования должны оснащаться эффективными средствами пылеподавления (пылеулавливания).

8. Запрещается загрузка приемных бункеров при открытых разгрузочных люках, а при разгрузке бункеров - пребывание обслуживающего персонала в зоне разгрузки.

9. Устранять своды, зависания руды в бункерах и его шуровка разрешается только с помощью специальных приспособлений и устройств (электровибраторов, пневматических устройств, гидросмыва и др.). Спуск людей для этих целей в бункера запрещается.

10. Промежуточные бункера, если они не заполняются саморазгружающимися тележками, должны быть оборудованы настилами. При применении саморазгружающихся тележек или реверсивных конвейеров загрузочные отверстия перекрываются решетками с отверстиями шириной не более 200×200 мм или они должны иметь ограждения высотой не менее 1 м. Такие ограждения или решетки должны быть установлены и на бункерах в местах перегрузки конвейерного транспорта.

11. На проведение работ, связанных со спуском людей в приемные воронки питателей и бункера для осмотра или проведения ремонтных работ, оформляется наряд-допуск, работы производятся в соответствии с проектом производства работ. При этом должны соблюдаться следующие требования:

а) бункер, его конструкции, надбункерные площадки и железнодорожные пути на этом участке должны быть полностью очищены от материала и проветрены. Организован контроль за состоянием воздушной среды в бункере;

б) обеспечено постоянное наблюдение лиц технического надзора и обязательное проведение инструктажа рабочих в соответствии с производственными инструкциями по безопасному ведению работ в бункерах;

в) на рабочих площадках приемных и транспортных устройств промежуточных бункеров, у механизмов бункерных затворов должны быть установлены предупредительные знаки, указывающие на проводимые внутри бункеров работы;

г) перед спуском рабочих в бункер необходимо остановить загрузочные и разгрузочные питатели, отключить их и повесить плакаты: «Не включать! Работают люди!», разобрать электрические схемы, обесточить приводы предыдущего и последующего технологического оборудования;

д) при невозможности предотвратить падение предметов в бункер, где проводятся работы, должны быть устроены надежные перекрытия, исключающие травмирование работающих в бункере людей;

е) бригада при работах в бункере должна состоять не менее чем из трех человек, двое из которых должны находиться в надбункерной части;

ж) должны применяться предохранительные пояса. Вдоль всего периметра приемного бункера (кроме подъездной части) должен натягиваться страховочный канат (трос) для подсоединения к нему страховочного пояса. Предохранительные пояса и страховочные канаты при эксплуатации должны не реже одного раза в течение 6 месяцев испытываться на статическую нагрузку 2250 кН в течение 5 мин

и иметь клеймо с указанием даты последнего испытания. Запрещается привязывать трос или канат предохранительного пояса к рельсам железнодорожных путей, рамам челноковых конвейеров и разгрузочных тележек, а также к другому технологическому оборудованию;

з) работники обеспечиваются изолирующими СИЗ органов дыхания;

и) при возникновении опасности для работающих в бункерах людей их следует немедленно удалить;

к) внутри бункера для освещения должны применяться переносные лампы напряжением не выше 12 В.

12. Производство взрывных работ в приемных, промежуточных и аккумулирующих бункерах допускается только в соответствии с Едиными правилами безопасности при взрывных работах (утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 30.01.2001 № 3, регистрационный номер Минюста России от 07.06.2001 № 2743).

7.2 Дробление

13. Рабочая площадка оператора, наблюдающего за подачей руды в дробилку и ее работой, должна иметь решетчатые металлические ограждения для предохранения от возможного выброса кусков руды из дробилок на площадку.

14. Для ликвидации зависаний горной массы над рабочим пространством дробилок на фабрике должны быть разработаны и утверждены техническим руководителем фабрики инструкции, определяющие методы, последовательность операции и приемы безопасного выполнения работ по ликвидации зависания.

При застревании в рабочем пространстве дробилок больших кусков руды их необходимо удалять из дробилки подъемными средствами со специальными приспособлениями. Извлекать или разрушать застрявшие в рабочем пространстве дробилки куски руды вручную запрещается.

Резку металла, попавшего в дробилку, необходимо осуществлять под наблюдением лица технического надзора по наряд-допуску в соответствии с проектом организации работ.

