

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ФАБРИКАЦИИ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА В УСЛОВИЯХ БЕЗЛЮДНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ОБСЛУЖИВАНИЕМ РОБОТИЗИРОВАННЫМИ КОМПЛЕКСАМИ – ГРАНУЛЯТОР И 3D-СМЕСИТЕЛЬ ВЫСОКОТОКСИЧНЫХ ПОРОШКОВ В ИНЕРТНОЙ АТМОСФЕРЕ

Зубков В.Г., Сергеев Н.Г., Лобов А.А., Ряпосов А.В., Матусов Е.С.,
Шкурин П.А.(АО «СвердНИИХиммаш», Екатеринбург, Россия)

Введение

Комплекс оборудования роботизированного производства по изготовлению таблетированного топлива промышленного энергокомплекса включает в себя большое количество различных элементов оборудования, каждый из которых выполняет свой набор узкоспециализированных операций. Одними из ключевых единиц оборудования в системе производства топливных таблеток являются гранулятор и 3D-смеситель высокотоксичных порошков.

Ниже рассмотрены конструкции данных установок, входящих в состав линии карботермического синтеза в комплексе автоматизированного и роботизированного производства промышленного энергокомплекса по производству таблетированного топлива.

1. Гранулятор

Гранулятор предназначен для формирования гранул из мелкодисперсного порошка. Гранулятор (рис. 1) используется в комплексе автоматизированного и роботизированного производства, обеспечивающего изготовление ядерного топлива для стартовой загрузки, а также для последующих перегрузок.

Все операции с гранулятором предполагается выполнять в полностью автоматизированном режиме, причем операции по его обслуживанию выполняются исключительно с помощью роботизированных комплексов.

В состав гранулятора входят следующие основные узлы: узел беспылевой пересыпки, узел герметичной подачи продукта, механизм гранулятора.

1.1. Узел беспылевой пересыпки

Узел беспылевой пересыпки (рис. 2) служит для подстыковки контейнера с мелкодисперсным порошком к гранулятору. Узел состоит из герметичного корпуса, штока, пневмопривода штока, опоры для стыковки с рамой. Опорожнение узла беспылевой пересыпки разгрузки контейнера контролируется датчиком уровня, установленном на выходном раструбе узла, и по наличию порошка в разгрузочном баке гранулятора.

Для улучшения условий прохождения порошка через горловину предусмотрен режим колебательных движений штока.

