Международная Объединенная Академия Наук

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

Научный журнал

Октябрь 2018 г.

НОМЕР 43

ЧАСТЬ 8

Самара 2018

УДК 001.1
ББК 60

Т34

Тенденции развития науки и образования. «Тенденции развития науки и образования» Октябрь 2018 г. Часть 8 Изд. НИЦ «Л-Журнал», 2018. - 88с.

SPLN 001-000001-0353-LJ
DOI 10.18411/lj-10-2018-8
IDSP 000001:lj-10-2018-8

В выпуске журнала собраны материалы из различных областей научных знаний.

Журнал предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов.

Все материалы, размещенные в журнале, опубликованы в авторском варианте. Редакция не вносила коррективы в научные статьи. Ответственность за информацию, размещенную в материалах на всеобщее обозрение, несут их авторы.

Информация об опубликованных статьях будет передана в систему ELIBRARY

Электронная версия журнала доступна на сайте научно-издательского центра «Л-Журнал». Сайт центра: ljjournal.ru

УДК 001.1
ББК 60

SPLN 001-000001-0353-LJ

<http://ljjournal.ru>

Содержание

РАЗДЕЛ XXII. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ.....	5
Абдулаев Э.К., Грудинин Н.Н. Образование мелкодисперсных твердых частиц pm_{10} и $pm_{2,5}$ при эксплуатации автомобильных шин.....	5
Белов А.А. Аналитическое обоснование параметров тороидального резонатора.....	7
Бусарев А.В., Селюгин А.С., Шешегова И.Г., Ахмедов Т.М. К вопросу очистки промывных стоков скорых и сверхскорых фильтров в напорных гидроциклонах	9
Васильев А.Н., Ершова И.Г., Поручиков Д.В. Устройство с термоэлектрическим модулем для транспортировки молока	15
Васильев А.Н., Ершова И.Г., Поручиков Д.В. Принцип действия устройства с термоэлектрическим модулем	17
Горбунова З.В., Кухтий А.А. Оценка экономического эффекта от применения метода контроля качества моторного масла.....	18
Димитриев А.Д., Трифонова А.Ю., Андреева М.Г. Исследование реализации принципов ХАССП в системе индустрии питания.....	21
Дударовская О.Г. Повышение эффективности теплообмена в аппаратах при турбулентном режиме работы.....	24
Жариков И.Ф. Элементы карьерной дробильной установки в схемах ЦПТ.....	27
Зикий А.Н., Волощук А.Ю., Швецов М.С. Широкополосный малошумящий усилитель	31
Исаенко В.Д., Исаенко А.В., Исаенко П.В. Три уровня технического обслуживания системы защиты дизелей от абразивного износа.....	36
Казыханов А.А., Казыханова Д.Р., Редников Д.В. Защита информации на персональном компьютере	41
Казыханов А.А., Казыханова Д.Р., Редников Д.В. Устройства печати, как источник угроз для конфиденциальности информации.....	42
Киселев В.В., Хохолов Ю.А. Оценка температурных условий в теплоизолированных камерах ожидания рудников криолитозоны.....	44
Барина Л.Д., Забалканская Л.Э. Роль городского общественного транспорта в достижении целей устойчивого развития Agenda 2030.....	47
Непомнящий Н.В., Косенко С.А. Анализ работы балластного слоя железнодорожного пути при длительной эксплуатации	52

Осетров А.Ю., Зарапина И.В., Алейников И.К., Рыбина А.А. Исследование влияния содержания ультрадисперсной углеродной фазы на защитную эффективность оксидных покрытий, полученных методом щелочного оксидирования	56
Полугородник И. Н., Иванов П. А., Шевырев Л. Ю. Анализ способов восстановления и упрочнения рабочей поверхностей гильз двигателей внутреннего сгорания.....	59
Полугородник И. Н., Иванов П. А., Шевырев Л. Ю., Моисеев О.Н. Теоретические предпосылки математического моделирования процесса финишной обработки гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания	64
Сидоренко С.А., Полуян В.А., Шевырев Л.Ю., Моисеев О.Н. Математическое моделирование процесса изнашивания молотка в молотковой дробилке.....	68
Сидоренко С. А., Полуян В. А., Шевырев Л. Ю. Определение предельно допустимого износа молотков кормодробилок.....	71
Соловьев Д.С., Соловьева И.А. Оптимизация распределения плотности тока для улучшения равномерности гальванического покрытия	74
Сошина Т.О., Богданов С.В., Табаков А.Ю. Рекультивация зольно-шлаковых отвалов металлургического производства	75
Хохолов Ю.А., Киселев В.В. Оценка влияния водной среды на формирование температурного режима барьерных целиков россыпных шахт криолитозоны.....	79
Шихов А.И., Дунаева Е.Н. Методы и приборы неразрушающего контроля	83

РАЗДЕЛ XXII. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Абдулаев Э.К., Грудинин Н.Н.

Образование мелкодисперсных твердых частиц PM_{10} и $PM_{2,5}$ при эксплуатации автомобильных шин

Санкт-Петербургский горный университет
(Россия, Санкт-Петербург)

doi: 10.18411/lj-10-2018-179

idsp: 000001:lj-10-2018-179

Интенсивное развитие автомобильного транспорта во всем мире обусловлено увеличением численности автомобилей, их грузоподъемности и скорости передвижения, а также расширением сети автомобильных дорог. По данным Федеральной службы государственной статистики с 2005 г. автопарк России увеличился в 2 раза. В настоящее время по данным Госавтоинспекции в стране зарегистрировано более 56 миллионов единиц автотранспорта.

Доля выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферный воздух от автомобильного транспорта является преобладающей по сравнению с выбросами ЗВ промышленных предприятий. В мегаполисах и крупных городах может составлять до 95 % от всех выбросов. Таким образом формируется экстремально высокое загрязнение воздуха, веществами, выделяющимися с отработавшими газами автомобилей.

Загрязнение ОС в зоне интенсивного автомобильного движения происходит еще и взвешенными твердыми частицами из-за эксплуатационного износа протекторов шин, тормозных механизмов и дорожного покрытия.

В данной статье речь идет о выбросах твердых частиц PM_{10} и $PM_{2,5}$, которые образуются в процессе износа покрышек.

Взвешенные в воздухе частицы образуются в результате взаимодействия между покрышками транспортных средств и дорожного покрытия, а также в момент применения тормозов для снижения скорости транспортного средства. В обоих случаях основным механизмом образования частиц служат срезающие усилия, возникающие во время относительного перемещения поверхностей. Вторичным механизмом является испарение материала с поверхности при высоких температурах, являющихся последствием контакта [1].

Механическое и молекулярное трение между структурными элементами покрышки преобразуется в тепловую энергию, а трение о дорожное покрытие – также в тепло и износ протектора. Температура в той или иной точке шины преимущественно определяется на основе баланса между количеством тепла, создаваемого в данной точке в каждую единицу времени, и возможностью отвода этого тепла. Повышение температуры приводит к уменьшению прочности резины и корда. При повышении температуры от нуля до $100^{\circ}C$ прочность капронового корда снижается примерно на 20%, а прочность резины и связь ее с кордом – примерно в 2 раза. Поэтому выбору оптимальной температуры, обеспечивающей малое сопротивление движению колеса и высокий срок службы шины, необходимо уделять серьезное внимание [2].

В мае 2012 года участники Конвенции ЕЭК ООН «О трансграничном загрязнении воздуха» приняли исторические поправки к Протоколу 1999 года «Гетеборгской Конвенции». Пересмотренный Протокол впервые будет включать в себя национальные предельные уровни для мелких твердых частиц - загрязнителя, концентрация которого в воздухе заведомо превышает стандарты качества воздуха по всей Европе [3,4].

По результатам исследований, проводимых Мосэкомониторингом основным загрязнителем городского воздуха в Москве: более 60% загрязняющих и опасных для здоровья веществ, является истертая в мелкую пыль резина автомобильных шин [5]. Кроме того, при движении автомобилей происходит и износ дорожного асфальтового полотна, в котором также содержится большое количество вредных веществ.

Федеральным центром Госсанэпиднадзора - предприятия резиновой и шинной промышленности включены в список канцерогенно опасных. Установлено, что в шинной пыли присутствуют более 140 химических соединений различной степени токсичности, но особенно опасны для здоровья человека поли ароматические углеводороды и летучие канцерогенные вещества N-нитрозамины [6,7].

Вредные вещества -N-нитрозамины, содержащиеся в мелкодисперсном аэрозоле, выделяемом автомобильными шинами, более опасны для здоровья человека потому, что они, при попадании в бронхи и легкие, в течение нескольких суток переносятся непосредственно в кровь и лимфу человека за счет своей хорошей растворимости в воде и биологических жидкостях. Последствия наличия канцерогенных веществ в тканевых жидкостях организма медицине хорошо известны и часто приводят к летальным исходам [7].

Выполненные в 1997-2001 г.г. исследования химического состава шинной пыли и мелкодисперсного аэрозоля, взятых от протекторов различных шин отечественного и импортного производства позволили определить, что в каждом килограмме шинной пыли и мелкодисперсного аэрозоля количество летучих N-нитрозаминов (канцерогенных веществ) может составлять от 20 до 70 мкг [6,7].

В федеральном законе «Об охране атмосферного воздуха» (с изменениями на 13 июля 2015 года) введено понятие «технический норматив выброса». Технический норматив выброса учитывает массу химических веществ, либо их смеси в расчете на единицу пробега транспортного средства за счет работы его двигателя, без учёта эксплуатационного износа протектора шин, тормозных механизмов автомобиля и многократного истирания дорожного покрытия.

Имеются частные методики расчета концентраций ЗВ в воздушной среде городской улично-дорожной сети на основе стационарной Гауссовской модели дисперсии распространения ЗВ, как отечественные разработанные НИИ Атмосфера г. Санкт-Петербург (программа Эколог), так и зарубежные – CALINE3, CAL3QHC для определения концентраций загрязнения воздуха в относительно несложной местности. Универсальной методики оценки концентрации ЗВ, и в первую очередь, для наиболее приоритетных веществ – взвешенных твердых частиц PM10 и PM2,5 для городских условий функционирования автомобильного транспорта отсутствуют, что не позволяет разрабатывать эффективные мероприятия обеспечения экологической безопасности автомобильного транспорта [8].

Из выше сказанного следует, что создание метода оценки концентраций взвешенных твердых частиц PM10 и PM2. на основе экологического мониторинга автотранспортных потоков является актуальной научной задачей.

1. Леонидас Нцахристос, Пол Боутлер «Износ покрышек и тормозов дорожных транспортных средств. Износ дорожного покрытия» 2009 г.
2. Гудков В.А., Рябов И.М., Гудков Д.В., Малинин Н.Н. «Особенности нагрева шин при эксплуатации автомобиля», журнал «Шина плюс»
3. Финансирование деятельности по смягчению глобального изменения климата. /Серия публикаций по энергетике ЕЭК ООН. Нью-Йорк и Женева. ООН, №37, 2010 г.
4. Вестник ЕЭК ООН. Женева, выпуск №9, май 2012 г.
5. Доклад о состоянии окружающей среды в городе Москва в 2011 году. Правительство Москвы, Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы, 128 с.

6. Хесина А.Я., Кривошеева Л.В., Третьяков О.Б., Корнеев В.А., Реутов С.Л., Ободовская Н.И. «Исследование содержания химических канцерогенных веществ в шинных резинах. Тезисы докладов Российской научно-практической конференции резинщиков», М., 1998 г., с. 441-443.
7. А.И.Хесин, М.Е. Скудатин, В.Н.Ушмодин «Канцерогенная опасность автомобильных шин» Журнал «Национальная безопасность и геополитика России» (Федеральное издание), №10-11(51-52), 2003 г.
8. Перечень методик, используемых в 2016 году для расчета, нормирования и контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. СПб.: АО «НИИ Атмосфера», 2015. – 43 с. Режим доступа: http://www.nii-atmosphere.ru/PUBL/perechen_2016.pdf

Белов А.А.

Аналитическое обоснование параметров тороидального резонатора

*ФГБНУ "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/lj-10-2018-180

idsp: 000001:lj-10-2018-180

Аннотация

Актуальность материала заключается в возможном практическом применении для моделирования технологических процессов аналитических зависимостей. Цель работы – обосновать через теоретические зависимости основные параметры тороидального резонатора. Методы, которые применяются в статье – основные уравнения теории электромагнитного поля. Результат – аналитические зависимости электрических параметров тороидального резонатора. Выводы: 1) структурирован тороидальный резонатор; 2) определены параметры колебательного контура.

Ключевые слова: тороид, резонатор, волновод, добротность, частота, колебательный контур.

Тороидальный резонатор имеет особенности структуры по отношению в прямоугольному. Это проявляется различными показателями. Резонатор в форме тороида имеет сравнительно высокую величину добротности. Тороидальный резонатор, наряду с этим, характеризуется положительными свойствами, если его рассматривать в качестве волновода с плоскопараллельными обкладками.

Проведено структурирование тороидального резонатора. Структура тороидального резонатора показана в соответствии с рис. 1. В резонаторах в форме тороида энергия электромагнитного поля концентрируется в среднем уровне центрального отрезка, если рассматривать поперечное сечение. Эту часть наполняет диэлектрик, у которого диэлектрическая проницаемость обозначается ε . В цилиндрической системе координат (ρ, φ, z) волновое уравнение для z -компоненты магнитного поля имеет следующий вид [1]:

$$\frac{\partial^2 H_z}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial H_z}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2} \cdot \frac{\partial^2 H_z}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2} + \varepsilon \frac{\omega^2}{c^2} H_z = 0, \quad (1)$$

где ω – частота волны, c – скорость света в вакууме.

Рис. 1. Структура тороидального резонатора

Задача решается в адиабатическом приближении. Составлено уравнение для магнитной составляющей электромагнитного поля. Поперечное сечение тороидального

резонатора представляет собой пересечение двух окружностей с одинаковым радиусом R , R_0 – радиусы тороида, d_0 – максимальное расстояние между металлическими стенками тороида. Тороид характеризуют показатели расстояний между центрами и периферией, или радиусы R и R_0 . Тороидальные радиусы предполагается, как одно из условий, проектировать более значительным, чем длина электромагнитной волны. Тогда z – компоненту магнитного поля можно представить в следующем виде:

$$H_z = F(\rho)Z(z, \rho)e^{im\varphi - i\omega t}, \quad (2)$$

где $m = 0, 1, 2 \dots$.

В тороидальном резонаторе мы имеем дело с бегущей волной, которая возбуждается при условии $\lambda \cdot m = L$,

где λ – длина волны, L – длина тороида. Здесь ρ выступает в качестве параметра в $Z(z, \rho)$ и пренебрегается его производными по ρ . Тогда уравнения для функций $Z(z, \rho)$ и $F(\rho)$ могут быть представлены в виде:

$$\frac{d^2 Z}{dz^2} + (\varepsilon \frac{\omega^2}{c^2} - q^2(\rho))Z = 0, \quad (3)$$

$$\frac{d^2 F}{d\rho^2} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{dF}{d\rho} - \frac{m^2}{\rho^2} F + q^2(\rho)F = 0. \quad (4)$$

В случае идеально проводящих стенок из (3) легко можно найти решения для $Z(z, \rho)$:

$$Z_n(z, \rho) = \begin{cases} \cos(\pi n z / d(\rho)), n = 1, 3, 5, \dots \\ \sin(\pi n z / d(\rho)), n = 2, 4, 6, \dots \end{cases} \quad (5)$$

$$q^2(\rho) = -\pi^2 \cdot n^2 / d^2(\rho) + \varepsilon \cdot \omega^2 / c^2, \quad (6)$$

где $d(\rho)$ – расстояние между металлическими стенками тороида (рис. 1). В пределе $d_0 R$ получаем:

$$d(\rho) = d_0 - (R_0 - \rho)^2 / R.$$

Тогда уравнение (4) можно представить в следующем виде:

$$\frac{d^2 F}{d\rho^2} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{dF}{d\rho} - \frac{m^2}{\rho^2} F + \varepsilon \frac{\omega^2}{c^2} F - \frac{\pi^2 \cdot n^2}{(d_0 - (R_0 - \rho)^2 / R)^2} F = 0. \quad (7)$$

Введем новую переменную

$$\rho = R_0 \cdot e^{\frac{u}{R_0}}. \quad (8)$$

В результате из (7) получим

$$\frac{\partial^2 F}{\partial u^2} - \frac{m^2}{R_0^2} F + (\varepsilon \frac{\omega^2}{c^2} - \frac{\pi^2 \cdot n^2}{(d_0 - (R_0 - R_0 \cdot e^{\frac{u}{R_0}})^2 / R)^2}) e^{\frac{2u}{R_0}} \cdot F = 0. \quad (9)$$

В интересующем нас случае $|u| = R_0$ и $d_0 R = u^2$ получим

$$d^2 F / d\xi^2 + (\chi / \beta + \xi^2) F = 0, \quad (10)$$

где

$$\xi = (u + \frac{\alpha}{R_0 \cdot \beta^2}) \beta^{\frac{1}{2}}, \alpha = \varepsilon \frac{\omega^2}{c^2} - \frac{\pi^2 \cdot n^2}{d_0^2}, \beta^2 = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot n^2}{d_0^3 \cdot R}, \chi = \alpha - \frac{m^2}{R_0^2} - \frac{\alpha^2}{R_0^2 \cdot \beta^2}. \quad (11)$$

Решениями уравнения (10) являются полиномы Эрмита:

$$F(\xi) = e^{-\frac{1}{2}\xi^2} \cdot H_s(\xi), \quad (12)$$

где

$$\frac{\chi}{\beta} = 2 \cdot s + 1 (s = 0, 1, 2, \dots). \quad (13)$$

Тогда z – компонента магнитного поля, т.е. решение уравнения (1), имеет следующий вид:

$$H_{zsm} = A \cdot e^{-(\frac{1}{2})\xi^2} H_s(\xi) Z_n(z, \rho) e^{im\varphi - i\omega t}. \quad (14)$$

Из зависимостей (11) и (14) можно получить уравнение, определяющее резонансную частоту ω :

$$\begin{aligned} & \left(\varepsilon \frac{\omega^2}{c^2} - \frac{\pi^2 \cdot n^2}{d_0^2} \right)^2 - R_0^2 \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot n^2}{d_0^3 \cdot R} \left(\varepsilon \frac{\omega^2}{c^2} - \frac{\pi^2 \cdot n^2}{d_0^2} \right) + \frac{m^2 \cdot 2 \cdot \pi^2 \cdot n^2}{d_0^3 R} + \\ & + (2 \cdot s + 1) \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{d_0^3 \cdot \beta^2} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot (\pi \cdot n)^{\frac{3}{2}} = 0. \end{aligned}$$

Колебательная система отличается потерями на стенках резонатора, что влияет в первую очередь на добротность. Добротность колебательного контура, в качестве которого представлен резонатор, определяется зависимостью $Q = \omega/\omega''$, где ω'' – составляющая мнимой части резонансной частоты.

Учитывая, что:

$$\omega'' = \frac{\frac{c}{2} \xi' \cdot \int |H|^2 \cdot df}{\int |H|^2 \cdot dV}, \quad (16)$$

где $\xi' = \sqrt{\frac{\omega}{8 \cdot \pi \cdot \sigma}}$ – волновой импеданс, а σ – проводимость металлических стенок, получим:

$$Q = \frac{\omega \cdot d_0}{4 \cdot c \cdot \xi'} \left(\frac{1 + \pi^2 \cdot k^2}{\left(\frac{\omega^2}{c^2} - k^2 \right)^2} \right) \cdot d_0^2. \quad (17)$$

Выведенные зависимости предлагается применять для решения задач моделирования технологических процессов, протекающих в резонаторах и волноводах.

1. Васильев А.Н., Будников Д.А., Васильев А.А. Моделирование процесса нагрева зерна в СВЧ-поле универсального электротехнического модуля при различных алгоритмах работы электрооборудования // Вестник аграрной науки Дона. 2016. Т. 1. № 33. С. 12-17.

