

УДК 664.8/.9

Моделирование технологии очистки оборудования, моющие растворы и их применение при производстве картофелепродуктов

Храмешин Р.А.

Ижевская государственная сельскохозяйственная академия

Аннотация

Статья посвящена вопросу очистки пищевого оборудования от загрязнения в процессе операции сортирования. Описаны основные задачи и проблемы подбора растворов, концентрации и температуры применения распыляемых материалов. Проанализирована взаимосвязь результатов, полученных в ходе моделирования процесса на основе многофакторных и многоуровневых экспериментов по очистке оборудования по производству картофелепродуктов.

Ключевые слова: МОДЕЛЬ, ВОДА, ОЧИСТКА, МОЮЩИЙ РАСТВОР, ОБОРУДОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО, КАРТОФЕЛЕПРОДУКТЫ

Введение

Очистка оборудования для производства и переработки пищевой продукции – сложный производственный процесс, зависящий от множества факторов – от материала из которого изготовлено оборудование, типа очистки оборудования (механический или ручной) до моющего раствора и интервала очистки. В настоящее время система менеджмента предприятия регулируется ГОСТ Р ИСО 9001-2015 (ISO 9001:2015) и ГОСТ Р ИСО 22000-2007 (ISO 22000:2005), [1.2].

Предметом исследований является процесс моделирования, подбора параметров процесса и моющего раствора, концентрации, температуры применения распыляемого материала для очистки нитей сортировального барабана от частиц крахмала.

Наиболее часто в пищевой промышленности встречаются следующие виды моющих средств:

- Синтетические моющие средства – содержат поверхностно-активные вещества, ингибиторы коррозии, отбеливатели, химические и дезинфицирующие компоненты. Являются одними из самых распространенных моющих средств. Однако, их регулярное использование без средств индивидуальной защиты влечет за собой вред здоровью человека, а их попадание в окружающую среду наносит вред окружающей среде, особенно, при попадании в водоемы.
- Щелочные средства – синтезированы на основе щелочей (каустическая сода, кальцинированная сода, метасиликат натрия, тринатрийфосфат). Применяются для замачивания, но могут образовывать стойкие нерастворимые соединения, могут оставлять на прозрачных поверхностях несмываемые пятна, окисляют металлы, негативно воздействуют на резиновые уплотнения.
- Дезинфицирующие средства – основными компонентами являются четвертично-аммонийные соединения. Хорошо смачивают поверхности, пенятся, очищают различные типы загрязнений, усиливают свое действие среди щелочей, обладают бактерицидными свойствами.
- Кислотные средства – чаще всего в состав их входят азотные, либо сульфаминовые кислоты. Для профилактической дезинфекции используются растворы слабой концентрации.
- Концентрация моющего средства составляет от 1 до 10% от общего объема раствора, в зависимости от типа и марки моющего средства, от требуемого результата (дезинфекция или очистка оборудования от твердых частиц загрязнений), жесткости воды, из которой готовится моющий раствор. Для достижения максимального результата моющий раствор нагревается до температуры 45-85 °С, в зависимости от типа загрязнения очищаемого оборудования, ручной либо механической мойки. Зависимость между температурой раствора и его концентрацией является обратной – чем ниже концентрация, тем выше температура.

После мойки и дезинфекции оборудования необходима промывка поверхностей и оборудования чистой водой для удаления остатков моющих средств, которая должна соответствовать требованиям СанПиН 2.1.4.559–96 «Питьевая вода. Гигиенические

требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

Однако существует проблема дальнейшей утилизации моющих растворов после их использования. Согласно СанПин 4630-88 «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения» отработанные моющие в отдельную емкость, где происходит их нейтрализация, после чего, при нейтральном рН, допускается слив их в канализацию. Но на практике недобросовестные производители продуктов питания осуществляют сброс отработанных растворов в канализацию без их нейтрализации и очистки.

Таким образом, существует проблема подбора необходимого моющего средства, которое будет использоваться для очистки нитей сортировального барабана путем распыления форсунками высокого давления [3].

Цель исследований — разработать математическую модель времени очистки нитей от частиц налипшего крахмала и мелких частиц резаного картофеля, влияния качества продукции и технологических факторов – концентрации моющего раствора, его температуры, времени распыления и давления струи.

Исследования математической модели строятся в следующих допущениях:

- объем смываемого загрязнения за единицу времени пропорционален первой степени его объема:

$$\Delta O = f \bar{O} \Delta \bar{t} \quad (1)$$

где: \bar{O} - объем смытого крахмала и мелких резаных частиц; $\Delta \bar{t}$ - интервал времени, за который произошло уменьшение объема; f – коэффициент пропорциональности; ΔO - уменьшение объема.