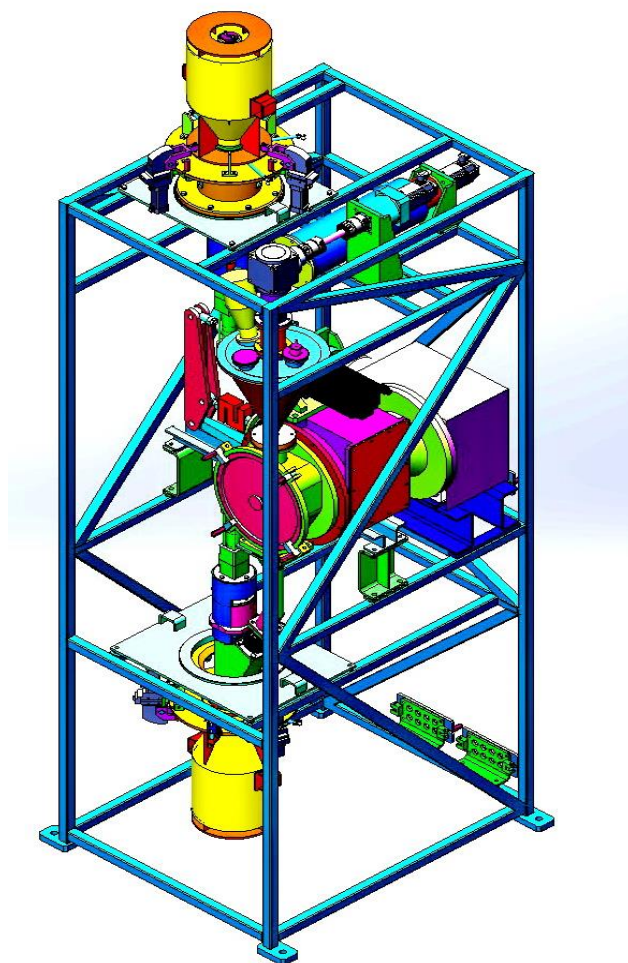


Рис. 1. Гранулятор

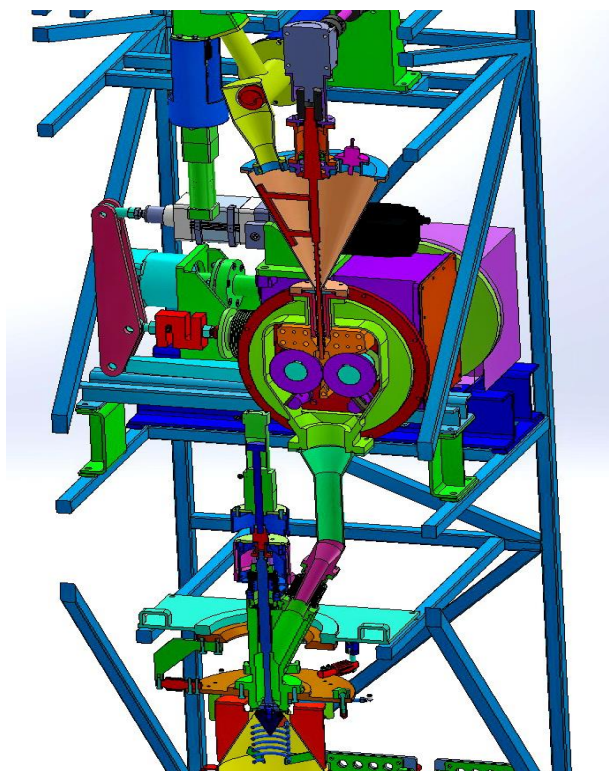


Рис. 2. Гранулятор в разрезе

1.2. Узел герметичной подачи продукта

Узел герметичной подачи продукта предназначен для дозированной подачи порошка из узла беспылевой пересыпки в бункер гранулятора. Работа данного узла прекращается при достижении верхнего уровня в бункере гранулятора и возобновляется при достижении нижнего уровня.

1.3. Механизм гранулятора

Механизм гранулятора состоит из валкового механизма, устройства поджима валков и ситового измельчителя. Валковый механизм представляет собой два вала с закрепленными на них рабочими валками. Один вал размещен в неподвижном подшипниковом узле и приводится в движение через редуктор асинхронным электродвигателем. Скорость вращения регулируется частотным регулятором.

Второй вал размещен в подшипниковом узле на качающемся рычаге. На валах имеются зубчатые колеса, с помощью которых передается крутящий момент с первого вала на второй и обеспечивается синхронное вращение валков. Валки поджимаются друг к другу устройством поджима валков, которое представляет собой рычажный механизм, поджимающий качающийся рычаг второго вала. Рычажный механизм приводится в движение электроцилиндром. Спрессованный в брикеты порошок с валков попадает в мельницу, оборудованную ситом. Разбитые ротором мельницы брикеты, протертые через сито, в виде гранул определенного размера попадают в раструб узла беспылевой пересыпки загрузки контейнера. Снизу валков устанавливаются специальные скребки для удаления налипающего на поверхность валков продукта. Рабочие валки и скребки размещены в сварном корпусе, закрываемом герметичной крышкой.

1.4. Принцип работы гранулятора

Перед запуском в работу гранулятора в полости, соприкасающейся с пересыпаемым продуктом, создается инертная атмосфера с требуемыми технологическими параметрами. Инертный газ поступает в узел беспылевой пересыпки загрузки контейнера. Давление в грануляторе контролируется по показаниям датчика давления. Параметры среды контролируются внешним газоанализатором. При падении давления в грануляторе проводится подпитка инертным газом.

В кожухах приводов шнеков также создается инертная атмосфера. Давление в кожухах контролируется по показаниям датчиков давления. Параметры среды контролируются внешними газоанализаторами.

Исходный контейнер, заполненный порошком, устанавливают на узел беспылевой пересыпки разгрузки с помощью РТК. При подстыковке контейнера к узлу пересыпки выполняется продувка инертным газом стыка между торцами горловин. Производится разблокировка штока узла беспылевой пересыпки, затем шток открывает коническую пробку контейнера.

Порошок ссыпается из контейнера через узел беспылевой пересыпки в бункер. Заполнение бункера контролируется датчиками верхнего и нижнего уровня. По окончании процесса опорожнения контейнера шток узла беспылевой пересыпки закрывает коническую пробку контейнера и блокируется. При отстыковке контейнера от узла пересыпки, после закрытия пробки выполняется продувка стыка между торцами горловин.

Шнек предварительного уплотнения узла вертикальной шнековой подачи уплотняет продукт и подает его на прессование. Усилие прессования обеспечивается специальным устройством и контролируется тензодатчиком.