Бусарев А.В., Селюгин А.С., Шешегова И.Г., Ахмедов Т.М.
К вопросу очистки промывных стоков скорых и сверхскорых фильтров в
напорных гидроциклонах

Казанский государственный архитектурно-строительный университет
(Россия, Казань)

doi: 10.18411/lj-10-2018-181

idsp: 000001:lj-10-2018-181

Аннотация

Статья посвящена вопросу очистки промывных стоков скорых и сверхскорых фильтров. В статье приводятся данные о качественных характеристиках и возможностях повторного использования промывных стоков. Авторами предложена технология очистки

промывных стоков с применением напорных гидроциклонов. Представлены результаты исследования по очистке промывных стоков в напорных гидроциклонах.

Ключевые слова: промывные стоки фильтров, качество промывных стоков, повторное использование промывных стоков, очистка промывных стоков с использованием напорных гидроциклонов.

В процессе промывки скорых и сверхскорых фильтров, применяемых для подготовки природных вод, образуются загрязненные промывные стоки. Их объем достигает 10-20% от производительности фильтровальных станций [1,2].

Применение водовоздушной промывки позволяет снизить объем промывных стоков на 30-40%. Однако она применяется только для однослойных фильтров с зернистой загрузкой. Кроме того при водовоздушной промывке необходимо подавать в фильтры сжатый воздух, т.е. необходимо иметь в составе водопроводных очистных сооружений (ВОС) воздухоподводящую станцию [2].

Состав и свойства промывных стоков, образующихся при промывке фильтровального оборудования, зависят от качества обрабатываемой фильтрами воды, времени года (для поверхностных источников водоснабжения) и технологии водоподготовки (типа фильтрующей загрузки, конструкции фильтров, используемых реагентов и т.п.) [3]. Использованная промывная вода фильтров для подготовки природных вод содержит взвешенные вещества, извлеченные из фильтрующей загрузки, ее частицы, продукты гидролиза коагулянтов и т.п. [3].

Концентрация загрязнений в промывных стоках скорых и сверхскорых фильтров для очистки природных вод значительно колеблется в течение суток и цикла промывки [1,3].

При подготовке воды из подземных источников (обезжелезивании) максимальное содержание взвеси в промывных стоках при водовоздушной промывке достигает 500-600 мг/л, а при водяной – 900-1200 мг/л. К концу промывки концентрация взвешенных веществ в этих водах не превышает 8-10 мг/л. После их усреднения концентрация взвеси в промывных стоках составляет 90-340 мг/л [4].

При очистке природной воды в скорых напорных фильтрах концентрация взвеси в промывных водах снижается в течение 10 мин с 1000-1200 мг/л до 100 мг/л [5].

В процессе очистки природной воды из поверхностных источников в скорых фильтрах после усреднения промывных стоков их мутность достигает 20-50 мг/л [3]. По данным [6] концентрация взвешенных веществ в воде после промывки скорых фильтров находится в пределах от 50 мг/л до 1500 мг/л.

Загрязненные промывные стоки могут быть [3,6]:

- очищены и сброшены в поверхностные источники;
- сброшены в системы водоотведения населенных пунктов;
- очищены и использованы на водопроводных очистных сооружениях.

В настоящее время наиболее распространен первый вариант утилизации промывных стоков. Сброс неочищенных промывных стоков в поверхностные источники запрещен [1,6]. Даже после очистки промывные сточные воды не соответствуют требованиям [7], поэтому их поступление в водоемы ухудшают качество воды в них, что требует дополнительных затрат при последующей водоподготовке [3].

При сбросе загрязненных промывных стоков на сооружения канализации (КОС) населенного пункта происходит значительное увеличение нагрузки на системы водоотведения. Кроме того на КОС поступают несвойственные для них загрязнения (коагулянты, флокулянты), что может негативно сказаться на биологической очистке хозяйственно-бытовых сточных вод.

Повторное использование промывных стоков на ВОС позволяет не только предотвратить загрязнение окружающей среды, но также сократить объемы воды, забираемые из подземных или поверхностных источников водоснабжения [3,8].

В настоящее время существует две основные схемы использования очищенных промывных стоков [6,8]:

- осветленные промывные сточные воды направляются «в голову» водопроводных очистных сооружений;
- промывные стоки скорых или сверхскорых фильтров очищаются до требований, изложенных в [7] и направляются в резервуар чистой воды (РЧВ) или емкости для промывной воды.

В зависимости от схемы использования осветленных промывных стоков на ВОС используются различные методы их очистки.

Согласно [1,6] для очистки промывных стоков предлагается использовать отстаивание. При этом, если для очистки природных вод используются осветлители со взвешенным слоем или горизонтальные отстойники со скорыми фильтрами, то для обработки промывных стоков применяются песколовки. При использовании на ВОС контактных префильтров или контактных осветлителей для очистки промывных сточных вод кроме песколовки применяются отстойники. Осветленные промывные стоки направляются «в голову» ВОС.

Технологическая схема установки очистки промывных стоков скорых фильтров, рекомендуемая [3], представлена на рисунке 1.

Рисунок 1. Блок-схема установки очистки промывных вод фильтров

В состав этой установки входят резервуар 1 для приема сточных вод, образующихся при промывке скорых фильтров, отстойник 2, фильтр 3, трубопроводы и запорно-регулирующая арматура. Промывные стоки под остаточным давлением поступают в резервуар 1 по трубопроводу 4. По самотечной линии 5 вода поступает в отстойник 2. Перед поступлением ее в этот аппарат она обрабатывается реагентом (оксихлоридом алюминия), раствор которого с дозой 5-10 мг/л подается по трубопроводу 6. Из отстойника 2 вода по линии 7 подается в фильтр 3, загруженный дробленным керамзитом.

Из фильтра 3 вода по трубопроводу 8 поступает в резервуар чистой воды 9.

Авторы работы [4] предлагают направлять промывные стоки скорых фильтров в усреднитель, а затем очищать их в барабанных вакуум-фильтрах. Очищенные промывные воды направляются «в голову» станции водоочистки.

Для очистки промывных стоков компания «Waterman» предлагает накапливать их в специальных резервуарах, а затем подавать эти сточные воды в осветлители со взвешенным слоем или тонкослойные отстойники [8]. Перед подачей в осветлители или отстойники промывные стоки обрабатываются коагулянтom. После этого промывные сточные воды направляются на доочистку в скорые фильтры, после чего осуществляется их обеззараживание [8].

Для обезвоживания осадка, образующегося при очистке промывных стоков, компания «Waterman» предлагает использовать фильтр-прессы [8].

На очистных сооружениях Волжского водозабора, принадлежащего МУП «Водоканал» (г.Казань) для очистки воды из р. Волга применяются скорые безнапорные фильтры с зернистой загрузкой [9], т.е. здесь также образуется значительное количество промывных стоков. Кафедра «Водоснабжения и водоотведения» (ВиВ) Казанского государственного архитектурно-строительного университета (КГАСУ) предложила использовать для очистки промывных сточных вод напорные цилиндроконические двухпродуктовые гидроциклоны. Для увеличения производительности несколько напорных гидроциклонов конструкции КГАСУ объединяются в батареи.

Промывные стоки от скорых фильтров с зернистой загрузкой самотеком поступают в резервуар для хранения. Откуда насосами они подаются в батарею напорных гидроциклонов. Под действием сил центробежного поля, возникающего за счет тангенциального ввода воды в корпус гидроциклонов, взвешенные вещества, как более тяжелая фаза, отбрасываются к стенкам этих аппаратов и вместе с частью воды выносятся через их нижние сливные отверстия (нижний слив гидроциклонов). Очищенная вода выносится восходящим аксиальным потоком через верхние сливные отверстия гидроциклонов (верхний слив) [10].

КГАСУ предлагает верхний слив гидроциклонов (очищенные промывные стоки) под избыточным давлением направлять «в голову» ВОС, а нижний слив под избыточным давлением – на сооружения по обезвоживанию осадка, образующегося в горизонтальных отстойниках [9]. Таким образом, напорные гидроциклоны должны работать с противодавлением на сливах [10].

Кафедра ВиВ КГАСУ проводила экспериментальные исследования по очистке промывных стоков в напорных гидроциклонах с помощью опытно-промышленной установки, технологическая схема которой представлена на рисунке 2. В состав этой установки входят напорный цилиндроконический гидроциклон 1, успокоительная емкость 2, напорные емкости верхнего 3 и нижнего 4 сливов, трубопроводы, запорно-регулирующая арматура и система контрольно-измерительных приборов (КИП).

Рисунок 2. Схема опытно-промышленной установки

Успокоительная емкость 2 предназначена для стабилизации потока воды, поступающего в напорный гидроциклон [11]. Эта емкость оборудована монометром М-1 и пробоотборником ПР-1.

Емкости 3 и 4 предназначены для создания противодействия на сливах гидроциклонов. Они оборудованы манометрами М-2 и М-3. Емкость 3 также имеет пробоотборник ПР-2. Геометрические характеристики напорных гидроциклонов, принятых на основании рекомендаций [11], представлены в таблице 1.

Промывные стоки на очистку в опытно-промышленную установку подается по трубопроводу 5.

Таблица 1

Обозначение гидроциклона	Диаметр, мм				Угол конусности, α, град	Высота цилиндрической части, Н _{ст} , мм	Общая высота гидроциклона, Н _{общ} , мм
	гидроциклона, Д	входного патрубка, d _{вх}	патрубка верхнего слива, d _{в.сл.}	патрубка нижнего слива, d _{н.сл.}			
ГЦ-40-I	40	15	10	5	5	40	565
ГЦ-80-I	80	20	20	10	5	80	745
ГЦ-100-I	100	20	20	10	5	100	1120

Верхний слив гидроциклона отводится от этой установки по трубопроводу 6, а нижний слив гидроциклона – по трубопроводу 7. Давление на входе в гидроциклон контролируется с помощью запорно-регулирующей арматуры по показаниям манометра М-1.

Противодавление на сливах гидроциклонов также регулируется с помощью запорно-регулирующей арматуры по показаниям манометров М-2 и М-3. После начала работы через 15-20 мин, когда поток воды, поступающий в напорные гидроциклоны, будет установившимся, определяются расходы воды со сливов этих аппаратов и отбираются пробы воды из пробоотборников ПР-1 и ПР-2.

Расход воды со сливов определяется объемным методом при помощи мерного цилиндра объемом 1л с ценой деления 0,01л, а также секундомера. В отобранных пробах определяется концентрация взвеси весовым методом [12].

Эффект очистки воды от взвешенных веществ в напорных гидроциклонах $\dot{Y}_{\hat{a}\hat{a}}$, %, составляет [11]:

$$\dot{Y}_{\hat{a}\hat{a}} = \frac{\tilde{N}_{\hat{a}\hat{a}}^{\text{вх}} - \tilde{N}_{\hat{a}\hat{a}}^{\text{сл}}}{\tilde{N}_{\hat{a}\hat{a}}^{\text{вх}}} 100, \quad (1)$$

где $\tilde{N}_{\hat{a}\hat{a}}^{\text{вх}}$ – концентрация взвешенных веществ в исходной воде, мг/л,

$\tilde{N}_{\hat{a}\hat{a}}^{\text{сл}}$ – концентрация взвеси в воде с верхнего слива гидроциклонов, мг/л.

Результаты опытов по очистке промывных стоков в напорных гидроциклонах представлены в таблице 2.

На основании их анализа можно заключить следующее:

а) содержание взвеси в промывных стоках, поступающих на очистку, достигает 282-422 мг/л;

б) концентрация взвешенных веществ в очищенной воде на выходе из напорных гидроциклонов составляет 116-149 мг/л;

в) для очистки промывных стоков целесообразно использовать гидроциклон ГЦ-80-I, у которого и эффективность работы и производительность достигают достаточно высоких значений;

г) рост давления на входе в напорные гидроциклоны ведет к увеличению их производительности и эффективности;

д) рост противодействия на сливах гидроциклонов уменьшает эффективность их работы, а также их производительность;

е) очистку промывных стоков скорых фильтров следует проводить при давлении на входе в напорные гидроциклоны равном 0,4 МПа и противодействии на их сливах не превышающем 0,2 МПа.

Подача очищенных промывных сточных вод в «голову» ВОС, предназначенных для подготовки высокомутных малоцветных природных вод, не скажется негативно на работе такой станции водоочистки.

Таблица 2

Результаты очистки промывных стоков скорых фильтров в напорных гидроциклонах

Обозначение гидроциклонов	Давление		Расход воды, л/с		Концентрация взвеси, мг/л		Эффект очистки от взвешенных веществ, %
	на входе в гидроциклон	на сливах гидроциклона	через верхний слив гидроциклона	через нижний слив гидроциклона	в воде, поступающей на очистку	в очищенной воде	
ГЦ-40-I	0,3	0,1	0,25	0,06	345	142	59
	0,4	0,1	0,27	0,7	422	143	66
	0,4	0,2	0,24	0,06	271	148	60
	0,5	0,1	0,28	0,1	418	121	71
	0,5	0,2	0,27	0,09	373	127	66
	0,5	0,3	0,26	0,07	369	136	63
	0,6	0,1	0,34	0,13	385	127	67
	0,6	0,2	0,3	0,11	314	116	63
	0,6	0,3	0,28	0,1	367	149	59
ГЦ-80-I	0,3	0,1	1,17	0,26	306	143	53
	0,4	0,1	1,31	0,3	358	144	60
	0,4	0,2	1,27	0,27	294	141	52
	0,5	0,1	1,55	0,38	345	131	62
	0,5	0,2	1,51	0,34	339	138	59
	0,5	0,3	1,48	0,32	282	129	54
	0,6	0,1	1,72	0,43	410	135	67
	0,6	0,2	1,68	0,4	351	130	63
	0,6	0,3	1,65	0,38	337	132	61
ГЦ-100-I	0,3	0,1	2,38	0,37	275	143	48
	0,4	0,1	2,27	0,44	292	137	53
	0,4	0,2	1,92	0,42	288	144	50
	0,5	0,1	2,43	0,57	311	133	57
	0,5	0,2	2,3	0,52	303	138	54
	0,5	0,3	1,94	0,43	286	140	51
	0,6	0,1	2,48	0,61	389	139	64
	0,6	0,2	2,44	0,58	362	136	62
	0,6	0,3	2,41	0,55	344	137	60
	0,6	0,4	2,39	0,43	350	143	59

1. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: в 3 т. Т.2. Очистка и кондиционирование природных вод. – изд. 3-е, перераб. и доп.: Учеб. пособие. – М.: Издательство АСВ, 2010. – 552с.
2. Адельшин А.Б. Барлев А.А. Автоматизация установок скоростных методов очистки вод. Казань: КИСИ, 1993. – 88 с.
3. <http://www.pandia.ru/text/78/351/12555.php>:11.08.17
4. Алферова Л.И., Курочкин Е.Ю., Дзубо В.В. Повторное использование промывных вод и утилизация осадка на станциях очистки подземных вод // Сантехника. 2006. № 1 – С. 4-9.

5. Бусарев А.В., Шешегова И.Г., Степанов В.О. Некоторые аспекты очистки стоков, образующихся при промывке скорых фильтров // Журнал «Известия КГАСУ», 2013, №2(44). С.193-200.
6. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Введ. 01.01.2013. – М.: Минрегион России, 2012. – 128с.
7. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора России, 2002. – 103 с.
8. <http://www.water2you.ru/articles/napravleniya-vodopodgotovki/ochistka-vody-sistem-vodopodgotovki:14.08.17>
9. Адельшин А.Б., Нуруллин Ж.С., Бусарев А.В., Шешегова И.Г., Хамидуллина А.А. Некоторые аспекты хозяйственно-питьевого водоснабжения г.Казани. // Журнал «Известия КГАСУ», 2013, №1(23). С.168-173.
10. Найдено В. В. Применении математических методов и ЭВМ для оптимизации и управления процессами разделения суспензий в гидроциклонах. Горький: Волго-Вятское книжное изд-во, 1976. – 287 с.
11. Адельшин А. Б., Бусарев А. В., Селюгин А. С., Гареев Б. М., Манвелян Ш. Г. Исследование процессов очистки поверхностных стоков // Вода, химия и экология. 2014. № 8. С. 113–117.
12. Калицун В.И., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В., Алексеев Е.В. Лабораторный практикум по водоотведению и очистке сточных вод.– М.:Стройиздат, 2000. – 272с.

Васильев А.Н., Ершова И.Г., Поручиков Д.В.

Устройство с термоэлектрическим модулем для транспортировки молока

ФГБНУ "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ"

(Россия, Москва)

doi: 10.18411/lj-10-2018-182

idsp: 000001:lj-10-2018-182

Аннотация

Транспортировка молока, позволяющая сохранить его качество, является актуальной задачей. Целью работы является разработка устройства с термоэлектрическим модулем для транспортировки молока. Патентный поиск указал, что наиболее технические решения имеют ряд недостатков. Нами разработано устройство, которое выступает в качестве источника электроэнергии, содержит термоэлектрический генератор, установленный на выхлопном трубопроводе отработавших газов двигателя.

Ключевые слова: транспортировка молока, термоэлектрический модуль, охладитель, генератор

«Во всем мире производству молока уделяют серьезное внимание. Ежегодное производство молока составляет около 750 млн. т, из них 85% составляет коровье молоко» [1]. Важна реализация программы "Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года" [2]. «Сегодня при промышленном производстве молока особенно большое значение приобретает создание условий, обеспечивающих высокое качество продукции» [3], в том числе оптимальных условий для доставки молока, для осуществления которой, согласно СанПиН 2.3.4.551-96 "Производство молока и молочной продукции", выделяется спецтранспорт. Поэтому транспортировка молока, позволяющая сохранить его качество, является актуальной задачей.

Целью работы является разработка устройства с термоэлектрическим модулем для транспортировки молока.

Патентный поиск указал, что наиболее технические решения имеют ряд недостатков. Устройство для регулирования температуры молока при его транспортировке [4] низкоэффективно и дорого. Устройство для перевозки молока на автомобиле [5] работает на сжиженном газе.

Нами разработано устройство [6] (рисунок 1), которое выступает в качестве источника электроэнергии, и содержит дополнительно термоэлектрический (ТЭ) генератор, установленный на выхлопном трубопроводе отработавших газов двигателя, и поддерживает оптимальные параметры температуры молока при его перевозке до потребителя.

Рисунок 1. Схема устройства с термоэлектрическим модулем для транспортировки молока: 1 - цистерна для хранения молока; 2-термоэлектрический охладитель (ТЭО), 3, 9 - термоэлектрический модуль (ТМ), 4, 8 - горячий теплообменник, 5, 10 - холодный теплообменник; 6 - ТЭ генератор, 7- выхлопной трубопровод, 11 - двигатель; 12 - генератор; 13, 14 - теплообменник; 15 - термостат; 16- электронный трехходовой кран; 17, 18 - насос; 19 - датчик температуры; 20 - задатчик; 21 - блок сравнения; 22 - блок управления, 23 - аккумуляторная батарея; 24 - распределительный щит; 25, 26 - канал подачи рассола; 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 - канал подачи охлаждающей жидкости; 35- канал подачи отработавших газов; 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44 - канал подачи электрической энергии; 45, 46, 47 - канал подачи электросигналов [7].

Таким образом, устройство поддерживает оптимальные параметры температуры при перевозке молока до потребителя.

1. Развитие молочной отрасли до 2020 года [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.dairynews.ru/images4/BCG/Diagnostics%20Res.pdf>
2. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. Утверждена Указом Президента РФ от 30.01.2010 N 120
3. Пути снижения бактериальной обсемененности молока / А. С. Курак // Наше сельское хозяйство. Животноводство России. 2015. Спецвыпуск. С. 21-25. Режим доступа к журн. URL : <http://www.zzr.ru/sites/default/files/zzrs-2015-03-007.pdf> (дата обращения: 24.08.2918)
4. Пат. 31637, МПК F25B 21/02. Устройство для регулирования температуры молока при его транспортировке / В.Н.Тимофеев и др.; патентообладатель – В.Н.Тимофеев и др. – № 2002132712/20, заявл. 09.12.2002; опубл. 20.08.2003. Бюл. № 23. – 4 с.: ил.
5. Пат. 52468, МПК F 0125B7/16. Терморегулирующее устройство для перевозки молока на автомобилях / И. М. Селиванов, В. Н. Тимофеев, Г. Е. Чекмарев и др.; патентообладатель – Селиванов И. М. – № 2004130096/22, заявл. 15.10.2004; опубл. 27.03.2006, Бюл. № 9. – 7 с.: ил.
6. Пат. 100199 РФ, МПК F25B21/02. Устройство для перевозки молока на автомобильном транспорте / И. Г. Васильева; патентообладатель – Васильева И. Г. – № 2010133197/06, заявл. 06.08.2010; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 34. – 6 с.: ил.
7. Терморегулирующее устройство для хранения молока на объектах общественного питания: научно-теоретический журнал Хранение и переработка сельхозсырья.–М.:Пищевая промышленность, 2012.–№ 3.–С. 35–37.