15. При спуске людей в рабочее пространство дробилок обязательно соблюдение требований п. 106 настоящих Правил.

16. В случае аварийной остановки дробилок под «завалом» разгружать и запускать ее следует по проекту производства работ, утвержденному техническим руководителем организации.

17. Перекрытия и площадки, на которых располагаются вибрационные грохоты, должны быть рассчитаны на вибростойкость. Грохоты должны устанавливаться на виброизолирующие опоры, поглощающие вибрации, возникающие при работе оборудования.

18. На грохотах и дробилках должны быть предусмотрены защитные приспособления, предохраняющие людей от случайного выброса кусков руды:

а) для конусных дробилок - глухие съемные ограждения, кроме дробилок крупного дробления 1 стадии, работающих «под завалом»;

б) для щековых дробилок - глухие съемные ограждения со смотровыми окнами, исключающие возможность выброса кусков руды из зева дробилки.

Рабочие, обслуживающие грохоты, должны пользоваться противошумовыми наушниками.

19. Для наблюдения за работой щековых дробилок запрещается использовать площадки, предусмотренные по проекту для их обслуживания в период ремонта, смазки и т.д., устроенные на корпусах, в опасной близости к входу в ее рабочее пространство. Вход на такие площадки должен быть ограничен дверью или калиткой, заблокированной с системой пуска дробилки.

20. «Шуровка» в выпускных отверстиях питателей, подающих руду на грохот, в загрузочных и разгрузочных воронках при работающих питателях и грохотах возможна только при наличии специальных приспособлений и устройств.

21. Расчищать лотки электровибропитателей во время их работы, становиться на борта питателя, прикасаться к ним, а также очищать зазоры виброприводов запрещается.

22. Очищать вручную разгрузочные воронки грохотов и спускать в них людей разрешается только при соблюдении п. 10б настоящих Правил.

23. При работе барабанного грохота запрещается:

чистить перфорацию, производить чистку или замену роликов;

эксплуатировать грохот со снятыми ограждениями.

24. Кулачковые, горизонтальные и вертикальные молотковые дробилки должны иметь блокировку, исключающую возможность запуска дробилки при открытой крышке корпуса. Открывать и закрывать корпуса кулачковых и горизонтальных молотковых дробилок с крышками массой более 50 кг необходимо механизированным способом.

25. Дробление руды, образующей при измельчении взрывоопасную пыль, должно проводиться с выполнением мероприятий, исключающих взрывы пыли.

26. Для предотвращения попадания металла в дробилки среднего и мелкого дробления питающие их рудой ленточные конвейеры должны быть оборудованы металлоискателями, извлекателями, магнитными шайбами и другими специальными приспособлениями.

27. Снимать металл с ленты конвейера и магнитного извлекателя, не выведенного из рабочей зоны, разрешается только после остановки конвейера и отключения магнитной системы.

7.3 Измельчение и классификация

28. При местном управлении пусковые устройства мельниц и классификаторов должны быть расположены таким образом, чтобы работник, включающий мельницу и классификатор, мог наблюдать за их работой.

29. Работать внутри мельницы разрешается только по наряду-допуску после выполнения всех установленных в нем требований безопасности согласно технологической карте (проекту производства работ).

30. Запрещается снимать гайки крышки люка или ослаблять их, когда мельница находится в положении люком вниз, закреплять болты кожуха улиткового питателя и кожуха зубчатого венца при работе мельницы.

31. При погрузке шаров в контейнеры место погрузки должно быть ограждено и вывешен плакат: «Опасно!». При подъеме контейнера люди должны находиться от него на безопасном расстоянии. Контейнеры загружают шарами до уровня на 100 мм ниже бортов.

32. В случае использования шаровых питателей, а также механизмов по загрузке стержней должны быть разработаны мероприятия, определяющие порядок их безопасной работы.

33. Для обслуживания классификаторов рабочие площадки необходимо располагать на уровне не менее чем 600 мм ниже борта ванны классификатора. Со стороны, противоположной ванне классификаторов, рабочие площадки оборудуют металлическими перилами высотой 1000 мм.

