

Проект №	7G02
Док. Подрядчика №	PCC-7G02-00-93-830-PR
Изменение №	0
Ревизия №	A
Стр.	1 / 28

Программа пусконаладочных работ и ввода в
эксплуатацию установки дробления и обжига
известняка
(7G02-55, 7G02-60)

Раздел: ППНР - ПНР

A	2026.05.20	Выпущено для рассмотрения	Чжао Инцяо	Лю Чжицинь	Чжэн Дэдун	Ван Линь	
Рев.	Дата	Цель выпуска	Подготовил	Проверил	Утвердил	Согласовал	Заказчик
Объект		ОЗХ и инженерные сети			Код объекта/установки		00
Установка		Объекты ОЗХ			Стадия проекта		EPC

Содержание

1	Общая информация	3
2	Описание технологического процесса.....	3
3	Разграничение ответственности	6
4	Организация пусконаладочных работ	7
5	Условия начала пусконаладочных работ (ПНР)	10
6	Пусконаладочные работы.....	13
7	Требования в области охраны труда и промышленной безопасности	27

1 Общая информация

В настоящем документе рассмотрены процессы дробления, грохочения и транспортировки известняка, его обжига в двухшахтных вертикальных печах и сушки, вертикального помола, а также линия производства гидроксида кальция, объекты хранения известняка/гидроксида кальция и система пневмотранспорта плотной среды под избыточным давлением. Документ устанавливает единые стандарты пусконаладочных работ и операционные регламенты для обеспечения успешного первоначального пуска, а также долгосрочной, безопасной и стабильной работы объекта. Он служит официальным руководящим документом для проведения работ на площадке, обучения персонала, технического обслуживания и процедур приемки.

2 Описание технологического процесса

2.1 Отделение дробления известняка

Крупность исходного сырья (известняка) составляет ≤ 500 мм, производительность по кондиционному материалу: ≥ 100 т/ч. Исходный известняк выгружается из автосамосвалов в приемный пластинчатый питатель (7G02-55-1M01) технологической линии. Пластинчатый питатель типа BW1000*3500 выполняет равномерное распределение и подачу сырья на высокочастотный грохот предварительной сортировки (7G02-55-1M02) PG404, предназначенный для тяжелых условий эксплуатации. В процессе предварительного грохочения отсеивается отвальный грунт фракции 0–10 мм, который транспортируется ленточным конвейером (7G02-55-1A05) на площадку хранения отвального грунта. Надрешетный продукт (крупная фракция) после высокочастотного грохота предварительной сортировки поступает в щековую дробилку JC900 (7G02-55-1B01) для первичного дробления, после чего транспортируется ленточным конвейером №1 (7G02-55-1A01). Сначала материал проходит через магнитный железоотделитель (7G02-55-1X01) для удаления черных металлов. Затем он подается на зубчатую валковую дробилку-классификатор 2DSKP80120 (7G02-55-1B02) для вторичного средне-мелкого дробления. Дробленый продукт имеет гранулометрический состав 0–80 мм, при этом содержание фракции более 80 мм составляет $\leq 3\%$, а максимальный размер частиц – менее 90 мм. Смешанный материал, разгружаемый из зубчатой валковой дробилки-классификатора (7G02-55-1B02),

транспортируется ленточным конвейером №2 (7G02-55-1A02) на круговой вибрационный грохот (7G02-55-1M03), где производится разделение материала.

2.2 Система помола известняка

Подача сырья в систему помола известняка осуществляется из двух источников. Первый источник – подрешетный продукт вибрационного грохота сырья (7G02-55-2M03) системы загрузки печи обжига извести. Этот подрешетный продукт транспортируется ленточным конвейером дробленого материала (7G02-55-2A02) и выгружается в приемный бункер дробилки со стальной конусной воронкой (7G02-55-3V03). Второй источник – система дробления известнякового сырья фракции 0–40 мм. Этот материал доставляется автотранспортом и разгружается в два приемных бункера (7G02-55-3V01 и 7G02-55-3V02). Под приемными бункерами установлены два электровибрационных питателя, которые равномерно и непрерывно подают материал на ленточный конвейер (7G02-55-3A01), транспортирующий его в бункер системы дробления известняка. Материал из приемного бункера дробилки со стальной конусной воронкой (7G02-55-3V03) непрерывно и равномерно подается в дробилку вибрационным питателем (7G02-55-3M03). После измельчения в молотковой дробилке (7G02-55-3B01) материал поступает по желобу в ковшовый элеватор (7G02-55-3A03), а затем через трехходовой клапан распределяется по двум буферным емкостям промежуточного хранения. Из буферных емкостей материал проходит под подвесным магнитным железоотделителем (7G02-55-3X17) для удаления металлических включений, после чего дозированно подается конвейерными весами (7G02-55-3A04) в шлюзовый питатель (7G02-55-3X01). Оттуда материал транспортируется винтовым конвейером (7G02-55-3A06) в мельницу (7G02-55-3B02) для тонкого помола. Измельченный материал подхватывается потоком воздуха от центробежных вентиляторов (7G02-55-3C02) и поступает на классификацию в классификаторы (7G02-55-3B04~3B09). Кондиционные частицы улавливаются рукавным фильтром (7G02-55-3S04). Эти высокодисперсные частицы транспортируются еще одним винтовым конвейером (7G02-55-3A08) к поворотному клапану, а затем нагнетаются воздуходувкой Рутса (7G02-55-3C04) в бункер для хранения молотого известняка (7G02-55-3V04). Воздух, генерируемый воздуходувкой Рутса, перед выбросом в атмосферу очищается импульсным рукавным фильтром. Часть воздуха от центробежного вентилятора сбрасывается в атмосферу, а другая часть направляется в канальную печь для нагрева. Образующийся горячий воздух (с температурой 200-300 °C) подается в

мельницу для сушки материала и интенсификации помола. Некондиционный (по фракции) материал возвращается классификатором обратно в мельницу на домол до достижения требуемой фракции помола, чем завершается технологический цикл помола известняка.