Васильев А.Н., Ершова И.Г., Поручиков Д.В.
Принцип действия устройства с термоэлектрическим модулем

ФГБНУ "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ"
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/lj-10-2018-183

idsp: 000001:lj-10-2018-183

Аннотация

Транспортировка молока, позволяющая сохранить его качество, является актуальной задачей. Целью работы является разработка принципа действия устройства с термоэлектрическим модулем для транспортировки молока, которое выступает в качестве источника электроэнергии, содержит термоэлектрический генератор, установленный на выхлопном трубопроводе отработавших газов двигателя.

Ключевые слова: транспортировка молока, термоэлектрический модуль, охладитель, генератор

«Инженерные науки – гарантия прогресса» [1].

Транспортировка молока, позволяющая сохранить его качество, является актуальной задачей [2]. Целью работы является разработка принципа действия устройства с термоэлектрическим модулем для транспортировки молока. На основе аналога и прототипа нами разработано устройство.

При запуске двигателя начинает работать система охлаждения [3] (рисунок 1). Штатный генератор вырабатывает электрическую энергию, которая подается в щит и в аккумулятор. Одновременно начинает работать ТЭ генератор. На горячих спаях ТЭ генератора происходит поглощение теплоты от отработавших газов, а с холодной стороны отводится теплота охлаждающей жидкости за вычетом электроэнергии. На внешней нагрузке ТЭ генератор создает напряжение, равное электродвижущей силе за вычетом падения напряжения и внутреннего сопротивления, выработанная электроэнергия поступает в щит и в аккумулятор, происходит ее усиленная зарядка.

Так как температура заправленного молока 2°C, то ТЭО после запуска двигателя не работает. В этом случае трехходовой кран держит канал закрытом состоянии, а охлаждающая жидкость поступает в ТЭ генератор и в термостат, где одна часть потока охлаждающей жидкости направляет в двигатель, другая - в теплообменник, и после теплообмена - в двигатель.

Рисунок 1. Схема устройства с термоэлектрическим модулем для транспортировки молока

Второй режим. Если $T_m \geq 4^\circ\text{C}$, то сигнал от датчика температуры подается в блок сравнения, сюда же датчик подает сигнал в блок сравнения, где формируется сигнал управления, и подается в блок управления, который подает электроэнергию в электронный трехходовой кран; подается электроэнергия в ТЭО, в электрический насос. Электронный трехходовой кран открывает канал, запускает ТЭО и электрический насос. При этом часть охлаждающей жидкости через трехходовой кран направляется на ТЭГ, а по каналу - в горячий теплообменник, где охлаждает горячие спайи термоэлектрических модулей и поступает в термостат и аналогичным образом поступает в двигатель.

Электрический насос подает охлажденный раствор соли CaCl_2 или NaCl в змеевиковый теплообменник, находящийся в цистерне молока, здесь происходит теплообмен между молоком и раствором соли и понижение температуры молока. Далее раствор соли поступает в холодный теплообменник, в результате теплообмена с холодными спаями термоэлектрических модулей происходит понижение температуры раствора соли и цикл повторяется.

По достижении заданной температуры $T_m = 4^\circ\text{C}$ датчик температуры подает сигнал в блок сравнения, формируется сигнал управления и подается в блок управления, который прекращает подачу электроэнергии на трехходовой кран, ТЭО и электрический насос, и предлагаемое устройство переходит на работу в первом режиме.

При вынужденных остановках автомобиля, когда ТЭ генератор и штатный генератор не вырабатывают электрическую энергию, потребители «питаются» от аккумулятора. При перевозке молока в холодное время года ТЭО может работать как нагреватель, и молоко может подогреваться до оптимальной температуры [4].

Таким образом, устройство поддерживает оптимальные параметры температуры при перевозке молока до потребителя.

1. Дорохов, А.С. Инженерные науки – гарантия прогресса // А.С. Дорохов // Сельский механизатор. 2015. М. № 11. - С. 2.
2. Развитие молочной отрасли до 2020 года [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.dairynews.ru/images4/BCG/Diagnostics%20Res.pdf>.
3. Пат. 100199 РФ, МПК F25B21/02. Устройство для перевозки молока на автомобильном транспорте / И. Г. Васильева; патентообладатель – Васильева И. Г. – № 2010133197/06, заявл. 06.08.2010; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 34. – 6 с.
4. Терморегулирующее устройство для хранения молока на объектах общественного питания: научно-теоретический журнал Хранение и переработка сельхозсырья. – М.: Пищевая промышленность, 2012. – № 3. – С. 35 – 37.

Горбунова З.В., Кухтий А.А.

Оценка экономического эффекта от применения метода контроля качества моторного масла

*ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»
(Россия, Иркутск)*

doi: 10.18411/lj-10-2018-184

idsp: 000001:lj-10-2018-184

Аннотация

В статье приводятся результаты эксперимента по определению качества моторного масла. Приводятся результаты вычисления экономического эффекта от определения качества моторного масла на станции технического обслуживания автомобилей.

Ключевые слова: моторное масло, вязкость, температура вспышки, оптическая плотность, экономический эффект.

Abstract

The article presents the results of the experiment of determining of the motor oil quality. The article gives the results of calculating the economic effect of determining the quality of motor oil at a car service station.

Keywords: motor oil, density, viscosity, flash point, optical density, economic effect.

В современных конкурентных отношениях автосервисного рынка стали актуальны такие понятия, как надежность [1] и качество [2] предоставляемых услуг. Однако стоит отметить, что не все производители выпускают, и не все автосервисные предприятия применяют качественные эксплуатационные материалы для работы автотранспортных средств. Для того, чтобы определить качество моторного масла, обычно в домашних условиях или на станциях технического обслуживания применяется визуальный тест. Но для более детального анализа предлагается замерять несколько нормативных показателей.

Одним из них является температура вспышки жидкости, определяющая порог, при котором воспламеняется вещество. Вспышка смазочного вещества может привести к серьезным проблемам, вплоть до его возгорания. Моторное масло не должно содержать лёгкий фракций в своём составе, поэтому температура вспышки не должна быть выше 220 °С. Если температура ниже или близка к 200 °С, то моторное масло будет тратиться интенсивно на угар в процессе эксплуатации автомобилей с образованием нерастворимых частиц (карбины, карбоны и т.д.), которые повлияют на выход двигателя из строя, а также будут накапливаться и отлагаться в моторных каналах и фильтре. Такая температура указывает на то, что в масло могли быть добавлены более лёгкие масла. Другими показателями качества моторного масла являются его плотность и оптическая плотность. Значение показателя плотности можно изменить, разбавив основу более тяжелыми или легкими фракциями, а значение показателя оптической плотности можно изменить, если использовать минеральную основу без дополнительных очисток. Показатель кинематической вязкости также предоставляет информацию о качестве моторного масла. Если его значение отклоняется от нормы, это говорит о вероятности применения основы, разбавленной более легкими фракциями углеводородов.

Для определения качества моторных масел был проведен эксперимент. Для реализации эксперимента были приобретены 20 образцов моторных масел. Все образцы масел были разделены на две группы (синтетические и полусинтетические) и исследованы по указанным выше показателям качества, также представленным в таблице 1. Стоит отметить, что все результаты эксперимента были получены из приобретенных в розничной торговой сети образцов, поэтому с целью независимого исследования каждому образцу был присвоен номер, и в статье не разглашаются названия торговых марок.

Анализируя образцы синтетических масел по всем показателям, видно, что образцы масел «5» и «10» не соответствуют нормативным значениям. Анализируя образцы полусинтетических масел по всем показателям, видно, образцы масел «17» и «19» не соответствуют нормативным значениям.

Таблица 1

Полученные значения показателей качества синтетических и полусинтетических моторных масел

Образцы	Стоимость за 1000 мл, руб.	Плотность при 20°С, кг/м ³ (850-855)	Вязкость при 100°С, Сст	Температура вспышки, °С (210-220)	Оптическая плотность (0,180-0,230)
Синтетические моторные масла					
Образец 1 (5W30)	663,00	851	11,24	215	0,308
Образец 2 (5W40)	702,00	850	13,42	214	0,187

Образец 3 (5W40)	782,00	850	12,4	220	0,291
Образец 4 (5W40)	705,00	847,5	14,9	210	0,189
Образец 5 (5W40)	425,00	856	13,71	225	0,295
Образец 6 (5W40)	501,50	854	13,17	203	0,136
Образец 7 (10W40)	620,00	845	13,71	210	0,226
Образец 8 (5W50)	829,00	856	17,36	220	0,317
Образец 9 (5W50)	849,00	851	17,42	210	0,174
Образец 10 (5W50)	849,00	866	12,78	206	0,313
Полусинтетические моторные масла					
Образец 11 (5W40)	830,00	860	13,2	210	0,220
Образец 12 (5W40)	815,00	855	12,8	201	0,180
Образец 13 (10W40)	570,00	862	13,65	200	0,240
Образец 14 (10W40)	630,00	865	14,76	206	0,230
Образец 15 (10W40)	880,00	872	15,5	206	0,208
Образец 16 (10W40)	630,00	863	13,41	222	0,238
Образец 17 (10W40)	725,00	872	12,18	200	0,184
Образец 18 (10W40)	965,00	865,5	12,86	214	0,203
Образец 19 (10W40)	1100,00	857	14,5	223	0,183
Образец 20 (10W40)	682,00	863	13,97	216	0,437

Все 20 образцов масел прошли испытания на определение оптической плотности на фотоэлектрическом колориметре КФК-3-01. Сравнивая полученные зависимости температуры вспышки от оптической плотности, было выявлено, что, чем ниже температура вспышки, тем ниже оптическая плотность. Из этого можно сделать вывод, что оптическая плотность является информативным показателем качества и может быть принята за диагностический параметр при оценке качества моторного масла.

С целью определения потенциального экономического эффекта, который может быть получен от применения фотоэлектрического колориметра КФК-3-01 для определения качества моторного масла в процессе эксплуатации, был произведен расчет на базе СТО «Альянс» (г. Усолье-Сибирское). В таблице 2 приведены сравнения методов контроля качества моторного масла, традиционно применяемого (визуального) на станции технического обслуживания автомобилей и разработанного (с использованием фотоэлектрического колориметра КФК-3-01).

Таблица 2

Сравнение методов контроля качества моторного масла

Показатель	Существующий метод	Разработанный метод
Качество определения	Среднее	Высокое
Скорость проведения экспертизы	1 сутки	30-60 сек
Погрешность определения	Средняя (возможны грубые ошибки)	Низкая (грубые ошибки минимизированы)

При новом методе контроля качества моторных масел практически минимизированы ошибки показания прибора, когда при визуализации моторное масло пригодно к эксплуатации, хотя в действительности оно не подлежит использованию.

Для оценки экономического эффекта были проанализированы планируемые годовые затраты на оказание услуг по определению качества и замене моторного масла. При расчетах было определено, что за счет сокращения трудоемкости проведения услуги по определению качества моторного масла и объема необходимого образца, отмечается сокращение общих затрат на данный вид услуг на 57,15 %, что можно отметить из таблицы 3.

Таблица 3

Экономическое сравнение методов контроля качества моторного масла

Значения	Традиционный метод	Предлагаемый метод
Количество автомобилей, приезжающих на ремонт (среднестатистические данные)	1800	1800
Количество автомобилей, проходящих проверку моторного масла (среднестатистические данные)	1440	1440
Стоимость услуги	1500,00	1500,00
Годовые затраты на оказание услуги, руб.	340200,00	145763,79
Суммарная выручка от оказания услуги, руб.	2160000,00	2160000,00
Чистая прибыль от оказания услуги, руб.	1232289,59	1355826,48

Как видно из таблицы 3, экономический эффект от применения предлагаемого метода, основанного на использовании фотоэлектрического колориметра для определения качества моторного масла в процессе эксплуатации, для рассматриваемого СТО будет превышать эффект от применения традиционного метода на 10 %. Это, безусловно, говорит о необходимости использования предлагаемого метода определения качества моторного масла с целью улучшения качественных характеристик автомобиля в потенциале.

1. Горбунов Р.Н., Пиров Ж.Т., Михайлов А.Ю. Оценка уровня обслуживания на основе критериев надежности // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – № 10(129). – с. 188-194.
2. Горбунова З.В., Комаров А.И. Алгоритм определения стандартов по управлению качеством на предприятиях автомобильного сервиса. – Материалы 99-й международной научно-технической конференции «Безопасность колесных транспортных средств в условиях эксплуатации» (20-22 апреля 2017 г.). Иркутск : Издательство : ИРНИТУ, 2017. – С. 225-231.

Димитриев А.Д., Трифонова А.Ю., Андреева М.Г.

Исследование реализации принципов ХАССП в системе индустрии питания

Чебоксарский кооперативный институт (филиал)

Российского университета кооперации

(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/lj-10-2018-185

idsp: 000001:lj-10-2018-185

Аннотация

Статья посвящена изучению статуса необходимых предпосылок для внедрения принципов ХАССП в производственную практику. Показано, что на предприятиях общественного питания отмечается низкий уровень реализации предварительных условий – надлежащей гигиенической и технологической практики. Обоснована необходимость комплексного подхода к решению проблемы управления качеством пищевой продукции в индустрии питания.

Ключевые слова: индустрия питания, менеджмент, предпосылки, ХАССП, барьеры.

Современный менеджмент качества пищевой продукции основывается на концепции управления качеством пищевой продукции на основе принципов ХАССП. Актуальность реализации в практике указанных принципов признается во всех странах мира. Однако уровень внедренности новой концепции в разных странах существенно варьирует. Так, если в странах Европейского Союза реализация принципов ХАССП является обязательным условием для любого предприятия то, например, в нашей стране реализация этих принципов находится на достаточно низком уровне [1]. Этому во многом способствует тот факт, что в России нормативные документы в области современного менеджмента качества носят рекомендательный характер за исключением Технического регламента Таможенного союза [2].

Из анализа литературных данных можем отметить недостаточное понимание в начальном этапе реализации современного менеджмента качества реальной роли принципов ХАССП в управлении качеством пищевой продукции, в формировании политики предприятия в области качества кулинарной продукции и системной работы по разработке планов ХАССП и их внедрению в практику [1, 3, 4, 5].

Целью нашего исследования было изучение необходимых предпосылок к разработке и внедрению принципов ХАССП в системе общественного питания. Исходя из

этой цели нами были рассмотрены вопросы реализации двух предварительных условий – надлежащей гигиенической и надлежащей технологической практики.

В рамках изучения поставленных вопросов были разработаны анкеты для тестирования (табл.1).

Таблица 1.

*Содержание анкеты для тестирования работников
предприятий общественного питания*

№ п/п	Программы соблюдения определенных нормативных требований
1	Наличие инструкции по мытью столовой посуды и приборов
2	Наличие инструкции по проведению дезинфекции всей столовой посуды и приборов в конце рабочего дня
3	Наличие инструкции для приема сырья и пищевых продуктов в целях выполнения требований к их безопасности согласно принципам ХАССП
4	Обеспечение хранения картофеля и корнеплодов при температуре не выше 10 гр.
5	Обеспечение хранения плодов и зелени при температуре не выше 12 гр.
6	Наличие термометров в холодильниках и организация контроля температуры в них
7	Наличие термометров в морозильных камерах и организация контроля температуры в них
8	Обеспечение поточности технологических процессов приготовления блюд и кулинарных изделий
9	Наличие специально оборудованных цехов для изготовления полуфабрикатов и кулинарной продукции
10	Наличие бактерицидных ламп для приготовления холодных блюд
11	План обеспечения политики мытья рук
12	Процедуры для проверки конечной внутренней температуры приготовленной пищи
13	Политика использования перчаток
14	Программа гигиенических требований (волосы, украшения, ногти и пр.)
15	Все сотрудники прошли обучение по вопросам личной гигиены
16	Процедуры обеспечения быстрого охлаждения потенциально опасных пищевых продуктов
17	Используемое оборудование сертифицировано
18	Письменные инструкции процедуры очистки и дезинфекции всего оборудования
19	Документированные процедуры хранения химических веществ
20	Обеспечение движение пищевых продуктов, которое сводит к минимуму перекрестное загрязнение
21	Наличие инструкции процедуры для проверки внутренней температуры продуктов при их охлаждении
22	Температурные журналы для записи температуры приготовления конечной точки

Рис. 1. Средние значения реализации всех приведенных в анкете программ по шкале Ликерта (1 - не знаю о существовании плана реализации, 2 - нет планов для реализации, 3 - план реализации утвержден, 4 - план частично реализован и 5 - план полностью реализован) у каждого исследуемого.

Примечание: цифры по внешней окружности – номера тестируемых (анкетировуемых); цифры по вертикали – шкала Ликерта.

Экспериментальный тест проводился с работниками предприятий общественного питания, имеющими среднее профессиональное образование по специальности 19.02.10 «Технология продукции общественного питания» и работающими поварами, шеф-поварами, заведующими производствами (50 чел.).

Большинство (94%) респондентов были моложе 27 лет, 82% были женщины и 18% мужчины, имели одинаковый стаж (3,5 года) работы в сфере общественного питания.

Из материалов анализа исследований следует, что средние значения реализованных всех программ по соблюдению современного менеджмента качества, оцененные по пятибалльной шкале Ликерта, были в пределах 3,04 - 4,5. Это, в целом, создает впечатление, что в предприятиях общественного питания программы соблюдения нормативных требований утверждены и частично реализуются (рис. 1).

Однако, средние значения показателей работников предприятий общественного питания о реализации каждой из программ выявили несколько иную картину (рис. 2). Сравнительный анализ показателей реализации отдельных программ по шкале Ликерта выявил значительные колебания – от 2,2 до 4,9. При этом нижние средние значения были практически на уровне отрицания наличия программ реализации (удельный вес таких программ составил 4,5 %), а верхние средние значения практически были на уровне полной их реализации (доля таких программ составила 4,5 %). Наличие утвержденной программы по конкретному показателю действий подтвердили 22,8%, а частичную реализацию – 41% и полную реализацию - 4,5%. При этом полная реализация подтверждена по программе обеспечения термометрами в холодильниках и организация контроля температуры в них (программа № 4).

Рис.2. Средние значения показателей реализации каждой из 22 программ, приведенных в анкете программ по шкале Ликерта (1 - не знаю о существовании плана реализации, 2 - нет планов для реализации, 3 - план реализации утвержден, 4 - план частично реализован и 5 - план полностью реализован).

Примечание: цифры по внешней окружности – номера программ соблюдения определенных нормативных требований (см. таблицу 1); цифры по вертикали – шкала Ликерта.

Из приведенных данных следует, что выявленная нами такая недостаточная реализация предварительных условий является главным барьером во внедрении планов ХАССП на предприятиях общественного питания. Об этом свидетельствует и тот факт, что ни один специалист со средним профессиональным образованием не мог подтвердить создание на предприятии рабочей группы ХАССП. Кроме того отмечаем, что на дополнительный вопрос о прохождении специальных курсов по внедрении принципов ХАССП ни один респондент не дал положительного ответа.

Таким образом, обсуждение результатов наших исследований свидетельствуют о недостаточном внимании к реализации современного менеджмента качества на предприятиях общественного питания региона. Для преодоления такой ситуации

представляется важным системное решение вопросов подготовки специалистов общественного питания и обязательности выполнения требований действующих нормативных документов в области обеспечения безопасности пищевой продукции на основе принципов ХАССП.

