

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫВКИ РЫБНОГО ФАРША В УСТАНОВКАХ НЕПРЕРЫВНОГО И ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

В. П. Ковальков

В настоящее время рыбный фарш промывают в установках, работающих с периодическими циклами загрузки-выгрузки. Однако более прогрессивны установки, в которых фарш загружают и выгружают непрерывно.

Для периодической промывки уже имеются технологические рекомендации [4], установленные путем выбора наиболее рациональных параметров режима промывки: кратности промывки  $n$ , жидкостного коэффициента  $\eta$ , общей продолжительности процесса  $\tau_0$ . Для установок непрерывного действия подобных рекомендаций нет.

Поэтому возникает вопрос, будет ли различной продолжительность промывки в установках непрерывного и периодического действия при прочих равных условиях (кратности промывки, соотношения воды и фарша и т. д.)<sup>1</sup> и нужно ли вырабатывать специальные рекомендации для случая промывки рыбного фарша в установках непрерывного действия.

Действительно, на первый взгляд, кажется, будто в установке периодического действия промывка должна идти быстрее, так как фарш попадает в чистую (без содержания вымываемых веществ) воду, а в установке непрерывного действия — медленнее, так как концентрация вымываемых веществ в промывающей воде имеет некоторое постоянное значение  $C_v$ , определяемое соотношением потоков воды  $G_v$  и фарша  $G_f$  и временем  $\tau_0$  пребывания их в активной зоне установки.

Сравним длительность промывки в двух указанных типах установок.

Для однократно промывающей установки непрерывного действия с равномерной подачей промывающей воды и фарша в соотношении  $\eta = \frac{G_v}{G_f}$  имеем следующее уравнение материального баланса (по схеме «идеального смешения»);

$$p(C_0 - \bar{C}) = \eta C_v, \quad (1)$$

где  $p$  — влагосодержание частиц фарша (для нежирных рыб  $p=0,83$ ), кг/кг;  
 $C_0$  и  $\bar{C}$  — начальная и конечная концентрация вымываемых веществ в частицах фарша, кг/кг;  
 $C_v$  — концентрация вымываемых веществ в отработанной воде, кг/кг.

Другое уравнение получим из предположения существования регулярного режима первого рода [3] в том случае, если коэффициент диффузии меняется незначительно от концентрации:

<sup>1</sup> В одной установке непрерывного действия производится только однократная промывка. Поэтому кратность промывки  $n$  для установок непрерывного действия равна числу этих установок.

$$C \approx C_B + (C_0 - C_B) \exp \left[ - \left( \frac{\tau_0}{\beta \bar{M}_c} \right) \right], \quad (2)$$

где  $\beta$  — некоторый безразмерный коэффициент;

$\bar{M}_c$  — среднее значение диффузионного статического момента [1, 2], зависящего от среднего за весь период промывки значения коэффициента диффузии вымываемых веществ в частицах фарша, от формы частиц, их размера и условий массообмена на их поверхности.

Решая систему уравнений (1) и (2) относительно времени промывки  $\tau_0$ , получим:

$$\tau_0 \approx \beta \bar{M}_c 2,3 \lg \frac{p(\bar{\Theta} - 1) + \eta}{p(\bar{\Theta} - 1) + \eta \bar{\Theta}}, \quad (3)$$

где  $\bar{\Theta} = \frac{\bar{C}}{C_0}$  — заданное относительное снижение среднеобъемной концентрации вымываемых веществ в частицах фарша в результате промывки  $\bar{\Theta}$  [0; 1].

В случае  $n$ -кратной промывки (когда имеется  $n$  подобных установок непрерывного действия с одинаковым временем пребывания в них частиц фарша) относительное суммарное активное время промывки определится:

$$T_0 \equiv \frac{\tau_0}{2,3 \beta \bar{M}_c} \approx n \lg \frac{\eta - p \left( 1 - \sqrt[n]{\bar{\Theta}} \right)}{\eta \sqrt[n]{\bar{\Theta}} - p \left( 1 - \sqrt[n]{\bar{\Theta}} \right)}, \quad (4)$$

где  $\eta$  — одинаковое в каждой промывке соотношение воды и фарша (жидкостной коэффициент).