2.3 Отделение обжига известняка

Двухшахтная вертикальная печь обжига извести (7G02-55-4X08) состоит из двух параллельных шахт, соединенных переточным каналом в нижней части корпуса печи. Процесс обжига в ней характеризуется двумя основными особенностями: прямоточным движением сред и регенерацией (аккумуляцией) тепла. Прямоточное движение означает, что в процессе обжига известняка продукты сгорания и материал движутся совместно в одном направлении – сверху вниз. Это способствует получению высококачественной активной извести. Регенерация тепла заключается в том, что продукты сгорания из шахты №1 (высокотемпературные дымовые газы) попадают в шахту №2 через переточный канал в нижней части обеих шахт. В шахте №2 эти высокотемпературные газы движутся снизу вверх, нагревая известняк в зоне подогрева до высокой температуры, то есть аккумулируют свое тепло. При этом сами газы перед выбросом из печи охлаждаются до очень низкой температуры. За счет полной утилизации тепла отходящих газов печи данного типа обладают крайне высоким термическим КПД. Функции обеих шахт двухшахтной печи (обжиг и регенерация тепла) циклически чередуются. То есть, пока в одной шахте происходит обжиг, в другой идет аккумуляция тепла. Каждые 12 минут инициируется цикл переключения, и шахты меняются ролями. Основные узлы и системы двухшахтной печи включают в себя: систему загрузки сырья, систему обжига, систему выгрузки извести, металлоконструкции корпуса печи, систему технологических трубопроводов печи, гидравлическую систему, огнеупорную футеровку печи, а также систему электрооборудования и КИПиА.

2.4 Система производства гидроксида кальция

Производство гидроксида кальция основано на химической реакции между негашеной известью (оксидом кальция, CaO) и водой (H_2O) с образованием гидроксида кальция (Ca(OH)_2). Этот процесс называется гашением или гидратацией извести. Весь технологический процесс состоит из двух основных этапов:

1) Этап гидратации (гашения)

Негашеная известь подается в гидратор, где вступает в экзотермическую реакцию с водой, в результате чего образуется гашеная известь $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$. Благодаря совместному действию перемешивающих и транспортирующих механизмов внутри гидратора полученный сухой или полусухой продукт постепенно выгружается из аппарата.

2) Этап классификации

Затем продукт гидратации классифицируется по размеру частиц. Материал, соответствующий требованиям по дисперсности, транспортируется напрямую в силос готовой продукции. Надрешетный или некондиционный материал отводится в бункер отсева, откуда подается в мельницу домола. После измельчения до требуемой тонины этот материал смешивается с кондиционным гидроксидом кальция и направляется в силос готовой продукции, завершая производственный цикл.

2.5 Склад хранения известняка и гидроксида кальция

Принцип работы системы: на основе двухфазного потока «газ – твердое тело» используется статическое и/или динамическое давление сжатого воздуха для эффективной транспортировки сыпучего материала. Сыпучий материал должен быть полностью флюидизирован; процессы транспортировки и флюидизации протекают одновременно. Основные части системы: источник воздуха, транспортный узел, трубопровод, силос золы и система управления. В зависимости от масштаба системы возможна как одиночная работа камерного питателя, так и одновременная работа нескольких камерных питателей. Период, за который завершается транспортировка материала из одной группы камерных питателей, называется циклом, включающим в себя четыре этапа.

3 Разграничение ответственности

3.1 Обязанности Заказчика

- 1) Проведение пусконаладочных работ и ввода в эксплуатацию технологических установок силами эксплуатационного персонала Заказчика под руководством Подрядчика.

- 2) Обеспечение присутствия персонала Заказчика, прошедшего обучение у Подрядчика, для работы под руководством Подрядчика на этапе пусконаладочных работ и ввода в эксплуатацию.

3.2 Обязанности Подрядчика

- 1) Разработка процедур проведения пусконаладочных работ.
- 2) Разработка стандартных процедур по эксплуатации.
- 3) Планирование пусконаладочных работ.
- 4) Мобилизация всего инженерно-технического и специализированного персонала, необходимого для проведения пусконаладочных работ и ввода в эксплуатацию.
- 5) Обеспечение безопасности персонала и сохранности материальных ценностей объектов строительства, а также предотвращение загрязнения окружающей среды в ходе проведения пусконаладочных работ и ввода в эксплуатацию.

4 Организация пусконаладочных работ

4.1 Организационная структура и должностные обязанности

Пусконаладочные работы (ПНР) представляют собой этап передачи объекта от группы предпусконаладочных работ (ППНР) к группе пусконаладочных работ (ПНР), в связи с чем данные две группы должны взаимодействовать друг с другом и контролировать каждое мероприятие.