1. А.Д. Дмитриев, Г.О. Ежкова, Д.А. Дмитриев. Управление качеством пищевой продукции на принципах ХАССП в системе общественного питания : учебное пособие / А.Д. Дмитриев [и др.]; М-во образ. и науки России, Казан. Нац.исслед. технол. ун-т – Казань : Изд-во КНИТУ, 2017. - 202 с.
2. Технический регламент Таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»
3. Giampaoli, J., Sneed, J., Cluskey, M., & Koenig, H. (2002). School foodservice directors' attitudes and perceived challenges to implementing food safety and haccp programs. The Journal of Child Nutrition & Management, 26. Available: <http://www.asfsa.org/childnutrition/jcnm/02spring/giampaoli1/>. Accessed: February 11, 2003
4. Roberts, K., & Sneed, J. (2003). Status of prerequisite and HACCP program implementation in Iowa restaurants. Food Protection Trends. 23, 808 - 813.
5. Youn, S., & Sneed, J. (2003). Implementation of HACCP and prerequisite programs in school foodservice [Electronic version]. Journal of the American Dietetic Association, 103, 55 - 60.

Дударовская О.Г.

**Повышение эффективности теплообмена в аппаратах
при турбулентном режиме работы**

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/lj-10-2018-186

idsp: 000001:lj-10-2018-186

Аннотация

Настоящая статья посвящена повышению эффективности теплообмена при проведении процесса на турбулентном режиме. Рассмотрены следующие методы интенсификации: применение насадочных элементов и оребренной поверхности. В качестве базовой поверхности принят гладкий канал (без интенсификатора). Выполнены расчеты и построен график зависимости чисел Нуссельта от числа Рейнольдса (режима движения) для гладкой поверхности трубы и для рассматриваемых интенсификаторов теплообмена. Выбраны наиболее эффективные методы интенсификации.

Ключевые слова: насадочные элементы, оребрение, повышение эффективности.

Abstract

The present article is devoted to increase in efficiency of heat exchange when carrying out process on the turbulent mode. The following methods of an intensification are considered: application of nozzle elements and orebrenny surface. As a basic surface the smooth channel is accepted (without intensifier). Calculations are executed and the schedule of dependence of numbers of Nusselt on Reynolds number (the mode of the movement) for a smooth surface of a pipe and for the considered heat exchange intensifiers is constructed. The most effective methods of an intensification are chosen.

Keywords: nozzle elements, fins, increase in efficiency.

Эффективным способом повышения эффективности теплообменных аппаратов является улучшение их конструкций с применением интенсифицированных поверхностей.

Весьма эффективными методами интенсификации являются так называемые пассивные методы, направленные на разрушение ламинарного подслоя и изменение

структуры пристеночного течения теплоносителя. Например, к ним относятся: вставные интенсификаторы, турбулизирующие вставки, насадки, спиральные и витые трубы [1].

В данной статье с целью повышения эффективности теплообмена в аппаратах, работающих на турбулентном режиме, рассмотрены следующие методы интенсификации теплообмена:

1) Применение насадочных элементов в качестве инструмента интенсификации процессов переноса тепла.

2) Увеличение площади поверхности теплообмена посредством оребрения.

Для решения поставленной задачи необходимо определить коэффициенты теплоотдачи, для этого запишем выражения с применением безразмерного комплекса Нуссельта.

На основе ранее разработанной модели пограничного слоя с функцией турбулентной вязкости с учетом затухания турбулентных пульсаций в вязком подслое записано [2] выражение числа Нуссельта для канала, заполненного хаотичным насадочным слоем, и имеет вид

$$\text{Nu}_3 = \frac{1,85 \cdot \text{Re}_3^{0,75} \text{Pr}^{0,333} \cdot (\xi / 2)^{0,25}}{1,48 \cdot \text{Re}_3^{0,125} / \xi^{0,25} + 2,5 \ln(4 \cdot \text{Re}_3^{0,125} \cdot \xi^{0,5})}, \quad (1)$$

где $\text{Re}_3 = u_{\text{cp}} \cdot d_3 / \nu$ – эквивалентное число Рейнольдса; Pr – число Прандтля; ξ – коэффициент гидравлического сопротивления; $u_{\text{cp}} = u_0 / \varepsilon_{\text{св}}$ – средняя скорость среды в насадке, м/с; u_0 – скорость среды, м/с; $d_3 = 4 \cdot \varepsilon_{\text{св}} / a_v$ – эквивалентный диаметр насадки, м; $\varepsilon_{\text{св}}$ – свободный объем насадки, м³/м³; a_v – удельная поверхность насадки, м²/м³; ν – коэффициент кинематической вязкости, м²/с.

Выражение коэффициента гидравлического сопротивления для кольцеобразных насадок имеет вид [3]

$$\xi = \frac{16}{\text{Re}_3^{0,2}}. \quad (2)$$

Число Нуссельта для оребренной поверхности находим из выражения [4]

$$\text{Nu} = 0,021 \cdot \text{Re}_d^{0,8} \cdot \text{Pr}^{0,43} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot h \cdot \beta - \delta}{S}\right), \quad (3)$$

где $\text{Re}_d = u_0 \cdot d / \nu$ – число Рейнольдса; h – высота ребра, м; δ – толщина ребра, м; β – характеристика эффективности прямых продольных ребер; S – шаг ребра по окружности канала (трубы), м.

Значение характеристики эффективности прямых продольных ребер определяется как [4]

$$\beta = \frac{\text{th}(mh)}{mh}, \quad (4)$$

где $\text{th}(mh)$ – гиперболический тангенс произведения mh , определяемый по табличным данным [5], m – рассчитывается по формуле

$$m = \sqrt{\frac{2\alpha}{\delta \lambda_p}}, \quad (5)$$

где α – коэффициент теплоотдачи в канале (трубе), Вт/(м²·К), λ_p – коэффициент теплопроводности материала ребра, Вт/(м·К) [6].

Шаг ребер по окружности канала (трубы) определяем из выражения [4]

$$S = \frac{\pi \cdot d_n}{n}, \quad (6)$$

где d_n – наружный диаметр канала (трубы), м; n – число прямых продольных ребер.

В качестве базовой поверхности принимаем гладкий канал (труба без интенсификатора).

Запишем число Нуссельта для гладкого канала (трубы) без интенсификатора (при $Re_d = 4 \cdot 10^3 - 6 \cdot 10^5$) [5]

$$Nu_d = 0,021 \cdot Re_d^{0,8} \cdot Pr^{0,43}. \quad (7)$$

Рассматриваемые интенсификаторы:

1) кольцеобразная насадка Палля (разм. 12,5 мм), с техническими характеристиками: $d_s = 0,033$ м, $a_v = 110$ м²/м³, $\varepsilon_{св} = 0,92$ м³/м³ [3];

2) нанесение оребрения на поверхность теплообмена ($h = 0,015$ м; $\delta = 0,001$ м; $n = 22$).

По представленным выражениям проведены расчеты, результаты которых представлены в виде зависимости теплоотдачи от режима течения Re_d для рассматриваемых методов интенсификации при турбулентном режиме течения среды (рис.1).

Рисунок 1. Средняя теплоотдача в зависимости от режима течения Re_d для различных методов интенсификации: 1 – в канале, заполненном хаотичным насадочным слоем (кольца Палля); 2 – в канале (трубе) с оребренной поверхностью; 3 – в канале (трубе) без интенсификатора.

Насадочные элементы, как интенсификаторы теплообмена, показывают наилучшие значения. Это объясняется принципом действия насадочных элементов в канале. Они сами по себе не участвуют в теплообмене и не увеличивают поверхности теплопередачи, их использование позволяет развить поверхность контакта и улучшить перемешивание потоков, что приводит к непосредственному разрушению и турбулизации самого пограничного слоя.

Нанесение оребрения на поверхность наиболее выгодно при значениях чисел Рейнольдса $Re > 7000$, а при $Re < 7000$ уступает насадочным элементам.

Таким образом, из проведенных исследований можно рекомендовать применение насадочных элементов с целью повышения эффективности теплообмена в аппаратах, работающих на турбулентном режиме.

Также к преимуществам применения насадочных элементов является то, что их засыпка может выполняться в обычные теплообменные аппараты при небольших конструктивных изменениях.

1. Лаптев А.Г. Методы интенсификации и моделирования тепломассообменных процессов / А.Г. Лаптев, Н.А. Николаев, М.М. Башаров. – Москва: Теплотехник, 2011. – 288 с.

2. Дударовская О.Г. Модели интенсифицированного тепломассообмена и смешения сред в каналах с хаотичными насадочными слоями: дис. ... канд. техн. наук. – Казань, 2016. – 202 с.
3. Рамм В.М. Абсорбция газов / В.М. Рамм. М.: Химия, 1976. 656 с.
4. Скобло А.И. Процессы и аппараты нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности / А.И. Скобло, И.А. Трегубова, Н.Н. Егоров. – М.: Гостоптехиздат, 1962. – 652 с.
5. Михеев М.А. Основы теплопередачи. – М.: Госэнергоиздат, 1961. – 237 с.
6. Кузнецов А.А. Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности / А.А. Кузнецов, С.М. Кагерман, Е.Н. Судаков. – Л.: Химия, 1974. – 344 с.

Жариков И.Ф.

Элементы карьерной дробильной установки в схемах ЦПТ

*Институт проблем комплексного освоения недр РАН
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/lj-10-2018-187

idsp: 000001:lj-10-2018-187

Аннотация.

Рассматривается наиболее эффективная циклично-поточная технология добычи угля на глубоких карьерах при полной конвейеризации транспорта с использованием самоходных дробильных агрегатов. На основе анализа эксплуатации карьерных дробильных установок предлагается метод определения оптимальной вместимости приемного бункера, которая должна быть достаточной для «сглаживания» неравномерности поступления автосамосвалов на разгрузку.

Ключевые слова; циклично-поточная технология, грузоподъемность самосвала, объем ковша, гранулометрический состав, взорванная горная масса, вместимость, бункер.

Рост объемов добычи полезных ископаемых открытым способом и связанные с этой тенденцией задачи дальнейшей интенсификации горных работ, увеличения глубины карьеров и повышения производительности труда определили актуальность создания и внедрения в горное производство дробильно-конвейерного оборудования для схем циклично-поточной технологии разработки скальных пород. При полной конвейеризации транспорта производительность современных самоходных дробильных агрегатов, работающих в паре с одно ковшовым экскаватором, должна соответствовать перспективным моделям карьерных экскаваторов-мехлопат с ковшом вместимостью 20-35 м³. В условиях разработки полускальных вскрышных пород IV категории, характерных для угольных месторождений, при расчетной плотности экскавируемых пород 2500 кг/м³, коэффициенте разрыхления 1,5 и коэффициенте заполнения ковша 0,9 производительность экскаватора ЭКГ-20 с ковшом вместимостью 20 м³ составляет 3870 т/ч. Производительность конвейерной линии и дробильной установки должна приниматься не менее чем на 10% выше производительности экскаватора ЭКГ-20 [1]. В этом случае производительность соответствующего самоходного дробильного агрегата должна составлять около 4300 т/ч. Однотипная передвижная карьерная дробильно-перегрузочная установка, предназначенная для использования в схемах с комбинированным автомобильно-конвейерным транспортом, также имеет производительность 4300 т/м³ и должна обеспечивать прием горной массы от автотранспорта грузоподъемностью 75-100 т.

Дробильно-перегрузочная установка, являясь связующим звеном между автомобильным и конвейерным видами транспорта, обеспечивает подготовку горной массы к конвейерному перемещению. Приемный бункер установки выполняет роль демпфирующего элемента системы, преобразующего дискретный поток горной массы, подвозимой автосамосвалами, в непрерывный поток. Вместимость приемного бункера

должна быть достаточной для «сглаживания» неравномерности поступления автосамосвалов на разгрузку. В тоже время чрезмерное увеличение вместимости бункера ведет к неоправданным затратам и усложняет создание мобильных передвижных дробильных установок, периодически перемещаемых вслед за горными работами.

Опыт создания и эксплуатации карьерных дробильных установок показывает, что на практике вместимость приемного бункера, как правило, в 2-3 раза превышает вместимость разгружающегося в них транспортного средства или ковша экскаватора [2]. В соответствии с этим условием при объеме горной массы в кузове автосамосвала грузоподъемностью 180 т, равном $107,8 \text{ м}^3$, вместимость приемного бункера дробильной установки должна составить 220-320 м^3 . Неопределенность подобной рекомендации свидетельствует о необходимости поиска путей более обоснованного выбора вместимости приемного бункера.

Отличительной особенностью функционирования комплексов оборудования, включающих в себя передвижные дробильные установки или полустационарные дробильно-перегрузочные пункты и комбинированный автомобильно-конвейерный транспорт, является вероятностный (случайный) характер поступления на разгрузку автосамосвалов, используемых в качестве забойного транспортного звена. Случайный характер поступления автосамосвалов определяет в свою очередь и случайный характер заполнения приемного бункера дробильной установки. Таким образом, следуя природе данного процесса, для его анализа необходимо использовать методы теории массового обслуживания [1].

При исследовании систем с комбинированным автомобильно-конвейерным транспортом методами теории массового обслуживания принимаются допущения, что система разомкнута, а поток поступающих требований (порций горной массы) простейший. Данные системы могут рассматриваться как разомкнутые, так как поток транспортных средств, выходящий с разгрузочной площадки, нивелируется при перемещении по разрезу и его характеристики практически не оказывают влияние на характеристики входящего транспортного потока груженных автосамосвалов. Условием существования разомкнутых систем является также допущение о том, что источник, питающий систему, располагает бесконечным числом требований на обслуживание. Это допущение достаточно близко к реальным условиям при определении усредненных характеристик перегрузочного пункта и достаточной вместимости бункера. Простейший поток требований характеризуется такими свойствами, как стационарность, ординарность и отсутствие последствия. Действительно, поток автосамосвалов, поступающих на разгрузочную площадку, характеризуется данными свойствами:

стационарностью – вероятность поступления определенного количества автосамосвалов в течение некоторого отрезка времени зависит не от времени начала отсчета, а только от продолжительности выбранного промежутка;

ординарностью – вероятность поступления под разгрузку нескольких автосамосвалов в бесконечно малый промежуток времени практически равна нулю;

отсутствием последствия – состояние системы в какой-либо определенный момент времени зависит только от предшествующего состояния и не зависит от более раннего.

При простейшем потоке требования, поступающие в систему, описываются пуассоновским законом распределения, а длительность интервалов между поступающими требованиями описывается другим – экспоненциальным законом. Методы теории массового обслуживания иногда применялись рядом авторов для исследования систем «автосамосвалы – приемный бункер перегрузочного узла». Однако, в известных работах при исследовании этого вопроса сохранялось классическое допущение о том, что минимальный интервал между поступающими

требованиями равен нулю. Это приводило к значительному завышению расчетной вместимости приемного бункера. В действительности минимальное время смены автосамосвалов на постах разгрузки является конечной величиной, соизмеримой со средней продолжительностью интервала между разгрузками.

Для учета влияния на параметры системы минимального интервала между разгрузками материала в выражение для расчета вместимости бункера следует ввести поправочный коэффициент [2].

$$k = 1 - \lambda a$$

где λ – интенсивность разгрузок; a – минимальный интервал между разгрузками.

С увеличением минимального интервала между разгрузками автосамосвалов при неизменном его среднем значении, равном $1/\lambda$, уменьшается возможный диапазон случайных колебаний продолжительности интервала между разгрузками автосамосвалов. При этом улучшаются условия функционирования приемного бункера благодаря повышению стабильности поступления материала, но возрастает вероятность простоев автосамосвалов в ожидании разгрузки. В пределе при $a = 1/\lambda$ интервал между разгрузками становится величиной постоянной, поток автосамосвалов в идеале должен лишиться своей вероятностной природы, и при равномерном поступлении автосамосвалов под разгрузку отпадает необходимость в создании бункера, демпфирующего колебания потока материала. При изменении значения a от нуля до $1/\lambda$ значение k изменяется от единицы до нуля. При классическом потоке требований (в нашем случае порций горной массы, поступающей в бункер при разгрузках автосамосвалов) $k = 1$, а при равных интервалах между разгрузками автосамосвалов $k = 0$, т.е. проверка граничных условий четко свидетельствует о правомерности поправочного коэффициента для расчета вместимости бункера.

При использовании дробильных установок для подготовки горной массы к конвейерному перемещению и конвейерного транспорта в качестве вторичного транспортного звена интенсивность обслуживания в дробильной установке и на конвейере может быть принята постоянной.

Введение в расчетную формулу поправочного коэффициента позволяет получить следующее выражение для определения вместимости бункера:

$$W = \frac{(1 - \lambda a)\psi^2 q}{2(1 - \psi)},$$

где $\psi = \lambda/\mu$ – коэффициент использования системы; μ – интенсивность прохождения порций материала через дробильную установку; q – объем единичной порции материала, поступающего в бункер.

При 10%-ном запасе производительности дробильной установки коэффициент использования транспортной системы ψ равен 0,9. При выборе вместимости приемного бункера передвижной дробильной установки производительностью 4300 т/ч производительность автотранспортного звена принята равной 3870 т/ч, тогда $\psi = 0,9$. Максимальный интервал между разгрузками автосамосвалов грузоподъемностью 75,110 и 180 т определен по их техническим характеристикам. Интенсивность поступлений породы в приемный бункер установки зависит от грузоподъемности применяемых автосамосвалов. Рассмотрена возможность оборудования приемного бункера одним и двумя постами разгрузки автосамосвалов, так как при заданной производительности автотранспорта средний интервал между поступлениями автосамосвалов грузоподъемностью 75 т на разгрузочную площадку меньше технически возможного минимального интервала между разгрузками автосамосвалов данной грузоподъемности с одного поста. Результаты расчета вместимости приемного бункера дробильной установки приведены в таблице.

Параметры	Грузоподъемность автосамосвала, т (объем горной массы в кузове, м ³)					
	75	(44,9)	110	(65,9)	180	(107,8)
Число постов разгрузки у бункера	1	2	1	2	1	2
Средний интервал между поступлениями автосамосвалов на пост, мин.	1,10	2,32	1,69	3,38	2,78	5,56
Интенсивность разгрузок, мин.	0,86	0,43	0,59	0,295	0,36	0,18
Минимальный интервал между разгрузками, мин.	1,32	1,32	1,58	1,58	1,7	1,7
Расчетная вместимость бункера, м ³	-	78,6	18,1	142,5	169,4	303

Анализ данных, приведенных в таблице, показал, что использование автосамосвалов грузоподъемностью 75 т возможно только при оборудовании бункера двумя постами разгрузки. При наличии одного поста автосамосвалы данной грузоподъемности не обеспечивают требуемую производительность комплекса. При двух постах разгрузки вместимость бункера должна превышать в 1,75 раза объем горной массы в кузове автосамосвала. В то же время при двух постах возможна практически одновременная разгрузка двух автосамосвалов. При этом вместимость бункера должна не менее чем в два раза превышать объем горной массы в кузове автосамосвала, т.е. быть 90 м³.

При использовании автосамосвалов грузоподъемностью 110 т и наличии одного поста разгрузки расчетная вместимость приемного бункера составляет 18,1 м³. Такая вместимость не соответствует условию беспрепятственной разгрузки автосамосвала. Поэтому для этих автосамосвалов вместимость бункера при наличии одного поста должна приниматься равной не менее 66 м³. Минимальное расчетное значение вместимости бункера (18,1 м³) свидетельствует прежде всего о том, что при данной производительности среднее значение интервала между разгрузками автосамосвалов лишь незначительно превышает минимальное значение. Это условие накладывает крайне жесткие требования на работу автотранспорта, т. к. для его выполнения необходимо практически равномерное поступление автосамосвалов на разгрузочную площадку, что в реальных условиях горного производства не представляется возможным. Таким образом, при использовании автосамосвалов грузоподъемностью 110 т также необходимо иметь два поста разгрузки. При наличии двух постов для разгрузки автосамосвалов жесткость требования к равномерности подачи автосамосвалов снижается, но расчетная вместимость бункера увеличивается до 143 м³, что почти в 2,2 раза превышает объем горной массы в кузове автосамосвалов данной грузоподъемности. При такой вместимости бункера возможна одновременная разгрузка в него двух автосамосвалов.

