

Задание для Инженерного кубка

«ОПТИМИЗАЦИЯ РАСХОДА ИЗВЕСТИ ПРИ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ФОСФОГИПСА»

Направление

Решения в области химико-технологических процессов и повышения эффективности производства минеральных удобрений.

Цель кейса

Создать инженерное решение, позволяющее автоматизировать контроль и регулирование процесса нейтрализации фосфогипса, снизить перерасход извести и повысить качество готового продукта.

Справка о компании

ООО «Промышленная группа «Фосфорит» — одно из крупнейших предприятий химической промышленности России, входящее в состав минерально-химической компании «ЕвроХим». Компания специализируется на производстве экстракционной фосфорной кислоты и минеральных удобрений, а также на переработке побочных продуктов — в частности, фосфогипса, используемого в строительстве и сельском хозяйстве.

Предприятие активно внедряет инженерные и технологические решения, направленные на повышение эффективности, снижение затрат и экологическую устойчивость производственных процессов.

Контекст и актуальность

В процессе производства экстракционной фосфорной кислоты образуется побочный продукт — фосфогипс. Для снижения его кислотности и последующего использования выполняется нейтрализация с применением негашёной извести.

На сегодняшний день определение pH исходного фосфогипса выполняется вручную один раз в четыре часа. Это приводит к несвоевременной корректировке дозирования реагента, что вызывает перерасход извести, увеличение затрат и риск получения некачественного продукта.

Автоматизация процесса контроля и регулирования расхода извести позволит снизить производственные издержки, повысить стабильность качества продукции и экологическую безопасность производства.

Проблема

Отсутствие автоматизированной системы определения pH фосфогипса в потоке и точного регулирования подачи извести приводит к перерасходу реагента и снижению эффективности процесса нейтрализации.

Задача участников

Разработать инженерное решение по оптимизации расхода негашёной извести при нейтрализации фосфогипса.

Необходимо:

- рассчитать оптимальный расход реагента (негашёной извести) с учётом содержания активного СаО и исходного pH фосфогипса для достижения целевого диапазона pH продукта (6,4–8,5);
- подобрать метод измерения pH и предложить аппаратное оформление;
- разработать схему автоматического регулирования подачи извести;
- предложить алгоритм каскадного управления процессом, исходя из параметров исходных потоков;
- оценить экономический эффект и снижение затрат за счёт точности дозирования;
- оценить бюджет и сроки реализации;
- подготовить дорожную карту внедрения решения.

Вводные данные

- Производительность линии по фосфогипсу — 100–438 т/ч.
- Диапазон pH исходного фосфогипса — 2÷4.
- Целевой pH после нейтрализации — 6,4÷8,5.
- Усредненное содержание активного СаО в извести — 65%.
- Текущий расход извести — 7,3 кг/т.
- Стоимость негашёной извести — 7 100 руб./т.
- Известь негашёная по ГОСТ 9179-2018.
- Описание Производства – выписка из Постоянного технологического регламента №22 в Приложении.

Ограничения

- Узел нейтрализации территориально удалён от основного производства (680 м).
- В зимний период наблюдается образование пара и обледенение на конвейере.
- Фосфогипс склонен к налипанию и затвердеванию, что осложняет подачу и контроль дозирования.
- Бюджет решения должен быть экономически оправдан и технически реализуем в существующей инфраструктуре.

Ожидаемый результат от участников

1. Расчёт оптимального расхода реагента и модель регулирования процесса нейтрализации.
2. Предложение по методу измерения pH и его технической реализации.
3. Схема или алгоритм автоматического регулирования подачи извести.
4. Экономическое обоснование: расчёт снижения затрат и срока окупаемости.
5. План внедрения и дорожная карта реализации проекта.

Дополнительные материалы

Приложение 1. Выписка из Постоянного технологического регламента №22 производства фосфогипса нейтрализованного универсал.

Приложение 2. Информация о компании ООО «Промышленная группа «Фосфорит».

При возникновении вопросов вы можете обратиться за уточнением задания по адресу:
OGT_KSP@eurochem.ru

Выписка из Постоянного технологического регламента №22 производства фосфогипса нейтрализованного универсал

1. Общая характеристика производства

Наименование производства – производство целевой продукции (вторичного сырья) «Фосфогипс нейтрализованный универсал» из вторичных ресурсов (отходов разложения природных фосфатов серной кислотой (фосфогипс) при производстве экстракционной фосфорной кислоты, далее «фосфогипс до нейтрализации»).

