

Коэффициент теплопередачи k поверхности сушильного цилиндра можно уменьшить теплоизоляцией асбестовым материалом в 2,7 раза, минеральной ватой в 4 раза. Сокращение тепловых потерь при теплоизоляции торцовых крышек пропорционально сокращению поверхности контакта не теплоизолированных крышек с воздухом.

Снижение тепловых потерь от сушильных цилиндров при установке теплоизоляции торцовых крышек определим по формуле:

$$Q_{kc} = \frac{Q_k}{k} = \frac{1867,3}{k} = (466,8...691,6), \text{ Дж} \quad (5)$$

где $k = 4; 2,7$ – коэффициент снижения теплопередачи после установки теплоизоляции.

После установки теплоизоляции торцовых крышек сушильного цилиндра:

$$\Delta Q_{kc} = \frac{Q_k - Q_{kc}}{Q_k} \cdot 100 = \frac{1867,3 - Q_{kc}}{1867,3} = (75...63)\% \quad (6)$$

Отметим, что теплоизоляция торцовых крышек всех сушильных цилиндров не только снизит температуру масла в системе циркуляционной смазки на входе в подшипниковые опоры, но и сократит расход пара, подаваемого в сушильные цилиндры.

Список литературы

1. Бушмелев В. А. Процессы и аппараты целлюлозно-бумажного производства : [Учебник для техникумов целлюлозно-бум. пром-сти] / В. А. Бушмелев, Н. С. Вольман. - 2-е изд., испр. и доп. – М.: Лесная пром-сть, 1969. - 408 с.

2. Жучков П.А. Тепловые процессы в целлюлозно - бумажном производстве / П. А. Жучков. - М.: Лесная пром-сть, 1978. - 408 с.

УДК 676.022.62

ВЛИЯНИЕ МАССЫ И АГРЕГАТНОГО СОСТОЯНИЯ СЫРЬЯ НА СОБСТВЕННЫЕ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ ВАРОЧНОГО КОТЛА

Сиваков Валерий Павлович,

д-р техн. наук, профессор,

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,

г. Екатеринбург, E-mail: sivakov@usfeu.ru

Степанова Евгения Николаевна,

аспирант ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,

г. Екатеринбург, E-mail: stepanova_usfeu@bk.ru

Ключевые слова: целлюлозно-бумажная промышленность, варка целлюлозы, варочный котел, масса сырья.

Аннотация. В статье рассмотрены динамические характеристики варочного котла, которые изменяются в широких пределах в зависимости от массы и агрегатного состояния сырья.

INFLUENCE OF THE MASS AND THE AGGREGATE STATE OF THE RAW MATERIAL ON THE NATURAL FREQUENCIES OF THE OSCILLATIONS OF THE DIGESTER

Sivakov Valeriy Pavlovich,
holder of an Advanced Doctorate in Engineering Sciences, professor
Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, E-mail: sivakov@usfeu.ru

Stepanova Evgenia Nikolaevna,
post-graduate student Ural State Forest Engineering University,
Yekaterinburg, E-mail: stepanova_usfeu@bk.ru

Key words: pulp and paper industry, pulping, a digester, feedstock mass.

Abstract. In the article dynamic characteristics of the digester are considered, which vary widely depending on the mass and the aggregate state of the raw material.

Масса обрабатываемого в ВК сырья изменяется за цикл варки. Графики изменения массы и низшей собственной частоты колебаний варочного котла КВСи-320 за цикл варки приведены на рис. 1.

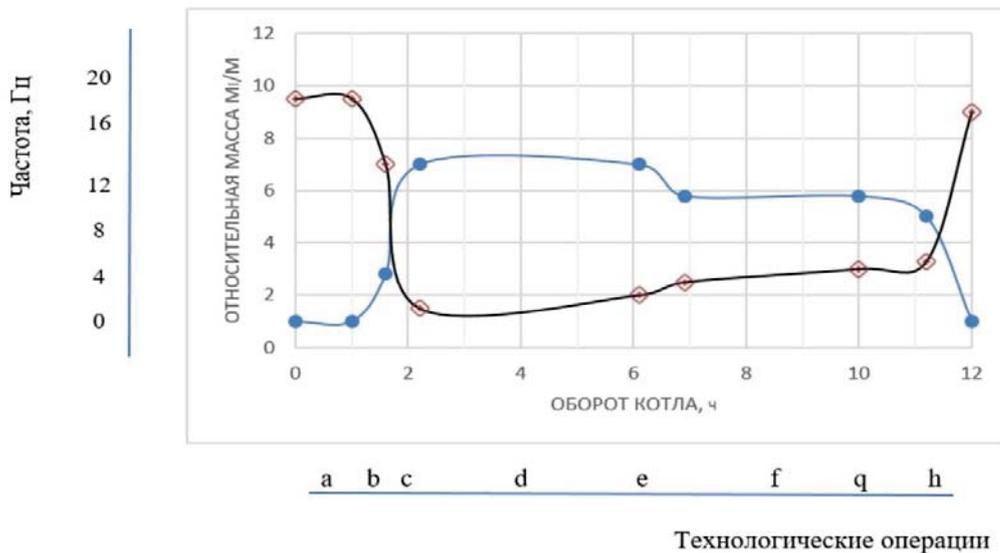


Рис. 1. Графики параметров ВК за цикл варки:

- 1 - относительной массы; 2 - собственной частоты колебаний; а - осмотр; в - загрузка щепы; с - закачивание варочного раствора; d - варка; е - перепуск щелока; f- стоянка; q - отбор щелока; h - выдувка; М₁ - суммарная масса ВК; М₀ - масса незагруженного ВК

Для оценки воздействия массы обрабатываемого сырья на динамические характеристики ВК произведен расчет низшей собственной частоты колебаний ВК [2]. Частотное уравнение (1) для этой модели запишется в виде:

$$\Delta(w^2) = \begin{vmatrix} \lambda_{x\phi}^2 - \delta_{\phi\phi}\omega^2 & -\delta_{k\phi}\omega^2 & -\lambda_{x\phi}^2 & 0 \\ -\lambda_{xk}^2 & \lambda_{xk}^2 - \delta_{kk}\omega^2 & -\lambda_{xk}^2 \frac{h_{12}}{h_{11}} & -\lambda_{xk}^2 \\ -\frac{\gamma_{\phi\phi}}{r_{\phi}} h_{11}\omega^2 & -\frac{\gamma_{k\phi}}{r_k} h_{21}\omega^2 & \lambda_{\psi\phi}^2 - \gamma_{\phi\phi}\omega^2 & -\gamma_{k\phi}\omega^2 \\ 0 & -\frac{\gamma_{kk}}{r_k} h_{22}\omega^2 & -\lambda_{\psi k}^2 \frac{h_{21}}{h_{11}} & \lambda_{\psi k}^2 \frac{h_{21}}{h_{11}} - \gamma_{kk}\omega^2 \end{vmatrix} = 0 \quad (1)$$

Влияние массы обрабатываемого сырья в уравнении учитывается в парциальных собственных частотах $\lambda_{\text{хк}}$, $\lambda_{\text{чк}}$, коэффициентах $\delta_{\text{кф}}$, $\delta_{\text{кк}}$, $\Gamma_{\text{к}}$, $\Gamma_{\text{ф}}$, $\gamma_{\text{кк}}$, $\gamma_{\text{фф}}$. Зависимость собственных частот колебаний ВК от массы обрабатываемого сырья за цикл варки показана на рис.2. Отметим, что собственные частоты колебаний максимально загруженного ВК значительно ниже, чем незагруженного.

Наряду с изменением массы загруженного ВК в процессе варки происходит изменение агрегатного состояния сырья. Технологическая щепка разрушается под воздействием варочного раствора. Из щепки в виде газов удаляются эфиры и другие летучие соединения, в жидкую фазу переходят лигнин, смолы, часть гемицеллюлоз. В виде волокнистого твердого материала сохраняется целлюлоза, часть гемицеллюлоз и лигнина. Содержимое ВК к концу варки представляет собою трехфазную субстанцию (волокнистая масса, черный щелок, парогазовая смесь). По окончании варки содержимое ВК расслаивается на три фракции.

В нижней части ВК осаждается более плотная волокнистая масса (целлюлоза), в средней части располагается черный щелок (жидкое вещество), вверху - парогазовая фаза. Расслоение содержимого ВК приводит к смещению центра масс котла вниз. Общая масса ВК не изменяется.

Определим влияние смещения центра масс ВК на низшую собственную частоту колебаний ВК. Координата центра масс определялась по формуле [1]

$$h_{i \text{ пр}} = \frac{\sum_{i=1}^n m_{ki} h_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad (2)$$

где h_i , m_i – соответственно координата и масса i -го фрагмента ВК;
 n – число фрагментов.