В случае применения автосамосвалов грузоподъемностью 180 т и при наличии одного поста разгрузки вместимость бункера должна в 1,6 раза превышать объем материала в кузове автосамосвала, а при двух постах разгрузки – почти в три раза. В последнем случае обеспечиваются наиболее простые условия эксплуатации автотранспорта, но неоправданно завышается вместимость бункера дробильной установки.

Таким образом, при создании передвижной дробильной установки с её часовой производительностью 4300 т/ч, загружаемой автосамосвалами грузоподъемностью 75 110 т, её необходимо оборудовать двумя постами разгрузки. При применении автосамосвалов грузоподъемностью 180 т уже достаточно одного поста разгрузки. По условию прохождения материала через приемный бункер его вместимость должна составлять около 179 м³, что в 1,6 раза превышает объем материала в кузове автосамосвалов грузоподъемностью 180 т и в 2,6 раза – объем материала в кузове автосамосвалов грузоподъемностью 110 т.

Для сравнения следует отметить следующее. Расчет вместимости приемного бункера дробильной установки с использованием методов теории массового обслуживания без предлагаемого поправочного коэффициента, учитывающего технические характеристики применяемых автосамосвалов, приводит к ошибочному выводу, что при применении автосамосвалов любой грузоподъемности вместимость бункера должна более чем в четыре раза превышать объем породы в кузове автосамосвала независимо от числа постов разгрузки и возможностей автотранспорта по обеспечению заданной производительности комплекса.

Таким образом, вместимость приемного бункера карьерной дробильной установки и число постов разгрузки должны выбираться с учетом технических характеристик используемых автосамосвалов в конкретных условиях их применения.

1. Кофман А., Крюон Р. Массовое обслуживание. Теория и приложения. // М., Мир, 1985, с. 185.
2. Фадеев В.В., Чапурин Н.А. Дробильные установки на карьерах// М., Недра, 1981, с. 168.

Зикий А.Н., Волощук А.Ю., Швецов М.С.
Широкополосный малошумящий усилитель

*Инженерно-технологическая академия Южного федерального университета
(Россия, Таганрог)*

doi: 10.18411/lj-10-2018-188

idsp: 000001:lj-10-2018-188

Аннотация

Проведено экспериментальное исследование малошумящего усилителя с диапазоном рабочих частот от 10 до 145 МГц. Представлены функциональная и принципиальная схемы, описание конструкции и методика эксперимента. Результатом эксперимента являются амплитудная и амплитудно-частотные характеристики усилителя, подтверждающие заданные параметры.

Ключевые слова: усилитель, амплитудно-частотная характеристика, амплитудная характеристика, точка компрессии, отрицательная обратная связь.

Введение

Малошумящие усилители нашли широкое применение во входных каскадах радиоприемных устройств, а также в качестве усилителей промежуточной частоты приемника СВЧ. Они являются определяющими в обеспечении коэффициента шума и чувствительности приемника, поэтому их совершенствование является актуальным [1-4].

К усилителю предъявляются следующие требования:

- Полоса пропускания по уровню минус 3 дБ от максимума от 10 МГц до 145 МГц.
- Максимальный коэффициент усиления слабых сигналов не менее 20дБ.
- Верхняя граница линейности амплитудной характеристики по входу при компрессии в 1 дБ не менее 5 мВ.
- Входное и выходное сопротивление 50 Ом.
- Питание +18 В.

Перечисленные выше требования можно выполнить как в усилителе на транзисторах, так и на микросхемах. В данной работе будет исследован усилитель на транзисторах.

Схема и конструкция

Функциональная схема усилителя приведена на рисунке 1. Усилитель состоит из двух широкополосных каскадов с коррекцией АЧХ в области верхних частот на

транзисторах VT1, VT2, эмиттерного повторителя на транзисторе VT3 и оконечного каскада с общим эмиттером на транзисторе VT4. Три последних каскада охвачены цепью отрицательной обратной связи с эмиттера VT4 на базу VT2, что позволяет уменьшить перегрузку этих каскадов для мощных сигналов.

Принципиальная схема усилителя приведена на рисунке 2. Первый каскад выполнен на малошумящем СВЧ транзисторе типа KT382A[5]. Граничная частота коэффициента передачи тока в схеме ОЭ не менее 1,8 ГГц, коэффициент шума не более 3 дБ. Последующие каскады усиления выполнены на транзисторах типа KSY71. Для устранения самовозбуждения в цепи питания каскадов установлены LC фильтры нижних частот. Первый, второй и четвертый каскады имеют цепи автосмещения, что позволяет работать усилителю в широком диапазоне температур.

Рисунок 1 – Функциональная схема усилителя

В качестве стабилизатора напряжения применена интегральная микросхема МАА723.

Рисунок 2 – Принципиальная схема усилителя

Почти все детали усилителя размещены на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита размером $115 \times 40 \times 1,5$ мм, кроме соединителей и фильтров в цепи питания. Печатная плата помещена в стальной корпус размером $178 \times 47 \times 45$ мм и закрывается двумя крышками. Корпус выполняет роль экрана, поэтому по контуру крышек закреплен пружинящий контакт. На корпусе закреплен входной и выходной ВЧ соединитель типа TNC, а также НЧ соединитель для подачи питания типа PC10.

Эксперимент

Первый эксперимент проводился на установке, структурная схема которой приведена на рисунке 3. Она содержит векторный анализатор цепей типа “Обзор-103” [6], ноутбук, источник питания типа GPS-3303, комплект кабелей и переходов, фиксированный аттенюатор 20 дБ.

Рисунок 3 – Структурная схема измерительной установки

Калибровка “Обзора-103” проводилась вместе с аттенюатором 20 дБ, поэтому поправки на его затухание вводить не нужно.

На рисунке 4 можно видеть АЧХ усилителя в полосе от 0,3 до 300 МГц. На рисунке 5 показана АЧХ усилителя в полосе от 0,3 до 1300 МГц. Из рисунков 4 и 5 видно, что требования к усилителю по диапазону рабочих частот и коэффициенту усиления выполняются. Из рисунка 5 также можно видеть, что усилитель в полосе от 300 до 1300 МГц не имеет ложных полос пропускания, затухание монотонно растет с ростом частоты.

Рисунок 4 – АЧХ усилителя в полосе 300 МГц.

Рисунок 5 – АЧХ усилителя в полосе 1300 МГц

Второй эксперимент проводился на установке, структурная схема которой приведена на рисунке 6. Она содержит генератор высокочастотных сигналов типа Г4-218/1, осциллограф типа TDS3052B и источник питания типа GPS-3303. Осциллограф был переключен на входное сопротивление 50 Ом. На вход усилителя подавался радиосигнал с эффективным значением напряжения от 1 до 30 мВ. Результаты измерения размаха выходного напряжения приведены во втором столбце таблицы 1. В третьем столбце приведены результаты расчета эффективного напряжения на выходе усилителя. Размах и эффективное напряжение различаются в 2,82 раза, или на 9 дБ. По данным таблицы 1 построен график амплитудной характеристики усилителя на рисунке 7. Из этого графика можно сделать вывод, что коэффициент усиления при малом сигнале на частоте 100 МГц составляет 21 дБ, а точка компрессии амплитудной характеристики по входу составляет 7 мВ.

Рисунок 6 – Структурная схема для снятия амплитудной характеристики

Таблица 1.

Амплитудная характеристика.

U вх, мВ эфф.	U вых, размах мВ	U вых мВ эфф.
1	35	12,4
2	63	22,3
3	90	31,9
4	117	41,5
5	141	50
6	164	58,1
7	177	62,7
8	184	65,2
9	190	67,4

10	194	68,8
11	199	70,6
12	202	71,6
13	205	72,7
14	207	73,4
15	211	74,8
16	214	75,9
17	215	76,2
18	217	76,9
19	218	77,3
20	221	78,4
21	223	79,1
22	224	79,4
23	225	79,8
24	225	79,8
25	227	80,5
26	228	80,9
27	229	81,2
28	229	81,2

Рисунок 7 - Амплитудная характеристика на частоте 100 МГц

Выводы

1. Основные параметры усилителя сведены в таблицу 2.

Таблица 2.

Параметры усилителя.

Наименование параметра, размерность	Задано	Эксперимент
Диапазон рабочих частот на уровне минус 3дБ от максимума, МГц	10 - 145	10 - 145
Максимальный коэффициент усиления слабых сигналов, дБ (в диапазоне рабочих частот)	23	23
Верхняя граница линейности амплитудной характеристики по входу при компрессии 1дБ, мВ	≥ 5	7
Коэффициент передачи в диапазоне частот от 300 до 1300 МГц, не более	0 дБ	0 дБ
Питание, В	18	18
Входное и выходное сопротивление, Ом	50	50

Из этой таблицы видно, что все требования к усилителю выполняются.

2. При выполнении данной работы был полезен предыдущий опыт авторов [7-10].

1. Румянцев К.Е. Приём и обработка сигналов. – М.; «Академия». 2004. – 528с.
2. Ровдо А.А. Схемотехника усилительных каскадов на биполярных транзисторах – М.; Издат. дом «Додэка – XXI». 2002. – 256с.
3. Pieter L.D. Abrie. Design of RF and Microwave Amplifiers and Oscillators. Boston, London. Artech House Publishers. 2009. – 480 p.
4. Devendra K. Misra. Radio-Frequency and Microwave Communication Circuits: Analysis and Design. John Wiley & Sons, Inc. 2001. – 632 p.
5. Полупроводниковые приборы. Транзисторы малой мощности. Справочник. Под ред. А.В. Голомедова. – М.; Радио и связь, 1994.- 384 с.
6. Обзор – 103. Измеритель комплексных коэффициентов передачи. Руководство по эксплуатации РЭ 6687-028-21477812-2004. 95 с.
7. Зикий А.Н., Зламан П.Н., Мамченко С.О., Пустовалов А.И. Два малошумящих усилителя. Инженерный вестник Дона, 2018, №1 URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4731
8. Зикий А.Н., Зламан П.Н., Зиновьев С.С., Сальный И.А. Усилитель дециметрового диапазона. Инженерный вестник Дона, 2017, №4 URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4405
9. Зикий А.Н., Пустовалов А.И., Сальный И.А. Ограничительные свойства серийных малошумящих усилителей. Инженерный вестник Дона, 2016, №4. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3774
10. Зикий А.Н., Зламан П.Н., Власенко Д.В. Экспериментальное исследование усилителя мощности сантиметрового диапазона. Вопросы специальной радиоэлектроники, серия Общие вопросы радиоэлектроники. 2013, №1, с.136-139

Исаенко В.Д., Исаенко А.В., Исаенко П.В.

Три уровня технического обслуживания системы защиты дизелей от абразивного износа

*Томский государственный архитектурно-строительный университет
(Россия, Томск)*

doi: 10.18411/lj-10-2018-189

idsp: 000001:lj-10-2018-189

Общеизвестно, что технический ресурс ДВС автотранспортных средств (АТС) существенно отличается от назначенного изготовителем в силу корректировки реальными условиями эксплуатации. Одним из основных факторов снижения ресурса является низкая работоспособность системы защиты двигателя от абразивного изнашивания (СЗДАИ) его сопряженных деталей.

Многолетний опыт эксплуатации АТС свидетельствует о сложившейся практике проведения технического обслуживания (ТО) СЗДАИ, включая контроль работоспособности систем очистки воздуха (СОВ) и масла (СОМ) по одному из трех уровней.

Первый уровень – рядовой с применением органолептических методов оценки пользователя. Например, контроль работоспособности СОВ дизелей КамАЗ ведется по сигнализатору запыленности картонного фильтроэлемента (КФЭ), по его визуальному осмотру на предмет механических повреждений (вмятин кожуха, погнутостей или отрыва крышек). Целостность фильтрующей шторы КФЭ проверяют в лучшем случае по лучу света от источника, помещенного в полость внутреннего кожуха. Для очистки КФЭ от осевшей пыли продувают воздухом, в худшем случае – обстукивают его о колесо автомобиля. При видимой пригодности используют КФЭ повторно. Контроль работоспособности СОМ проверяют по количеству отложений в роторе масляного центробежного очистителя (центрифуги), если он имеется, и легкости его вращения от руки. Центрифугу очищают, промывают и устанавливают на место. Бумажные фильтроэлементы тонкой очистки (ФТО) масла меняют на новые без каких-либо

проверок качества проклейки крышек к фильтрующей шторе и ее целостности. Фильтроэлементы грубой очистки (ФГО) либо меняют на новые, либо промывают и используют повторно. Моторное масло на качественные показатели, кроме как по внешним признакам, не проверяют и меняют на свежее без предварительной промывки системы смазки. Иногда заправляют дизель маслом не рекомендуемой для него марки.

При всем при этом график постановки автомобиля на ТО часто нарушается.

Второй уровень – классический, предусматривающий регулярное обслуживание дизелей с запланированной периодичностью по наработке и контроль работоспособности СОВ и СОМ по рекомендациям завода-изготовителя и Положения о ТО и ТР подвижного состава, допускающий промывку КФЭ с повторным использованием [1; 2]. Работы выполняются обслуживающим персоналом эксплуатирующих АТП или на СТО.

Третий уровень – углубленный, когда пользователь проводит ТО дизеля не только в объеме второго уровня, но и пользуются услугами диагностов-химмотологов, оценивающих не только работоспособность СОВ и СОМ по параметрам работающего масла, но и техническое состояние дизеля на предмет изнашивания его базовых деталей, обеспечивающих ресурс [3; 4].

На рисунке представлен характерный вид состояния агрегатов очистки воздуха и масла дизелей, наблюдаемого при ТО в реальных условиях эксплуатации.

Рисунок. Типичный вид неисправностей систем защиты дизелей от абразивного изнашивания: а) картонные воздушные фильтроэлементы: сквозные щели в местах изгиба шторы; истлевание шторы деформация металлического перфорированного каркаса; б) масляные фильтроэлементы: 1 – сквозные радиальные щели; 2 – участок с оторванными гофрами при искусственном отрыве крышки от шторы; 3 – непроклеенные участки; 4 – деформация картона обечайки крышки; в) крепление ротора центрифуги

В табл. 1 представлена статистическая оценка неисправностей СОВ.

Таблица 1

Характерные неисправности системы очистки воздуха дизелей КамАЗ

Виды неисправностей	Объем выборки				Наработка на отказ, км/отк	Интенсивность (параметр потока) отказов, отк/10 ³ км
	в эксплуатации		новые			
	кол-во	%	кол-во	%		
Нарушение герметичности воздушного тракта	84	33,5	18	12,0	2286	24,4
Сквозные отверстия в фильтрующей шторке	45	17,9	–	–	1890	25,31
Тонкий картон	–	–	23	15,3	–	–
Некачественное склеивание крышки со шторой	10	4,0	12	8,0	–	0,78
Истлевание шторы	36	14,3	–	–	3481	11,2
Деформация КФЭ	12	4,8	–	–	10740	1,5
Слабое крепление стяжных хомутов	6	2,4	–	–	20400	0,29
Всего проверено, шт.	251	100	150	100		
С неисправностью, шт.	193		53			
Вероятность отказа, %		77		35,5		

Тщательный анализ происхождения неисправностей указал на их субъективную и объективную природу. Например, нарушение герметичности тракта связано с дефектами стяжных хомутов и патрубков. Порывы картона размером от 3...5 до 17 мм (а порой и на всю высоту) происходят по причине тонкости шторы (около 0,15 мм против 0,5±0,1 мм по ТУ 81-04-533-78). Вследствие «дыхания» дизеля и пульсации воздуха картон в этих местах разрывается до указанных размеров.

Как и СОВ, СОМ также имеет неисправности технологического и эксплуатационного характера. Например, из проверенных 55 новых фильтроэлементов 12 (22%) оказались со слабо прикрепленными крышками, на отрыв которых потребовалось усилие в 50...100 Н. Из 114 извлеченных из ФТОМ во время проведения плановых ТО фильтроэлементов 28 (25%) оказались с оторванными обеими крышками, 18 (16%) – с одной, а на отрыв 24 (21%) крышек потребовалось не более 50 Н.

Неисправности технологического характера масляной центрифуги представлены в табл. 2.

Безответственное отношение обслуживающего персонала к своим обязанностям приводит к смятию гайки крепления ротора, сопряженное со сложностью его разборки и дальнейшей работы с переполненными шламовыми отложениями, что приводит к их смыву обратно в картер дизеля.

Таблица 2

Результаты измерения некоторых контрольных параметров масляной центрифуги

Параметры	По ТУ или чертежу	Фактическое состояние центрифуг				
		с заводского конвейера ^{x)}			снятые с автомобилей ^{xx)}	
		1	2	3	4	5
Зазоры в верхнем подшипнике скольжения, мм	0,035-0,052	0,035	0,05	0,04	0,046	0,06
Зазоры в нижнем подшипнике скольжения, мм	0,063-0,070	0,075	0,085	0,095	0,113	0,17
Размер щели направляющего аппарата, мм×мм	7×1,7	7×1,7	6,9×1,7	7×1,7	7×2,0	7×1,7
Начало открытия перепускного клапана, МПа	0,60-0,65	0,615	0,627	0,310	0,64	0,62
Расход масла через ротор при $\Delta p = 0,5$ МПа, м ³ /с×10 ⁻⁴	2,7-3,0	3,02	2,81	4,98	3,65	2,87

х) Центрифуги № 1, 2 3 отобраны методом случайной выборки на ЛААЗе;
 хх) Нарботка автомобилей КамАЗ с центрифугами № 4, 5 составляет 19602 км и 87270 км соответственно.

Оценка эксплуатационной надежности масляных центрифуг представлена в табл. 3.

Таблица 3

Характеристика надежности центрифуги дизелей КамАЗ-740 в эксплуатации

Неисправность центрифуги	Выборка		Наработка на отказ, км/отк	Интенсивность (параметр потока) отказов, отк/10 ³ км
	кол-во	%		
Ротор переполнен отложениями	54	13	–	–
Погнут ось	21	5	20320	1,6
Смяты грани гайки крепления ротора	77	19,2	15020	7,8
Отсутствует кольцо подшипника качения	14	3,5	18730	1,3
Неправильно установлен колпак ротора	67	16,7	9470	10,5
Прослаблена посадка верхнего подшипника скольжения	4	1,1	37860	0,16
Неправильно установлен подшипник качения	29	7,2	7300	6,02
Износ подшипников скольжения	21	6,0	25250	1,95
Всего:				
проверено	400	100		
с неисправностями	287			
Вероятность отказа		71,6		

Полагая, что циркулирующее по системе моторное масло и агрегаты его очистки являются некоторым аккумулятором (накопителем) продуктов загрязнения и износа, для оценки эффективности (работоспособности) описанных уровней контроля СЗДАИ были приняты концентрации элементов Si и Al, как индикаторы загрязнения СОМ, инициирующего абразивный износ и элементы Fe, Cr, Sn, Cu, Pb – как индикаторы износа, содержащиеся в пробах моторных масел, периодически отбираемых на пробегах между очередными ТО-2.

Исследования выполнены в ПО «Томскстройтранс» на автомобилях КамАЗ с дизелями Евро-0. Автомобили этого класса до сих пор масштабно эксплуатируются в народном хозяйстве страны, несмотря на существенный прогресс в области создания дизелей нового поколения. Физико-химические и спектральный анализы проб выполнялись в аккредитованном испытательном центре Томского Государственного Архитектурно-Строительного Университета (ТГАСУ).

Собранный статистический материал обобщен с помощью известных методов теории вероятности.

Табл. 4 содержит сведения о математическом ожидании продуктов износа и загрязнение моторного масла в зависимости от уровня ТО СЗДАИ.