«Фосфогипс до нейтрализации» образуется на производстве экстракционной фосфорной кислоты за счет разложения природных фосфатов серной кислотой с получением экстракционной пульпы и дальнейшем ее разделении на жидкую и твердую фазы на карусельных и ленточных вакуум-фильтрах. Данный отход в соответствии со ст. 17.1 Федерального закона от 24.06.1998 N 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» является вторичным ресурсом.

Применяемая технология - нейтрализация негашёной известью «фосфогипса до нейтрализации».

Проектная мощность производства 3 263 тыс. т/год.

Количество суток (часов) работы в году – 330 суток (7920 часов).

Количество технологических потоков – один.

Место реализации технологии: Площадка производства минеральных удобрений ООО «ПГ «Фосфорит». Установка по нейтрализации фосфогипса.

Производительность линии по фосфогипсу — 300 т $P_2O_5/ч$ (2 отд.) и 138 т $P_2O_5/ч$ (1 отд.).

2. Характеристика производимой продукции

Техническое наименование продукции в соответствии с нормативно-технической документацией - «Фосфогипс нейтрализованный универсал».

Наименование технических условий - ТУ 20.13.41-022-56937109-2023 Фосфогипс нейтрализованный универсал, технические требования и нормы к продукции:

Наименование показателя	Норма
1.Массовая доля сульфата кальция ($CaSO_4$), %, не менее	90
2.Массовая доля общих фосфатов в пересчете на P_2O_5 , %, не более	1,9
3.Массовая доля водорастворимых фосфатов, в пересчете на P_2O_5 , %, не более	0,4

Фосфогипс нейтрализованный универсал — это твердое мелкокристаллическое вещество от белого до серого цвета с наличием частиц (комков).

Фосфогипс нейтрализованный универсал используется при производстве:

- Фосфогипса нейтрализованного (ТУ 20.13.41-018-56937109-2019), паспорт безопасности № РПБ № 56937109.20.64457 от 23.10.2020 г. Применяется в цементной промышленности, в производстве гипсовых вяжущих, строительных материалов, термосульфата кальция, в качестве грунта при рекультивации нарушенных земель (в том числе для заполнения карьерных и других выемок), а также для строительных работ, в том числе, в качестве материала для сооружения ограждающих дамб;

- Агрохимиката Фосфогипс для сельского хозяйства (ТУ 20.15.49-019-56937109-2019), зарегистрированного в Министерстве сельского хозяйства РФ, паспорт безопасности № РПБ 56937109.20.77599 от 26.10.2022. Применяется в сельскохозяйственном производстве в качестве химического мелиоранта на слабокислых, слабосолонцеватых и солончаковых почвах, солонцах, а также кальцийсеросодержащего удобрения и сырья для приготовления компостов.

- Рекультиванта на основе фосфогипса нейтрализованного (ТУ 23.99.19-021-56937109-2021). Предназначен для осуществления технических мероприятий по рекультивации земель, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых; для планировки естественных неровностей рельефа, предусмотренных проектами строительства.

На основные компоненты «Фосфогипса нейтрализованного универсал»:

- Кальций сульфат дигидрат зарегистрирована Информационная карта потенциально опасного химического и биологического вещества Кальция сульфат дигидрат. Серия

№ АТ-000430 от 03.04.1995 г. (Online-база данных Автоматизированной распределенной информационно-поисковой системы (АРИПС) «Опасные вещества». [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.rpohv.ru/online/>.);

- Кальций сульфат полугидрат зарегистрирована Информационная карта потенциально опасного химического и биологического вещества Кальция сульфат гемигидрат. Серия № АТ-003001 от 18.12.2007 г. г. (Online-база данных Автоматизированной распределенной информационно-поисковой системы (АРИПС) «Опасные вещества». [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.rpohv.ru/online/>.).

3. Характеристика сырья и полупродуктов

Наименование сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов	Обозначение (наименование) стандарта, технических условий, регламента или методики на подготовку сырья	Наименование показателей обязательных для проверки	Регламентируемые показатели с допустимыми отклонениями (по ГОСТ, ОСТ, ТУ, СТП и т.д.)
1.«Фосфогипс до нейтрализации» * - (после питателя поз.164)	Технологический регламент № 5 производства ЭФК (отделение № 1 цеха ЭФК)	Массовая доля общих фосфатов в п/с на P_2O_5	Не нормируется
		Массовая доля водорастворимых фосфатов в п/с на P_2O_5	Не нормируется
		Массовая доля H_2O	Не более 45,0 %
2.«Фосфогипс до нейтрализации» * - (после питателя поз.1164, поз.3164 и поз.4164)	Технологический регламент № 4 производства ЭФК (отделение № 2 цеха ЭФК)	Массовая доля P_2O_5 общего	Не нормируется
		Массовая доля P_2O_5 водорастворимого	Не нормируется
		Массовая доля H_2O общей	Не более 36%
3. Известь строительная (молотая с добавками) негашёная: кальциевая (сорта 1, 2,3), магниевая и доломитовая (сорта 1,2,3)	ГОСТ 9179-2018	1.Содержание $CaO + MgO$, % 2.Содержание активной MgO , % 3.Содержание углекислоты (CO_2), %	50,0-90,0 5,0-40,0 3,0-9,0

