ВВЕДЕНИЕ

Сегмент калийных удобрений - один из самых консолидированных товарных рынков в мире, т.к. мировой рынок представляет олигополию, где 7 компаний контролируют около 83%, а 9 компаний – около 90 % всего мирового производства. Всего ежегодно в мире производится около 58 млн. т. хлористого калия. Рынок представлен в основном 12 производителями.

Крупнейшими производителями калия являются Канада (Potash Corp), Россия («Уралкалий»), Белоруссия («Беларуськалий») и США (Mosaic), причем внешний спрос в этих регионах в значительной степени превосходит спрос внутренний, поэтому они же являются и основными экспортерами. Крупнейшими импортерами калийных удобрений являются Латинская Америка и страны Азии.

Работа обогатительной фабрики оценивается основными технологическими показателями, характеризующими эффективность процесса обогащения. К ним относятся качество руды, качество и вид применяемых реагентов, выход концентрата, качество концентрата, извлечение ценного компонента в продукты обогащения.

Такие технико-экономические показатели, как стоимость товарной продукции, прибыль предприятия, производительность на одного трудящегося дополнительно характеризуют технологический и организационно - технический уровень работы обогатительной фабрики.

Основная задача данной работы снизить себестоимость продукции. Существует несколько способов выполнения данной задачи. К таким способам относятся: применение более дешёвых реагентов на обогатительной фабрике, использование оборудования с более низким потреблением электроэнергии, изменение аппаратной компоновки технологических цепочек, исключение оборудования выполняющего нулевые функции и т.д.

Рассмотрим возможность снижения себестоимости товарного хлорида калия в условиях Сушильно-грануляционного отделения. В результате пуско-наладочных работ были определены оптимальные режимы работы

технологического оборудования, были выявлены «узкие» места в технологии. Одним из таких «узких» мест является участок агломерации пыли с аспирационной установки и с пылегазоочистки Сушильно-грануляционного отделения. Данная технология показала себя не эффективной и оказывающей влияние на весь процесс в целом.

Цель данной работе оптимизация участка агломерации пыли со снижением себестоимости товарного хлорида калия.

В данной работе были поставлены и решены следующие задачи:

1. Описать рассматриваемое производство
2. Дать характеристика выпускаемой продукции, исходного сырья, вспомогательных материалов
3. Описать технологическую схему производства
4. Выбрать и обосновать технические решения
5. Произвести экономическое обоснование улучшение
6. Рассчитать вопросы охраны труда

Для решения поставленных задач были использованы следующие методы исследования анализ научной и учебной литературы, изучение и анализ нормативно-правовых документов и локальной документации.

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Общая характеристика производства

Полное наименование производства - ООО «ЕвроХим-Усольский калийный комбинат». ЕвроХим – один из наиболее быстро развивающихся крупных производителей удобрений. Вертикально интегрированная бизнес-модель и доступ к дешевому сырью и энергоресурсам обеспечивают ЕвроХиму уникальные конкурентные преимущества по себестоимости продукции. Инвестиции в разработку калийных месторождений позволяют приблизиться к мировому лидерству в отрасли после ввода активов в эксплуатацию.

На данный момент Компания выпускает азотные и фосфорные удобрения, в 2018 году запущено производство калийных удобрений, что позволяет расширить ассортимент продукции. Вся продукция Компании отличается высоким качеством, будь то стандартные удобрения общего назначения или активно развивающиеся удобрения пролонгированного действия и специализированные удобрения, на которых сосредоточено основное внимание Компании.

География производственных активов постепенно расширяется и охватывает Россию, Литву, Казахстан и Бельгию, а также Китай, где было запущено совместное предприятие. Данные активы имеют прямой выход на основные рынки благодаря логистической и дистрибуторской сети, которая в настоящее время ведет деятельность в более чем 25 странах.

Наращивание мощностей по добыче и реализации калия − один из приоритетов стратегии развития ЕвроХима. Запуск в работу шахт и перерабатывающих предприятий ведется в двух российских регионах: в Волгоградской области (ЕвроХим−ВолгаКалий, Гремячинское месторождение) и Пермском крае (Усольский калийный комбинат, Верхнекамское месторождение).

По достижении проектной мощности объем добычи на двух основных месторождениях должен составлять более 8,3 млн. тонн KCl (5,0 млн. тонн K_2O), или около 10% текущего объема мировых поставок. Это позволит стать одним из

четырех крупнейших производителей в мире, работающих во всех трех основных сегментах, и войти в пятерку мировых лидеров по объему производства.

Ожидается, что устройство шахт, использование передовых технологий, низкие цены на энергоресурсы и доступ к собственным портам и перевалочным мощностям обеспечат ЕвроХиму один из самых низких показателей себестоимости сырья (с учетом транспортировки). По мнению отраслевых экспертов, уровень себестоимости продукции Усольского калийного комбината будет одним из самых низких в мире, однако, наиболее конкурентоспособным калийным предприятием мировой отрасли должен стать «ЕвроХим – ВолгаКалий», расположенный на 1 500 км ближе к порту.

Развивая конкурентные преимущества компании, «ЕвроХим» ставит цель войти в пятерку крупнейших мировых производителей по объему производства действующих веществ и величине прибыли.

Для достижения цели по вхождению в пятерку мировых лидеров отрасли Компания концентрирует свои усилия на следующих аспектах:

- инвестиции в производство калийных удобрений в дополнение к производству азотных и фосфорных удобрений, что упрочит лидирующее положение;
- поддержка и развитие вертикально интегрированной бизнес-модели, что будет способствовать самообеспеченности сырьем и позволит упрочить преимущество компании по затратам;
- постоянное развитие продуктов и услуг с добавленной стоимостью;
- близость к клиентам за счет разветвленной международной логистической и сбытовой сети.

Объём инвестиций компанией «ЕвроХим» за последние десять лет составили 409 миллиардов рублей в строительство своих основных проектов – горных обогатительных комплексов в Котельниково Волгоградской области и в Усолье Пермского края, а так же завода по производству аммиака в Кингисеппе Ленинградской области.

В 2018 году на Усольском калийном комбинате в режиме пуско-наладочных работ было произведено более 200 тыс. тонн калия. Весь объём пошёл, как пробная партия, потребителям «ЕвроХима», чтобы получить обратную связь и испытать продукт. Компания отправила продукцию всем потребителям в Европе, Китае и на переработку на «Невинномысский Азот» в Ставропольском крае. В конце 2018 года, когда получили результаты этих испытаний, немного доработали технологию обогащения на Усольском ГОКе. В 2019 году Компания планово занимается производством. В этом же году запустили оборудование грануляции калия, что позволяет транспортировать его более эффективно, без пыления, и открывает новые рынки. Планируется, что в 2019 году Усольский калийный комбинат выйдет на объём производства хлористого калия – 1 млн. тонн в год.

Сейчас ключевым рынком сбыта продукции Компании является Латинская Америка. В первую очередь Бразилия, где в 2016 году был приобретён Fertilizantes Tocantins – дистрибуторская сеть со своими складами, блендинговыми установками, которые позволяют создать смеси из различных видов удобрений: калия, карбамида, фосфорных удобрений.

Кроме того, в 2018 году был подписан большой десятилетний контракт с Китаем, крупнейшим потребителем калия – Heilongjiang Beidahuang Farms.

Основными поставщиками реагентов Усольского калийного комбината являются такие компании как ООО «СЕВЕРХИМПРОМ», ООО «НАЦ ПАВ», «Акзо Нобель», ООО «ЭРСИ-Трейд», ОАО «Сибнефть-Омский НПЗ», ООО «Фосфат», АО «НАК Азот», АО «Невинномысский Азот», ОАО «Березниковский содовый завод».

Основа электроснабжения Усольского калийного комбината – главная понизительная подстанция 220 кВ «КамаКалий», с присоединённой мощностью 189 МВА. С подстанции выходит распределительная сеть среднего напряжения 6 кВ и целый комплекс понизительных подстанций и распределительных

устройств. Для оснащения подстанции использовано самое современное оборудование производства «Сименс».

Основными Российскими поставщиками оборудования являются: ООО "Веир Минералз РФЗ", АО "БМЗ", ЗАО "СовПлим", ООО "Астро Груп". Основные иностранные поставщики: Binder+Co, Andritz Separation GmbH, Koppern GMBH, EMDE, ARES.

Для производства калия хлористого марки «мелкий» на Усольском калийном комбинате принят флотационный способ обогащения сильвинитовой руды.

Установленная проектная мощность производства - 2,2 млн т/год товарного продукта в натуральном исчислении с массовой долей хлорида калия не менее 95% (не менее 60% в пересчете на K_20), в том числе; калий хлористый марки «мелкий» - 1,1 млн. т/год, калий хлористый марки «гранулированный» - 1,1 млн т/год.

Флотационная обогатительная фабрика состоит из следующих отделений:

- отделение обогащения;
- сушильно-грануляционное отделение;
- отделение удаления отходов;
- отделение приготовления и складирования реагентов, компрессоров и градирни;
- отделение отгрузки готовой продукции.

Аппаратурное оформление технологического процесса переделов обогащения в главном корпусе обогатительного комплекса организовано в виде четырех независимых секций. Номинальная проектная производительность одной секции по переработке руды составляет 297,2 т/ч, а всего обогатительного комплекса 1188,8 т/ч. Аппаратурное оформление процессов сушки и грануляции представлено тремя линиями сушки - 120 т/ч каждая по сухому концентрату, и тремя линиями грануляции- облагораживания - 90 т/ч каждая.

1.2. Характеристика выпускаемой продукции, исходного сырья, вспомогательных материалов

Основные потребности обогатительного комплекса составляют следующие ресурсы обеспечения, материалы и энергоресурсы:

- сильвинитовая руда;
- маточный раствор - жидкая фаза технологических процессов переделов обогащения;
- оборотный рассол - осветленная жидкая фаза из шламохранилища, для орошения систем аспирации передела измельчения, гидросмыва в производственных помещениях, разбавления жидких шламовых отходов при транспортировке на шламохранилище; восполнения потерь маточного раствора и обеспечения баланса воды с целью снижения потерь KCl;
- реагенты - для обеспечения технологических процессов флотации сильвина; диспергирования, флотации и сгущения шламов; модифицирования готовой продукции;
- техническая вода - для технологического процесса, систем газоочистки сушильно-грануляционного отделения, для приготовления растворов реагентов, для подпитки оборотной системы охлаждения технологического оборудования;
- газ природный - для обеспечения технологических процессов сушки горячими топочными газами;
- пар - для подогрева воды при приготовлении рабочих растворов реагентов; для разогрева реагентов и поддержания температуры в технологических емкостях; при обезвоживании флотационного концентрата на ленточных вакуум-фильтрах; для подогрева маточного раствора в зимнее время;
- сжатый воздух - на ремонтные нужды, для приборов КИПиА, для работы установок пылегазоочистки и сушильных установок сушильно-грануляционного отделения и пр.;
- электроэнергия.

Сырьем для производства хлористого калия является сильвинитовая руда, добываемая шахтным способом. Основной минеральный состав руды - сильвин, галит, нерастворимые и малорастворимые в воде минералы. Физические свойства исходной руды представлены в таблице 1.

Процесс флотационного обогащения сильвинитовой руды осуществляется в насыщенном растворе хлоридов калия и натрия с небольшим содержанием хлорида магния и сульфата кальция (маточный раствор). Температура маточного раствора составляет (25±10) °С.

Состав, физико-химические свойства и показатели качества сильвинитовой руды, материалов, используемых в технологическом процессе и для обработки готового продукта, и энергоресурсов приведены в таблице 2.