Таблица 4

Средние значения концентрации химических элементов в моторном масле дизелей в процессе эксплуатации

Уровень ТО	Химический элемент, ×10 ⁻³ , %								
	Fe	Cr	Al	Si	Sn	Cu	Pb	Ba	Ca
I	15,78	0,46	2,80	3,3	0,05	0,75	0,96	236	209
II	3,43	0,13	1,12	1,31	0,05	0,69	0,34	183	190
III	1,10	0,07	0,59	0,85	0,03	0,35	0,15	196	200

Снижение, раз	II/I	4,6	3,5	2,5	2,5	1,0	1,1	2,8	1,3	1,1
	III/I	14,3	6,6	4,7	3,9	1,7	2,1	6,4	1,2	1,04
	III/II	3,1	1,8	1,9	1,5	1,7	2,0	2,3	0,9	0,9

Учитывая, что элементы Si и Al, содержащиеся в системе смазки, являются и продуктами загрязнения, попадающими извне в двигатель, и продуктами износа поршней и вкладышей, в целях дифференцирования полученных результатов был применен метод последовательного исключения и пропорционального разделения, позволивший подсчитать доли их концентраций, поступающих с воздухом (дв) и от износа (ди). Также выведены показатели для относительной оценки износа поршней (Ип), поршневых колец (Ипк), гильз цилиндров (Игц) и вкладышей (Ивк) [5].

Результаты расчетов представлены в табл. 5 в зависимости от уровня ТО СЗДАИ.

Таблица 5

Изменение оценочных показателей загрязнения масла и износа дизелей в зависимости от уровня технического контроля систем очистки воздуха и масла

Уровень ТО		Показатели							
		двAl	диAl	двSi	диSi	Игц	Ипк	Ип	Ивк
I		0,23	0,77	0,85	0,15	5,62	34,3	0,77	0,29
II		0,24	0,76	0,85	0,15	3,08	26,4	0,67	0,26
III		0,29	0,71	0,88	0,12	1,57	15,71	0,56	0,18
Снижение, раз	III/I	–	–	–	–	3,58	2,18	1,37	1,61
	III/II	–	–	–	–	1,82	1,30	1,17	1,11
	II/I	–	–	–	–	1,96	1,68	1,19	1,44

Таким образом, результаты выполненной работы свидетельствуют о том, что при равновероятном распределении продуктов загрязнения и износа (Al и Si) наблюдается явное преимущество работоспособности систем очистки воздуха и масла при их регулярном контроле II уровня и еще значительно при III уровне. Так, концентрация Fe и Cr как индикаторов износа ЦПГ, при визуальном контроле в 3,5-4,6 и 6,6-14,3 раза выше, чем при заводском контроле и при контроле по параметрам масла соответственно. Подобная ситуация наблюдается и по концентрации элементов, входящих в состав подшипников и втулок скольжения. Концентрация бария и кальция, как элементов присадки в масле, не зависит от уровня контроля.

С учетом представленных результатов можно предположить, что, несмотря на качественный скачок в двигателестроении по выпуску современных дизелей класса Евро и разработке к ним эффективных горюче-смазочных материалов, в рядовой эксплуатации автомобилей всегда найдется масса причин, приводящих к снижению надежности трущихся деталей двигателей внутреннего сгорания. Отсюда следует вывод о необходимости регулярного контроля дизелей по параметрам работающего масла.

1. Барун, В.Н. Автомобили КамАЗ: Техническое обслуживание и ремонт / В.Н. Барун, Р.А. Азаматов, В.А. Трынов и др. – М. : Транспорт, 1984. – 251 с.
2. Положение о техническом обслуживании и текущем ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. – М. : Транспорт, 1986. – 70 с.
3. Временное положение о службе диагностирования технического состояния автомобильных дизельных двигателей по параметрам работающего картерного масла. – М. : НАМИ, 1981. – 42 с.
4. Соколов, А.И. Изменение качества масла и долговечность автомобильных двигателей / А.И. Соколов. – Томск : Изд-во ТГУ, 1976. – 122 с.
5. Исаенко, В.Д. Анализ надежности систем защиты автомобильных дизелей от абразивного изнашивания и разработка мер, направленных на ее повышение. [Текст] : дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук : 05.22.10 / Исаенко Виктор Дмитриевич. – Томск, 1983. – 219 с.

Казыханов А.А., Казыханова Д.Р., Редников Д.В.
Защита информации на персональном компьютере

*Башкирский государственный университет
(Россия, Уфа)*

doi: 10.18411/lj-10-2018-190

idsp: 000001:lj-10-2018-190

Аннотация

Статья рассматривает необходимость защиты личной информации на персональном компьютере. Будут рассмотрены различные способы защиты информации, также, будут сформулированы рекомендации для повышения уровня защищенности данных на компьютере

Ключевые слова: информационная безопасность, защита, информация, персональный компьютер

Abstract

The article considers the need to protect personal information on a personal computer. Various ways of protecting information will be considered, and recommendations will be made to increase the level of data security on a computer.

Keywords: information security, protection, information, personal computer

Персональный компьютер играет огромную роль в жизни современного человека. С помощью компьютера человек существенно облегчает свою жизнь. Также, в процессе информатизации и глобальной компьютеризации компьютер стал незаменимым атрибутом при выполнении своих трудовых обязанностей. Таким образом, становится понятно, что на сегодня, персональные компьютеры широко распространены и являются хранилищем различной информации пользователей. Информация может быть рабочего характера или личного.

К информации личного характера можно отнести:

- фотографии;
- книги;
- игры;
- музыка / звукозаписи;
- видеофайлы;
- иные данные, необходимые только для личного использования.

Такая информация может не представлять никакой ценности для злоумышленника, однако, являться приоритетно важной для самого пользователя компьютера, именно этим обуславливается необходимость защиты информации на своём личном компьютере.

Необходимость защищать личную информацию обуславливается правами человека. Раскрытие личной информации человека может нанести ему репутационный ущерб или даже материальный, так например, человек может записать свои данные от личного кабинета в интернет-банке в файл. Разумеется, физический доступ к личному компьютеру человека может быть ограничен со стороны этого человека. Однако, возможны ситуации, когда в роли злоумышленника может выступить родственник / друг или коллега человека. Банальная просьба воспользоваться компьютером, может привести к огромному ущербу.

Во избежание таких ситуаций необходимо защищать информацию даже на личном компьютере, доступ к которому есть только у близких.

К способам защиты личной информации можно отнести следующие:

- использование внутренних средств защиты Windows;

- установка стороннего программного обеспечения для защиты информации;
- ограничения физического доступа к компьютеру;
- хранение важной информации на отдельных носителях.

Рассмотрим подробнее каждый пункт и сформулируем рекомендации для повышения уровня защищенности информации на компьютере.

Внутренние средства защиты Windows - прежде всего это использование разных учетных записей. Например, создать две учетные записи, с разными категориями прав. Тем самым, вы сможете иметь доступ к своей информации, другой же пользователь вашего компьютера не будет иметь достаточно прав. В качестве, защиты учетной записи можно использовать пароль. Помимо этого к внутренним средствам защиты будет относиться возможность установки пароля на определенную папку или сокрытие этой папки. Тем, самым случайно другой пользователь не сможет найти важную для вас информацию.

Установка стороннего программного обеспечения для защиты информации - это использование определенного программного обеспечения, которое разграничивает права доступа к различным файлам. В качестве идентификатора могут выступать различные устройства. Например, при установке такого ПО, имеется возможность распределить права с помощью обычной флеш-памяти, на которую будет записана определенная информация, позволяющая идентифицировать владельца компьютера. Без этой флеш памяти найти скрытые файлы будет невозможно.

Ограничение физического доступа к компьютеру - банальный отказ пустить человека за ваш компьютер.

Хранение важной информации на отдельном носителе. Для хранения важной для Вас информации используйте отдельные устройства, такие как:

- флеш-память;
- внешние жесткие диски;
- облачные хранилища.

Благодаря способам выше, вы сможете повысить уровень защищенности важной информации на вашем ПК.

1. Anti-malware / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.anti-malware.ru>
2. Geektimes / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://geektimes.ru>

Казыханов А.А., Казыханова Д.Р., Редников Д.В.

Устройства печати, как источник угроз для конфиденциальности информации

*Бакирский государственный университет
(Россия, Уфа)*

doi: 10.18411/lj-10-2018-191

idsp: 000001:lj-10-2018-191

Аннотация

Статья рассматривает проблему нарушения конфиденциальности информации злоумышленником с помощью использования уязвимостей в устройствах печати. Таким образом, устройство печати можно отнести к источникам угроз для конфиденциальности информации

Ключевые слова: устройства печати, информация, конфиденциальность, безопасность, злоумышленник

Abstract

The article addresses the issue of breach of confidentiality of information by an attacker by exploiting vulnerabilities in printing devices. Thus, the printing device can be attributed to the sources of threats to the confidentiality of information.

Keywords: printing devices, information, confidentiality, security, intruder

Обеспечение безопасности информации одна из первоочередных задач почти для любой организации или компании, ведь обеспечение безопасности информации гарантирует компании стабильную работу без перебоев. Также, компания не понесёт ущерб из-за инцидентов информационной безопасности, если их не будет.

Опасность устройств печати заключается в том, что перед тем как изображение или файл выходит на печать оно обрабатывается в самом устройстве печати (принтере / МФУ) и тем самым там сохраняется его остаточный след. Возможны также ситуации, при которых изображение или файл сохраняется в кеше устройства, именно в таких ситуациях злоумышленник может заполучить конфиденциальную информацию.

Рассмотрим ситуации при использовании устройства для печати, при которых существует угроза конфиденциальности информации:

- злоумышленник имеет возможность взять распечатанный материал;
- злоумышленник имеет возможность подключения к другому ПК, имеющим подключение к принтеру (в случаях, когда принтер сетевой);
- злоумышленник имеет физический доступ к принтеру.

Для обеспечения конфиденциальности информации при печати необходимо использовать защищенный сервер печати. В общем виде это может выглядеть так:

Рисунок 1. Обеспечение конфиденциальности при печати

Рассмотрим более подробно ситуацию, при которой невозможно установить для каждого пользователя отдельный принтер, решением данного вопроса является технология безопасной печати с авторизацией. С помощью данной технологии есть возможность разграничить доступ сотрудников к устройствам, распечатываемым документам, и избежать утечки информации.

При использовании данной технологии следуем шагам:

- пользователь отправляет электронный документ на определенный принтер;

- подходит к аппарату;
- авторизируется;
- печать документа обычно осуществляется через выделенный принт-сервер.

Решение представляет собой распределенную в ЛВС многокомпонентную систему защиты, состоящую из специализированного принт-сервера и устройств «Сетевой контроллер», которые устанавливаются в непосредственной близости с устройством печати. Распечатка документов осуществляется только после авторизации пользователя на «Сетевом контроллере». Такой механизм дает возможность визуально контролировать процесс печати и препятствует утечкам конфиденциальной информации через бумажные носители.

1. Нестеров, С.А. Информационная безопасность: Учебник и практикум для академического бакалавриата / С.А.Нестеров - М.: Юрайт, 2017.- 322 с.
2. Шишов, О. В. Современные технологии и технические средства информатизации: Учебник / О. В. Шишов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 462 с.

Киселев В.В., Хохолов Ю.А.

Оценка температурных условий в теплоизолированных камерах ожидания рудников криолитозоны

*Институт горного дела Севера им. Н.В.Черского СО РАН
(Россия, Якутск)*

doi: 10.18411/lj-10-2018-192

idsp: 000001:lj-10-2018-192

Аннотация

Приведены результаты исследований по формированию микроклимата в камерах ожидания, предназначенных для временного укрытия горнорабочих, работающих смен рудников криолитозоны в чрезвычайных ситуациях, на период ликвидации последствий аварий и техногенных катастроф.

Ключевые слова: Чрезвычайные ситуации, камера ожидания, рудники, микроклимат, температура, теплоизоляция, криолитозона

Как известно, подземные горные работы по степени риска для жизни горнорабочих, травмоопасности, аварийности относятся к более высокой категории чем открытые. Особенно возрастает степень риска в случае возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера, вызываемых горными ударами, внезапными прорывами воды и газов, авариями, пожарами и т.д. В ряде ЧС как на поверхности, так и под землей (отсутствие электроэнергии, пожары и задымленность подъемных стволов, неисправности подъема и т.д.) исключается возможность своевременного подъема горнорабочих работающей смены на поверхность.

В связи с этим, в соответствии с существующими требованиями на строящихся рудниках должны быть предусмотрены камеры ожидания (КО), размещаемые в обязательном порядке в околоствольных дворах, предназначенные для временного укрытия горнорабочих под землей на время ведения аварийных работ, обладающих максимальной надежностью и вместимостью при минимуме затрат на строительство и эксплуатацию, обеспечивающих требуемые санитарно-гигиенические условия и необходимый минимум удобств обитания на длительный период (до 5 суток).

В этих целях специально для условий рудников ИГДС СО РАН была разработана оригинальная конструкция теплоизолированной легким бетоном КО, на которую получен патент РФ [1], так же разработаны требования по её строительству, оборудованию и

эксплуатации, в том числе в условиях охлаждаемого климата и проведены натурные эксперименты в режиме приближенных к ЧС. Для разработки методик расчета теплового режима, формирующегося в предлагаемой КО, были разработаны математические модели, которые учитывают основные факторы, влияющие на его формирование: теплофизические свойства материала перегородок, термическое сопротивление теплоизоляции внутренних ограждений, интенсивность тепловыделений внутри КО, наружную температуру воздуха, а также объем камеры, площадь поверхности ограждающих конструкций, теплофизические свойства вмещающих пород, скорость и дебит наружных охлаждающих вентиляционных потоков [2,3,4].

Методики расчета позволяют не только прогнозировать динамику теплового режима в КО при изменении температурных характеристик внутренней и внешней сред, но и определять необходимое термическое сопротивление теплоизоляции в зависимости от её объема и степени заполнения людьми.

Для оценки достоверности разработанной модели и методики расчета были произведены расчеты основных параметров, формирующегося микроклимата в КО. В качестве исходных данных взяты данные значений КО применительно к руднику "Ангидрит" Норильского ГМК, где были проведены экспериментальные исследования. Расчеты производились для условий нетеплоизолированной и теплоизолированной КО и результаты сравнивались с показателями натурных наблюдений технических экспериментов.

Результаты расчета (для теплоизолированной КО с имитацией присутствия людей являющихся абсолютными источниками тепловыделений) динамики температуры воздуха в течение 5-ти суток приведены на рис. 1. Как видно из графиков, в теплоизолированной КО темп роста температуры воздуха намного выше, чем температура стенки, что свидетельствует о прогрессирующем накоплении тепла выделяемого абсолютными источниками тепловыделений и снижении оттока его в окружающий горный массив, а так же обеспечении комфортных условий по температурному фактору, что важно при реверсе вентиляционной струи, когда в рудник поступает холодный атмосферный воздух при неработающих в условиях ЧС калориферах. Приведенная для наглядности экспериментальная кривая показывает хорошую сходимость данных. Разница расчётных и натуральных показателей по температуре воздуха в КО и температуры внутренней стенки не превышает $1,5^{\circ}\text{C}$.

Рис. 1. Динамика изменений температуры воздуха и внутренних стенок КО теплоизолированной азеритобетоном с наличием абсолютных источников тепловыделений: 1, 1' - температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; 2, 2' - температура стенки, $^{\circ}\text{C}$; а – данные численного расчета; б – данные натурального эксперимента.

Таким образом, сравнение результатов численного расчета и натурального эксперимента позволяют сделать заключение, что математическая модель адекватно описывает тепловые процессы, происходящие в КО в период эксплуатации в условиях прогрессирующего охлаждения окружающей среды, что даёт основание утверждать о корректности принятых допущений и возможности проведения прогнозных расчётов с помощью предлагаемых методик.

С помощью разработанной математической модели проведены численные исследования формирования температурного режима в КО в зависимости от её геометрических параметров, количества укрываемых, температуры и скорости наружного воздуха. Кроме этого, для обеспечения инженерных расчетов, были разработаны графики, приведенные на рис. 2, которые позволяют определять необходимое термическое сопротивление теплоизоляции КО в зависимости от ее объема и количества укрываемых при условии: температура наружного воздуха $T_n = -40^\circ\text{C}$; скорость вентиляционного потока $v = 5\text{ м/с}$; для обеспечения нормативной температуры $T_{\text{норм}} = 18^\circ\text{C}$.

Рис. 2. Зависимость термического сопротивления теплоизолирующего покрытия из легкого бетона камеры ожидания от количества укрываемых людей: 1 – объем камеры $V = 300 \text{ м}^3$; 2 - $V = 450 \text{ м}^3$; 3 - $V = 600 \text{ м}^3$.

Определив термическое сопротивление R и зная теплофизические характеристики материала теплоизоляции находят необходимую толщину покрытия внутренних ограждений КО.

Основываясь на результаты исследований бывшего ЛенНИИГРа и ИГДС в качестве пассивной теплоизоляции КО рекомендуется применять теплозащитные покрытия из легких бетонов, которые сочетают высокое термическое сопротивление и сорбционную способность с быстровозводимостью способом торкретирования и дешевизной [5].

Эксперименты показали, что в период эксплуатации герметизированной, теплоизолированной легким бетоном КО происходит активная сорбция влаги и двуокиси углерода, выдыхаемых укрываемыми, что способствует нормализации климатических условий.

Резюмируя результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

- КО конструкции ИГДС пригодны для применения в условиях рудника Севера;
- Теплозащитные покрытия наносимые на внутренние поверхности КО, обладающие высоким термическим сопротивлением и сорбционными свойствами позволяют обеспечивать нормативные климатические условия для укрываемых, в том числе в экстремальных охлаждающих условиях, при реверсе вентиляционной струи в зимнее время;
- Разработанные математические модели адекватно описывают тепловые процессы происходящие при эксплуатации КО в условиях ЧС;
- Разработанные методики расчета ряда теплофизических параметров КО пригодны к использованию при выполнении проектных работ;
- Предлагаемый режим эксплуатации теплоизолированной КО в условиях ЧС позволяет обойтись без применения калориферов и фильтровентиляционных установок для очистки воздуха.

1. Пат. № 2412356 Российская Федерация, МПК E21F 11/00. Способ строительства, оборудования и эксплуатации стационарных камер ожидания в глубоких рудниках Севера / Киселев В.В., Хохолов Ю.А.; заявитель и патентообладатель ИГДС.-№2009122816/03; заявл. 15.06.2009; опубл. 20.02.2011. - Бюл. № 5. – 6 с.:ил.
2. Курилко А.С., Киселев В.В., Хохолов Ю.А., Романова Е.К. Регулирование теплового режима подземных сооружений складского и специального назначения в условиях Севера. – Якутск: Институт мерзлотоведения СО РАН, 2011. – 246 с.
3. Хохолов Ю.А. Математическое моделирование тепловых процессов в горных выработках криолитозоны // Проблемы и перспективы комплексного освоения месторождений полезных ископаемых криолитозоны: Труды Межд. научн.-практ. конф.. – Якутск: Изд-во Ин-та мерзлотоведения СО РАН, 2005. – Т. 2. – С. 76-82.
4. Хохолов Ю.А. Математическое моделирование процессов теплообмена в подземных выработках криолитозоны // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2005. -Т. 12. -№ 1. -С. 102-111.
5. Галкин А.Ф., Киселев В.В., Курилко А.С. Набрызгбетонная теплозащитная крепь. - Якутск:ЯНЦ. - 1992. - 164 с.

Барина Л.Д., Забалканская Л.Э.**Роль городского общественного транспорта в достижении целей устойчивого развития Agenda 2030***СПбНЦ РАН
(Россия, Санкт-Петербург)**doi: 10.18411/lj-10-2018-193**idsp: 000001:lj-10-2018-193***Аннотация**

Статья посвящена анализу целей устойчивого развития до 2030 года применительно к городскому общественному транспорту. Показана роль устойчивого развития общественного транспорта в улучшении качества жизни жителей крупных городов, учитывая необходимость снижения негативного воздействия на городскую среду от транспорта.

Ключевые слова: Устойчивое развитие, городской общественный транспорт, безопасность и доступность транспортных услуг, эффективность использования ресурсов

Функционирование транспортной системы является важнейшим фактором достижения экономического процветания и обеспечения жителей крупных городов возможностью доступа к рабочим местам и различным городским сервисам, т.е. во

многое определяет качество жизни. Её экологически устойчивое развитие позволит обеспечить баланс экономической, социальной и экологической сфер. Согласно определению, принятому Комиссией по транспорту Евросоюза в апреле 2001, транспортная система является устойчивой, если позволяет удовлетворять потребности экономики и общества таким образом, чтобы транспортные услуги были доступными, безопасными для человека и экосистем; экономически и экологически эффективными и обеспечивающими возможность выбора способа транспортировки, который поддерживает конкурентную экономику и сбалансированное региональное развитие. При этом эмиссия и образование отходов не должны превышать способность планеты к их поглощению, расходование возобновляемых ресурсов не должно превышать темпа их восстановления и (или) темпа развития возобновляемых замен, т.е. негативное воздействие на окружающую природную среду должно быть минимизировано.[1] Необходимо отметить, что устойчивость городской транспортной системы во многом определяется устойчивым развитием общественного транспорта (ОТ).