Подставляя в правую часть зависимости (1) вместо объема произведение $\bar{O}X(\bar{O})$, новую переменную $X\bar{O}$, являющуюся функцией \bar{O} , получаем сложное уменьшение объема во времени принимая функцию $X\bar{O}$ линейной, то есть $X\bar{O} = f_a \bar{O}$, получаем абсолютное уменьшение, $\Delta \bar{O}(\bar{t})$ объем смытого крахмала и мелких резаных частиц в идеальном технологическом режиме за промежуток времени $\Delta \bar{t}$ вида:

$$\Delta \bar{O}(\bar{t}) = \bar{v}(\bar{t}) \bar{O}^2(\bar{t}) \Delta \bar{t} \quad (2)$$

$$\bar{v} = f f_a \quad (3)$$

где $\bar{v} = \bar{v}(\bar{t})$ – переменная скорость уменьшения объёма, отнесённая к квадрату объёма налипшего крахмала и частиц.

Переходя в уравнении (2) к пределу при $\Delta(\bar{t}) \rightarrow 0$, выводим дифференциальное уравнение для скорости изменения объёма в момент времени (\bar{t}):

$$\frac{d\bar{O}}{d\bar{t}} = \bar{v}(\bar{t}) \bar{O}^2(\bar{t}) \quad (4)$$

Введя интересующие факторы – количество частиц крахмала и мелких резаных частиц, смытых с поверхности машины, в том числе концентрацию моющего раствора $\bar{K}(\bar{t})$ и его температуру $\bar{T}(\bar{t})$, получим обобщённое уравнение скорости изменения объёма налипшего крахмала и мелких резаных частиц:

$$\frac{d\bar{O}}{d\bar{t}} = \bar{v}(\bar{t}) \bar{O}^2(\bar{t}) + \bar{\delta}(\bar{t}) \bar{K}(\bar{t}) + \bar{\delta}(\bar{t}) \bar{T}(\bar{t}) \quad (5)$$

где $\bar{\delta} = \bar{\delta}(\bar{t})$ - переменная скорость уменьшения объёма, вызванная единичным количеством частиц, очищающих сортирующую машину;

Предполагается, что параметры $\bar{v}, \bar{\delta}$ изменяются со временем в силу естественных причин технологического процесса, а изменения в объёмах смытых частиц объясняются изменением объёма производства, уменьшения количества частиц, загрязнявших машину и продукцию за время $\Delta(\bar{t})$, принимают следующий вид:

$$\Delta \bar{K}(\bar{t}) = \bar{d}(\bar{t}) \bar{O}(\bar{t}) \Delta \bar{t} \quad (6)$$

$$\Delta \bar{T}(\bar{t}) = \bar{\mu}(\bar{t}) \bar{O}(\bar{t}) \Delta \bar{t} \quad (7)$$

где $\bar{d} = \bar{d}(\bar{t})$ и $\bar{\mu} = \bar{\mu}(\bar{t})$ - переменные скорости уменьшения количества частиц, загрязнявших соответственно технологическое оборудование и готовый продукт.

Переходя к пределам при $\Delta(\bar{t}) \rightarrow 0$, имеем дифференциальные уравнения для скоростей изменения количеств загрязняющих частиц в момент времени \bar{t} :

$$\frac{d\bar{K}}{d\bar{t}} = \bar{d}(\bar{t})\bar{O}(\bar{t}) \quad (8)$$

$$\frac{d\bar{T}}{d\bar{t}} = \bar{\mu}(\bar{t})\bar{O}(\bar{t}) \quad (9)$$

Полученная нелинейная математическая модель динамики для трёх взаимозависящих функций на основе трёх дифференциальных уравнений с рациональными правыми частями и переменными коэффициентами характеризует рассматриваемый процесс, позволяя на кинетическом уровне описывать временные циклы очистки оборудования для производства картофелепродуктов.

В силу принятых допущений, в зависимостях (5), (8), (9) складываются переменные разных размерностей, введя безразмерные переменные и параметры, преобразуем их к безразмерному виду. [4]:

$$t = \frac{\bar{t}}{t_1}, O = \frac{\bar{O}}{O_1}, K = \frac{\bar{K}}{K_1}, T = \frac{\bar{T}}{T_1} \quad (10)$$

$$v = \bar{v}O_1t_1, \delta = \frac{K_1\bar{\delta}}{O_1}t_1, d = \frac{O_1\bar{d}}{K_1}t_1, \mu = \frac{O_1\bar{\mu}}{T_1}t_1 \quad (11)$$

Масштаб времени t_1 принимается равным одному производственному циклу, тогда каждая единица безразмерного времени t соответствует продолжительности одного цикла, то есть $t=1$ означает $\bar{t} = 1$ цикл, $t=n$ циклов.