Таблица 1

Физические свойства исходной руды

Наименование	*Единицы измерения*	*Регламентируемая величина*
Плотность	кг/м^3	2200
Насыпная плотность	кг/м^3	от 1300 до 1380
Удельная теплоемкость	ккал/(кг×°С)	0,2
Угол естественного откоса	градус	от 36 до 40

Таблица 2

Характеристика сырья, материалов и энергоресурсов

Наименование сырья, материалов, и энергоресурсов	*Национальный стандарт, технические условия, регламент или методика на подготовку сырья, стандарт организации*	*Показатели, обязательные для проверки*	*Регламентируемые показатели*	
СЫРЬЕ				
Сильвинитовая руда	Регламент № ТР-2-7/01	Массовая доля КС1, %, не менее Массовая доля Н.О., % , не более	27,0 8,0	
		Массовая доля воды, %, не более Грансостав, *%:* - фракция более 8 мм, не более - фракция менее 0,25 мм, не более	1,0 5,0 11,0	
МАТЕРИАЛЫ				
Амины первичные	Сертификат качества	Внешний вид	Flotigam	Armeen HT

алифатические импортные FJotigam S, Armeen HT	поставщика			S	
				Парафинообразное вещество серовато-белого цвета	
		Массовая доля аминов, % -первичных, не менее -вторичных, не более -углеводородов, не более Массовая доля воды, % не более Средняя молекулярная масса, условные единицы Йодное число, г йода/100 г продукта, не более		96 2 1 1 от 260 до 274 5	96 2 1 1 275 2
Сода кальцинированная	ГОСТ 5100-85	Внешний вид Массовая доля углекислого натрия, %, не менее		Порошок белого цвета 99,0	
Крахмал картофельный	ГОСТ Р53876-2010 ТУ поставщика	Массовая доля влаги, %, не более		20	
Полигликолевый эфир алкила марки Flotanol F	Условия контракта	Внешний вид Плотность при 20 °С, кг/м^3 Массовая доля основного вещества, % Температура застывания, °С Температура кипения, °С Температура вспышки в закрытом тигле, °С		Прозрачная бесцветная жидкость без механических примесей 947 90,0 <-20 от 96 до 114 105	
Эфир фосфатэтоксилата спир-та марки PHOSPHO LAN PE 65 (Фосфолан PE 65)	Сертификат качества	Внешний вид Температура вспышки, °С Плотность при 20 °С, кг/м^3		Прозрачная или мутноватая жидкость от 150 до 199 1018	
Калий железистосинеродистый технический	ГОСТ 6816-79	Внешний вид Массовая доля железистосинеродистого калия, %, не менее: - высший сорт - первый сорт		Кристаллы желтого цвета 99 96	
Кислота соляная из абгазов хлорорганических производств	ТУ 2122-247-00203312-2005	Внешний вид		Прозрачная бесцветная или желтоватого цвета жидкость без взвешенных и эмульгированных частиц	
		Массовая доля хлористого водорода (НС1), %, не менее	Высший сорт Первый сорт Второй сорт	31,5 30,0 27,5	
		Массовая доля свободного хлора (СГ), %, не более	Высший сорт Первый сорт Второй	0,005 0,005 0,02	

			сорт		
Полиакриламид сухой марки Accofloc A-110 (Аккофлок А-110)	Сертификат качества и безопасности согласно условиям контракта	Внешний вид Флокулирующая способность (скорость осаждения по оксиду меди), мм/с, не менее		Твердый гранулированный продукт белого цвета с размером частиц менее 1 мм	
Индофлоат ДМТ 100	Сертификат качества поставщика	Третичный амин, C_{14}-C_{18}			
Газойль каталитический	ТУ 38.301-19-87-97	Внешний вид		Вязкая жидкость темного цвета	
		Плотность при 20 °С, кг/м^3		Марка А	Марка Б
				1010	990
		Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже		130	130
Масло индустриальное - марка И-40	ГОСТ 20799 - 88	Внешний вид Вязкость кинематическая при 40 °С, м^2/с Плотность при 20 °С, кг/м^3, не более Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С, не ниже		Однородная жидкость со слабым запахом от 61 до 75 900 220	
Пылеподавитель полиэтиленгликолевый «М» (модифицированный)	ТУ 2483-118-00203335-2000	Внешний вид Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не менее Массовая доля воды, % не более		Темно-коричневая жидкость без механических примесей. 130 5,0	
Пылеподавитель калийных солей	ТУ 2422-083-05766801-98	Внешний вид		Вязкая жидкость темного цвета	
		Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не менее Массовая доля воды, %, не более		*Марка А* 130.0 2.0	*Марка Б* 130.0 5.0	*Марка В* 130.0 5.0
Метасиликат натрия пятиводный	ТУ 2145-001-52257004-2002	Массовая доля общей щелочности, %		от 28 до 30	
Карбамид	ГОСТ 2081-2010	Внешний вид Массовая доля азота в пересчете на сухое вещество, %, не менее		Масса из белых или слабоокрашенных кристаллов или гранул 46,2	
Сульфат алюминия	ГОСТ 12966-85	1 сорт; Массовые доли, *%* - оксида алюминия, не менее - нерастворимого в воде остатка, не более		 16 0,3	
ЭНЕРГОРЕСУРСЫ					
Воздух сжатый	ГОСТ 17433-80	Давление, МПа, не более		0,6	
Газы горючие природные промышленного и	ГОСТ 5542-2014	Входному контролю не подлежит		В соответствии с паспортом	

коммунально-бытового назначения			
Электрическая энергия	ГОСТ Р 54149-2010		
Пар водяной насыщенный	-	Давление, МПа, при температуре 159 °С	0,6
Примечание. Допускается замена приведенных в графе 1 материалов другими материалами с идентичными физико-химическими свойствами, использование которых отвечает требованиям технологического процесса. Допускается изменение контролируемых показателей в соответствии с "Перечнем сырья, реагентов и материалов, подлежащих входному контролю в ООО "ЕвроХим-УКК", который актуализируется ежегодно.			

Калий хлористый, выпускаемый в соответствии с настоящим технологическим регламентом, должен соответствовать требованиям действующей нормативнотехнической документации: ГОСТ 4568-95 Калий хлористый. Технические условия, ТУ 08.91.19-002-37011412-2018 Сильвин. Технические условия.

Технические требования и физико-химические показатели товарного хлористого калия должны соответствовать нормам, приведенным в таблицах 3 и 4.

Таблица 3

Технические требования и физико-химические свойства калия хлористого в соответствии с ГОСТ 4568-95

Наименование показателя	Ед. изм.	Норма для марки			
		мелкий		Гранулированный	
		1-й сорт	2-й сорт	1-й сорт	2-й сорт
Внешний вид		Мелкие зёрна различных оттенков красновато-бурого цвета		Спрессованные гранулы неправильной формы различных оттенков красно-бурого цвета	
Массовая доля калия в пересчете на K_20	%, не менее	60	58	60	58
Массовая доля воды,	%, не более	1,0	1,0	0,5	0,5
Рассыпчатость	%	100	100	100	100
Гранулометрический состав (массовая доля фракций): - свыше 6 мм -от 1 до 4 мм -менее 1 мм	%, не менее не более	не нормируется не нормируется не нормируется		0 95 5	0 95 5
Динамическая прочность (массовая доля неразрушенных гранул)	%, не менее	не нормируется		80	80

Насыпная плотность в зависимости от времени хранения	кг/м^3	от 1050 до 1200	от 900 до 1140
Плотность	кг/м^3	2000	от 1990 до 2000
Угол естественного откоса	градус	от 33 до 35	от 35 до 37
Температура плавления	°С	от 768 до 776	от 768 до 776
Температура кипения	°С	1415	1415
Удельная теплоемкость	Дж/(кг×К)	700	700

Таблица 4

Технические требования и физико-химические свойства продукта в соответствии с ТУ 08.91.19-002-37011412-2018

Наименование показателя	Ед. изм.	Норма
Массовая доля калия хлористого калия в пересчете на K_2O	%, не менее	95 60
Массовая доля воды	%, не более	0,5
Примечания 1 *Допустимые уровни тяжелых металлов не должны превышать норм, установленных ГН 2.1.7.2041 и ГН 2.1.7.2511 в мг/кг почвы с учетом фона: ртути -2,1; мышьяка - 2,0; свинца - 32,0; цинка - 23,0; кадмия - 0,5; при совместном присутствии свинца и ртути 20,0+1,0 не более. Лабораторные испытания сильвина по содержанию вышеперечисленных тяжелых металлов (токсичных элементов) осуществляет орган Роспотребнадзора не реже одного раза в год.* 2 *Сильвин не является радиационно-опасным согласно СанПиН 2.6.1.2800. Определение природных радионуклидов проводит аккредитованная лаборатория по методике, утвержденной в установленном порядке, не реже одного раза в год.* 3 *Технология получения сильвина обеспечивает 100 % рассыпчатость продукта.*		

Калий хлористый предназначается для сельского хозяйства и розничной торговли как удобрение, а также для промышленности при производстве других химических продуктов и для других целей.

1.3 Описание технологической схемы

Переработка сильвинита на хлористый калий производится двумя методами: галургическим и флотационным.

Галургический метод.

Основан на различной растворимости KCl, NaCl, входящих в состав сильвинита с изменением температуры. С повышением температуры от 20 до 100°С растворимость KCl возрастает примерно в 2 раза, а растворимость NaCl

почти не изменяется, поэтому р-р, насыщенный по KCl и NaCl при 20^0C, останется насыщенным по NaCl при 100^0C и будет ненасыщенным по KCl. Если такой раствор привести в соприкосновение с рудой, то из руды в раствор будет переходить только KCl, NaCl не будет растворяться и перейдет в отвал. Растворение KCl будет продолжаться до насыщения раствора KCl. Затем насыщенный раствор осветляют от солевых и глинистых частиц и подают на кристаллизацию. При охлаждении раствора до 20^0C он становится пересыщенным по KCl и KCl выделяется в виде кристаллов, которые сгущают, обезвоживают на центрифугах и сушат. Освобожденный от кристаллов раствор нагревают до 100^0C и вновь подают на растворение руды, т.е. раствор находится в обороте. Крупность руды 1-5 мм.

Применение галургического метода обогащения калийных руд создает возможность комплексного использования сырья (одновременное получение пищевой соли и других полезных продуктов), более полного извлечения полезных компонентов из руды, получения хлористого калия высокого качества.

Флотационный метод.

Основан на различной смачиваемости NaCl и KCl. Несмачиваемые частицы называются гидрофобными, а смачиваемые - гидрофильные. Гидрофобные частицы прилипают к пузырькам воздуха и всплывают, образуя пенный продукт. Смачиваемые частицы тонут.

Крупность флотируемых частиц 0,5 мм.

Флотационный метод обогащения растворимых солей может осуществляться только в насыщенных растворах.

Флотационное обогащение калийных солей, так же как и других руд, осуществляется при участии флотационных реагентов.

Различают три основных вида флотации - пленочную, масляную и пенную.

При пленочной флотации, разделение минералов происходит на плоской поверхности раздела фаз вода-воздух. При этом измельченная руда, подлежащая разделению, насыпается с небольшой высоты на поверхность воды.

Несмачиваемые частицы остаются на поверхности и выделяются во флотационный продукт, смачиваемые переходят в водную фазу. Из-за низкой производительности этот процесс не получил широкого применения. Однако эффект пленочной флотации используется при флотогравитационном способе получения крупнозернистого хлористого калия.

Масляная флотация заключается в избирательном смачивании частиц минерала диспергированным в воде жидким маслом. Образующиеся при этом агрегаты частиц, заключенные в масляные оболочки, всплывают на поверхность пульпы. Вследствие незначительной подъемной силы капли масла могут нести лишь небольшой груз частиц, а расход масла при этом очень велик. Поэтому масляная флотация не получила промышленного распространения.

При пенной флотации пульпа насыщается пузырьками газа, обычно воздуха. Флотирующиеся частицы (гидрофобные) закрепляются на пузырьках и выносятся ими на поверхности пульпы, образуя слой минерализованной пены. Гидрофильные частицы остаются в пульпе.