В сентябре 2015 года на саммите ООН была принята «Повестка дня 2030 – Преобразуем наш мир», которая устанавливает основные цели устойчивого развития на ближайшие десятилетия. [2] Рассмотрим более подробно те цели устойчивого развития, для достижения которых важна устойчивость системы городского ОТ.

Цель №3 Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте. При этом предполагается к 2020 году вдвое снизить количество смертельных случаев и травм в дорожно-транспортных происшествиях (3.6). В связи с этим следует подчеркнуть, что жители урбанизированных территорий более подвержены риску попасть в дорожно-транспортное происшествие. Однако при передвижении на автобусе риск погибнуть в ДТП в 10 раз ниже, чем при поездке на легковом автомобиле. Увеличение доли поездок на общественном транспорте в общем количестве передвижений на 10-20% сопровождается снижением количества смертей в ДТП на 15%.[3]. Ещё одна подцель - 3.9 предполагает к 2030 году существенно снизить заболеваемость и смертность от болезней, обусловленных загрязнением природных сред. В связи с этим необходимо упомянуть, что в наиболее крупных городах России – Москве и Санкт-Петербурге загрязнение воздушной среды определяется именно воздействием автотранспорта (93,5% и 85,7% соответственно). При этом в 2016 году в России число дополнительных случаев смерти по причине болезней органов дыхания, кровообращения и новообразований, ассоциированных с загрязнением воздушной среды, составило 4,8 тысяч человек, а дополнительных случаев заболеваний органов дыхания, глаз, эндокринной системы, крови, кроветворных органов, а также нарушений деятельности иммунной системы – 2730,9 тыс., заболеваемость, связанная с воздействием физических факторов, составила - 5.9 тыс. [4]

Для снижения негативного воздействия транспорта необходимы меры по изменению качественного и количественного состава транспортных потоков. Это может быть достигнуто как с помощью снижения пробега личного автотранспорта, в том числе и с переключением пассажиропотока на ОТ, так и развитием электротранспорта, не загрязняющего воздушную среду непосредственно в процессе движения, а также совершенствованием транспортных средств, в том числе и переходом на более «экологичные» виды моторных топлив. Снижение пробега личного автотранспорта и переключение на более устойчивые виды передвижений невозможно без повышения уровня экологической культуры всех жителей города, и, в особенности, тех, кто принимает решения по развитию городской транспортной системы. В связи с этим одной из важнейших является подцель 4.7 Цели 4 - к 2030 необходимо обеспечить, чтобы все обучающиеся приобрели знания, умения и навыки необходимые для содействия устойчивому развитию, в том числе посредством обучения по вопросам устойчивого развития и устойчивого образа жизни. Формированию экологического мировоззрения также способствует подцель 12.8 –

обеспечить, чтобы люди во всём мире располагали соответствующей информацией и сведениями об устойчивом развитии и образе жизни в гармонии с природой. Реализация этих целей ведёт к формированию экологического мировоззрения, что позволяет обеспечивать выбор наиболее устойчивых способов передвижений, в том числе и передвижений на ОТ. Городской ОТ должен быть готов предоставить всем горожанам возможность совершать комфортные, безопасные и доступные поездки. В особенности это относится к ежедневным маятниковым передвижениям.

Снижение негативного воздействия на природные среды от транспорта соответствует Цели № 6: обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех. Для её выполнения предполагается: к 2030 повсеместно повысить качество воды, посредством уменьшения загрязнения, ликвидации сбросов экотоксикантов в водные объекты, сокращения вдвое доли неочищенных сточных вод и значительного увеличения масштабов рециркуляции и безопасного повторного использования водных сточных вод (подцель 6.3); существенно повысить эффективность водопользования во всех сферах деятельности и существенно

сократить количество людей, страдающих от нехватки чистой воды (подцель 6.4); ввести комплексное управление водными ресурсами на всех уровнях (подцель 6.5).

В связи с этим необходимо упомянуть, что обслуживание транспортных средств требует значительных объемов воды, в которую в процессе различных технологических операций попадают такие загрязнители как ПАВ, нефтепродукты и т.д. (при этом загрязнения по различным водотокам распространяются за пределы городских территорий). Поэтому её очистка и повторное использование на предприятиях транспортной сферы является необходимым условием снижения воздействия городской транспортной системы на поверхностные и подземные воды не только города, но и всех окружающих территорий, а значит и мест водозаборов питьевой воды.

По данным Всемирного энергетического агентства (IEA) транспорт - один из крупнейших потребителей энергии, при этом основным первичным источником энергии для транспорта является нефть, так в 2014 год в конечном потреблении энергии в транспортном секторе 92% составляют нефтепродукты, 4% природный газ, 3% биотопливо, 1% остальные источники. Автомобильный транспорт - один из крупнейших потребителей нефти, на его долю приходится 50% общего потребления нефти в мире.[5] Поэтому прогресс в достижении подцелей № 7.3 – к 2030 удвоить глобальный показатель повышения энергоэффективности и № 7.2 – существенно увеличить долю использования возобновляемых источников энергии Цели №7, невозможно представить без целенаправленных действий в этом направлении в транспортной сфере. Общественный транспорт, как правило, управляется централизованно и датируется государственными органами, а значит, соответствующие цели и задачи управления могут быть внесены в стратегию управления как один из наиболее существенных её элементов.

Повышение энергоэффективности и сопровождающая его экономия энергоресурсов тесным образом связаны с подцелью № 8.4 – постепенно повысить глобальную эффективность использования природных ресурсов во всех сферах производства и потребления и стремиться к тому, чтобы обеспечить экономический рост без деградации окружающей природной среды - цели 8. Следует отметить, что по затратам ресурсов в процессе производства на единицу выполняемой за жизненный цикл транспортной работы подвижной состав общественного транспорта гораздо эффективнее личного автомобиля. Передвижение на ОТ позволяет также экономить пространственные ресурсы, которые могут быть использованы для других целей.

Функционирование транспортной системы создаёт рабочие места не только внутри себя, но в большом количестве смежных отраслей. В Европе операторы общественного транспорта суммарно создают 1,2 млн. рабочих мест, а каждое рабочее место в секторе общественного транспорта связано с 2-2.5 рабочими местами в других

секторах экономики. [6] Таким образом, развитие инновационных подходов и применение наиболее прогрессивных технологий на ОТ даёт возможность обеспечить и достижение подцели №8.3 - продвижение ориентированной на развитие производства политики, которая поддерживает креативность и инновации, создаёт достойную работу для всех. При этом согласно подцели 8.8 на предприятиях общественного транспорта необходимо защищать трудовые права и содействовать обеспечению надёжных и безопасных условий работы для персонала.

Развитие городского ОТ, обеспечивающее его доступность и минимизацию воздействия на городскую среду, будет способствовать также продвижению устойчивого туризма, который создает рабочие места и продвигает местную культуру и продукты (подцель 8.9). Свобода передвижения, чистая городская среда и сохранённые памятники истории и культуры – вот те факторы, которые будут способствовать привлечению потока туристов не только в наиболее известные города, но и в другие исторические поселения со своими культурными особенностями, что также будет способствовать экономическому процветанию.

Цель № 9 - Создание стойкой инфраструктуры, способствующей всеохватной и устойчивой индустриализации на основе инновационных подходов - имеет непосредственное отношение к развитию транспортной системы как одного из важнейших элементов инфраструктуры экономики. Подцели № 9.1 – развитие качественной, надёжной, устойчивой и стойкой инфраструктуры для поддержки экономического развития и благополучия человека, с особым вниманием к обеспечению недорогого и равноправного доступа для всех и № 9.4 – модернизация инфраструктуры и переоборудование предприятий таким образом, чтобы обеспечить устойчивость, эффективность использования ресурсов, применяя наиболее экологически чистые технологии, устанавливают направления устойчивого развития транспортной инфраструктуры. Развитие городской транспортной инфраструктуры должно способствовать эффективному, в том числе и экологически эффективному перемещению грузо- и пассажиропотоков, что является необходимым условием эффективности всей экономики города, а иногда и региона, что предполагает расширение линейной инфраструктуры ОТ.

Реализация подцели 9.с – существенно расширить доступ к информационно-коммуникационным технологиям – предполагает, в том числе, и создание информационных сервисов, которые помогают планировать поездки с использованием всех доступных способов передвижения в их оптимальном сочетании, что также будет способствовать более экологически устойчивому транспортному поведению жителей города.

Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов является содержанием Цели №11. Обеспечить равные возможности доступа к безопасной, недорогой, и экологически устойчивой транспортной системе для всех жителей города, на основе повышения безопасности дорожного движения, в частности расширения использования общественного транспорта, обращая особое внимание на потребности уязвимых групп населения – людей с ограниченными возможностями, а также детей и пожилых людей (подцель 11.2) – возможно только с помощью городского ОТ, который должен обеспечить всем горожанам, независимо от возраста, пола и дохода, а также физических возможностей доступ как к рабочим местам, соответствующим их квалификации, так и различным городским сервисам. Подцель 11.6 требует уменьшить удельное (на душу населения) неблагоприятное воздействие на городскую среду, обращая особое внимание на качество воздуха и объем образования различных видов отходов. Как уже было сказано выше, транспорт является главным загрязнителем воздушной среды в крупных городах. Однако по оценкам экспертов в крупных городах Европы общественный транспорт ответственен не более чем за 4-6% выбросов CO₂. То есть, беря на себя значительную часть пассажиропотока, что характерно для большинства крупных городов Европы, общественный транспорт существенно более

экологически эффективен, нежели личный автотранспорт.[7] Обеспечить возможность доступа к безопасным, инклюзивным, зелёным публичным пространствам для всех жителей города (11.7) также невозможно без общественного транспорта.

Достижение цели №11.4 – усилить деятельность, направленную на сохранение объектов культурного и природного наследия – требует существенно снизить негативное воздействие транспорта (шум и вибрация) на эти объекты и городскую среду (загрязнения) в целом, а значить изменить интенсивность транспортных потоков.

Подцели №12.4 - обеспечить устойчивое управление переработкой отходов, образовавшихся на всём жизненном цикле продукции, сопровождаемое снижением негативного воздействия на окружающую природную среду и здоровье человека при их утилизации и №12.5 - существенное снижение объема отходов путём предотвращения их образования, их сокращению, переработке с последующим использованием Цели №12, задают направление стратегии обращения с отходами на предприятиях ОТ. Создание и успешное функционирование системы утилизации отходов, как на уровне города, так и на уровне транспортных предприятий, позволит увеличить долю рециклинга отходов, образующихся на предприятиях по обслуживанию подвижного состава ОТ и, тем самым, снизить воздействие на городскую среду, связанное с размещением отходов.

Подцель №12.2 - обеспечить рациональное освоение и устойчивое эффективное использование природных ресурсов также имеет прямое отношение, как к предприятиям транспортного комплекса, так и собственно к управлению транспортными средствами (эковождение). Применение инновационных подходов при создании и обслуживании подвижного состава позволяют не только снизить потребление энергоресурсов, но и обеспечить более длинный и менее затратный жизненный цикл транспортных средств. Приоритетность движения общественного транспорта создаёт более равномерный скоростной профиль, что позволяет не только снизить выбросы и шумовое воздействие, но также и удлинить жизненный цикл транспортным средствам ОТ.

Подцель 12.7 – содействовать обеспечению экологичной практики государственных закупок в соответствии с национальными стратегиями и приоритетами, предполагает, что для городского ОТ должен закупаться подвижной состав наиболее высоких экологических классов.

Существенные объёмы выбросов «климатических» газов от транспортной деятельности позволяют выделить цель № 13 - принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями, как одну из наиболее существенных для транспортной политики. В частности подцель 13.2 предполагает включение мер по противодействию климатическим изменениям в государственные стратегии и программы действий. Таким образом, снижение объёмов выбросов «климатических» газов должно быть включено во все стратегические документы по управлению развитием транспортной системы и, в частности, системы городского ОТ. Проведённые в различных странах исследования показывают, что переключение более 10% пассажиропотока с личного автотранспорта на автобус даёт большой вклад в снижение выбросов и увеличение эффективности использования всех видов ресурсов, в том числе и пространственных, чем совершенствование транспортных средств. [8] Таким образом, развитие ОТ и переключение существенной части пассажиропотока на ОТ может рассматриваться как одна из наиболее действенных мер по борьбе с климатическими изменениями.

Однако без формирования экологического мировоззрения, в том числе и посредством совершенствования образования с целью повышения осведомленности о последствиях изменения климата и способности человека смягчать их (подцель №13.3 - улучшить просвещение, распространение информации и возможности людей и учреждений по смягчению остроты и ослаблению последствий изменений климата) невозможен прогресс в глобальном противодействии изменениям климата. Все решения по управлению экономическим и социальным развитием принимаются

людьми и без соответствующего внутреннего императива разработка комплекса мер для реализации этой цели не будет считаться настолько важным, насколько является на самом деле. Всё это относится и к руководителям, принимающим решения о развитии городской транспортной системы, руководителям транспортных предприятий и работникам транспорта, а также ко всем участникам движения.

Таким образом, проведённый анализ показал, что устойчивое развитие городского транспорта общего пользования является необходимым условием реализации большинства целей Повестки дня до 2030 года.

1. S. Amoroso, L. Caruso & F. Castelluccio, Indicators for sustainable mobility in the cities//Электронный ресурс, url: www.researchgate.net/publication/271423117_Indicators_for_sustainable_mobility_in_the_cities, дата обращения 10.09.2018
2. Transforming our world: The 2030 Agenda for sustainable development// Электронный ресурс, url: sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf, дата обращения 28.06.2014
3. Sustainable Mobility for All// электронный ресурс, url: <http://www.sum4all.org/publications/global-mobility-report-2017>, дата обращения 11.09.2018
4. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году»//электронный ресурс, url: http://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2016_, обращения 24.10.2018
5. Key world energy statistics// сайт IEA, url: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2016.pdf>, дата обращения 12.10.2017
6. The importance of investing in sustainable urban mobility in the post-2020 EU budget // сайт UITP, url: http://www.uitp.org/sites/default/files/cck-focus-papers-files/UITP_PositionPaper_The%20Importance%20of%20investing%20in%20sustainable%20urban%20mobility%20in%20the%20post-2020%20EU%20budget.pdf, дата обращения 02.07.2018
7. For a sustainable and cost-efficient clean bus deployment: UITP Position on the revision of directive 2009/33/EC//сайт UITP, url: http://www.uitp.org/sites/default/files/cck-focus-papers-files/UITP_PositionPaper_Clean%20Vehicles%20Directive_2018.pdf, дата обращения 3.07.2018
8. Bus systems for the future. Achieving Sustainable Transport Worldwide //Электронный ресурс, URL: <https://east.unep.ch/assets/publications/Local-sustainable-transport-policies/bus-systems-for-the-futureachieving-sustainable-transport-worldwide.pdf>, дата обращения 20.03.2018

Непомнящий Н.В., Косенко С.А.

Анализ работы балластного слоя железнодорожного пути при длительной эксплуатации

*Сибирский государственный университет путей сообщения
(Россия, Новосибирск)*

doi: 10.18411/lj-10-2018-194

idsp: 000001:lj-10-2018-194

Аннотация

В статье рассмотрены важные вопросы состояния балластного слоя в условиях эксплуатации Российских железных дорог.

Целью статьи является анализ работы балластного слоя и размеры накопления остаточных деформаций в балластном слое в зависимости от его состояния. Это необходимо для обеспечения стабильности балласта. Анализ его работы проведен графическим методом.

Из-за недостаточных объемов среднего ремонта, ежегодно растет протяженность участков с загрязненным щебеночным балластом более 30 %.

Анализ данных накопления остаточных деформаций в балластном слое показал, что есть необходимость в использовании динамических стабилизаторов.

Применение динамических стабилизаторов позволяет обеспечить упругость деформаций и предсказуемость поведения балласта при эксплуатации. В результате степень уплотнения подшпальной зоны слоя сильно повышается. Динамические стабилизаторы хорошо имитируют воздействие на путь проходящего поезда, когда под колесами путевая решетка прогибается, а под пролетными частями подвижного состава приподнимается.

В связи с выше сказанным применение динамических стабилизаторов является технико-экономически целесообразным.

Ключевые слова: Железнодорожный путь, верхнее строение пути, балластный слой, стабильность, остаточные деформации.

Балластный слой является важным элементом железнодорожного пути, обеспечивающим устойчивость рельсовой колеи в профиле плане при динамических воздействиях колес подвижного состава. От устойчивости балластного слоя зависят сроки службы элементов верхнего строения пути.

Балластный слой железнодорожного пути работает при нагрузках в области упруго-остаточных деформаций. При этом следует учитывать, что при одних и тех же условиях движения размеры накопления остаточных деформаций в балластном слое различны в зависимости от его состояния, определяемого периодами и условиями эксплуатации. Например, при загрязнении балластного слоя засорителями накопление остаточных деформаций резко увеличивается. В различных климатических условиях один и тот же балластный материал работает по-разному. Поэтому важно правильно и своевременно оценивать состояние балластного слоя с тем, чтобы устранять проявляющиеся дефекты в нем и не допускать нарушений устойчивости пути.

На замену и содержание балластной призмы ежегодно расходуются значительные средства. При текущем содержании пути на работы, связанные с нарушением балластного слоя – исправление пути по уровню, рихтовку пути и др., затрачивается более 60 % всех расходов рабочей силы на текущее содержание пути [1]. Из этого видно, какое значение имеет правильное и экономное расходование средств, отпускаемых на содержание и ремонт балластного слоя.

Загрязнение балластной призмы приводит к уменьшению трения в щебне, уменьшению угла распространения давления, повышению давления на основную площадку земляного полотна [2]. В результате загрязнения ухудшается эластичность пути и уменьшается долговечность положения пути.

При эксплуатации балластной призмы загрязнение балластной призмы происходит от нагрузки подвижного состава передающей к рельсу, которая приводит к расщеплению щебня в точках прикосновения, к перегруппировке фракции щебня, процессам трения и этим самым увеличению доли мелкой фракции. Балластный слой также загрязняется:

- от частиц, поднимающихся с нижнего строения пути;
- влияния окружающей среды;
- потеря в пути, транспортируемого груза;
- растительность в зоне железнодорожного полотна.

Даже при укладке нового щебня, доля мелкой фракции составляет 3-5 %.

Многолетний опыт эксплуатации железнодорожного пути с щебеночным балластом показал, что накопление остаточных деформации в различных сечениях по-разному, то есть каждое поперечное сечение балластного слоя в тот или иной отрезок времени работает отлично от других сечений [3]. При устранении этих отступлений путь в каждом сечении призмы приводит к общей профильной его линии, образующейся в процессе эксплуатации.

На рисунке 1 приведены отступления от профильной линии по одному поперечному сечению пути в различные отрезки времени.

Принципиальная схема работы балластной призмы выражается в виде кривой накопления остаточных деформаций в зависимости от пропущенного тоннажа [4].

В других поперечных сечениях пути возможно повторение таких отступлений, но в большинстве случаев, как известно из результатов проверки пути и записей путеизмерительных вагонов, на пути нет плавной профильной линии, а имеются чередующиеся отступления от нее, которые характеризуют работу балластной призмы в разных поперечных сечениях призмы. Это объясняется неодинаковой несущей способностью балластной призмы по протяженности пути и главным образом различными силовыми воздействиями подвижного состава.

Работа балластного слоя разбита на четыре периода:

I – период стабилизации балластного слоя;

II – период нормальной работы балластного слоя;

III – период роста накоплений остаточных деформаций балластного слоя;

IV – период работы балластного слоя при невыполнении ремонта в уставленный срок.