На классификаторах должны быть мостики (площадки) с перилами для безопасного обслуживания механизмов вращения и подъема спиралей или реек, а также ограждения элементов привода согласно требованиям настоящих Правил.

Вдоль всей площадки обслуживания на борту ванны классификатора необходимо устанавливать сетчатое ограждение (25×25) высотой не менее 300 мм [13].

7.4 Меры безопасности при работе с центробежно-ударной дробилкой

Необходимо соблюдать все меры предосторожности и руководствоваться указаниями, содержащимися в инструкции по эксплуатации. Поскольку в состав данного оборудования входят вращающиеся узлы, то требуется соблюдать те же меры предосторожности, что и в отношении любого механизма/машины данного типа, где невнимательность в эксплуатации или техническом обслуживании представляют опасность для персонала.

Конструкция мельницы соответствует требованиям безопасности по ГОСТ 12.2.003-91.

Эксплуатация мельницы должна производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.002-75 и "Единых правил безопасности при дроблении, сортировке, обогащении полезных ископаемых и окусковании руд и концентратов".

При монтаже и эксплуатации электрооборудования необходимо руководствоваться ГОСТ 12.2.007.0-75, "Правилами устройства электроустановок" (ПУЭ), "Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей" и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

К работе с дробилкой допускаются лица, изучившие данную Инструкцию и прошедшие инструктаж по технике безопасности с соответствующей записью в имеющемся Журнале по ТБ.

При обслуживании электрооборудования дробилки необходимо соблюдать правила техники безопасности, установленные для персонала обслуживающего

электроустановки данной группы. К обслуживанию электрооборудования должен допускаться персонал, прошедший специальную подготовку. Все работы с электрическими аппаратами, установленными на составных частях дробилки, производить при полном отсутствии напряжения на всех электрических аппаратах.

Лица, вынужденные по производственной необходимости находиться в непосредственной близости от дробилки, должны иметь индивидуальные средства защиты от шума согласно ГОСТ 12.1.029-80, обеспечивающие защитные свойства против шумов по ГОСТ 12.4.051-87.

Для уменьшения уровня запыленности воздуха зоны загрузки и разгрузки дробилки должны быть изолированы от зоны обслуживания и соединены с системой вытяжной вентиляции по ГОСТ 12.4.021-75. Изоляция зоны разгрузки обеспечивается потребителем.

Эргономические требования к рабочему месту оператора устанавливаются в соответствии с ГОСТ 12.2.032-78 и обеспечиваются потребителем на месте эксплуатации.

При эксплуатации дробилки запрещается:

- включение привода дробилки при снятой верхней крышке;
- присутствие посторонних лиц при работающем оборудовании.

Во время работы необходимо:

- исключать попадание посторонних предметов на дробление, а также исходного материала крупностью более 50 мм;
- следить за тем, чтобы никакие инструменты, детали и материалы не оставались после ремонта в дробилке, а также на питающем и отводящем конвейерах.

ВНИМАНИЕ! При появлении посторонних шумов, повышенной вибрации и ударов внутри дробилки немедленно прекратить работу.

Строго выполнять требования по осмотру, ремонту и замене изнашивающихся частей дробилки при периодических проверках и техническом обслуживании и ремонте.

7.5 Требования по установке дробилки

Дробилка устанавливается на жесткое горизонтальное основание и закрепляется на нем при помощи четырех анкеров под гайку М32 с обязательной установкой контргаек.

Основание должно удовлетворять следующим требованиям:

- места анкерного крепления должны лежать в одной плоскости с точностью не хуже 1 мм и отклонением от горизонтальности не более 2 мм;
- выдерживать статическую нагрузку не менее 150000 Н без появления деформаций и перекосов в течение всего срока эксплуатации дробилки;
- допускать постоянные виброперегрузки до 5 м/с^2 (0.5 g);
- выдерживать кратковременные (при возникновении аварийных ситуаций) горизонтальные и вертикальные виброперегрузки до 2 g;
- иметь конструкцию, исключающую возникновение резонансов при работе,