При использовании флотационного метода выявляются следующие его преимущества перед галургическим: процесс может быть легко автоматизирован; обогащение осуществляется в пульпе при нормальной температуре, что резко снижает коррозию аппаратуры, а также улучшает условия труда; хлористый калий получается менее слеживающимся; как правило, сокращаются капитальные затраты, требуется значительно меньший расход технологического пара, что снижает затраты на сооружение ТЭЦ.

Но флотационный метод производства хлористого калия из сильвинита обладает по сравнению с галургическим и рядом недостатков: содержание хлористого калия в продукте не превышает, как правило, 95%; галитовые отвалы содержат незначительные примеси жирных аминов, что затрудняет их переработку на кормовую и особенно на пищевую поваренную соль; безвозвратно теряется содержащийся в сильвините бром, поскольку флотационное обогащение не сопровождается растворением хлористого калия в оборотном растворе.

Другими словами, галургический метод производства хлористого калия обеспечивает лучшую возможность для комплексного использования сырья и получение продукта более высокого качества.

Практика показала, что при флотационном обогащении калийных руд с невысоким содержанием глинистого шлама себестоимость хлористого калия ниже себестоимости продукта, получаемого галургическим методом.

Технологическая схема сушки

Сушка, представляет собой процесс удаления влаги из твердых влажных материалов путем ее испарения и отвода образующихся паров. Сушка является наиболее распространенным способом удаления влаги из твердых и пастообразных материалов и проводится двумя основными способами:

- путем непосредственного соприкосновения сушильного агента (нагретого воздуха, топочных газов) с высушиваемым материалом - конвективная сушка;

- путем нагревания высушиваемого материала тем или иным теплоносителем через стенку, проводящую тепло - контактная сушка.

Сушка производится также путем нагревания высушиваемых материалов токами высокой частоты или инфракрасными лучами.

Количество влаги, удаленной из материала, можно определяется по основному уравнения массопередачи:

$$M = KFD,$$

где K – коэффициент массопередачи;

F – поверхность соприкосновения фаз;

D – движущая сила процесса.

При постоянных условиях коэффициент массопередачи и движущая сила остаются постоянными, поэтому интенсифицировать процесс сушки можно за счет увеличения поверхности контакта фаз.

Заводами химического машиностроения в настоящее время серийно выпускается сравнительно немного типов и типоразмеров сушильных аппаратов. Значительное число разнообразных конструкции работает на химических

предприятиях, как правило, в единичных экземплярах, разработанных либо самими предприятиями, либо (гораздо чаще) отраслевыми институтами и вузами, а также сушилок, поставленных зарубежными фирмами. И, наконец, имеются многочисленные технические предложения по новым конструкциям сушилок, находящиеся на различных ступенях реализации (большей частью лабораторные модели). Предлагаемые различными зарубежными фирмами многочисленные конструкции и конструктивные варианты сушилок в большинстве случаев основаны на широко известных и используемых нами (и часто даже устаревших) технических решениях и не пригодны в качестве типовых аппаратов.

В технологическую схему сушки влажного концентрата входят три технологических линий, которые имеют идентичное и независимое друг от друга оборудование.

Концентрат с влажностью не более 5 % из отделения обезвоживания, флотационной обогатительной фабрики, конвейерами (распределяется по накопительным бункерам при помощи плужковых сбрасывателей. Весовым ленточным конвейером влажный концентрат из накопительных бункеров дозируется в статическую сушилку с псевдоожиженным слоем.

Высушенный мелкозернистый хлористый калий выгружается из сушилки при помощи барабанного шлюзового питателя на цепной ковшовый элеватор. Далее соль при помощи распределительных устройств распределяется на стадии охлаждения и гранулирования.

Продукт в сушилку поступает через впускное отверстие и равномерно распределяется по днищу, через которое снизу подается теплоноситель с температурой не более 550 °С. Регулирование температурного режима процесса сушки осуществляется по температуре отработанного воздуха изменением мощности горелки. Оптимальная величина температуры отводимого из сушилки воздуха составляет 110 °С. За счет создания необходимого перепада давления в подрешетной и надрешетной зонах сушилки и продувки горячего воздуха через слой материала, последний переходит во взвешенное состояние (кипящий слой),

обеспечивающее наиболее благоприятные условия для повышения эффективности процессов массообмена и теплообмена. В сепарационной зоне сушилки за счет регулирования режима работы вентилятора частотным преобразователем поддерживается заданное разряжение от -0,2 кПа до -0,5 кПа. По мере продвижения взвешенного продукта в сторону разгрузки происходит нагрев и удаление из него влаги. Высота кипящего слоя составляет 700 мм. Температура продукта на выходе из сушилки составляет не более 130 °С.

Теплоноситель представляет собой смесь топочных газов, образуемых в горелке канального типа при сжигании природного газа, и воздуха, нагнетаемого с помощью вентилятора.

Охлаждение мелкозернистого хлористого калия осуществляется в оросительном охладителе. Процесс охлаждения происходит за счет передачи тепла от горячего теплоносителя к более холодному через перегородку, разделяющую данные теплоносители.

В качестве холодного теплоносителя используется оборотная вода. Охлажденный продукт выгружается из охладителя в смеситель непрерывного действия. В смесителе охлажденный продукт проходит обработку реагентами (пылеподавителем и антислеживателем). Далее продукт разгружается на ленточный конвейер и транспортируется на склад готовой продукции.

Отходящие газы из статической сушилки, перед выбросом в атмосферу, проходят сухую и мокрую стадии очистки. Сухая очистка отходящих потоков осуществляется в сдвоенном циклоне. Соотношения диаметров отделительной камеры и диаметра погружной трубки циклона, является таким, что способствует возникновению центробежных сил на погружной трубке. За счет этого обеспечивается наилучшее отделение твердой фазы от газовой.

Осевшая пыль хлористого калия из конусной части циклонов разгружается барабанными шлюзовыми затворами в смеситель для обработки реагентами.

Газовый поток после сдвоенного циклона вентилятором направляется на мокрую очистку в скруббер Вентури, где происходит более тонкая очистка отходящего газа от твердых частиц и выбрасывается в атмосферу.

Запыленная воздушная среда с технологического оборудования, перед выбросом в атмосферу, проходит сухую очистку в рукавном фильтре. Площадь фильтрующей поверхности составляет 315 $м^2$. Рукавный фильтр состоит из корпуса в котором располагаются фильтрующие элементы. Внутри фильтрующего элемента располагается металлический каркас. Очистка фильтрующих элементов автоматическая, за счет подачи сжатого воздуха во внутрь филирующего элемента (рукава). Уловленная пыль в фильтровальной установки с помощью шнекового транспортера разгружается в смеситель для обработки реагентами.

Суть предлагаемого мероприятия

В результате пуско-наладочных работ оборудования Сушильно-грануляционного отделения в 2018 году, был выявлен ряд недостатков и «узких мест» в технологии. Одним из таких «узких мест» оказалась технология агломерации пыли, поступающей с аспирационной установки и с установки пылегазоочистки на участке Сушки влажного концентрата хлорида калия. Технология производства участка Сушки состоит из нескольких стадий.

Влажный концентрат хлорида калия с влажностью до 5 %, транспортируется из Отделения Обогащения на участок Сушки, где проходит осушку в печах кипящего слоя. Горячий и высушенный продукт с температурой 130°С поступает на стадию охлаждения, где охлаждается до температуры 60°С. Высушенный и охлаждённый продукт проходит стадию обработки реагентов и далее транспортируется на склад готовой продукции с влажностью не более 0,2%. Весь технологический транспорт с перегрузочными узлами подсоединён к аспирационной системе, предотвращающей попадание пыли в производственные помещения. Печь кипящего слоя подключена к установке удаления влаги и пыли. Вся уловленная пыль проходит стадию агломерации, где под воздействием

реагента – связующего вещества частички пыли смачиваются и слипаются, то есть укрупняются. Агломерированная пыль снова поступает в печь кипящего слоя, где сушится и с готовым продуктом поступает на склад.

Стадия агломерации, в процессе пуско-наладки, показала себя не эффективной. Частички пыли не слипались, а реагент добавлял дополнительную влажность в исходном концентрате хлорида калия. Система пылеулавливания испытывала перегрузки из-за большого количества циркулирующей пыли, а решётка печи кипящего слоя забивалась слишком влажным продуктом. В результате происходили производственные простои оборудования с потерями готовой продукции.

Для исключения данного недостатка проводится мероприятия по выводу пыли в готовый продукт. Это допустимо, так как содержание мелкой фракции, при данной схеме, будет в пределах норм для готового продукта.

Принципиальная схема участка сушки показана на рисунке 1.

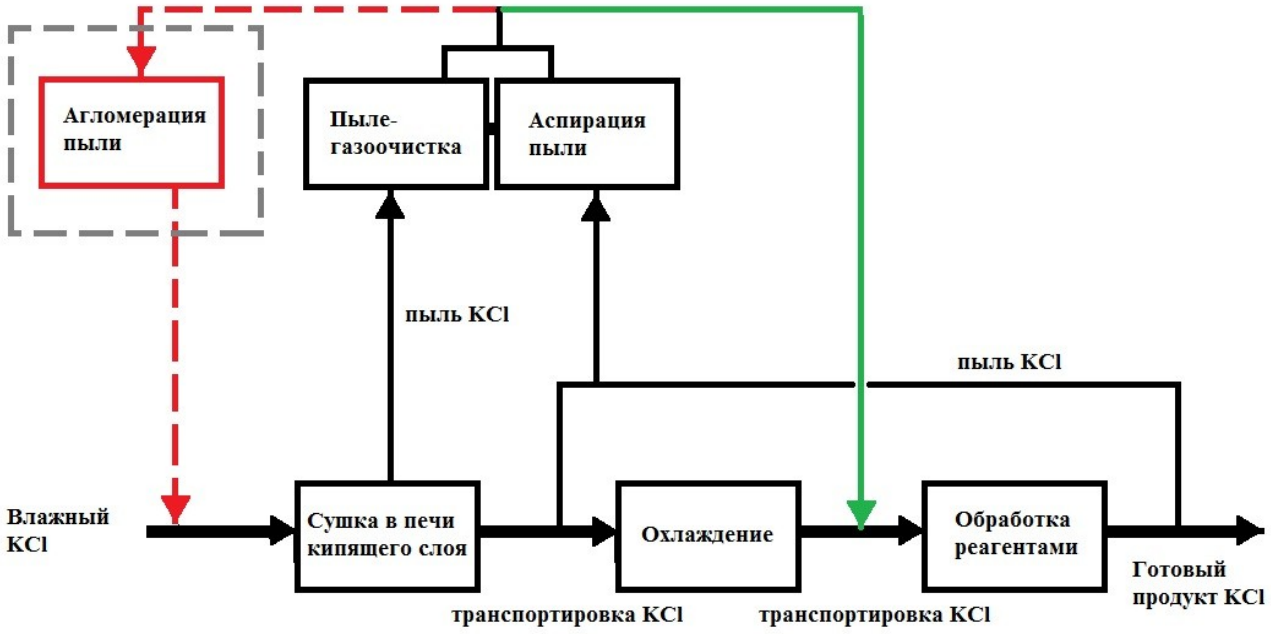


Рисунок 1. Принципиальная схема производственного процесса сушки хлорида калия

На рисунке 1 пунктиром выделена стадия, которая исключается из производственного процесса. Так же на рисунке 1 показано мероприятие по

снижению себестоимости продукции в условиях Сушильно-грануляционного отделения.

Для проведения мероприятия по улучшению технологического процесса необходимо произвести монтаж трубопровода для отвода пыли в готовый продукт перед стадией обработки реагентами. При такой схеме исключается из технологического процесса оборудование: смеситель и насос для подачи реагента – связующего вещества. Так же отпадает потребность в применении реагента, а, следовательно, и потребность в его закупке.

Таким образом себестоимость продукции после мероприятия увеличится на затраты для монтажа трубопровода пыли и уменьшится на величину потребляемой электроэнергии исключённым оборудованием и уменьшится на затраты на покупку реагентов.