Организационная структура ПНР находится под управлением менеджера по пусконаладочным работам и состоит преимущественно из двух групп: Первая – эксплуатационная группа, вторая – группа обеспечения. Обе группы должны тесно взаимодействовать друг с другом для эффективного проведения всех мероприятий – от этапа ПНР до приемки объекта.

Менеджер по пусконаладочным работам несет общую ответственность за проведение ПНР. Группа обеспечения находится под управлением начальника группы обеспечения ПНР и состоит из секторов по механическому оборудованию, динамическому

оборудованию, электроснабжению и КИПиА. Супервайзеры Поставщиков находятся в подчинении у данной группы.

Организационная структура ПНР формируется из квалифицированного персонала Подрядчика, выполняющего руководящую роль, и эксплуатационного персонала Заказчика, который оказывает содействие в проведении пусконаладочных работ. Благодаря такой совместной организационной структуре работы могут выполняться быстрее и эффективнее, а также обеспечивается непрерывный процесс передачи опыта и технологий в период проведения предпусконаладочных и пусконаладочных работ.

4.2 Менеджер по пусконаладочным работам (ПНР)

Обязанности:

- 1) Руководство и координация работы группы ПНР при проведении всех пусконаладочных мероприятий – от этапа ПНР до приемки объекта.
- 2) Регулярное проведение совещаний с Заказчиком для обсуждения хода и текущего статуса ПНР, а также эксплуатационных испытаний.
- 3) Консультирование Заказчика по вопросам графика и программы работ по мере необходимости.
- 4) Координация действий и решение проблемных вопросов, затрагивающих несколько участков.

4.3 Инженер пусконаладочных работ

Обязанности:

- 1) Оказание содействия менеджеру по ПНР в руководстве группой пусконаладки и консультирование Заказчика по вопросам проведения ПНР.
- 2) Разработка детального графика пусконаладочных работ.
- 3) Разработка детальной процедуры проведения пусконаладочных работ.
- 4) Координация действий с инженерами Заказчика по вопросам осуществления технического надзора и непосредственного выполнения пусконаладочных работ на объектах.

4.4 Инженер по эксплуатации

Обязанности:

- 1) Изучение, оценка и определение оптимальных технологических режимов работы.
- 2) Выявление и устранение неполадок, а также оказание содействия в ходе пусконаладочных работ на объектах.
- 3) Координация действий и решение проблемных вопросов, затрагивающих несколько участков, в период проведения предпусконаладочных и пусконаладочных работ.
- 4) Разработка стандартных процедур по эксплуатации.
- 5) Руководство действиями операторов при выполнении технологических операций.

4.5 Инженер по механической части/КИПиА/

электротехнической части

Обязанности:

- 1) Технический надзор за проведением подготовительных работ и техническим обслуживанием оборудования по своему направлению специализации.
- 2) Технический надзор за деятельностью специалистов Поставщиков.
- 3) Ведение и анализ отчетной документации и технических данных по оборудованию.
- 4) Проверка результатов предпусконаладочных работ, выполнение пусконаладочных работ и проведение регламентного технического обслуживания.

4.6 Менеджер по технике безопасности

Роль менеджера по технике безопасности подробно описана в общей организационной структуре площадки в разделе обеспечения безопасности при проведении пусконаладочных работ.

4.7 Эксплуатационный персонал Заказчика

Эксплуатационный персонал Заказчика, который будет объединен с эксплуатационным персоналом Подрядчика, должен пройти необходимый курс обучения до начала предпусконаладочных работ для получения базовых знаний о химическом комплексе и четкого понимания задач, подлежащих выполнению в ходе предпусконаладочных и пусконаладочных работ.

4.8 Технические специалисты Поставщиков

Технические специалисты Поставщиков, привлечение которых необходимо для выполнения специфических операций по оборудованию, принимают участие в этапе пусконаладочных работ в составе организационной структуры пусконаладки Подрядчика.

5 Условия начала пусконаладочных работ (ПНР)

5.1 Передача объекта по завершении механомонтажных работ

До начала ПНР установки должна быть выполнена передача объекта по завершении механомонтажных работ. Выполнение процедуры передачи по завершении механомонтажных работ создает предварительные условия для проведения комплексных пусконаладочных работ. Для передачи объекта по завершении механомонтажных работ необходимо выполнение следующих условий:

- 1) Завершение механомонтажных работ в соответствии с проектной документацией.
- 2) Получение положительной предварительной оценки качества работ.
- 3) Завершение и приемка гидравлических/пневматических испытаний, продувки, очистки, испытаний на герметичность, а также установки постоянных заглушек взамен временных на трубопроводах технологических и инженерных сред.
- 4) Завершение и приемка испытаний на прочность под давлением, неразрушающего контроля и очистки статического оборудования.
- 5) Завершение пусконаладочных работ блока обратного водоснабжения.

- 6) Успешное завершение предпусконаладочных работ (ППНР).
- 7) Приемка пусконаладочных работ по электротехнической части и системам КИПиА.
- 8) Демонтаж временных строительных сооружений в пределах территории установки, завершение работ по вертикальной планировке, а также высокая степень готовности работ по антикоррозионной защите, теплоизоляции и криогенной защите.
- 9) Согласование изменений в проекте, влияющих на проведение ПНР, устранение замечаний по недоделкам; четкое распределение ответственности по всем оставшимся незавершенными задачам.
- 10) Полная очистка площадки с вывозом всех строительных материалов.