Спрессованные брикеты из порошка с валков попадают в мельницу, оборудованную смежным с заданным размером ячейки ситом. Ротор мельницы

разбивает брикеты и протирает осколки через сетку. Образующиеся гранулы определенного размера попадают в патрубок нижнего узла беспылевой перегрузки.

Гранулят подается в контейнер. Контроль наполнения контейнера обеспечивается тензодатчиками. По окончании процесса наполнения шток узла беспылевой пересыпки закрывает коническую пробку контейнера и блокируется. При отстыковке контейнера от узла пересыпки выполняется продувка стыка между торцами горловин.

При отстыковке контейнеров от узлов беспылевой пересыпки РТК проводит протирку стыкуемых поверхностей контейнера и узлов беспылевой пересыпки от следов частиц продукта, обеспечивая относительную чистоту камеры.

Локальная система управления гранулятора строится по принципу распределенной, т.е. совместно с устройствами КИП на «нижнем уровне» широко используются разъемные соединители, расположенные непосредственно на технологическом оборудовании. Распределенная система выигрывает по гибкости монтажа и простоте обслуживания.

2. 3D-смеситель

Установка 3D-смешения (рис. 3, 4) предназначена для усреднения сыпучих продуктов на различных пределах.

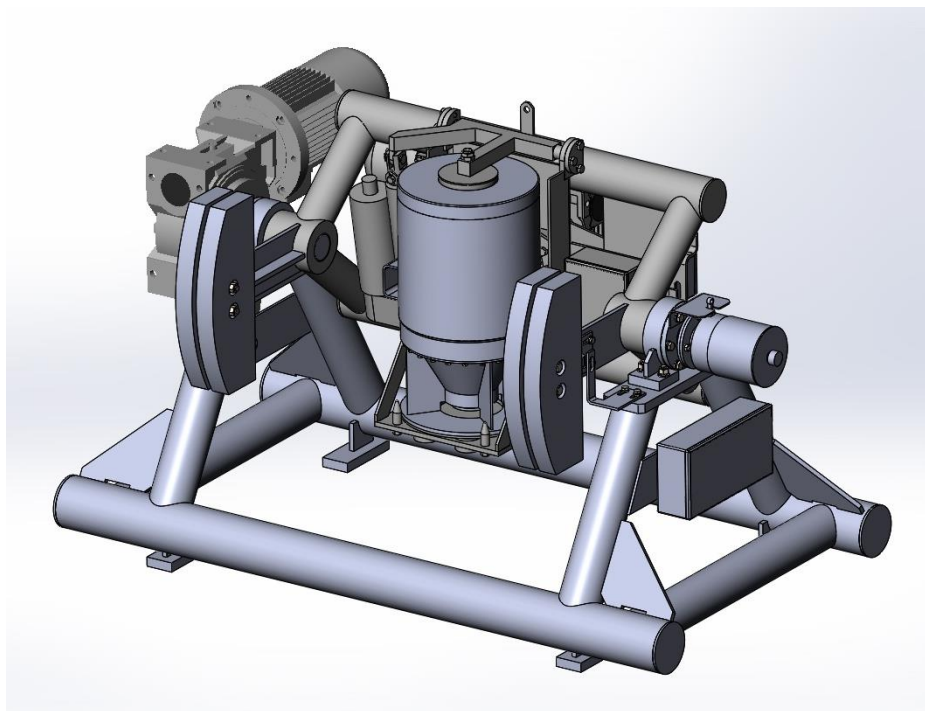


Рис. 3. Установка 3D-смешения

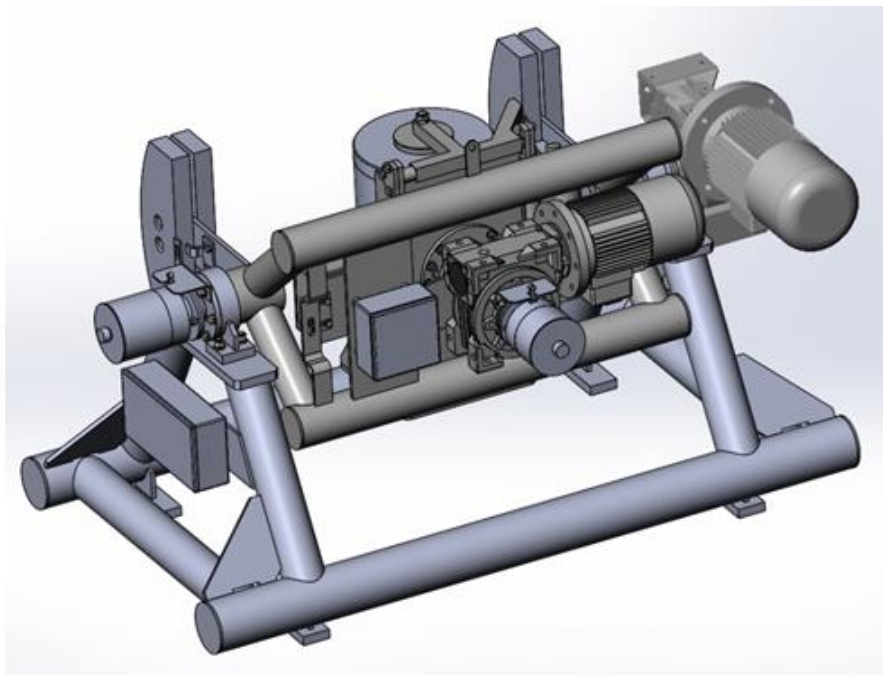


Рис. 4. Установка 3D-смешения

В состав установки 3D-смешения входят следующие основные элементы:

- рама;
- два мотор-редуктора;
- платформа;
- прижим с электроцилиндром;
- два токосъемника.

Принцип работы установки основан на контролируемом трехмерном движении. Одновременное вращение вокруг двух осей, перпендикулярных друг другу, гарантирует оптимальное перемешивание ингредиентов. Такое вращение обеспечивает быстрый процесс смешивания с высоким качеством.

На раме установлены быстроразъемные соединения для возможности отсоединения электропитания при помощи РТК. Внутри установки предусмотрены отдельные соединения кабелей с целью обеспечения возможности поагрегатного отключения электроприемников установки с целью проведения текущего ремонта или осмотра.

При помощи РТК, обслуживающего контейнеры, контейнер с продуктом доставляется к установке и помещается на платформу.

Поскольку установка не имеет ограждения безопасности, особое внимание должно быть уделено включению установки в работу только при отсутствии каких-либо предметов (например, захвата РТК) в зоне вращения осей установки.