1.4 Автоматизация технологического процесса

Комплексной механизации и автоматизации в химической промышленности уделяется большое внимание. Это объясняется сложностью протекания технологических процессов, а также чувствительностью их к нарушению режима, вредностью условий работы, взрывоопасностью и пожароопасностью перерабатываемых веществ.

Органические возможности человеческого организма (утомляемость, недостаточная скорость реакции на изменение окружающей обстановки, субъективность в оценке сложившейся ситуации и т.д.) являются препятствием для дальнейшей интенсификации производства. Наступает новый этап машинного производства - автоматизация, когда человек освобождается от непосредственного участия в производстве, в функции управления технологическими процессами передаются автоматическим устройствам.

Автоматизация, улучшает показатели производства: улучшение качества, снижение себестоимости продукции, увеличение количества, повышение производительности. Приобретение автоустройств способствует безаварийной

работе исключая несчастные случаи, предупреждает о загрязнении воздуха и отходами в водоёмы. Система автоматического контроля – система, состоящая из различных устройств, которые выполняют функции измерения. С помощью авторегулирования можно предотвратить аварийные ситуации, например, при колебании температуры, давление может отклониться, отклонения могут привести к некачественному продукту и аварии.

Таблица 5

Контроль и автоматизация оборудования

Изм. параметр	№ поз.	Краткая характеристика прибора	Тип прибора	Ед. изм.	Кол
Температура	1а, 2а, 3а	Термопара. Диапазон измеряемых температур - от -200^{0}С до +1372^{0}С	ТХА	шт.	3
	1б, 1б, 3б	Преобразователь ДИ от 0 до 300 ^{o}С кл.т. 0,5	ТХАУ-205 ДИ	шт.	3
		Контроллер С200 4…20 мА, ПГ 0,5%			
		Компьютер			
Температура	10а, 19а	Термопара. Диапазон измеряемых температур - от -200^{0}С до +1372^{0}С	ТХА	шт.	1
	10б, 19б	Преобразователь от 0 до 900 ^{o}С КТ 0,5.	ТХАУ-205 ДИ	шт.	1
	10в, 19в	Пускатель бесконтактный реверсивный, степень защиты: IP – 20.	ПБР-2М2.1	шт.	1
	10г, 19г	Заслонка регулирующая.	Д 600.	шт.	1
		Контроллер С200 4…20 мА, ди от 0 до 12500 м^3/ч, ПГ±0,5%.			
		Компьютер			
Расход	11а, 16а, 20а	Диафрагма от 0,6-600.	ДБС	шт.	2
	11б, 16б, 20б	Преобразователь разности давления от 0 до 25000 м^3/ч ПГ ±0,1 %	VEGADIF 35 ди	шт.	2
		Регистратор. Отн. ПГ 0,05%.	Yokogawa ПР3	шт.	2
	11в, 16в, 20в	Поворотная заслонка с исп. механизмом МИП-П-320		шт.	2
	11г, 16г, 20г	Контроллер С200 4…20 мА, ПГ ±0,5%			
		Компьютер			

Вес	17а 17б 17в 17г	Весы конвейерные фирмы HASLER ДИ 0-150 т/ч ПГ ±1% Шибер на бункере Преобразователь электропневматический КТ1 Механизм исполнительный пневматический Контроллер С200 4…20 мА, ПГ ±0,5% Компьютер	VHRS-6 ЭП-3324 МИП-П-320	шт. шт. шт. шт.	1 1 1 1
Расход	15а 15б	Диафрагма 0,6-600-Б. Преобразователь давления «Emerson». Верхний предел измерений 12500 м3/ч КТ 0,25 Контроллер С200 4…20 мА, ди от 0 до 12500 м^3/ч, ПГ±0,5%. Компьютер	ДБС 3051	шт. шт.	2 2
Давление	4а, 6а, 9а, 12а, 13а, 14а 4б, 6б, 9б, 12б, 13б, 14б	Преобразователь давления (-4-0) кпа ПГ±0,2 %. Прибор шк.(-4000-0) Па, КТ 1,0. Контроллер С200 4…20 мА, ди от 0 до 10 кпа ПГ ±0,5%.Компьютер	VEGABAR42 ди ПВ 4.3Э	шт. шт.	5 5
Давление	5а,7а	Датчик избыт. давления. Верхний пре-дел измер. 40 кПа ПГ ± 0,5 %. Контроллер С200 4-20 мА, ПГ±0,1 %. Компьютер	Vegabar 42	шт.	2
Давление	18а 18б 18в	Датчик разности давлений, верхний предел измерения 10 кПа, выходной сигнал от 0 до мА. Пускатель бесконтактный реверсивный, степень защиты: IP – 20. Механизм исполнительный электрический Контроллер С200 4-20 мА, ПГ±0,1 %. Компьютер	МЕТРАН-100-ДД ПБР-2М2.1 МЭМ-85	шт. шт. шт.	1 1 1
Горение	8а 8б	Блок управления горелкой д.и.. 0-100% Регистратор. Отн. ПГ 0,05%. Контроллер С200 4…20 мА, ди от 0 до 12500 м^3/ч, ПГ±0,5%. Компьютер	Yokogawa	шт. шт.	1 1

1.5 Выбор оборудования и его расчет

Определим площадь газораспределительной решётки, $S_р$, м^2, по формуле

$$S_р = \frac{L}{\omega_{опт} \times \rho_{ср}},$$

$$S_р = \frac{30,666}{2,8 \times 0,668} = 16,4.м^2$$

Принимаем площадь решетки равную 17 м^2.

Определим высоту псевдоожиженного слоя и сепарационного пространства определяем исходя из следующих предпосылок.

На основании опыта эксплуатации аппаратов с псевдоожиженным слоем установлено, что высота слоя должна быть приблизительно в четыре раза больше высоты зоны гидродинамической стабильности слоя $H_{ст}$, то есть 4 $H_{ст}$ H. Высота $H_{ст}$ связана с диаметром отверстий газораспределительной решетки d_0 (в нашем случае решетка беспровальная, имеющая для прохождения сушильного агента щели; применяем приближенно соотношения и формулы, используемые в расчете высоты псевдоожиженного слоя, считая их верными и для беспровальной Z-образной решётки). Диаметр отверстий решётки выбирают из ряда нормальных размеров, установленных ГОСТ 6636-69. Выбираем d_0 = 5 мм, тогда $H_{ст}$ $20d_0$, отсюда Hx80d_0, тогда:

$$H = 80 \times (5 \times 10^{-3}) = 0,4 \text{ м}$$

Определим площадь устанавливаемой вертикальной стенки в сушильной камере, S, м^2, по формуле [2, с.763]

$$S = b \times h,$$

где b – ширина сушильной камеры, мм;

h – высота устанавливаемой стенки, мм.

$$S = 2,3 \times 1 = 2,3 \text{ м}^2$$

Определим площадь щели, при предполагаемой её ширине равной 10 мм и длине равной ширине забрасывателя $l_з$=616 мм, $S_щ$, м^2, по формуле

$$S_щ = b \times l_з,$$

$$S_щ = 0,01 \times 0,616 = 6,16 \times 10^{-3} м^2$$

Определением количество отверстий решетки выразим диаметр необходимого отверстия, d_0, м по формуле [1, с 287]

$$n = \frac{4 \times S \times F_{щ}}{\pi \times d_0^2} \Rightarrow d_0 = \sqrt{\frac{4 \times S \times F_{щ}}{\pi \times n}},$$

$$d_0 = \sqrt{\frac{4 \times 2{,}3 \times 0{,}00616}{3{,}14 \times 1}} = 0{,}134 \text{м}$$

При найденном диаметре площадь отверстий, S_0, м^2, по формуле [1, с 294]

$$S_o = \frac{\pi \times d_0^2}{4},$$

$$S_o = \frac{3{,}14 \times 0{,}134^2}{4} = 0{,}014 \text{м}^2$$

При заданной длине щели l=0,616 м находим расчетную ширину щели, b, мм, по формуле [1, с 295]

$$b = \frac{S}{l},$$

$$b = \frac{0{,}014}{0{,}616} = 0{,}0227 \text{м} \approx 23 \text{мм}$$

Высоту сепарационного пространства сушилки $H_{сеп}$ принимают в 4 - 6 раз больше высоты псевдоожиженного слоя, $H_{сеп}$, м, по формуле [1, с 295]

$$H_{сеп} = 4{,}75 \times H,$$

$$H_{сеп} = 4{,}75 \times 0{,}4 = 1{,}9 \text{м}$$

Принимаем высоту сепарационного пространства 1,9 м.

Диаметр трубопровода, соединяющий сушилку псевдоожиженного слоя с циклоном сухой пылеочистки, $D_{тр}$, м, по формуле [1, с 295]

$$D_{тр.} = \sqrt{\frac{V}{0{,}785 \times \omega_{пп}}},$$

где $\omega_{п.п}$ – скорость пылевоздушного потока в трубопроводе, м/с.

$$D_{тр} = \sqrt{\frac{18{,}4}{0{,}785 \times 15}} = 1{,}25 \text{м}$$

Примем диаметр трубопровода $D_{тр.}$=1,256м.

В статичной сушилке с кипящим слоем типа "SFBD" осуществляется сушка влажного продукта. В резервуаре и крышке имеются впускные, выпускные и смотровые отверстия.

Принцип работы:

Предназначенный для сушки материал подается на приточный транспортер (перфорированный металлический лист, щелевой грохот, специальное дно) и проходит по нему снизу вверх под действием нагнетаемого воздуха для сушки. В образующемся движущемся слое материал нагревается, и влага из него выпаривается.

В резервуаре и крышке имеются впускные, выпускные и смотровые отверстия. Масса аппарата 15230 кг. Длина 9000мм. Ширина 3600 мм. Высота 7200 мм. Аппарат выполнен из стали 12Х18Н10Т.

Вспомогательное оборудование отделения сушки представлено в таблице 6.

Таблица 6

Вспомогательное оборудование отделения сушки

Наименование оборудования или технических устройств	*Материал, способ защиты*	*Техническая характеристика*
Конвейер ленточный	Металлоконструкции - сталь углеродистая. Защитное лакокрасочное покрытие. Конвейерная лента - резинотканевая.	N= 75 кВт; L= 78,0 м, B=1000мм
Конвейер ленточный	Металлоконструкции - сталь углеродистая. Защитное лакокрасочное покрытие. Конвейерная лента - резинотканевая.	N= 75 кВт; L= 81,2 м, B= 1000мм
Конвейер ленточный	Металлоконструкции - сталь углеродистая. Защитное лакокрасочное покрытие. Конвейерная лента - резинотканевая.	N= 55 кВт; L= 103,4 м, B=1000мм
Конвейер ленточный	Металлоконструкции - сталь углеродистая. Защитное лакокрасочное покрытие. Конвейерная лента - резинотканевая.	N= 55 кВт; L= 103,4 м, B= 1000мм
Бункер	Металлоконструкции - сталь углеродистая. Защитное лакокрасочное покрытие.	объём 35м3; размеры: ШхДхВ 2,9х4,4х6,2м
Горелка газовая Oilon GT-18K	Сталь 253MA/AISI316	*Q=15100* нм3/ч; M=14 МВт;
Вентилятор свежего воздуха Scheuch vkd 45-0800-hbl4	Сталь 1.0038. Защитное лакокрасочное покрытие	Q=66000 м3/ч; N=355 кВт