5.2 Подготовительные работы

5.2.1 Процедура подготовки к ПНР

- 1) Обеспечено наличие руководств по эксплуатации и техническому обслуживанию, а также технологических схем трубопроводов и КИП (СТиКИП) – минимум по одному комплекту на смену. Процедуры проведения ПНР систем распределены среди всех старших операторов.
- 2) Для каждого этапа ПНР имеются письменные инструкции, содержание которых доведено до сведения всего персонала – от руководства до операторов.
- 3) Разработаны и внедрены планы ликвидации аварий.

5.2.2 Сырье и смазочные материалы

- 1) Обеспечен достаточный запас сырья и смазочных масел.
- 2) Утверждены процедуры фильтрации смазочных материалов, точки смазки оборудования четко идентифицированы.

5.2.3 Запасные части

Подготовлено достаточное количество запасных частей для обеспечения потребностей в период ПНР. Склад запасных частей (ЗИП) функционирует в рабочем режиме.

5.2.4 Лабораторный анализ

- 1) Организована лаборатория (аналитическая лаборатория) с утвержденными методиками проведения регулярных анализов.
- 2) Подтверждена готовность по параметрам анализа (методы, периодичность), калибровке приборов, наличию реагентов и квалификации лаборантов.
- 3) Определены точки отбора проб, закреплено пробоотборное оборудование и распределены зоны ответственности.
- 4) Проведены тренировочные (имитационные) отборы проб и анализы.

5.2.5 Техническое обслуживание и ремонт (ТОиР)

- 1) Определены объемы работ и зоны ответственности службы технической поддержки.
- 2) Сформирована группа технической поддержки ПНР, составлен график дежурств персонала, а сам персонал идентифицирован.
- 3) Выделены инструменты и оборудование для проведения ремонтных работ.
- 4) Определены места размещения службы технической поддержки.
- 5) Критически важные материально-технические ресурсы для проведения ТОиР размещены на площадке в зонах оперативного доступа.

5.2.6 Системы связи

- 1) Функционирует сеть оперативно-диспетчерской связи (телефония).
- 2) Предусмотрены резервные линии связи для оперативных постов.

- 3) Налажена и протестирована система телефонной пожарной сигнализации.

5.2.7 Техника безопасности, пожарная безопасность и аварийное реагирование

- 1) Внедрена система нарядов-допусков (на огневые работы, въезд автотранспорта) и введен запрет на курение.
- 2) На рабочих местах имеются исправные средства пожаротушения и СИЗ; персонал обучен правилам их применения.
- 3) Обеспечено соблюдение требований по ношению СИЗ на площадке; персонал прошел базовое обучение оказанию первой медицинской помощи.
- 4) Предохранительные клапаны (ПК): испытаны, откалиброваны, имеют подтвержденное давление срабатывания, а также опломбированы; запорная арматура до и после ПК опломбирована в открытом положении.
- 5) Сосуды, работающие под давлением, зарегистрированы и аттестованы уполномоченным органом по государственному контролю в сфере промышленной безопасности.

6 Пусконаладочные работы

6.1 Отделение дробления известняка

6.1.1 Пластинчатый питатель

1) Испытание на холостом ходу

- a) Проверить правильность монтажа, убедиться в прочности и надежности затяжки соединительных болтов. Проверить наличие смазочных материалов во всех точках смазки и редукторах. Проверить правильность подключения электродвигателя и электроустройств, подтвердить готовность оборудования к пуску.

- b) Работа оборудования должна быть плавной и стабильной; вращающиеся части должны перемещаться свободно, без заеданий и задеваний. Шум должен быть равномерным, без явной вибрации или ударов.
- c) В местах уплотнений и на стыковых поверхностях всех точек смазки не должно быть следов просачивания или утечки масла.
- d) Крепежные элементы всех соединений должны оставаться затянутыми; в особенности не допускается ослабление болтов, соединяющих пластины питателя с звеньями цепи.
- e) Опорные ролики цепи и промежуточные опорные ролики должны вращаться свободно. Величина перекрытия двух дуг на криволинейном участке полотна питателя должна составлять не менее 10 мм.
- f) Величина нагрева подшипников не должна превышать 30 °С, а максимальная температура подшипников должна быть не более 60 °С.
- g) Продолжительность работы оборудования на холостом ходу должна составлять не менее 2 часов.

2) Испытание под нагрузкой

- a) К испытаниям под нагрузкой разрешается приступать только после успешного завершения испытания на холостом ходу.
- b) Нагрузку следует увеличивать постепенно вплоть до максимального значения.
- c) Продолжительность испытания под нагрузкой определяется исходя из условий на площадке, однако время непрерывной работы должно составлять не менее 2 часов.
- d) Официальный ввод оборудования в эксплуатацию допускается только после успешного прохождения проверки.