*Сведения о происхождении: Данный вид отхода образуется при производстве экстракционной фосфорной кислоты за счет разложения природных фосфатов серной кислотой в дигидратном и полугидратном режиме с образованием экстракционной пульпы, состоящей из экстракционной фосфорной кислоты (жидкая фаза) и дигидрата (и полугидрата) сульфата кальция (твердая фаза), которая разделяется на жидкую и твердую фазы на карусельных и ленточных вакуум-фильтрах).

4. Описание химико-технологического процесса и схемы

Метод производства продукции «Фосфогипс нейтрализованный универсал» - нейтрализация негашёной известью «фосфогипса до нейтрализации».

«Фосфогипс до нейтрализации» образуется на карусельном вакуум-фильтре (далее – КВФ) поз. 142 отделения №1 цеха ЭФК, на КВФ поз. 1142, поз. 3142 и ленточном вакуум-фильтре (далее – ЛВФ) поз. 4142 отделения №2 цеха ЭФК в производстве экстракционной фосфорной кислоты (далее – ЭФК).

«Фосфогипс до нейтрализации» по системе ленточных конвейеров транспортируется до узла нейтрализации, где осуществляется процесс производства продукции «Фосфогипс нейтрализованный универсал»

Полученная продукция «Фосфогипс нейтрализованный универсал» от узла нейтрализации с помощью ленточных конвейеров и автотранспорта (автомобили - самосвалы Volvo A40G, Volvo A40F

грузоподъемностью 39 тонн), транспортируется в объединенный склад, а также на специализированную площадку и в дальнейшем используется для производства готовой продукции.

Узел нейтрализации.

Узел нейтрализации представляет собой силос поз. С1 из которого негашеная известь подается (дозируется) с помощью автоматического весового ленточного дозатора поз. Д1 на транспортную ленту ленточного конвейера поз.166/2г с «фосфогипсом до нейтрализации».

В результате взаимодействия «фосфогипса до нейтрализации» с негашеной известью в результате реакции нейтрализации образуется продукт «Фосфогипс нейтрализованный универсал».

Для перекрытия потока извести из силоса поз. С1 устанавливается шиберный затвор поз. 31. Для предотвращения завышения извести в силосе поз. С1 устанавливается вибратор поз. В1. Негашеная известь поступает в ООО «ПГ «Фосфорит» в автомобильных цистернах и при помощи сжатого воздуха перегружается в силос поз. С1.

Расчет подачи извести в зависимости от расхода подаваемой экстракционной пульпы на вакуум-фильтры:

$$SP = (((2F330 + 2F376 + 2F320) * 0,512 + 2F304 * 0,572) / 100) * SP_Oper$$

SP – задание для дозатора (т\ч);

SP_Oper – коэффициент, устанавливаемый аппаратчиком (оператором), безразмерная величина диапазон уставки 0,1-3,5. В текущий момент установлен 0,75.

2F330 – расход пульпы на ЛВФ4 (м³\ч);

2F376 – расход пульпы на КВФ3 (м³\ч);