gr360		
Вентилятор воздуха на горение Scheuch vkd 31 0355 hd 29 k:0,95	Сталь 1.0038. Защитное лакокрасочное покрыт	Q=14300 м3/ч; N=132 кВт
Вентилятор отработанного воздуха Scheuch vkd 63-1120-hcl4 gl 135	Сталь 1.0038. Защитное лакокрасочное покрытие	Q= 132000 м3/ч; N=355 кВт
Ячейковый питатель Jaudf ZS Vario 630x630/900	Сталь 1.0038. Защитное лакокрасочное покрытие	Q=125 т/ч; N=2,2 кВт
Элеватор ковшовый EMDE BWK500x32000AA-K1	Сталь нержавеющая. Защитное лакокрасочное покрытие	Производительность 125-150т/ч, наполнение около 62%, скорость цепи 1,4 м/с, высота между осями 32000мм, Ширина ковша 500мм, Расстояние между ковшами
Охладитель MOSMAN	Материал 316/254 SMO. Лакокрасочное покрытие отсутствует.	Производительность: вода 118м3/ч, соль 130т/ч; давление: раб.-4bar, расчёт.-6bar, max-10bar; температура воды до 50°C, соли до 120°C; Размеры: 10200x1560x1680. Три блока пластин: 1 - 50шт, 2 - 49шт, 3 - 50шт.
Смеситель BHS MFKG 0520	Сталь углеродистая. Защитное лакокрасочное покрытие	Q=50 т/ч; N=37 кВт
Конвейер ленточный	Металлоконструкции - сталь углеродистая. Защитное лакокрасочное покрытие. Конвейерная лента - резинотканевая.	№= 160 кВт, L= 328,5 м; B= 1000м
Насос технологический WARMAN 2/1,5 B-AH	Сталь нержавеющая. Защитное лакокрасочное покрытие	Q= 20 м3/ч; N= 15 кВт
Циклон Binder+Co	Сталь 1.0038. Защитное лакокрасочное покрытие	Q=63700 м3/ч
Фильтр рукавный Scheuch sfdw 05/12-d-05	Сталь нержавеющая. Защитное лакокрасочное покрытие	Пропускная способность 24950м^3/ч. Рабочая температура 80°C, площадь фильтра 315 м^2, кол-во рукавов 180 шт., длина рукава 3,375м; материал фильтов PE 550-CS17, Сжатый воздух P=6 bar, F=30 Nm³/h;

		эффективность 99%
Скруббер MikroPul MRS	Металлоконструкции - сталь углеродистая. Корпус - стеклопластик GFK. Защитное лакокрасочное покрытие	Q=110442 м3/ч=70684 нм3/ч; N=18,5 кВт

2. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Материальный расчет и материальный баланс

Материальный баланс по всему количеству вещества, G_1, кг/ч, по формуле:

$$G_1 = G_2 + W,$$

где G_1 и G_2 – массы влажного и высушенного материала, кг/ч;

W – влага, удаленная из материала во время сушки, кг/ч.

Количество испаряемой влаги, W, кг/ч, находим по формуле [6, с. 27]

$$W = G_2 \times \frac{U_н - U_к}{100 - U_н},$$

где $U_н$ – начальная влажность соли %; $U_к$ – конечная влажность соли %;

W=120000×((5-0,2)/(100-5))=6063,16 кг/ч

Тогда условие материального баланса запишется следующим образом для всего материала:

G_1=120000+6063,16 =126063,16кг/ч

Материальный баланс по абсолютно сухому веществу, количество которого не изменяется в процессе сушки [6, с. 28]

$$G_1 \times \frac{(100 - U_н)}{100} = G_2 \times \frac{(100 - U_к)}{100},$$

$$126063{,}16 \times \frac{(100 - 5)}{100} = 120000 \times \frac{(100 - 0{,}2)}{100},$$

$$119760 = 119760$$

Таблица 7

Сводный материальный баланс по сухому компоненту

Приход, $\frac{кг}{ч}$	%	Расход, $\frac{кг}{ч}$	%
Масса влажного материала: 126063,16кг		Масса высушенного материала 120000	94,5
в т.ч. масса влаги: 6063,16		Влага, удаленная из материала во время сушки 6063,16	5,5
масса сухого компонента: 120000			
Итого: 126063,16	100	Итого: 126063,16	100

2.2 Тепловой расчет и тепловой баланс

Параметры топочных газов, подводимых в сушку

Влагосодержание воздуха при данных условиях t_0=16^{0}C, =84%, x_0, находим по формуле [6, с. 28]

$$x_0 = 0{,}622 \times \frac{\varphi_0 \times p_{нас}}{B - \varphi_0 \times p_{нас}},$$

где φ_0 – относительная влажность, %;

$p_{нас}$ – давление насыщенного водяного пара, МПа;

В – барометрическое давление;

0,622 – отношение мольных масс водяного пара и воздуха.

$$x_0 = 0{,}622 \times \frac{0{,}84 \times 1706{,}94}{98100 - 0{,}84 \times 1706{,}94} = 0{,}0092 \frac{кг}{кг.сух.возд}$$

Энтальпия влажного воздуха, I_0, Кдж/кг×св.в, находим по формуле [6, с. 28]

$$I_0 = (C_{св} + C_П \times x_0) \times t_0 + r_0 \times x_0,$$

где $C_{с.в}$ – средняя удельная теплоемкость сухого воздуха, $\frac{кДж}{кг \times К}$;

$C_П$ – средняя удельная теплоемкость пара, $\frac{кДж}{кг \times К}$;

r_0 – удельная теплота парообразования воды при 0^0C, $\frac{кДж}{кг}$.

$$I_0 = (1{,}01 + 1{,}97 \times 0{,}0092) \times 16 + 2493{,}1 \times 0{,}0092 = 39{,}39 \frac{кДж}{кг \times св.в}$$

Теоретически количество сухого воздуха L_0, затрачиваемого на сжигание 1кг топлива, кг/кг, находим по формуле [6, с. 28]

$$L_0 = 138 \times \left[\sum (m + (n/4) \times C_m H_n)/(12 \times m + n)\right],$$

где составы горючих газов выражены в объемных долях.

$$L_0 = 138 \times \left[\begin{array}{l} 1 + (4/4) \times 0{,}942/(12 \times 1 + 4) + (2 + (6/4) \times 0{,}0207)/(12 \times 2 + 6) + \\ + (3 + (8/4) \times 0{,}0047/(12 \times 3 + 8) + (4 + (10/4) \times 0{,}0029/(12 \times 4 + 10)) \end{array}\right] = 16{,}702 \frac{кг}{кг}$$

Количество тепла Q_v, выделяющегося при сжигании 1м^3 газа, кДж/м^3, находим по формуле [6, с. 30]

$$Q_v = 0{,}942 \times CH_4 + 0{,}0207 \times C_2H_6 + 0{,}0047 \times C_3H_8 + 0{,}0029 \times C_4H_{10},$$

$$Q_v = 0{,}942 \times 35741 + 0{,}0207 \times 63797 + 0{,}0047 \times 91321 + 0{,}0029 \times 118736 = 35762{,}16 \frac{кДж}{м^3}$$

Плотность газообразного топлива $\rho_т$, кг/м^3, находим по формуле [6, с. 28]

$$\rho_т = \frac{\sum C_m H_n M_i}{\upsilon_0} \times \frac{T_0}{T_0 + t_т},$$

где M_i – мольная масса топлива, кмоль/кг;

$t_т$ – температура топлива, ^{0}C;

υ_0 – мольный объем, м^3/кмоль.

$$\rho_т = \frac{(0{,}942 \times 16 + 0{,}0207 \times 30 + 0{,}0047 \times 44 + 0{,}0029 \times 58) \times 273}{22{,}4 \times (273 + 20)} = 0{,}668 \frac{кг}{м^3}$$

Количество тепла, выделяющегося при сгорании 1кг топлива, Q, кДж/кг, находим по формуле [6, с. 28]

$$Q = \frac{Q_v}{\rho_Т},$$

$$Q = \frac{35762{,}16}{0{,}668} = 53536{,}17 \text{ кДж/кг}$$

Масса сухого газа, подаваемого в сушильный аппарат, в расчете на 1кг сжигаемого топлива определяется общим коэффициентом избытка воздуха, необходимого для сжигания топлива и разбавления топочных газов до температуры смеси $t_{см}$=650^{0}C.

Значение находят из уравнений материального и теплового балансов.

Уравнение материального баланса [6, с. 44]

$$1 + L_0 = L_{с.г.} + \sum \frac{9n}{12m + n} C_m H_n, \qquad (2.10)$$

где $L_{С.Г.}$ – масса сухих газов, образующихся при сгорании 1кг топлива;

C_mH_n – массовая доля компонентов, при сгорании которых образуется вода, кг/кг.

Уравнение теплового баланса [6, с. 44]

$$Q \times \eta + C_г \times t_г + \alpha \times L_0 \times I_0 = \left[L_{с.г} + L_0 \times (\alpha - 1)\right] \times i_{с.г} +$$

$$+ \left[\alpha L_0 \times x_0 + \sum \frac{9 \times n}{12 \times m + n} C_m H_n\right] \times i_n, \qquad (2.11)$$

где α – общий коэффициент полезного действия, учитывающий эффективность топки (полноту сгорания топлива и т.д.) и потери тепла топкой в окружающую среду;

$C_т$ – теплоемкость газообразного топлива при температуре $t_т$=20^{0}С, кДж/кг×К;

I_0 – энтальпия свежего воздуха, кДж/кг×св.в;

$i_{с.г.}$ - энтальпия сухих газов, кДж/кг;

x_0 - влагосодержание поступающего воздуха;

$i_п$ - энтальпия водяных паров, кДж/кг.

Находим энтальпию сухих газов $i_{с.г}$, кДж/кг К, по формуле [6, с. 50]

$$i_{с.г.} = c_{с.г.} \times t_{с.г.},$$

где $c_{с.г.}$ - теплоемкость сухих газов, кДж/кг×К;

$t_{с..г.}$ - температура сухих газов, ^{o}С;

$i_{с.г.} = 1{,}05 \times 650 = 682{,}5$ кДж/кг

Находим энтальпию водяных паров, $i_п$, кДж/кг, по формуле [6, с. 50]

$$i_п = r_0 + c_П \times t_П,$$

где r_0 - теплота испарения воды при температуре 0^{0}С, кДж/кг;

$c_П$ - средняя теплоемкость водяных паров, кДж/кг×К;

$t_П$ - температура водяных паров, ^{0}С.

$$i_п = 2500 + 1{,}97 \times 650 = 3780{,}5 \frac{кДж}{кг}$$

Из уравнения материального и теплового баланса имеем:

$$Q \times \eta + C_т \times t_т - i_{с.г.} \times \left(1 - \sum \frac{9 \times n}{12 \times m + n} C_m H_n\right) - \alpha = \frac{- i_п \times \sum \frac{9 \times n}{12 \times m + n} C_m H_n}{L_0 \times (i_{с.г.} + i_п \times x_0 - I_0)},$$

Пересчитываем компоненты топлива, при сгорании которых образуется вода, из объемных долей в массовые:

$$CH_4 = \frac{0{,}942 \times 16 \times 273}{22{,}4 \times 0{,}668 \times (273 + 20)} = 0{,}94$$

$$C_2H_6 = \frac{0{,}207 \times 30 \times 273}{22{,}4 \times 0{,}668 \times (273 + 20)} = 0{,}0378$$

$$C_3H_8 = \frac{0{,}0047 \times 44 \times 273}{22{,}4 \times 0{,}668 \times (273 + 20)} = 0{,}0129$$

$$C_4H_{10} = \frac{0{,}0029 \times 58 \times 273}{22{,}4 \times 0{,}668 \times (273 + 20)} = 0{,}0105$$

Количество влаги, выделяющейся при сгорании 1кг топлива, равно

$$\sum \frac{9 \times n}{12 \times m + n} C_m H_n = \frac{9 \times 4}{12 \times 1 + 4} 0{,}94 + \frac{9 \times 6}{12 \times 2 + 6} \times 0{,}0387 + \frac{9 \times 8}{12 \times 3 + 8} \times 0{,}0129 +$$

$$+ \frac{9 \times 10}{12 \times 4 + 10} \times 0{,}0105 = 2{,}23 \, кг/кг$$

Найдем коэффициент избытка воздуха:

$$\alpha = \frac{53536{,}17 \times 0{,}95 + 1{,}34 \times 20 - 1{,}05 \times 650 \times (1 - 2{,}23) - (2500 + 1{,}97 \times 650) \times 2{,}23}{16{,}702 \times (1{,}05 \times 650 + (2500 + 1{,}97 \times 650) \times 0{,}0092 - 39{,}39)} = 3{,}82$$