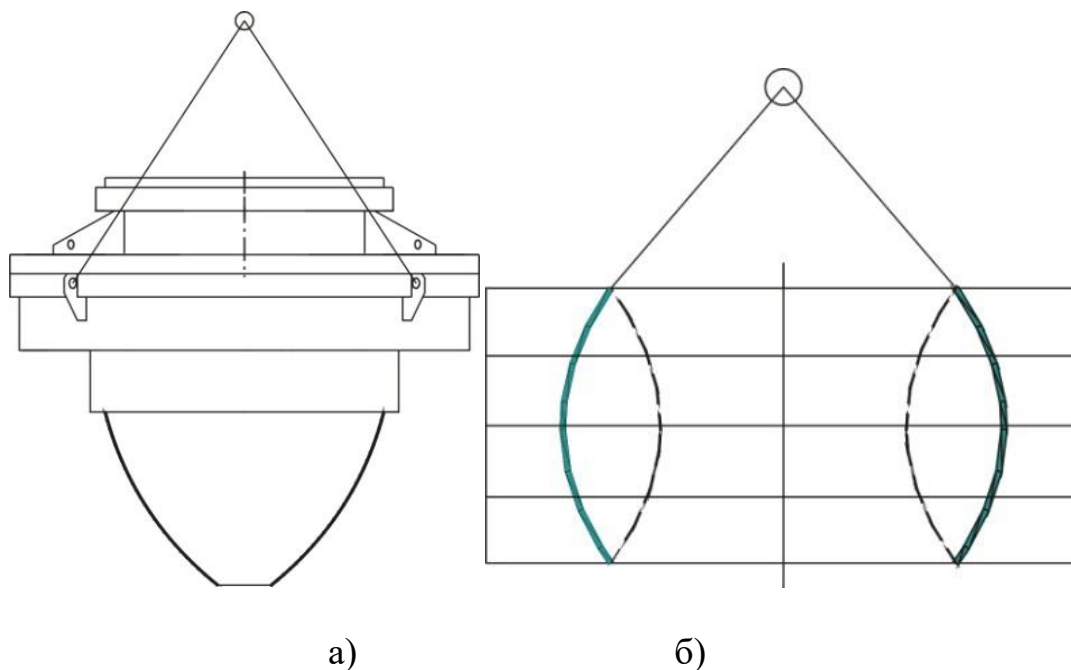
разгоне и торможении дробилки (динамическая система, образуемая основанием и закрепленной на нем дробилкой, не должна иметь резонансов в диапазоне частот 2 – 20 Гц).

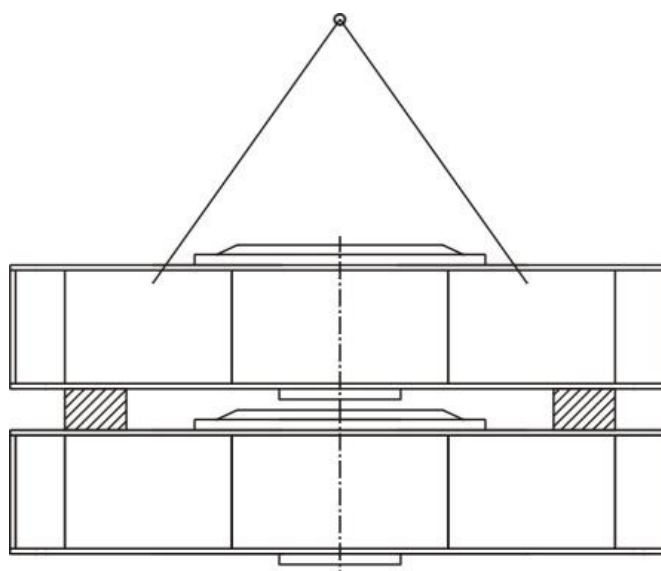
Дробилка должна располагаться с учетом подведения питающих и отводящих устройств и обеспечения доступа для ее обслуживания, в том числе для снятия крышки камеры дробления при замене ускорителей.

Рабочее место оператора выбирается потребителем, желательно не далее 20 м от дробилки в зоне прямой видимости.

Такелажные и погрузо-разгрузочные работы при монтаже и эксплуатации дробилки должны проводиться в соответствии с действующими на предприятии нормативными документами, обеспечивающими безопасность обслуживающего персонала. Подъем дробилки осуществляется за специальные проушины, расположенные в верхней части камеры дробления. При выполнении монтажных работ необходимо соблюдать осторожность, не допускать механических повреждений дробилки и нарушения антикоррозионных и изоляционных покрытий.