6.1.2 Щековая дробилка

1) Испытание на холостом ходу

- a) Осмотреть дробилку, убедиться в отсутствии посторонних инструментов или механических препятствий; проверить надлежащую затяжку всех соединений и крепежных элементов, а также отсутствие утечек.
- b) Убедиться, что камера дробления пуста.
- c) Выполнить обход дробилки и убедиться, что на ней или под ней нет обслуживающего персонала. Перед запуском предупредить всех находящихся поблизости лиц.
- d) Запустить электродвигатель.
- e) Проверить частоту вращения эксцентрикового вала.
- f) Проверить направление вращения дробилки.
- g) Все крепежные элементы должны быть надежно затянуты; их ослабление не допускается.
- h) Пазы маховика должны совершать плавное движение без биения.
- i) На всех трущихся деталях должны отсутствовать задиры, сколы, следы истирания или аномальные шумы при работе.
- j) Величина нагрева подшипников не должна превышать 35 °C.
- k) Продолжительность работы оборудования на холостом ходу должна составлять не менее 2 часов.

2) Испытание под нагрузкой

- a) К испытаниям под нагрузкой разрешается приступать только после успешного завершения испытания на холостом ходу.
- b) Нагрузку следует увеличивать постепенно вплоть до максимального значения.
- c) При работе дробилки не должно возникать периодических или явных ударных шумов.
- d) При непрерывной работе в течение 8 часов величина нагрева подшипников не должна превышать 40 °C.

- e) Максимальный размер кусков исходного сырья на входе должен соответствовать проектным характеристикам.
- f) Производительность дробилки и гранулометрический состав продукта на выходе должны соответствовать проектным техническим условиям.

6.1.3 Зубчатая валковая дробилка-классификатор

1) Испытание на холостом ходу

- a) Провернуть ротор дробилки вручную; вращение должно быть свободным, без заеданий и заклиниваний.
- b) Выполнить наладку системы смазки.
- c) Произвести пробный пуск двигателя кратковременным включением (толчком). После подтверждения правильности направления вращения и отсутствия отклонений перейти к работе на холостом ходу.
- d) Проверить все соединительные элементы дробилки.
- e) Проверить уровень вибрации дробилки.
- f) Проверить уровень шума при работе редуктора и подшипников дробильных валов.
- g) Проверить отсутствие шума от соударения металлических деталей внутри корпуса дробилки.
- h) Записать рабочий ток главного электродвигателя.
- i) Проверить величину нагрева подшипников. После 4 часов непрерывной работы температура подшипников не должна превышать 70 °С, а величина нагрева должна быть не более 35 °С.

2) Испытание под нагрузкой

- a) Подать материал на дробилку в объеме 1/3 от номинальной производительности.
- b) Проверить характер распределения материала на дробильных валах. Материал должен поступать в межвалковое пространство и покрывать не менее 3/4 длины валов по оси.

- c) Постепенно увеличивать подачу и проверять отсутствие накопления материала на дробильных валах.
- d) Зафиксировать рабочий ток и максимальный ток главного электродвигателя.
- e) Контролировать гранулометрический состав продукта на разгрузке.

6.2 Система помола известняка

6.2.1 Мельница тонкого измельчения

1) Испытание на холостом ходу

Испытание мельницы на холостом ходу проводится в два этапа: сначала выполняются индивидуальные испытания каждого узла в отдельности, а после подтверждения их исправности проводится общее испытание мельницы на холостом ходу.

■ Станция жидкой смазки

- a) Нагреть масло в баке станции смазки до заданной пусковой температуры.
- b) Выполнить пробный пуск (толчок) в соответствии с руководством по эксплуатации станции смазки, проверяя исправность работы: правильное направление вращения электродвигателя, работоспособность приборов КИП и арматуры.
- c) Произвести полноценный запуск электродвигателя станции смазки. Проверить нормальный возврат масла, обращая особое внимание на измельчающие валки. Проверить трубопроводы и редукторы на отсутствие утечек.
- d) После выхода на стабильный рабочий режим осуществлять подачу масла на мельницу в течение 8 часов (из них не менее 4 часов непрерывно). Обеспечить постоянный контроль работы системы и отсутствия утечек.

■ Гидравлическая станция

- a) Выполнить пробный пуск (толчок) в соответствии с руководством по эксплуатации гидростанции; проверить правильность направления вращения электродвигателя и исправность работы приборов КИП и арматуры.

- b) Заправить бак гидравлическим маслом марки N46, очистить компоненты для контроля утечек, открыть перепускной клапан, закрыть остальные клапаны и испытать гидравлическую станцию на холостом ходу в течение 1 часа.
- c) Полностью выкрутить регулировочный шток перепускного клапана, закрыть перепускной клапан и медленно регулировать клапан, контролируя давление по манометру. Постепенно поднять давление от 0 до 14 МПа, после чего сбросить давление при отсутствии аномалий. Повторить процедуру 3 раза для подтверждения плавности регулировки и отсутствия утечек.
- d) Установить давление на уровне 10 МПа, остановить насос и выдержать систему под давлением в течение 30 минут; при этом показания манометра не должны существенно измениться.
- e) Проверить правильность подключения трубопроводов. Запустить гидравлическую станцию, извлечь палец оголовка одного из гидроцилиндров, открыть запорный клапан высокого давления на данном гидроцилиндре (при этом перепускной клапан должен быть закрыт). При полностью втянутом положении нажать кнопку «Подъем валков»: шток поршня должен выдвигаться медленно. Нажать кнопку «Опускание валков»: шток должен полностью втянуться. Повторить процедуру 3 раза; гидроцилиндр должен перемещаться свободно, без заеданий и утечек.
- f) Проверить каждый гидроцилиндр последовательно, после чего установить пальцы на место. Открыть запорный клапан одного рабочего гидроцилиндра и нажать кнопку «Подъем»: гидроцилиндр должен медленно пойти вверх (максимальная высота подъема ≤ 100 мм; при закрытых впускных/выпускных клапанах валки не должны самопроизвольно опускаться). Отпустить кнопку «Подъем»: валки должны медленно опуститься на размольный стол. Повторить процедуру 3 раза; подъем и опускание должны быть равномерными, без скачкообразного движения и утечек.
- g) Проверить два других рабочих гидроцилиндра аналогичным образом.
- h) После окончания испытания оставить валки в поднятом положении для перехода к следующему этапу испытаний.