Общая удельная масса сухих газов, получаемых при сжигании 1кг топлива и разбавление топочных газов до температуры смеси 650^0C, $G_{с.г}$, кг/кг, по формуле

$$G_{С.Г} = 1 + \alpha \times L_0 - \sum \frac{9 \times n}{12 \times m + n} C_m H_n,$$

$$G_{С.Г} = 1 + 3{,}82 \times 16{,}702 - 2{,}23 = 62{,}57 \, кг/кг$$

Удельная масса водяных паров в газовой смеси при сжигании 1кг топлива:

$$G_{П} = \sum \frac{9 \times n}{12 \times m + n} C_m H_n - \alpha \times x_0 \times L_0,$$

$$G_{П} = 2{,}23 + 3{,}82 \times 16{,}702 \times 0{,}0092 = 2{,}82 \, кг/кг$$

Влагосодержание газов на входе в сушилку ($x_1 = x_{см}$) на 1кг сухого воздуха по формуле [6, с. 50]

$$x_1 = \frac{G_{П}}{G_{с.г.}},$$

$$x_1 = \frac{2{,}82}{62{,}57} = 0{,}0451 \text{ кг/кг}$$

Энтальпия газов на входе в сушилку, I_1, кДж/кг, находим по формуле

$$I_1 = \frac{Q \times \eta + c_T \times t_T + \alpha \times L_0 \times I_0}{G_{с.г.}},$$

$$I_1 = \frac{53536{,}17 \times 0{,}95 + 1{,}34 \times 20 + 3{,}82 \times 16{,}702 \times 39{,}39}{62{,}57} = 853{,}43 \frac{кДж}{кг}$$

Для построения рабочей линии сушки необходимо знать координаты x и I минимум 2-х точек. Координаты одной точки известны: x_1=0.0451, I_1=853.43;

Для нахождения координат второй точки зададимся произвольным значением x и определим соответствующее значение I.

Пусть

$$x = 0{,}15 \frac{\text{кг влаги}}{\text{кг с.в.}}$$

Тогда

$$I = I_1 + \quad (x - x_1),$$

$$I = 853{,}43 - 1214{,}835 * (0{,}15 - 0{,}0451) = 725{,}99 \text{ кДж/кг}$$

Через две точки на диаграмме x – I с координатами x, I и x_1, I_1 проводим линию сушки до пересечения с заданными конечными параметрами t_2=125^{0}C.

В точке пересечения лини сушки с изотермой t_2 находим параметры от отработанного сушильного агента:

x_2 = 0,200 кг/кг

I_2 = 622 кДж/кг

Определим расход сухого газа, $L_{с.г}$, кг/ч, по формуле [6, с. 54]

$$L_{с.г.} = \frac{W}{x_2 - x_1},$$

$$L_{с.г.} = \frac{5851{,}06}{0{,}200 - 0{,}0451} = 37773{,}14 \text{ кг/ч}$$

Определим расход сухого воздуха, L, кг/ч, по формуле [6, с. 54]

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0},$$

$$L = \frac{5851{,}06}{0{,}200 - 0{,}0092} = 30665{,}93 \text{ кг/ч}$$

Материальный баланс по влаге

Приход:

Приход с влагой в поступающем продукте, кг/ч, по формуле [6, с. 54]

$$\frac{G_1 - Uн}{100} = \frac{129130{,}43 \times 8}{100} = 10330{,}43 \text{ кг/ч}$$

Приход с влагой в поступающем теплоносителе, $\frac{кг}{ч}$

$$L_{с.г}x_1 = 37773{,}14 \times 0{,}0451 = 1703{,}57 \text{ кг/ч}$$

Расход:

Расход с влагой в уходящем продукте, кг/ч

$$\frac{G_2 \times Uк}{100} = \frac{120000 \times 1{,}0}{100} = 4479{,}37 \text{ кг/ч}$$

Расход с влагой в уходящем теплоносителе, кг/ч

$$L_{с.г}x_2 = 37773{,}14 \times 0{,}200 = 7554{,}63 \text{ кг/ч}$$

где G_1 и G_2 - массы влажного и высушенного материала, кг/ч;

x_1 и x_2 - соответственно начальное и конечное влагосодержание, %;

$U_Н$ и $U_К$ - начальная и конечная влажность поступающего материала, %.

Таблица 8

Сводный материальный баланс по влаге

Приход, кг/ч	%	Расход, кг/ч	%
Приход с влагой в поступающем продукте 10330,43	78,8	Расход с влагой в уходящем продукте 4479,37	6,2
Приход с влагой в поступающем теплоносителе 1703,57	21,2	Расход с влагой в уходящем теплоносителе 7554,63	93,8
Итого: 12034	100	Итого: 12034	100

Расход тепла на нагрев материала, $Q_м$, кДж/кг×К, находим по формуле

$$Q_М = G_2 \times C_М \times (t_К - t_Н),$$

$$C_М = C_{Абс.Сух} \times \frac{100 - U_К}{100} + \frac{U_К}{100} \times C,$$

$$C_М = 0{,}712 \times \frac{100 - 1}{100} + \frac{1}{100} \times 4{,}19 = 0{,}729 \frac{кДж}{кг \times К}$$

$$Q_М = 120000 \times 0{,}729 \times (130 - 30) = 8748000 \frac{кДж}{ч}$$

Удельные потери теплоты с материалом $q_М$, кДж/кг$_{влаги}$, находим по формуле [6, с. 56]

$$qм = \frac{Qм}{W},$$

$$qм = \frac{8748000}{9130{,}43} = 958{,}11 \frac{кДж}{кг\ влаги}$$

Потери теплоты в окружающую среду, $Q_{пот}$, кДж/ч, находим по формуле

$$Q_{пот} = W \times Сп \times (\Theta К - \Theta Н),$$

$$Q_{пот} = 9130{,}43 \times 1{,}97 \times (130 - 30) = 1798694{,}71 \text{ кДж/ч}$$

$$q_{пот} = \frac{Q_{пот}}{W},$$

$$q_{пот} = \frac{1798694,71}{9130,43} \equiv 197 \frac{кДж}{кг\ влаги}$$

Уравнение внутреннего теплового баланса, Δ, кДж/ч, находим по формуле [6, с. 56]

$$\Delta = c \times t_1 + q_{доп} - (q_т + q_м + q_{пот}),$$

где Δ - разность между удельными приходом и расходом тепла непосредственно в сушильной камере, кДж/ч;

c - теплоемкость влаги во влажном материале при температуре кДж/кг·К;

$q_{доп}$ - удельный дополнительный подвод тепла в сушильную камеру, кДж/кг;

$q_т$ - удельный подвод тепла в сушилку с транспортными средствами, кДж/кг;

$q_м$ - удельный подвод тепла в сушилку с высушиваемым материалом кДж/кг;

$q_{пот}$ - удельные потери тепла в окружающую среду, кДж/кг.

$$\Delta = 4,19 \times 20 – (1121,335 + 177,3) = - 1214,835 кДж/ч$$

Тепловой баланс сушки.

$$L \times I + G_2 \times c_м \times t_н + W \times c_в \times t_н = L \times I_2 + G_2 \times c_м \times t_к + Q_{пот},$$

Приход:

С теплоносителем, Q, кДж/ч, находим по формуле [6, с. 56]

$$Q_1 = L \times I,$$

где L - количество теплоносителя, кг/ч;

I - энтальпия сухого воздуха, кДж/ч

$$Q_1 = 30665,93 · 853,43 = 2617224,64 кДж/ч$$

С влажным материалом, поступающим на сушку, Q_2, кДж/ч, находим по формуле [6, с. 56]

$$Q_2 = G_2 \times c_м \times t_н,$$

где G_2 - производительность сушки, кг/ч;

$c_м$ - теплоемкость высушиваемого материала, кДж/кг·К;

$t_н$ - начальная температура материала, $С^0$.

$$Q_2 \equiv 120000 \times 0{,}729 \times 30 \equiv 2624400 \frac{кДж}{ч}$$

С влагой испаряемой из материала, Q_3, кДж/ч, находим по формуле

$$Q_3 = W \times c_B \times t_H,$$

где W - количество испаряемой влаги, кг/ч;

c_B - теплоемкость испаренной воды, кДж/кг ⁰К;

t_H - начальная температура материала, ^{0}С.

$$Q_3 \equiv 9130{,}43 \times 4{,}19 \times 30 \equiv 1147695{,}05 \frac{кДж}{ч}$$

Расход:

С отработанным теплоносителем , Q_1, кДж/ч, находим по формуле [6, с. 60]

$$Q_1 = L \times I_2,$$

где L - количество сушильного агента, кг/ч;

I_2 - теплосодержание отработанного сушильного агента, кДж/ч.

$$Q_1 = 30665{,}93 \times 622 = 19074208{,}46 \text{ кДж/ч}$$

С высушенным материалом, Q_2, кДж/ч, находим по формуле [6, с. 60]

$$Q_2 = G_2 \times c_M \times t_K,$$

где t_K - конечная температура материала, ^{0}С.

$$Q_2 \equiv 120000 \times 0{,}729 \times 130 \equiv 9816623{,}3 \frac{кДж}{ч}$$

Потери в окружающую среду, $Q_{пот}$, кДж/ч, находим по формуле [6, с. 60]

$$Q_{пот} \equiv Q_{приход} - Q_{расход},$$

$$Q_{пот} \equiv 29943319{,}69 - 28890831{,}76 = 1052487{,}93 \frac{кДж}{ч}$$

Потери составляют:

$$\frac{29943319{,}69 - 28890831{,}76}{28890831{,}76} \times 100\% \equiv 3{,}6\%$$

Таблица 9

Сводный тепловой баланс

Приход, кДж/ч	%	Расход, кДж/ч	%
С теплоносителем 26171224,64	93,0	С отработанным теплоносителем 19074208,46	63,7
С влажным материалом, поступающим на сушку 2624400	5,2	С высушенным материалом 9816623,3	32,8
С влагой испаряемой из материала 1147695,05	1,8	Потери в окружающую среду 1052487,93	3,5
Итого: 29943319,69	100	Итого: 29943319,69	100

3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В данном разделе проводятся технико-экономические расчёты, подтверждающие эффективность предлагаемого мероприятия.

Анализ себестоимости продукции до реализации мероприятия

Себестоимость продукции определяется исходя из планового объёма производства хлористого калия на 2019 год Q=1000000 т/год. Анализ себестоимости представим в виде таблицы 10.

Таблица 10

Анализ себестоимости до реализации мероприятия

Статьи затрат	Ед. изм	До реализации проекта, выпуск 1 000 000 т/год				
		кол.	цена, руб.	сумма на ед., руб.	кол. на выпуск	сумма на выпуск, руб.
Затраты на добычу и обогащение руды	тонн/тонн	4	1075	4300,00	4000000	4300000000
Затраты на складирование и содержание отходов	руб.			538,00		538000000
Вспомогательные материалы и реагенты	куб.м / тонну	0,08	1875	150,00	80000	150000000
Топливо на технологические цели	куб.м / тонну	22	34,6	761,20	22000000	761200000
Энергия на технологические цели	кВт*год	275000000	5,75	1581,25	1581250000	1581250000
Заработная плата основных производственных рабочих	руб.			315,50		315500000
Страховые взносы	руб.			94,65		94650000
Общепроизводственные расходы	руб.			12,00		12000400
Итого цеховая себестоимость	руб.			7752,60		7752600400
Общехозяйственные расходы	руб.			194,94		194938815
Транспортные расходы	руб.			140,00		140000000
Прочие производственные расходы	руб.			838,71		838711500
Итого	руб.			8926,25		8926250715

производственная себестоимость						
Расходы на продажу (коммерческие)	руб.			400,00		400000000
Итого полная себестоимость	руб.			9326,25		9326250715

Расчет затрат на монтаж трубопровода отвода пыли

Расчеты затрат на приобретение и монтаж трубопровода и амортизационных отчислений показаны в таблице 11.