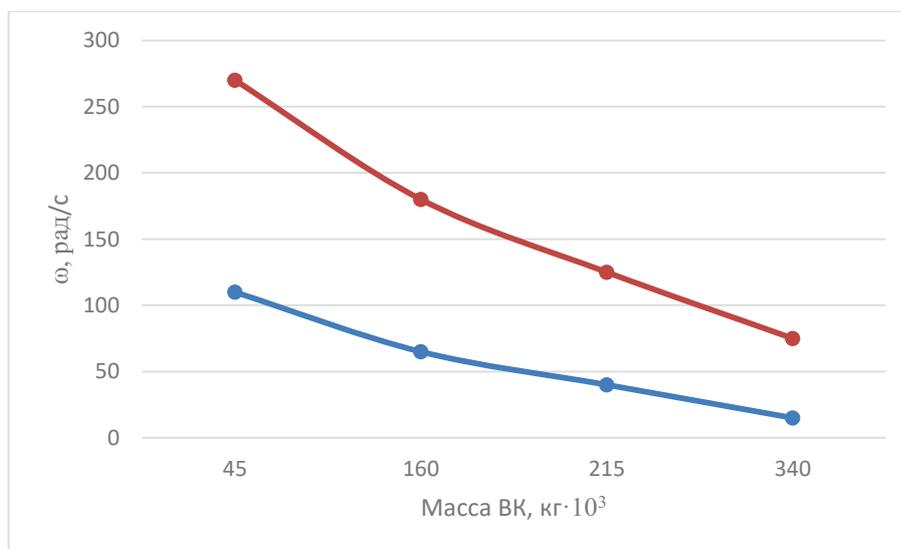


Рис. 2. Зависимость собственных частот колебаний котла КВСи-320 от заполнения его сырьем: а - без сырья; б - максимальное заполнение сырьем;
 1 - частота первой формы колебаний; 2 - то же второй формы

При окончании варки m_i следует определять с учетом массы субстанции, находящейся в i -м фрагменте ВК (рис. 3). Целлюлозное волокно занимает около 35...40% объема нижней части ВК. Целлюлозное волокно располагается в нижнем коническом днище, сферическом переходе от цилиндра к коническому днищу и в цилиндрической части ВК.

Массы элементов ВК участков m_1 , m_2 , m_3 определяются по формуле

$$m_i = m_{ci} + m_{ци}, \text{ где } i = 1, 2, 3, \quad (3)$$

m_{ci} , $m_{ци}$ - массы соответственно стального корпуса и целлюлозного волокна в i -м фрагменте ВК.

Черный щелок отбирают из ВК при перепусках в соотношении 5... 15 % от общего объема варочного раствора. К концу варки черный щелок занимает 25...45 % объема ВК. Черный щелок располагается в средней цилиндрической части. Масса фрагмента ВК, занятого черным щелком, определяется по формуле $m_4 = m_c + m_{щ}$, где $m_{щ}$ - масса черного щелока.

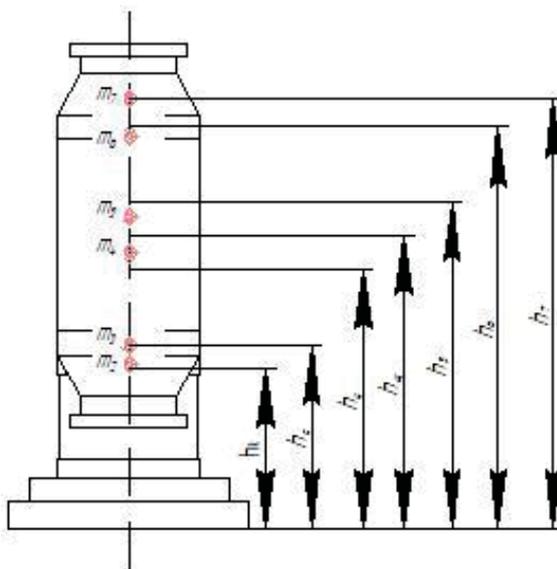


Рис. 3. Схема к расчету масс фрагментов ВК после расслоения продуктов варки

Массы m_5 , m_6 , m_7 фрагментов корпуса, заполненных парогазовой фазой, определяются по формуле $m_i = m_{ci}$; $i = 5, 6, 7$. Масса парогазовой фазы при расчетах не учитывается.

Низшую собственную частоту колебаний ВК после расслоения продуктов варки определяем по уравнению (1) или для упрощенной схемы ВК по формуле (4):

$$f = \frac{\alpha}{2\pi N^2} \sqrt{\frac{EIN}{M_{пр}}}, \quad (4)$$

где α – коэффициент формы колебаний;

N , $M_{пр}$ – соответственно высота и приведенная масса ВК.

Таким образом, динамические характеристики ВК изменяются в широких пределах в зависимости от массы и агрегатного состояния сырья. Технологическое оборудование, перерабатывающее большие объемы сырья, следует рассчитывать на колебания с учетом массы сырья и изменения агрегатного состояния сырья.

Список литературы

1. Муромцев, Ю.Л. Безаварийность и диагностика нарушений в химических производствах / Ю.Л. Муромцев. - М.: Химия, 1990. – 144 с.
2. Санников, А.А. Вибрация и шум технологических машин и оборудования лесного комплекса / А.А. Санников, В.Н. Старжинский, Н.В. Куцубина, Н.В. Черемных, В.П. Сиваков, С.Н. Вихарев // Урал. гос. лесотехн. ун-т. – 2006. – 484с.