Для установок периодического действия в статье [2] получено решение, которое для удобства сравнения с формулой [4] запишем в виде:

$$T_0 \equiv \frac{\tau_0}{2,3 \beta \bar{M}_c} \approx 4n \left( \frac{1 + \eta}{3 + 2\eta} \right)^2 \lg \frac{\eta}{\eta \sqrt[n]{\bar{\Theta}} - p \left( 1 - \sqrt[n]{\bar{\Theta}} \right)}. \quad (5)^*$$

При сравнении результатов расчета относительного времени процесса промывки рыбного фарша на установках непрерывного и периодического действия, т. е. соответственно по формулам (4) и (5), не видно значительной разницы при одних и тех же условиях перемешивания, физических свойств частиц, а также  $p$  и  $\bar{\Theta}$ . Более низкие значения  $T_0$  по формуле (5) для установок периодического действия объясняются погрешностью самого метода их расчета, при котором изменение среднеобъемной концентрации рассматривается в частице фарша слегка уменьшенного размера [2]. Причем характер кривых, построенных соответственно правым частям (4) и (5), практически одинаков.

Поэтому можно заключить, что при всех равных условиях продолжительность промывки в установках непрерывного и периодического действия одинакова. Объясняется это тем, что в установках периодического действия изменение концентрации в частицах фарша и в промывающей воде идет таким образом, что в частице среднеобъемная концентрация понижается, а в воде, окружающей частицу, повышается.

\* Эта формула при полупроизводственной проверке дала хорошее совпадение результатов расчетов и опытов.

и на самом деле и та и другая концентрация каждая со своей стороны асимптотически приближается со временем ( $\tau \rightarrow \infty$ ) к единой среднеобъемной концентрации  $C_\infty$  системы частица—вода.

Процесс понижения среднеобъемной концентрации в частице идет как бы по отношению не к концентрации воды, которая меняется со временем, а к концентрации  $C_\infty$  системы фарш—вода, которая всегда выше концентрации вымываемых веществ в промывающей воде.

Формулы (4) и (5) позволяют получить готовую таблицу, при помощи которой, зная результаты какого-либо «базового» опыта по экспериментальной промывке рыбного фарша (с известными  $\tau_0$ ,  $\eta$ ,  $n$ ,  $p$ ,  $\Theta$  и прочими условиями, как-то: интенсивность перемешивания, размеры и состав частиц фарша, температура воды), легко определить продолжительность промывки в минутах при любом выборе варьируемых нами параметров  $\eta$  и  $n$  для установок периодического и непрерывного действия.

Так, если установлено, что при двукратной промывке ( $n=2$ ) и жидкостном коэффициенте  $\eta=3$  продолжительность активного времени процесса до какого-то определенного значения среднеобъемной концентрации вымываемых веществ  $\bar{\Theta}$  составляет, например, 20 мин<sup>1</sup>, то таблица примет следующий вид:

	1	2	3	4
1	—	—	—	—
2	—	$\infty$	$\infty$	$\infty$
3	—	35	31	32
4	$\infty$	25	24	25
5	33	22	21	22
6	25	20	20	21
7	22	19	19	20
8	21	18	18	19
9	20	18	18	19
10	19	18	17	18
12	18	17	17	17
15	18	17	17	17
40	16	16	16	16
	16			

<sup>1</sup> Согласно технологической инструкции [4] в этом случае относительное понижение среднеобъемной концентрации вымываемых водорастворимых азотистых веществ в фарше составит от  $\bar{\Theta}=1$  до  $\bar{\Theta}=0,2$ .

Примечание. Общая продолжительность активного времени промывки  $\tau_0$  рыбного фарша в минутах в зависимости от кратности промывки  $n$  и от общего соотношения воды и фарша  $n\eta$ ; относительное понижение среднеобъемной концентрации

$\bar{\theta} = \frac{\bar{c}}{C_0}$  вымываемых веществ во всех случаях одно и то же;  $p=0,83$ ; «базовый» эксперимент;  $\tau_0=20$  мин при  $n=2$  и  $\eta=3$ .

В верхней части таблицы чертой отделена область, где решения не существует, когда невозможно получить требуемую остаточную концентрацию  $\bar{\theta} = \frac{\bar{c}}{C_0}$  вымываемых веществ в частицах фарша, сколько бы ни продолжать промывку.