Таблица 11

Затраты на монтаж трубопровода отвода пыли

Наименование оборудования	Кол. ед.	Оптовая цена, руб.		Затраты на УТМ, руб. (%)	Первоначальная стоимость, руб.	Нормативный срок эксплуатации, лет	Норма амортизации, %	Сумма амортизац. отчислений, руб./год
		1 ед.	всего кол.					
Трубопровод из нержавеющей стали ø250х5	63	172000	10836000	2709000	13545000	5	20	2709000

Таким образом, величина капитальных затрат на приобретение и монтаж трубопровода пыли составляет 13545000 рублей в год.

Для оценки экономии электроэнергии используется формула:

$$ЭЗ=w_{пот}W_{пот},$$

где $w_{пот}$ - плата за один киловатт - час потребленной электроэнергии, руб/кВт час;

$W_{пот}$ - количество потребленной энергии, кВт час;

$$W_{пот} = M_Н K_П K_р N_{см} t_{см} K_t /П_д,$$

где $M_Н$ - номинальная мощность сетевых двигателей, кВт;

$K_п$ - коэффициент потерь электроэнергии в сети;

$K_р$ - коэффициент использования двигателей по мощности;

$N_{см}$ - число смен работы оборудования за определенный период времени;

$t_{см}$ - продолжительность рабочей смены, ч;

K_t - коэффициент, учитывающий использование двигателей во времени;

$П_д$ - номинальный коэффициент двигателей.

$$W_{пот} = 60*1,1*0,6*930*12*0,8/0,85 = 415940 кВт*год$$

$$Э3=415940*5,75=2\ 391\ 654 руб.$$

Оценка экономии в результате отказа от реагента – связующего вещества проводиться по формуле:

$$Э=Н*Q*Ц,$$

где Н – норма расхода реагента на тонну готовой продукции, $м^3$/тонн;

Q – годовой объём производства, тонн;

Ц – цена единицы реагента, руб/$м^3$.

$$Э=0,015*1000000*1875=28\ 125\ 000 рублей в год$$

Анализ себестоимости продукции после реализации мероприятия

Анализ себестоимости производства продукта после реализации мероприятия представлен в таблице 12.

Таблица 12

Анализ себестоимости после реализации мероприятия

Статьи затрат	Ед. изм	После реализации проекта, выпуск 1 000 000 т/год				
		кол.	цена, руб.	сумма на ед., руб.	кол. на выпуск	сумма на выпуск, руб.
Затраты на добычу и обогащение руды	тонн/ тонн	4	1075	4300,00	4000000	4300000000
Затраты на складирование и содержание отходов	руб.			538,00		538000000
Вспомогательные материалы и реагенты	куб.м/ тонну	0,065	1875	121,88	65000	121875000
Топливо на технологические цели	куб.м/ тонну	22	34,6	761,20	22000000	761200000
Энергия на технологические цели	кВт* год	274584060	5,75	1578,86	1578858346	1578858346
З/плата основных производственных рабочих	руб.			315,50		315500000
Страховые взносы	руб.			94,65		94650000
Общепроизводствен	руб.			14,71		14709400

ные расходы						
Итого цеховая себестоимость	руб.			7724,79		7724792746
Общехозяйственные расходы	руб.			194,94		194938815
Транспортные расходы	руб.			140,00		140000000
Прочие производственные расходы	руб.			838,71		838711500
Итого производственная себестоимость	руб.			8898,44		8898443061
Расходы на продажу (коммерческие)	руб.			400,00		400000000
Итого полная себестоимость	руб.			9298,44		9298443061

Деление затрат на производство и реализацию продукта на переменные и постоянные представлено в таблице 13.

Таблица 13

Анализ затрат до и после реализации мероприятия

Статьи затрат	До реализации проекта			После реализации проекта		
	сумма, руб. / год	сумма, руб./ед.	удельный вес в общей сумме, %	сумма, руб. / год	сумма, руб./ед	удельный вес в общей сумме, %
Переменные - всего в т.ч.	7740600000	7741	83	7710083346	7710	83
Затраты на добычу и обогащение руды	4300000000	4300,00	46	4300000000	4300,00	46
Затраты на складирование и содержание отходов	538000000	538,00	6	538000000	538,00	6
Вспомогательные материалы и реагенты	150000000	150,00	2	121875000	121,88	1
Топливо на технологические цели	761200000	761,20	8	761200000	761,20	8
Энергия на технологические цели	1581250000	1581,25	17	1578858346	1578,86	17
Заработная плата основных производственных рабочих	315500000	315,50	3	315500000	315,50	3
Страховые взносы	94650000	94,65	1	94650000	94,65	1
Постоянные - всего	1585650715	1 586	17	1588359715	1 588	17

в т.ч.						
Общепроизводственные расходы	12000400	12,00	0	14709400	14,71	0
Общехозяйственные расходы	194938815	194,94	2	194938815	194,94	2
Транспортные расходы	140000000	140,00	2	140000000	140,00	2
Прочие производственные расходы	838711500	838,71	9	838711500	838,71	9
Расходы на продажу (коммерческие)	400000000	400,00	4	400000000	400,00	4
Итого полная себестоимость	9326250715	9326,25	100	9298443061	9 298,44	100

В результате реализации предлагаемого мероприятия происходят изменения в следующих статьях калькуляции:

- вспомогательные материалы и реагенты. Затраты до реализации мероприятия составляли 150 млн. рублей в год, после реализации мероприятия 121 875 000 рублей в год. Затраты снизились на 28 125 000 рублей в год;

- энергия на технологические цели. Затраты до реализации мероприятия составляли 1 581 250 000 рублей в год, после реализации мероприятия 1 578 858 346 рублей в год. Затраты снизились на 2 391 654 рублей в год;

- общепроизводственные расходы. Затраты до реализации мероприятия составляли 12 000 400 рублей в год, после реализации мероприятия 14 709 400 рублей в год. Затраты увеличились на 2 709 000 рублей в год.

Таким образом, полная себестоимость 1 тонны продукции снизилась на 28 руб/т и составила после реализации мероприятия 9 298,44 руб/т.

Оценка влияния реализации проекта на экономическую эффективность производства

Обобщающим экономическим показателем эффективности производства является прибыль, которую приносит предприятию выпускаемая в данном производстве продукция.

Эффект, полученный за краткосрочный период (за год), от проекта, реализованного в производстве продукта, принято характеризовать при помощи показателей:

Выручка - это величина денежных поступлений предприятия от реализации на рынке определенного объема продукции по определенной цене. Выручка рассчитывается по следующей формуле:

Выручка (TR) = Цена * Объем выпуска,

где Цена (P) = Предполагаемая цена 1 тонны готового продукта калий хлористый составляет 307$ (19 955 руб. при цене 65 руб. за доллар)

Объем выпуска (Q) = 1 000 000 тонн

TR =19 955 х 1 000 000 = 19 955 000 000 рублей

Полная себестоимость всего выпуска продукции - это совокупные затраты предприятия на производство и реализацию продукции. Полная себестоимость представлена в таблице 14 строка III.

Валовая прибыль / убыток (прибыль до налогообложения) – результат, получаемый при вычитании из выручки от реализации продукта в анализируемом периоде расходов предприятия, которые были связаны с его производством и продажей в этом периоде. Рассчитывается по формуле:

Валовая прибыль = Выручка - полная себестоимость всего выпуска продукции,

Налог на прибыль - это прямой налог, взимаемый с прибыли организации. Формула расчета приведена ниже:

Налог на прибыль = Валовая прибыль *ставка налога на прибыль,

Чистая прибыль – результат вычитания из прибыли до налогообложения суммы налога на прибыль (с учетом особенностей региона). Рассчитывается по формуле:

Чистая прибыль = Валовая прибыль - налог на прибыль

Рентабельность продукта (R) - рассчитывается как отношение годовых показателей валовой прибыли к полной себестоимости (общим затратам) и показывает, какой процент валовой прибыли с рубля затраченных на производство и сбыт продукта ресурсов приносят его продажи:

$$R = \frac{\text{Валовая прибыль}}{\text{Общие издержки}} \times 100\%,$$

Все вышеизложенные расчёты представим в таблице 14.

Таблица 14

Финансовые показатели

Показатель	До реализации мероприятия	После реализации мероприятия	Отклонение (прирост)
Выручка, руб.	19 955 000 000	19 955 000 000	0
Полная себестоимость, руб/год	9 326 250 715	9 298 443 061	-27807654
Валовая прибыль, руб.	10 628 749 285	10 656 556 939	27 807 654
Налог на прибыль, руб.	2 072 606 111	2 078 028 603	5 422 492
Чистая прибыль, руб.	8 556 143 174	8 578 528 336	22 385 161
Рентабельность продукта, %	113,96	114,61	0,65

Срок окупаемости - это период времени, в течение которого предприятие полностью возвращает первоначальное вложенные в проект средства. Срок окупаемости в годах рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{СО} = \frac{\text{Сумма капитальных вложений}}{\text{Прирост чистой прибыли}},$$

$$\text{СО} = \frac{13\,545\,000}{22\,385\,161} = 0{,}6 \text{год}$$

0,6 год – это 7 месяцев

В работе произведён расчёт технико-экономических показателей Сушильно-грануляционного отделения. Определена себестоимость продукции до реализации мероприятия по улучшению технологического процесса и себестоимость после внедрения мероприятия. Определён прирост чистой прибыли в год после реализации мероприятия, который составил 22 385 161 рублей. Расчётный срок окупаемости данного мероприятия составил 7 месяцев. Что является вполне реальным сроком, учитывая рентабельность данного товара.

Из всего вышесказанного делается вывод, что реализация проекта по исключению стадии агломерации в Сушильно-грануляционном отделении является правильным и эффективным решением. И на сегодняшний день данное мероприятие уже реализовано на двух технологических нитках из трёх. Ведутся подготовительные работы для реализации данного мероприятия на третьей технологической нитке.