■ **Испытание силовой установки (электродвигателя)**

- a) Проверить сопротивление изоляции электродвигателя на соответствие нормативным требованиям и отсутствие токов утечки; при обнаружении неисправностей незамедлительно устранить их.
- b) Выполнить подключение силовых кабелей, произвести пробный пуск для проверки направления вращения и, при необходимости, выполнить перекоммутацию согласно требуемому направлению.
- c) Испытать главный электродвигатель на холостом ходу в течение 4 часов (из них не менее 2 часов непрерывно). Работа двигателя должна быть плавной и безотказной.

■ Испытание трансмиссии (главного редуктора)

- a) Запустить станцию жидкой смазки для подачи масла в главный редуктор; отрегулировать давление и температуру, обеспечив непрерывную подачу масла в течение не менее 4 часов.
- b) Убедиться, что размольные валки находятся в поднятом положении. Вручную провернуть размольный стол на один полный оборот в правильном направлении, прилагая усилие к соединительной муфте. Убедиться в плавности вращения, отсутствии трения металла о металл или заклиниваний.
- c) Установить соединительную муфту между главным электродвигателем и редуктором. При поднятых валках запустить главный электродвигатель; редуктор должен приводить размольный стол во вращение по часовой стрелке. Выполнить испытание на холостом ходу в течение 24 часов (из них не менее 12 часов непрерывной работы). Работа должна быть плавной, бесшумной и без утечек масла. Ежечасно фиксировать рабочие параметры: давление подачи масла, температуру масла, ток главного электродвигателя, температуру подшипников и т. д.

■ Сепаратор

- a) Выполнить наладку электродвигателя сепаратора: произвести пробный пуск (толчок) для проверки направления вращения, после чего испытать в непрерывном режиме в течение 2 часов. Поочередно настроить частоту тока на 10, 20, 30, 40, 50 Гц с выдержкой по 20 минут на каждой частоте. Работа должна быть плавной, без аномальных шумов; частотно-регулируемый привод (ЧРП) должен обеспечивать плавное и надежное регулирование.

- b) Вручную провернуть входной вал редуктора сепаратора, чтобы сделать несколько оборотов ротора. Проверить отсутствие взаимных задеваний; вращение должно быть свободным, плавным и надежным.
- c) Установить клиноременную передачу, выставить скорость электродвигателя на ноль, запустить двигатель и постепенно увеличивать частоту вращения до 10, 20, 30, 40, 50 об/мин с выдержкой по 10 минут на каждой скорости. Затем испытать на частоте 20 Гц в течение 8 часов (из них не менее 4 часов непрерывно). Уровень шума, характер вращения и температура узлов при работе должны быть в пределах нормы.
- d) Через определенные промежутки времени фиксировать ток электродвигателя, температуру подшипников главного вала и температуру электродвигателя.

2) Испытание мельницы под нагрузкой

- a) К испытаниям под нагрузкой разрешается приступать только после того, как индивидуальные испытания на холостом ходу и комплексная проверка блокировок всего оборудования системы будут успешно завершены и признаны удовлетворительными.
- b) Нагрузку следует увеличивать постепенно – от минимальной до полной производительности; перепрыгивание этапов строго запрещено.
- c) Испытание под нагрузкой делится на 4 этапа:
 - нагрузка 60%: не менее 10 часов (в том числе 5 часов непрерывной работы);
 - нагрузка 70%: не менее 10 часов (в том числе 5 часов непрерывной работы);
 - нагрузка 80%: не менее 10 часов (в том числе 5 часов непрерывной работы);
 - нагрузка 90%: не менее 24 часов (в том числе 8 часов непрерывной работы);
- d) После завершения каждого этапа и перед переходом к следующему необходимо проверять все соединительные болты на отсутствие ослабления, обращая особое внимание на критически важные крепежные элементы и болты на вращающихся деталях.

6.3 Отделение обжига известняка

6.3.1 Условия для пуска оборудования

- a) Индивидуальные испытания оборудования и комплексная проверка блокировок успешно завершены с подписанием соответствующих актов приемки.
- b) Качество топлива, известняка и других технологических сред соответствует требованиям технического соглашения.