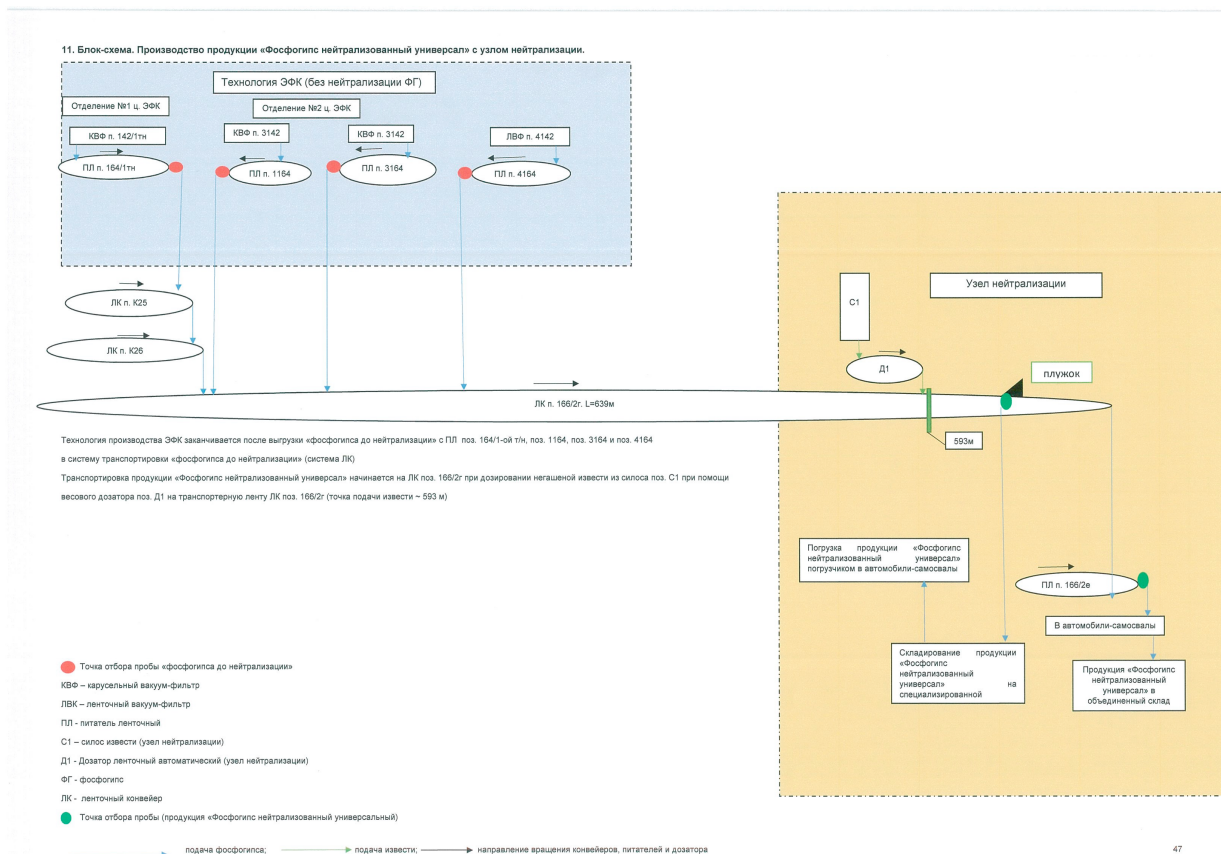
2F320 – расход пульпы на КВФ4 (м³\ч);

2F304 – расход пульпы на КВФ 1 отд. (м³\ч).

Образовавшаяся продукция «Фосфогипс нейтрализованный универсал» от узла нейтрализации конвейером поз.116/2г направляется в бункер поз. БТ-2, из которого при помощи ленточного питателя поз.166/2е отгружается в автомобили-самосвалы, которые в свою очередь перевозят данную продукцию для складирования в объединённый склад.

Заскладированная на объединенном складе и специализированной площадке продукция «Фосфогипс нейтрализованный универсал» используется для производства различных видов готовой продукции.

Блок-схема производства продукции «Фосфогипс нейтрализованный универсал»:



Информация о компании ООО «Промышленная группа «Фосфорит»

1. Наименование

ООО «Промышленная группа «Фосфорит».

2. Отрасль

Химическая промышленность, производство минеральных удобрений и химических продуктов.

3. Миссия и ключевые ценности

Миссия компании — обеспечивать агропромышленный комплекс России и зарубежных стран эффективными и безопасными минеральными удобрениями, развивая при этом экологически устойчивое производство.

Ключевые ценности:

- технологическое развитие и инновации;
- экологическая ответственность;
- надёжность и качество продукции;
- профессионализм и безопасность труда.

4. Численность сотрудников

Около 2 000 человек (по предприятию в г. Кингисепп)

Группа компаний «ЕвроХим», в состав которой входит «Фосфорит», насчитывает более 28 000 сотрудников по всему миру.

5. Краткое описание деятельности

ООО «Промышленная группа «Фосфорит» — одно из крупнейших химических предприятий России, расположенное в городе Кингисепп (Ленинградская область). Компания входит в состав минерально-химической компании «ЕвроХим», одного из мировых лидеров по производству минеральных удобрений.

Основные направления деятельности предприятия:

- производство экстракционной фосфорной кислоты;
- выпуск фосфорных минеральных удобрений;
- переработка и нейтрализация фосфогипса — побочного продукта производства;
- развитие технологий повторного использования промышленных отходов и сокращение экологического воздействия.

Предприятие активно внедряет инновационные технологии в химико-технологические процессы, автоматизацию производственных систем и инженерные решения, направленные на повышение эффективности и устойчивости производства.