4. ОХРАНА ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

4.1 Общие правила по промышленной безопасности и охране труда в химической промышленности

В отделении сушки хлорида калия сосредоточено большое количество вращающихся и движущихся механизмов и аппаратов. Для исключения случаев травматизма необходимо строго соблюдать правила техники безопасности:

- работай только в спецодежде, спецобуви и если это необходимо с применением средств индивидуальной защиты;

- все работники отделения сушки при посещении и во время работы в производственных помещениях, зданиях и сооружениях, а также на строительных монтажных работах должны носить защитные каски;

- не берись самовольно за работу, на которую ты не поставлен администрацией, без разрешения мастера или руководителя службы, участка;

- не включай, не подходи, не прикасайся к работающему оборудованию, на котором работать тебе не поручено;

- не приступай и не начинай работу, по которой ты не проинструктирован;

- во время работы не допускай лихачества, о всех неисправностях и замеченных нарушениях по технике безопасности поставь в известность руководителя работ;

- запрещается находиться или производить работы на рабочих местах, состояние которых представляет опасность для людей, за исключением работ по устранению этих опасностей. Опасные рабочие места должны быть ограждены, вывешены соответствующие знаки, плакаты;

- все обслуживаемые площадки, переходные мостики и лестницы должны быть прочными, устойчивыми, иметь перила или ограждения высотой не менее 1м и отбортовку по низу не менее 0,15м;

- все монтажные проемы, приямки, зумпфы, колодцы, канавы и т.д., расположенные на производственной территории должны быть закрыты сверху или иметь ограждения высотой не менее 1 метра и отбортовку по низу не менее 0,15м;

- запрещается подбрасывать какие-либо предметы для подачи лицам, работающим наверху. Подача должна производиться при помощи веревки, к середине которой надежно привязывается необходимый предмет, второй конец веревки должен находиться в руках у стоящего внизу работника, который удерживает поднимаемые предметы от раскачивания;

- запрещается самовольно выключать вентиляционные установки так как это может привести к увеличению вредных веществ в производственных помещениях;

- совмещение профессий рабочими допускается только при наличии у них соответствующей квалификации и прохождении аттестации и медицинского заключения о возможности выполнения работы по всем совмещаемым профессиям;

- к обслуживанию и ремонту электрооборудования, электроустановок допускаются только лица, прошедшие обучение и сдавшие экзамен на соответствующую квалификационную группу электробезопасности;

- работа на неисправном оборудовании не обеспечивающим безопасных условий труда запрещается;

- перед пуском оборудования в работу рабочий должен убедиться в отсутствии посторонних лиц в зоне работы оборудования и дать предупредительный сигнал. При подаче сигнала об остановке или непонятном сигнале действующие механизмы и оборудование должны быть немедленно выключены. Перед пуском оборудования необходимо также убедиться в наличии ограждений и в исправности блокировок от их снятия;

- при пуске конвейеров необходимо обеспечить полную безопасность обслуживающего персонала. Перед пуском в работу конвейеров, подается звуковой сигнал и дублирующий световой сигнал продолжительностью 10 секунд. После чего - выдержка времени (пауза) не менее 30 сек., а затем перед пуском подается второй звуковой сигнал с дублирующим световым в течении 30 сек. И конвейер включается в работу. Запуск оборудования и механизмов должен быть сблокирован с устройством, обеспечивающим вышеуказанную предпусковую

сигнализацию. Переход через конвейер осуществляется только по переходным мостикам;

- при работе на металлообрабатывающем и деревообрабатывающих станках, дающих отходы в виде стружки, опила, обрезов, пыли, а также при рубке металла, с помощью зубила, очистки от ржавчины и работами, связанными с ударами о металл, рабочие должны работать в защитных очках;

- запрещается во время работы машин, станков, агрегатов, механизмов:

а) производить чистку, смазку и ремонт;

б) снимать и ставить предохранительные ограждения;

в) влезать на них, пролезать под частями машин, конвейеров и станков, заходить за ограждения;

г) передавать что-либо через машину, агрегаты, станки и класть на них посторонние предметы;

д) при работе вращающихся частей оборудования работать с распущенными волосами и с непокрытой головой, носить одежду нараспашку.

- для выполнения каких-либо работ по техническому обслуживанию оборудования, механизмов, агрегатов и т.д. а также при подготовке оборудования к ремонту, все технологические работники должны строго выполнять «Инструкцию № 71 по запуску и останову агрегатов и механизмов в цехах и отделениях предприятия» т.е. бирочную систему;

- при производстве ремонтных, строительно-монтажных, монтажно-демонтажных работ необходимо исполнять следующие требования:

а) неукоснительно выполнять инструкцию по запуску и остановке агрегатов и механизмов;

б) правила работы на высоте;

в) правила работы в емкостях, колодцах, тоннелях и т.д.;

г) инструкцию по выполнению работ с повышенной опасностью;

д) инструкцию по допуску сторонних организаций ТИ-МУ-87;

е) правила работы с грузоподъемными механизмами;

ж) правила работы с электроинструментами;

з) основные правила электробезопасности.

- для производства каких-либо работ оборудование, механизм, станок должны быть остановлены, обесточены, отглушены, очищены, вывешены соответствующие плакаты и сданы для производства работ, согласно инструкции, с выдачей бирок, каждому производителю работ, сколько бы работ на данном оборудовании, агрегате не производилось.

4.2 Правила безопасности при выполнении работ

С целью предупреждения возникновения и распространения пожаров в сушильном отделении предусматривается использование различных несгораемых материалов, материалов с огнестойким покрытием, применения эффективных способов и средств тушения пожаров.

В случае возникновения пожара или аварии, для безопасной эксплуатации находящихся в здании людей, предусмотрены эвакуационные выходы:

- из помещений первого этажа непосредственно наружу;

- из расположенных на любом этаже, кроме первого, в проход, ведущий на лестничную клетку, имеющую выход непосредственно наружу;

Потоки людей во всех случаях должны иметь прямое направление без пересечения встречного движения. Выходы должны удовлетворять безопасной и организованной эвакуации людей по своему конструктивному исполнению.

На сушке предусматривается система производственно–противопожарного водоснабжения, представляющая собой комплекс инженерно–технических сооружений, предназначенных для забора и транспортирования воды. Для забора воды установлены пожарные гидранты на расстоянии 5 м от стен здания.

Все работники сушки должны допускаться к работе только после прохождения противопожарного инструктажа. Ответственность за обеспечение пожарной безопасности возлагается на начальника отделения.

В помещениях и сооружениях, при одновременном нахождении более 10 человек, должны быть вывешены планы эвакуации людей в случаях пожара, а также установлена система сигнализации и оповещения людей о пожаре.

4.3 Охрана окружающей среды

При сушке хлористого калия в сушильных установках в результате сгорания топлива природного газа образуются дымовые газы, в состав которых входят оксид азота, хлористый водород, оксид углерода, амины и пыль хлористого калия и хлористого натрия.

Отходящие дымовые газы сушильного отделения выбрасываются в атмосферу:

- после пылегазоочистных установок печей сушильного отделения через выхлопные трубы;

- после систем очистки запыленного воздуха аспирационных установок сушильного отделения;

- после вентиляционной установки сушильного отделения.

Для очистки дымовых газов от пыли ведется их сухая и мокрая санитарная очистка. Кислые стоки после мокрой стадии очистки ПГУ поступают в мешалку откачки и сбрасываются на шламохранилище через мешалку.

Применяемая система очистки дымовых газов при сушке хлористого калия позволяет обеспечить выбросы в атмосферу ниже нормативных, установленных Государственным управлением по природным ресурсам (ГУПР) по Пермскому краю на основании расчетов рассеивания вредных примесей в атмосфере с применением программы УПРЗА «Эколог».

Эффективность очистки газов достигает по пыли 99,9 %, по двуокиси серы 67 %, по хлористому водороду до 67 %, по аминам до 65 % (согласно паспортным данным). Контроль состава отходящих газов осуществляет лаборатория экологического контроля ООО «ЕвроХим - УКК» согласно графикам контроля, утвержденным заместителем технического директора ООО «ЕвроХим - УКК» по

горным работам и согласованным в установленном порядке с инспектирующими организациями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе произведён расчёт технико-экономических показателей сушильно-грануляционного отделения. Определена себестоимость продукции до реализации мероприятия по улучшению технологического процесса и себестоимость после внедрения мероприятия. Определён прирост чистой прибыли в год после реализации мероприятия, который составил 22 385 161 рублей. Расчётный срок окупаемости данного мероприятия составил 7 месяцев. Что является вполне реальным сроком, учитывая рентабельность данного товара.

Из всего вышесказанного делается вывод, что реализация проекта по исключению стадии агломерации в Сушильно-грануляционном отделении является правильным и эффективным решением. И на сегодняшний день данное мероприятие уже реализовано на двух технологических нитках из трёх. Ведутся подготовительные работы для реализации данного мероприятия на третьей технологической нитке.

Так же приведено описание теоретических основ, происходящих в сушилке КС, технологической схемы отделения сушки хлорида калия, приведено описание устройства сушилки КС, показаны требования к сырью и готовой продукции.

Так же был рассмотрен процесс сушки и выполнен расчет технологических параметров сушилки КС отделения сушки производства хлорида калия, был рассчитан материальный и тепловой баланс, конструктивный расчет аппарата. Были раскрыты вопросы контроля и автоматизации производства, охраны окружающей среды, технику безопасности и нормальных условий труда, принят комплекс мероприятий включающий в себя регулирование микроклимата в производственных помещениях, с помощью приточно-вытяжной вентиляции, естественное проветривание и др. меры; борьбу с запылённостью производственных помещений, с помощью аспирации с очисткой воздуха выбрасываемого в атмосферу, механической уборки осевшей пыли и герметизации оборудования.

С целью предупреждения возникновения и распространения пожаров в сушильном отделении предусматривается использование различных несгораемых материалов, материалов с огнестойким покрытием, применения эффективных способов и средств тушения пожаров. Проводятся мероприятия направленные на борьбу с нарушениями правил безопасности и противопожарные мероприятия, представляющая собой комплекс инженерно–технических сооружений, предназначенных для забора и транспортирования воды. Для забора воды установлены пожарные гидранты на расстоянии 5 м от стен здания.

Соблюдение требований контроля и управления влияния на окружающую среду будет важным фактором поддержания приемлемой экологической нагрузки на окружающую среду. Необходимо отслеживать и контролировать все выбросы в рамках специализированных программ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абрамов, А.А. Флотационные методы обогащения, учебник для вузов./ А.А.Абрамов, - М.: Недра, 2016. – 274 с.

2. Агарков, А.П. Экономика и управление на предприятии: учебник для бакалавров./ А.П. Агарков. - М. : ИТК Дашков и К, 2014. – 306 с.

3. Борисов, Е.Ф. Экономическая теория./ Е.Ф. Борисов. 3-е изд., перераб. и доп. - М.: 2015. – 399 с.

4. Волков, О.И. Экономика предприятия: Курс лекций./ О.И. Волков, В.К. Скляренко. – М.: ИНФРА-М, 2014. – 226 с.

5. Голубятников, В.А. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности./ В.А. Голубятников, В.В. Шувалов – М.: Химия, 2015. – 330 с.

6. Давыдова, П.В. Расчеты по технологии неорганических веществ./ П.В. Давыдова – М.: Химия, 2015.

7. Девясилов, В.А. Охрана труда./ В.А.Девясилов – М.: Форум - Инфра-М, 2013. – 150 с.

8. Дытнерский, Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию./ Ю.И. Дытнерский. М.: Химия, 2013. – 346 с.

9. Желнин, А.А. Теоретические основы и практика флотации калийных солей./ А.А.Желнин, Всесоюзный научно-иследовательский институт Галургии (ВНИИГ), Ленинград, Химия, Ленинградское отделение, 2013. – 167 с.

10. Иоффе, И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии./ И.Л. Иоффе – Л.: Химия, 2014. – 612 с.

11. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Учебн. для техникумов./ А.Г. Касаткин. – М.: Химия, 2017. – 293 с.

12. Криворот, А.С. Конструирование и основы проектирования машин и аппаратов химической промышленности./ А.С. Криворот – М.: Машиностроение, 2016. – 455 с.

13. Куклин, П.П. Безопасность жизнедеятельности./ П.П. Куклин, В.Л. Лапин. – М.: Высш.школа, 2017. – 334 с.

14. Лащинский, А.А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: справочник./ А.А. Лащинский, А.Р. Толчинский. - М.: Альянс, 2013. – 706 с.

15. Сергеев, И.В. Экономика предприятия./ И.В. Сергеев. – М.: Финансы и статистика, 2015. – 64 с.

16. Староверов, А.Г. Основы автоматизации производства./ А.Г. Староверов. – М.: Машиностроение, 2015. – 358 с.

17. Турко, М.Р. Памятка флотатору сильвиновой обогатительной фабрики./ М.Р. Турко, Черкассы, 2014. – 405 с.

18. Чечевицина, Л.Н. Экономика организации: учеб. пособие./ Л.Н. Чечевицына, Е.В. Хачадурова. – Ростовн/Д: Феникс, 2016. – 137 с.

19. Инструкция по охране труда и рабочему месту для флотатора 4,5 разряда обогатительной фабрики ООО «ЕвроХим - УКК», 2017. – 65 с.

20. Временный технологический регламент производства флотационного хлористого калия № ТР-2-7/02 ООО «ЕвроХим - УКК».

Электронные библиотеки	- Электронно-библиотечная система "Iprbookshop" http://www.iprbookshop.ru/6951.html.