6.3.2 Пуск известково-обжиговой печи

- a) Проверить отсутствие аварийных сигналов в системе, убедиться в полном завершении ремонтных работ и отсутствии людей на участке работ.
- b) Проверить температуру в шахтах печи; как правило, запуск печи не допускается, если температура ниже 650 °C.
- c) Проверить готовность топливной системы, убедиться, что давление стабилизировалось на заданном значении, а на регулирующей и запорной арматуре отсутствуют сигналы неисправностей.
- d) Запустить гидравлическую систему: 2 насоса должны находиться в работе, 1 – в резерве.
- e) Перевести систему подъемника и систему верхней загрузки печи в автоматический режим (AUTO).
- f) Вручную запустить 2 вентилятора охлаждения горелочных трубок.
- g) Перевести вентиляторы в автоматический режим (AUTO) либо запустить их вручную в соответствии с производственной необходимостью.
- h) Вручную запустить дымосос, чтобы обеспечить отвод дымовых газов в пылеуловитель.
- i) Нажать кнопку «Пуск печи» (Kiln Start) на главном экране интерфейса оператора (ЧМИ).

- j) После запуска печи проконтролировать стабильность ее работы и корректность технологических параметров, особенно при работе вентиляторов в ручном режиме.

6.3.3 Сушка печи

- a) Сушка печи должна выполняться в режиме розжига. Часть воздуха на горение поступает в одну из шахт через верхний реверсивный клапан, проходит через переточный канал в другую шахту и выходит через её верхнюю часть, обеспечивая равномерное распределение тепла. Другая часть воздуха подается напрямую к растопочной горелке для обеспечения процесса горения.
- b) В режиме розжига топливо подается в переточный канал через растопочную горелку (а не через основные горелочные трубки) и смешивается с воздухом на горение.
- c) Продолжительность этапа нагрева в режиме розжига составляет около 1800 минут. При реверсе (переключении шахт) срабатывает только верхний реверсивный клапан, что может вызвать пульсацию или затухание пламени; необходимо вести тщательный визуальный контроль.
- d) В режиме розжига перепускные клапаны воздуха на горение и воздуха для охлаждения извести находятся в вертикальном положении, при этом воздух подается напрямую в шахты печи.
- e) Производительность в режиме розжига изначально устанавливается на уровне 20 т/сутки, с возможностью увеличения до 40 т/сутки при достижении температуры 600 °С. Коэффициенты избытка воздуха на данном этапе не связаны взаимной блокировкой с системой автоматического управления.
- f) По достижении заданного времени сушки и целевой температуры печь необходимо остановить. Затем перевести систему из режима розжига в рабочий режим и выполнить повторный запуск. Проверить температуру в переточном канале и убедиться в успешном воспламенении топлива.

6.3.4 Останов печи

- a) Печь может быть остановлена в любой момент нажатием кнопки «Останов печи» (Kiln Stop) на главном экране интерфейса оператора.
- b) Вентиляторы воздуха на горение и охлаждения извести отключаются через 5 минут после останова печи; вентиляторы охлаждения горелочных трубок отключаются через 15 минут после останова (допускается их досрочное отключение вручную).
- c) В случае останова печи на срок более 1 часа необходимо загрузить по одному ковшу известняка в каждую шахту печи для предотвращения подъема горячих газов и повреждения оборудования.
- d) Любые работы по техническому обслуживанию разрешается проводить только после полного сброса давления в системе, особенно при очистке шуровочных люков, во избежание несчастных случаев.
- e) Во время проведения техобслуживания без крайней необходимости не следует отключать гидравлическую систему (для предотвращения утечек через уплотнения и повреждения узлов горячими газами).
- f) При необходимости следует заранее опорожнить весовой бункер и верхний приемный бункер печи, а также своевременно остановить предшествующий вибрационный питатель.

6.4 Система производства гидроксида кальция

6.4.1 Подготовка к пусконаладочным работам

- a) Перед запуском проверить соответствие параметров источника питания и напряжения проектным требованиям. Не допускается запуск оборудования, если напряжение сети составляет менее 360 В.
- b) Проверить электрические компоненты и цепи в шкафу управления (ШУ) на соответствие нормам и отсутствие ослабленных соединений.

- c) Проверить затяжку всех болтов, винтов и гаек, обращая особое внимание на фундаментные болты рамы двигателя главного вала и болты основания редуктора.
- d) Проверить правильность посадки замков приводных цепей и оптимальность натяжения двухрядной цепи.
- e) Проверить клиновые ремни типа «С» вентилятора на правильность выравнивания шкивов и натяжение. Провернуть вал вручную, чтобы убедиться в свободном вращении ротора и отсутствии аномальных шумов в корпусе вентилятора.
- f) Проверить уровни масла в редукторах; они должны находиться в пределах заданного диапазона.
- g) Проверить наличие масла в корпусе подшипникового узла главного вала вентилятора, ослабив стопорный болт для контроля перелива масла.
- h) Проверить затяжку опорных болтов вентилятора и электродвигателя вентилятора.
- i) Выполнить пробный пуск для проверки направления вращения вентилятора и электродвигателя на соответствие проекту.
- j) Проверить подачу воды насосом и исправность срабатывания электромагнитного клапана.
- k) Запустить подпиточный насос бака или резервуара для заполнения емкости до заданного уровня. Проверить исправность работы указателя уровня или поплавкового клапана, а также функцию автоматического отсечения подачи.
- l) Проверить два насоса системы пылеудаления на стабильность работы и правильность направления вращения.
- m) Проверить водяной насос системы гашения извести на подачу воды и правильность направления вращения; открыть шаровой кран для визуальной проверки протока.
- n) Испытать перегрузочный винтовой конвейер на холостом ходу: контролировать стабильность работы, возможность регулирования скорости и правильность направления вращения.
- o) Выполнить индивидуальные пробные пуски гомогенизатора, трехступенчатой мельницы тонкого измельчения и аппарата предварительного гашения. Проверить

направление вращения, убедиться в отсутствии аномальных шумов внутри корпуса гидратора и зафиксировать значение тока холостого хода.