При промывке в неограниченном количестве воды (теоретически  $n\eta \rightarrow \infty$ ) минимально возможное время указано в последней строке таблицы.

По таблице видно, например, что трехкратную ( $n=3$ ) промывку с точки зрения наименьшей продолжительности процесса целесообразно делать только тогда, когда общее соотношение воды и фарша равно трем ( $n\eta=3$ ). При  $n\eta=4 \div 9$  целесообразна двукратная промывка. При  $n\eta=10$  и более отличия между продолжительностью однократной и любой многократной промывкой до одной и той же концентрации  $\bar{\theta}$  нет.

Если в базовом эксперименте получено иное значение длительности промывки, чем по таблице (что может быть связано с другими характеристиками мяса фарша или конкретными условиями процесса промывки), то все цифры в клеточках таблицы изменятся пропорционально.

По таблице можно также определять рационально режимы промывки с небольшими расходами промывающей воды, что особенно важно для судовых установок производства рыбного фарша. Приведенный ниже пример наглядно иллюстрирует это.

Пример пользования таблицей. Ведется двукратная ( $n=2$ ) промывка рыбного фарша согласно технологической инструкции [4]:  $n\eta=6$ ;  $\tau_0=20$  мин. Допустим снизилась подача свежего фарша на промывку. Тогда вместо запроектированного режима двукратной промывки (по 10 мин каждая) с жидкостным коэффициентом  $\eta=3$  можно использовать другой режим с большей продолжительностью процесса, но зато с меньшим расходом промывающей воды. Так, из таблицы видно, что, сохранив двукратную промывку, можно снизить общее соотношение воды и фарша  $n\eta$  до пяти, четырех и даже трех ( $\eta=1,5$ ). При  $n\eta=3$  получим продолжительность промывки  $\tau_0=35$  мин (по 17 мин каждая), сэкономив при этом расход чистой воды в 2 раза.

## ВЫВОДЫ

1. Предложена теоретическая формула (4) для оценки продолжительности промывки рыбного фарша в установках непрерывного действия.
2. Продолжительность процесса промывки в установках непрерывного и периодического действия при всех остальных равных условиях одинакова.
3. По приведенной таблице можно определять длительность промывки рыбного фарша в установках периодического и непрерывного действия при разных режимах промывки, характеризующихся различной кратностью промывки и жидкостным коэффициентом.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковальков В. П. К определению продолжительности охлаждения сплошных и полых тел простой формы. — «Холодильная техника», 1969, № 3, с. 37—42.
2. Ковальков В. П., Ионас Г. П. К расчету длительности промывки рыбного фарша. — «Труды ВНИРО», 1971, т. 78, с. 59—66.
3. Лыков А. В. Теория теплопроводности. М., «Высшая школа», 1967. 253 с.
4. Технологическая инструкция по производству рыбных фаршей. Под ред. Н. И. Рехиной. М., ОНТИ ВНИРО, 1970. 15 с.

### THEORETICAL DETERMINATION OF TIME REQUIRED FOR WASHING FISH MINCE IN CONTINUOUS AND BATCH-OPERATED UNITS

V. P. Kovalkov

#### SUMMARY

A formula for determining the relative time required for washing fish mince in continuous and batch-operated units has been deduced, and theoretical formulas for calculating the relative length of washing fish mince in these units evaluated.

The length of washing fish mince in the two types of units, all other conditions being equal, has been shown to be the same. A table is suggested for the choice of a most rational washing regime.

### DÉTERMINATION THÉORIQUE DE LA DURÉE DE LAVAGE DE LA FARCE DE POISSON DANS DES INSTALLATIONS CONTINUES ET PÉRIODIQUES

V. P. Kovalkov

#### RÉSUMÉ

On déduit la formule pour la détermination de la durée relative de lavage de la farce de poisson dans les installations continues.

On fait l'appréciation des formules théoriques pour le calcul de la durée relative de lavage dans les installations continues et périodiques. Il est montré que la durée de lavage dans ces deux types d'installations est la même, toutes autres conditions étant égales. Le tableau pour le choix du régime optimal de lavage de la farce de poisson est proposé.