Схемы строповки сборочных единиц представлены на рисунке 28.





в)

Рисунок 30 – Схема строповки сборочных единиц.
а) – дробилка; б) – ящик ЗИП; в) – связка ускорителей

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был выполнен анализ современного состояния производства огнеупоров и обзор конструкций центробежных дробилок. Была разработана автоматизированная система управления производством для данного участка дробления. Для достаточно нагруженных элементов машины был проведен прочностной расчет при помощи программного комплекса Solid Works. Выполнены сборочные и рабочие чертежи в системе автоматизированного проектирования Компас 3d V16.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Суворов, С.А. Огнеупоры для металлургической промышленности / С.А. Суворов// Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) №2(28)/2007. – СПб., 2007 – 100 с.
2. Коваль, Г.И. Проектирование металлургических цехов: учебное пособие / Г.И. Коваль – Челябинск: изд-во ЮУрГУ, 2004. – 113 с.
3. Тихонов, А.Ф. Автоматическое управление двухстадийным дроблением ДСУ. Сборник научных трудов МАДИ / А.Ф. Тихонов. – Москва: МАДИ – 1999. – 119 с.
4. Абдулханова, М.Ю. Автоматизированные системы дробильно-сортировочным оборудованием / М.Ю. Абдулханова, С.Ю. Золотарёв, Л.М. Давалос, К.Дж. М. Гальвес // Механизация строительства. – 2011. – №3. – С. 19-21.

5. Пат. 2232638 Российская Федерация, МПК⁷ В02С7/08. Центробежно-ударная мельница / М.И. Филатов, М.В. Чкалова, П.П. Хлыпин, П.В. Козюра. – 2002120780/03; заявл. 29.07.2002, опубл. 20.07.2004.
6. Пат. 2220782 Российская Федерация, МПК В04В 9/04. Центробежная дробилка с газостатической опорой / В.А. Артамонов, Э.Л. Бороха, В.В. Воробьёв, А.В. Горобец, Е.Н. Иванов, А.Ю. Козин – 2001127484/11; заявл. 09.10.2001, опубл. 10.01.2004, Бюл. №1.
7. Пат. 2554977 Российская федерация, МПК В02С 13/00 Рабочий орган ударно-центробежной дробилки / В.И. Бородянка, Э.Л. Бороха, В.В. Воробьёв, А.В. Горобец, Е.Н. Иванов, А.Ю. Козин – 2013147974/13; заявл. 28.10.2013, опубл. 10.07.2015, Бюл. №19.
8. Центробежная дробилка ДЦ–1,25. Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию / ЗАО «Урал–Омега» 2010, 30 с.
9. Машиностроительные материалы: Краткий справочник / В.М. Раскатов, В.С. Чуенков, Н.Ф. Бессонова, Д.А. Вейс. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение. – 1980. 511 с.
10. Чапорова, И.Н. Структура спеченных сплавов / И.Н. Чапорова, К.С. Чернявский. – М.: Металлургия, 1975. – 248.
11. Баушев К.В. Расчет на прочность ускорителя диаметром 160 см центробежно-ударной дробилки «Титан». Санкт-Петербург. Компания «Новые технологии». 2004, 50с.
12. Биргер И.А. Расчет на прочность деталей машин. Справочник / Б.Ф. Шорр, И.А. Биргер И.А. Москва, 1979, 302 с.
13. Бейзельман Р.Д., Подшипники качения / Р.Д. Бейзельман, Б.В. Цыпкин, Л.Я. Перель. – Справочник. – Изд.6-е, перераб. и доп. – М.: «Машиностроение» , 1975, 572 с.
14. Тихонов Л.В. Структура и свойства металлов и сплавов. Механические свойства металлов и сплавов. Справочник / Л.В. Тихонов, В.А. Кононенко, Г.И. Прокопенко. Киев, 1986. – 567 с.
15. ПБ 03-571-03 Единые правила безопасности при дроблении, сортировке, обогащении полезных ископаемых и окусковании руд и концентратов – Москва, 2009. – 85 с.