Мотор-редуктор приводит в движение подвижную раму с закрепленными на ней элементами. На раме установлены быстроразъемные соединения для возможности отсоединения электропитания при помощи РТК.

Второй мотор-редуктор вращает платформу с контейнером в направлении, перпендикулярном вращению подвижной рамы. Тем самым происходит одновременное вращение платформы с контейнером в двух перпендикулярных друг другу плоскостях. Режимы работы установки (частота, время, направление вращения контейнера) задаются средствами локальной системы управления.

По окончании выбранного режима работы установки подвижная рама и платформа с контейнером может останавливаться в исходном положении, после чего

электроцилиндр поднимает прижим и освобождает контейнер для транспортировки на дальнейшую технологическую операцию при помощи РТК. Также возможна остановка смесителя в позиции с перевернутым контейнером, при этом далее необходимо захватить контейнер при помощи РТК, после чего открыть прижим. Контейнер в перевернутом положении направляют на операцию отбора пробы порошка из контейнера: в днище контейнера выполнен специальный фланец для возможности проведения пробоотбора, а смеситель устанавливается в исходное положение.

Управление работой установки 3D-смешения производится в автоматическом режиме с помощью локальной системы управления.

Заключение

На сегодняшний день во всех отраслях промышленности происходит активное внедрение гибких автоматических (и автоматизированных) производств, позволяющих значительно увеличить качество проводимых работ на предприятии. Однако данный тренд требует разработки принципиально новых конструкций под нужды РТК с обслуживанием производственными роботами. С этой целью на предприятии АО «СвердНИИхиммаш» были разработаны уникальные конструкции установок гранулятора и 3D-смесителя высокотоксичных порошков в инертной атмосфере.

Производственные роботы в составе РТК выполняют операции загрузки и разгрузки установок в соответствии с заданным технологическим процессом, осуществляют координацию автоматических циклов их работы.

Конструкции установок предусматривают отсутствие ручных операций по монтажу и демонтажу оборудования из робототехнической линии, что позволяет исключить присутствие рабочего персонала в зоне, где нахождение ограничено.

Внедрение РТК исключает ошибки рабочего персонала, становится возможным выполнять операции по смене оборудования и проведению короткого ремонта более точно и выверенно, так как все функции по обслуживанию средствами РТК запрограммированы в системе управления.