В дальнейших расчётах принимаем в качестве коэффициентов уравнений квадратичные функции времени $v(t), \delta(t), d(t), \mu(t)$, содержащие параметры модели. Окончательно система уравнений (5), (8), (10-11) принимает вид:

$$\begin{cases} \frac{dO}{dt} = (v_1t^2 + v_2t + v_3)O^2(t) + (\delta_1t^2 + \delta_2t + \delta_3)K(t) + T(t), \\ \frac{dK}{dt} = (d_1t^2 + d_2t + d_3)O(t), \\ \frac{dT}{dt} = (\mu_1t^2 + \mu_2t + \mu_3)O(t), \end{cases} \quad (12)$$

Начальные условия в безразмерном виде принимают вид:

$$O(1)=1, K(1)=1, T(1)=1.$$

Далее работа с математической моделью проводится по следующей схеме: на основе анализа статистических данных рассматриваемой технологии определяется временной интервал варьирования, для которого выбирается начальный момент времени $t_1 = 1$ для проведения расчётов и соответствующие этому интервалу значения переменных модели, [5]. Для интервала варьирования $t_1 \div t_n$ обработкой соответствующих значений строятся аппроксимирующие степенные функции $O(t)$, $K(t)$, $T(t)$. Построенные функции и их производные подставляются в уравнения системы (12).

Путём минимизации невязок:

$$R_1(t) = v(t)O^2(t) + \delta(t)K(t) + T(t) - \frac{dO}{dt}, \quad (14)$$

$$R_2(t) = d(t)O(t) - \frac{dK}{dt}, \quad (15)$$

$$R_3(t) = \mu(t)O(t) - \frac{dT}{dt}; \quad R_3(t) = \mu(t)O(t) - \frac{dT}{dt} \quad (16)$$

где $v(t) = v_1 t^2 + v_2 t + v_3$, $\delta(t) = \delta_1 t^2 + \delta_2 t + \delta_3$, $d(t) = d_1 t^2 + d_2 t + d_3$,
 $\mu(t) = \mu_1 t^2 + \mu_2 t + \mu_3$,

Определяются параметры модели $v_i, \delta_i, d_i, \mu_i$ ($i=1,2,3$). Таким образом, на данном этапе путём решения обратной задачи с использованием статистических данных на интервале варьирования времени определяются параметры модели.

Далее решается прямая задача определения функций $O(t)$, $K(t)$, $\Pi(t)$ на прогнозный период при найденных значениях параметров модели с использованием в качестве начальных условий процесса значения функций в конце первого интервала $O(t_n)$, $K(t_n)$, $\Pi(t_n)$ итерационным методом.

Результаты и обсуждение

Таким образом, на основании вышесказанного предложен метод прогнозирования технологической ситуации производственного процесса с помощью нелинейной имитационной модели с переменными коэффициентами, отражающей взаимодействие

нескольких подсистем технологии (объём производства, загрязнение оборудования и конечного продукта)

Модель требует задания входных параметров, определяющих скорости изменения рассматриваемых факторов, интервалов варьирования и начальных значений. Предложен порядок вычисления численных значений параметров модели за определенный технологический промежуток времени на основе статистических данных факторов.

Модель воспроизводит тренды объёма производства и объёмов загрязняющих частиц и позволяет делать прогноз тенденции изменения факторов и их численных значений. Недостатком модели следует считать однородность сырья и «обезличенность» состава загрязнителей.

Заключение

Предложены следующие рекомендации:

- К технологическим факторам мойки оборудования, влияющим на качество продукции, следует отнести концентрацию моющего раствора, его температуру, время распыления и давление струи.
- При подготовке моющих растворов обеспечить температуру 45-85°C, с концентрацией моющего вещества 5-10%.
- Мойку оборудования для производства картофелепродуктов рекомендовано производить в 4 этапа: первоначальное смачивание, мойка с применением моющих растворов, ополаскивание чистой водой до полного удаления остатков моющего вещества, сушка сжатым воздухом, [6].
- Максимальная сила струи воды или моющего раствора достигается при перпендикулярном направлении к очищаемой поверхности.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования. Дата введения 11.01.2015 г.

2. ГОСТ Р ИСО 22000-2007 Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции. Дата введения 01.01.2008 г.

3. Пажи Д.Г., Галустов В.С. Основы техники распыления жидкостей. – М.: «Химия», 1984. – 256 с.

4. Юдин М. И. Планирование эксперимента и обработка его результатов. – К.: КГАУ, 2004 – 239 с.

5. Храмешин Р.А., Храмешин А.В. Клининг технологического оборудования при производстве картофелепродуктов. В сборнике: Научное обеспечение инженерно-технической системы АПК: проблемы и перспективы Материалы национальной научно-практической конференции, посвященной 60-летию работы кафедры эксплуатации и ремонта машин агроинженерного факультета, 90-летию доктора химических наук, профессора, заслуженного деятеля науки Удмуртской Республики Григория Андреевича Кораблева и 85-летию кандидата технических наук, профессора, заслуженного работника сельского хозяйства Удмуртской Республики, почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации Бориса Дмитриевича Зонова. ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. 2020. С. 152-157.

6. Khrameshin R., Enders M., Khrameshin A Modeling of operating modes of the module of cleaning the vacuum- sorting-drying machine during the production of frozen semi-products from the potato. Norwegian Journal of Development of the International Science. 2019. № 26-2. С. 6-9.

Цитирование:

Храмешин Р.А. Моделирование технологии очистки оборудования, моющие растворы и их применение при производстве картофелепродуктов // АгроЭкоИнфо. – 2020, № 2. - http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/2/st_211.pdf.