6.4.2 Детальный регламент проведения пусконаладочных работ

- а) ПНР системы гашения: Основное внимание на данном этапе уделяется регулировки коэффициента гидратации (соотношению «сырье – вода»). Ключевые задачи включают в себя: оценку уровня остаточной влажности внутри аппарата, корректировку расходов подаваемой извести и воды, а также оценку общей технологической нагрузки на систему.
- б) Регулировка подачи сырья и расхода воды: Регулировка производится с учетом фактических производственных условий (содержания активного СаО в исходной извести, доли недожога и пережога в сырье, реакционной способности извести, а также требований к готовой продукции). Первоначально скорость подачи извести устанавливается на уровне 50% от номинальной производительности. После стабилизации технологического процесса и получения кондиционного продукта нагрузку увеличивают до полной проектной мощности. Повышение скорости подачи материала допускается выполнять не чаще одного раза в сутки; при этом расход воды корректируется таким образом, чтобы строго контролировать конечную влажность готового продукта.

6.5 Склад хранения известняка и гидроксида кальция

6.5.1 Этап загрузки

- 1) Открыть выравнивающий клапан и загрузочный клапан; остальные воздушные клапаны находятся в закрытом положении.
- 2) Камерный питатель сообщается с пылесборным бункером, и материал под действием силы тяжести поступает внутрь камерного питателя
- 3) Этап загрузки завершается при срабатывании датчика верхнего уровня или по истечении заданного времени загрузки.

6.5.2 Этап флюидизации

- 1) По окончании этапа загрузки открывается клапан подачи воздуха на флюидизацию. Сжатый воздух поступает в нижнюю часть камерного питателя, проходит через аэрационную перегородку и флюидизирует находящийся внутри бака порошкообразный материал.
- 2) В результате давление внутри камерного питателя возрастает. По истечении заданного времени подачи воздуха система переходит к этапу транспортировки, и этап флюидизации завершается.

6.5.3 Этап транспортировки

- 1) Клапан подачи воздуха на флюидизацию остается открытым, открывается разгрузочный клапан. Смесь порошкообразного материала и сжатого воздуха непрерывно поступает в транспортный трубопровод.
- 2) По мере опорожнения камерного питателя давление в транспортном трубопроводе начинает падать.
- 3) Когда давление снижается до заданного значения окончания транспортировки, система переходит к этапу ожидания.

6.5.4 Этап ожидания

- 1) На данном этапе все клапаны удерживаются в закрытом положении.
- 2) По истечении заданного времени этапа ожидания открываются впускной и выравнивающий клапаны, и система возвращается к этапу загрузки.
- 3) На этом один цикл пневмотранспорта завершается, и система переходит к выполнению следующего цикла.

7 Требования в области охраны труда и промышленной безопасности

7.1 Средства индивидуальной защиты (СИЗ)

- 1) Весь персонал, входящий в производственные цеха и на участки размещения оборудования, обязан использовать следующие СИЗ: противопылевой респиратор (маску), защитную каску, спецобувь с противоскользящей подошвой и защитные перчатки.
- 2) Средства индивидуальной защиты подлежат регулярной проверке и немедленной замене в случае повреждения или износа (старения). Перед каждым использованием необходимо визуально убедиться в полной исправности и сохранении защитных свойств СИЗ.

7.2 Безопасность при выполнении работ

- 1) Работы должны выполняться в строгом соответствии с регламентом «выполнение работ в составе не менее двух человек под контролем двух наблюдающих» (система парного контроля). Самостоятельное управление и проведение манипуляций на критически важном оборудовании одним сотрудником категорически запрещено.
- 2) В рабочей зоне строго запрещено курение, использование открытого огня или пронос горючих и легковоспламеняющихся предметов. Запрещается использование невзрывозащищенного электрооборудования; при необходимости должно применяться оборудование с требуемым уровнем взрывозащиты.
- 3) Для проведения технического обслуживания и капитального ремонта оборудования должен быть разработан специальный план производства работ (ППР) и оформлена соответствующая разрешительная документация (при необходимости), включая наряды-допуски на выполнение огневых работ и работ на высоте. Должны быть в полном объеме реализованы такие меры безопасности, как отключение оборудования, продувка (замещение сред) и газовый анализ; весь ход работ должен контролироваться супервайзером по ОТ и ТБ.

7.3 Управление аварийно-спасательным имуществом и средствами защиты

- 1) Аварийный запас и средства защиты объекта (огнетушители, пожарный песок, противопылевые респираторы, фонтанчики для промывки глаз, аптечки первой помощи и т. д.) должны храниться в строго отведенных местах, иметь четкую маркировку (знаки безопасности) и находиться на учете у назначенного ответственного лица.
- 2) Проверка противопожарного оборудования должна проводиться не реже одного раза в месяц на предмет контроля давления и срока годности. Проверка работоспособности фонтанчиков для промывки глаз и аварийных душей должна выполняться еженедельно для подтверждения исправной подачи воды. Использованные аварийные материалы и средства защиты подлежат немедленному восполнению, а поврежденные – своевременному ремонту или замене.