Рисунок 1 - Схема работы балластной призмы

В *I* – период после капитального ремонта пути, балластный слой недостаточно уплотнен, идет интенсивное накопление остаточных деформаций. Интенсивность накопления при одинаковых условиях эксплуатации в основном зависит от типа верхнего строения пути, рода балласта, толщины слоя его под шпалой и степени уплотнения балласта.

Исследованиями установлено, что величину накопления остаточных деформаций в *I* период работы балласта можно выразить степенной функцией от пропущенного тоннажа

$$y'_{бал} = \alpha Q_1^k, \text{ м} \quad (1)$$

где $y'_{бал}$ – накопление остаточных деформаций в *I* период работы балластного слоя после капитального ремонта пути, в мм;

α – постоянный коэффициент;

Q_1 – пропущенный тоннаж после капитального ремонта пути, млн. т брутто;

k – показатель степени (определяется на основании опыта), зависящий от типа верхнего строения пути, рода балласта и его физико-механических свойств, толщины и степени уплотнения балластного слоя (меньше 1).

II период – период нормальной работы балластного слоя – характеризуется менее интенсивным накоплением остаточных деформаций пути. В этом периоде балластный слой стабилизировался и не получил еще загрязнения. В первом приближении этот период по накоплению остаточных деформаций может быть выражен уравнением прямой

$$y''_{бал} = bQ_2, \text{ мм} \quad (2)$$

где $y''_{бал}$ – накопление остаточных деформации во *II* периоде, в мм;

b – тангенс угла наклона прямой накопления остаточных деформаций во *II* периоде к исходной профильной линии;

Q_2 – пропущенный тоннаж после *I* периода, млн. т *брутто*.

III период характеризуется ростом накопления остаточных деформаций вследствие загрязнения балластного слоя и уменьшения в связи с этим его упругости.

Накопление остаточных деформаций в *III* период работы балласта может быть выражено так же, как и в *I* периоде степенной функцией от пропущенного тоннажа, но с показателем степени больше 1:

$$y'''_{бал} = \alpha Q_3^k, \text{ мм} \quad (3)$$

где $y'''_{бал}$ – накопление остаточных деформации в *III* период работы балластного слоя после капитального ремонта пути, в мм;

α – постоянный коэффициент;

Q_3 – пропущенный тоннаж после *II* периода, млн. т *брутто*;

k – показатель степени (определяется на основании опыта), зависящий от типа верхнего строения пути, рода балласта и его физико-механических свойств, толщины и степени уплотнения балластного слоя.

В этот период требуется производить большие объемы работ по устранению просадок и выправки по уровню рельсовой нити, чем во *II* периоде. При увеличении этих объемов работ 2 – 3 раза по сравнению со *II* периодом требуется производить ремонт (очистку) балластного слоя.

Чрезмерно интенсивным накоплением остаточных деформаций характеризуется *IV* период вследствие загрязнения балластного слоя сверх установленных норм, что приводит к ограничению скоростей движения поездов и перенапряжениям в элементах пути.

Анализ данных накопления остаточных деформаций в балластном слое показал, что на первый период работы балластной призмы приходится около 50 % всей величины накопленных деформации пути. Для управления этим периодом и для удлинения основного периода работы балластного слоя (*II*-го периода) необходимо использовать динамические стабилизаторы пути (*ДСП*).

Стабилизированное состояние балластного слоя достигается взаимосвязанными технологическими операциями по выправке пути [5], уплотнению балластной призмы в подшпальной, откосно-плечевой и междупутной зонах. Цель такого комплекса работ – обеспечить упругость деформаций и предсказуемость поведения балласта при эксплуатации. В результате работы *ДСП* степень уплотнения подшпальной зоны слоя сильно повышается. *ДСП* хорошо имитирует воздействие на путь проходящего поезда, когда под колесами путевая решетка прогибается, а под пролетными частями подвижного состава приподнимается [6].

Опыт эксплуатации ДСП в России и Австрии показал, что при рабочих скоростях (приблизительно 1 - 1,1 км/ч) обеспечил среднюю осадку 30,2 мм. При этом не наблюдалось увеличения ширины колеи (благодаря специальным калибровочным устройствам), а происходило наоборот, сужение в среднем на 1 мм. Стабилизатор практически не меняет положение пути по уровню, оставляя первоначальное после работы ВПО-3000 возвышение полевой нити. Отмеченные преимущества свидетельствуют о технико-экономической целесообразности ДСП, что позволяет использовать эффективный виброударный режим уплотнения с периодическим разгрузением балласта для лучшего уплотнения частиц.

На дорогах Западной Европы применяют механизированные комплекты машин (MDZ), которые после глубокой очистки балласта выправляют колею с подбивкой выправочно-подбивочно-рихтовочными машинами, выравнивают балластную призму самоходными планировщиками и стабилизируют путь ДСП. Опыт использования комплектов показывает, что для пропуска высокоскоростных поездов требуется минимально трехкратный проход выправочно-подбивочно-рихтовочных, планировочных машин, а также динамических стабилизаторов пути.

Выводы. Для обеспечения длительной стабильности балластного слоя, динамический стабилизатор пути следует пропускать первый раз сразу после работы щебнеочистительной машины после опускания пути. Затем его следует пропускать после послышной подъёмки пути (7-10 см) и последний раз - при чистовой выправке пути. Только в этом случае может быть обеспечена быстрая и качественная стабилизация пути с последующими равномерными осадками балластного слоя под воздействием поездов.

1. Косенко С.А. [и др.]. Совершенствование технологического обслуживания бесстыкового пути // Транспорт Урала. 2016. – № 2(49). С.44-47.
2. Косенко С.А., Акимов С.С. Причины отказов элементов железнодорожного пути на полигоне Западно-Сибирской железной дороги (статья) // Вестник СГУПС. – 2017. – № 3 (42). С. 26-34.
3. Косенко С.А., Акимов С.С. Оценка влияния промежуточных скреплений на интенсивность износа рельсов в кривых. Материалы международной конференции «Инновационные факторы развития. Теория и практика», часть 1, СГУПС (РИНЦ), 2017, С.32-40.
4. Патент на изобретение РФ №2643324, МПК E01B 29/05 (2006.01). Способ замены зажатых уравнильных рельсов и рельсов временного восстановления плети бесстыкового пути (варианты)/ Шуругин А.С., Шаньгин Р.В., Косенко С.А., Акимов С.С., Старовойт Н.Н.; опубликовано 31.01.2018, Бюл. № 4.
5. Косенко С.А., Акимов С.С. Performance characteristics of differentially quenched rails (статья на англ. языке) // Инженерно-строительный журнал 2017. № 7 (75) С. 94-105.
6. Косенко С.А., Исаенко Э.П. Моделирование и расчеты напряженно-деформированного состояния конструкций железнодорожного пути методом конечных элементов // Монография. Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2017. – 144 с.

Осетров А.Ю., Зарапина И.В., Алейников И.К., Рыбина А.А.

Исследование влияния содержания ультрадисперсной углеродной фазы на защитную эффективность оксидных покрытий, полученных методом щелочного оксидирования

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
(Россия, Тамбов)*

doi: 10.18411/lj-10-2018-195

idsp: 000001:lj-10-2018-195

Аннотация

В современном мире коррозия металлов и защита их от коррозии является одной из важнейших научных и экономических проблем. В настоящее время имеется большое

количество методов, которые используются для борьбы с коррозионными разрушениями поверхности металлов. Метод образования оксидной пленки является одним из самых эффективных.

Ключевые слова: коррозия, оксидирование, наноматериалы, химическая технология, металл.

Оксидирование представляет собой процесс образования оксидных пленок на поверхности металлических изделий. Технология проведения щелочного оксидирования предусматривает изготовление щелочной среды для того, чтобы при взаимодействии с металлом в присутствии, как правило, солей азотистой и азотной кислот на его поверхности в результате взаимодействия образовалась оксидная пленка, которая защищает материал от попадания воздуха и влаги.

В горячем концентрированном растворе едкой щелочи железо переходит в раствор с образованием закисного соединения по реакции:

При повышении содержания в растворе окислителя образуется соединение трехвалентного железа $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_4$:

Формирующаяся при этом на поверхности металла черная пленка состоит в основном из магнитного оксида железа, которая может образовываться по реакции:

В зависимости от условий оксидирования могут преимущественно кристаллизоваться $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, безводный Fe_2O_3 в виде гематита или магнитного оксида $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ или частично гидратированный оксид $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Толщина пленки зависит от соотношения скоростей процессов возникновения центров кристаллизации и роста отдельных кристаллов.

При большой скорости первого процесса быстро увеличивается количество кристаллических зародышей, и они смыкаются, образуя тонкую сплошную пленку. Если скорость образования зародышей сравнительно невелика, создаются благоприятные условия для их роста и формирования оксидной пленки большей толщины.

В связи с ужесточением требований, предъявляемых к качеству металлических изделий, возникла необходимость в модернизации процесса оксидирования. В многочисленных работах [1, 2] отмечено, что качество оксидного покрытия улучшается, а время обработки снижается при повышении содержания углерода в стали. В связи с этим возникает вопрос влияния состава раствора электролита и углерода на процесс оксидирования и возможность управления качеством и условиями нанесения пленки при введении углеродной фазы в раствор щелочи. Поэтому целью данной работы являлось изучение коррозионной стойкости оксидных покрытий, полученных при добавлении дисперсии углеродных нанотрубок (УНТ) серии «Таунит», стабилизированной поливинилпирролидоном.

Для проведения экспериментальных исследований были изготовлены образцы из стали Ст20 со средней площадью поверхности $14,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. Поверхность подготавливали путем обезжиривания и химического травления с последующим нанесением оксидного покрытия из электролита.

Формирование покрытий проводили в четырех электролитах. Первый электролит: 650 г/л NaOH + 200 г/л NaNO₂; второй электролит отличался от первого добавлением 0,0001 масс. % УНТ; третий – 0,0033 масс. % УНТ; четвертый – 0,0066 масс. % УНТ; пятый – 0,01 масс.%. УНТ. Продолжительность оксидирования составляла 60 мин при температуре 145 °С.

На образцах были проведены исследования толщины (табл. 1) и коррозионной стойкости покрытия. Коррозионную стойкость оценивали проведением следующих лабораторных испытаний. Образцы выдерживали в нейтральном растворе хлорида натрия с массовой долей 3 % в течение суток, промывали, удаляли с них продукты коррозии и высушивали.

Проводился визуальный осмотр образцов с целью выявления характера и определения площади коррозионного разрушения.

Для определения скорости коррозии образцы взвешивали до и после выдержки в агрессивной среде и рассчитывали потерю массы образцов по формуле:

$$\Delta m = m_1 - m_2,$$

где m_1 – масса образца до коррозионных испытаний; m_2 – масса образца после коррозионных испытаний.

Коррозионные потери: определяли по формуле:

$$K = \Delta m / S,$$

где S – площадь поверхности, подверженная коррозии.

Таблица 1.

Соотношение состава электролита и толщины получаемого покрытия

Электролит	Толщина покрытия, мкм
Электролит №1	12
Электролит №2	18
Электролит №3	27
Электролит №4	24
Электролит №5	26

По результатам проведенных коррозионных исследований была получена зависимость, представленная на рис. 1.

Рис. 1. Зависимость скорости коррозии стали Ст20 от концентрации УНТ в электролите состава: 650 г/л NaOH + 200 г/л NaNO₂

Согласно полученным данным оксидные покрытия, образовавшиеся в присутствии 0,0066 масс. % УНТ в щелочном электролите, почти в два раза более стойки, по сравнению с покрытиями, полученными в электролите №1. Повышение концентрации углерода в щелочном растворе, который используется при оксидировании, не приводит к значительным изменениям коррозионной стойкости оксидной пленки на поверхности стали.

Проведены исследования коррозионной стойкости в присутствии соли азотной кислоты. Состав электролита представлен в табл. 2.

Таблица 2.

Состав раствора щелочного оксидирования

Концентрация, г/л		
NaOH	NaNO ₃	NaNO ₂
600	50	150

Результаты коррозионных испытаний оксидных покрытий, полученных в присутствии УНТ, приведены в табл. 3. Продолжительность оксидирования составляла 60 мин при температуре 145 °С.

Таблица 3.

Коэффициенты коррозионной стойкости покрытий в нейтральной водной среде в присутствии 3 масс. % NaCl

№ п/п	Содержание УНТ, масс. %	Δm	$K \cdot 10^{-4}$, г/см ² ·ч
1	–	0,0508	34,56
2	0,0001	0,0348	23,67
3	0,0033	0,0279	18,98
4	0,0066	0,0204	13,88
5	0,01	0,0112	7,62

Гравиметрический метод и визуальный осмотр выявили, что повышение коррозионной стойкости наблюдается при добавлении 0,0001 масс. % УНТ в электролит.

1. Грилихес, С.Я. Оксидирование и фосфатирование металлов. Л.: Машиностроение, 1971. – 120 с.
2. Интенсификация электрохимического оксидирования сплава АД31 в озонированном сернокислотном электролите // Н.Ф. Коленчин, В.И. Вигдорович, С.А. Нагорнов и др. // Практика противокоррозионной защиты. – 2017. – №4 (86). С. 28-34.

Полугородник И. Н., Иванов П. А., Шевырев Л. Ю.

Анализ способов восстановления и упрочнения рабочей поверхностей гильз двигателей внутреннего сгорания

*Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Донской государственной аграрный университет
(Россия, Зерноград)*

doi: 10.18411/lj-10-2018-196

idsp: 000001:lj-10-2018-196

Аннотация

В статье рассмотрены основные способы восстановления и упрочнения рабочей поверхности гильз двигателей внутреннего сгорания. Проведен анализ существующих способов восстановления и даны рекомендации по использованию этих способов.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, гильза цилиндра, методы упрочнения поверхностей, упрочняющие технологии.

Восстановление внутренних поверхностей цилиндрических деталей, в том числе и значительной номенклатуры цилиндропоршневой группы автотракторных двигателей внутреннего сгорания, как ресурсопределяющих деталей, связано с определёнными трудностями. Основными деталями этой группы являются гильзы и цилиндры блоков, срок службы которых определяется износостойкостью их рабочих поверхностей.

Физико-механические свойства рабочих поверхностей цилиндров определяются структурой, микротвёрдостью, глубиной наклёпа, остаточными напряжениями, теплостойкостью, взаимодействием со смазкой и т.д.

Стандартом регламентируются макрогеометрия, шероховатость и поверхностная твёрдость, позволяющие судить о структуре приповерхностных слоев металла. Остальные перечисленные свойства учитываются только в исследовательских работах по долговечности деталей.

Техническими условиями на ремонт предусмотрена расточка рабочих поверхностей цилиндров на ремонтные размеры с последующим хонингованием их внутренней поверхности. Расточку проводят, в основном, на расточных станках модели 2Е78НП или 2Е78Н расточными резцами с твердосплавными пластинками ВКЗ с включением черновых и чистовых проходов при заданном режиме операции резания.

Основным недостатком указанного способа восстановления цилиндров блоков служит снижение послеремонтного ресурса двигателя до 40...60%. Это связано с финишной обработкой рабочей поверхности цилиндра посредством использования абразивных и алмазных брусков при хонинговании. В результате появляются микроскопические погрешности в виде огранки, овальности, корсетности, а также плохая смачиваемость хонингованной поверхности цилиндра.

С одной стороны, сдвиг поверхностного слоя металла в процессе обработки хоном «замазывает» включения углерода и не позволяет ему впитывать смазку – цилиндр лишается дополнительных масляных резервуаров. С другой стороны, хонинговальные брусочки, шаржируя поверхность зеркала цилиндров, насыщают её абразивными частицами, которые, в свою очередь, в условиях эксплуатации лимитируют ресурс поршневых колец.

Несмотря на указанный недостаток, данный способ является наиболее распространённым при восстановлении работоспособности цилиндров блоков ввиду своей простоты и малых затрат времени.

Метод восстановления работоспособности цилиндров блоков двигателей автомобилей пластинированием не получил распространения ввиду быстротходности и малой толщины стенок цилиндров.

Немецкая фирма «Ауди» предложила финишную обработку зеркала цилиндров проводить мощными импульсами ультрафиолетового лазера.

Одновременно мгновенно испаряющийся тончайший слой металла, открывающий углеродные ячейки, и проплавленный чугун на глубину одного микрометра образуют металлоплазму, посредством которой поверхностный слой рабочей поверхности цилиндра насыщается на 16...18% азотом. Образовавшаяся нанокристаллическая структура по износостойкости и коррозионной устойчивости не уступает керамике. При работе двигателя приповерхностные слои зеркала цилиндра на глубине 150...200 нм преобразуются в ещё более тонкую структуру с суперпластичными свойствами, оторвать от которой атомы практически невозможно. В результате износ поршневых колец снижается на 90%.

Однако предложенный способ финишной обработки рабочей поверхности цилиндров не имеет широкого распространения, т.к. в условиях технического сервиса очень дорог и сложен в обслуживании.

При обработке чугуна резанием очень сложно добиться обусловленной ремонтным чертежом шероховатости.

Уменьшение величины шероховатости и исключение абразивно-шар-жирующей составляющей при финишных операциях рабочей поверхности цилиндра приобретают особо важное значение и возможны при использовании метода поверхностно упрочняющей обработки рабочим инструментом в виде пластической деформации.

Металл в процессе деформации упрочняется, и улучшаются его механические характеристики, особенно сопротивление усталости. Коэффициент упрочнения при степени деформации 40% составляет 1,7, а при 60% – 1,9. Пластическое деформирование оказывает влияние на структуру и механические свойства металла, из которого они изготовлены, поэтому, чтобы правильно спроектировать технологический процесс восстановления работоспособности рабочей поверхности цилиндра давлением, необходимо учитывать явления, происходящие при пластическом деформировании металлов.

Для изготовления гильз цилиндров применяют как специальный чугун с последующей закалкой внутренней поверхности ТВЧ, так и легированный, без термообработки.

Для повышения долговечности восстанавливаемых деталей применяют различные способы упрочнения пластическим деформированием, такие как: механический способ упрочнения, ультразвуковой способ упрочнения, комбинированный способ, наплавка с термомеханической обработкой и др.

Механический способ упрочнения. Сущность этого способа заключается в чистовой обработке восстанавливаемых деталей холодным пластическим деформированием, в результате чего под влиянием деформирующего элемента (шара, ролика, дорна) при взаимном относительном перемещении инструмента и детали неравномерности обрабатываемой поверхности пластически деформируются, в результате чего шероховатость уменьшается до $R_a=0,32...0,02$ и одновременно упрочняется поверхностный слой.

Этим методом можно обрабатывать все металлы, способные деформироваться в холодном состоянии: незакалённые и закалённые стали, цветные металлы и чугуны [1]. Пластическое деформирование можно использовать для обработки деталей, восстановленных некоторыми металлопокрытиями (наплавкой, железнением), которые обладают достаточно высокой сцепляемостью с основным металлом.

Глубина и интенсивность упрочнения металла зависят от параметров и режимов обкатки, свойств самого упрочняемого металла.

К числу технологических процессов обработки деталей холодным пластическим деформированием относится выглаживание алмазным и твердосплавным инструментом.

Применение алмазного выглаживания оказывается эффективным и для чистовой обработки деталей, восстановленных различными металлопокрытиями.

При обработке пластическим деформированием наружных цилиндрических поверхностей и отверстий целесообразно пользоваться способом выглаживания при помощи твердосплавных гладилок.

При пластической деформации происходит перемещение одной части кристалла по отношению к другой по плоскости наиболее лёгкого сдвига.

В результате сдвигов расположение атомов в кристаллической решётке меняется, получается искажение кристаллической решётки, причём цельность кристалла не нарушается.

В отличие от упругой деформации, вызываемой нормальными напряжениями (действующими перпендикулярно к плоскости), пластическая деформация обязана действию касательных напряжений (действующих в самой плоскости).

Вследствие сдвига, получающегося при пластической деформации, между двумя сдвинувшимися частями кристалла образуется слой металла с искажённой кристаллической решёткой с мелкими осколками зёрен и нарушениями по их границам. Мелкие осколки зёрен создают шероховатости на плоскостях сдвига и препятствуют взаимному перемещению зёрен. Всё это вместе взятое приводит к тому, что при

увеличении деформации новый сдвиг произойдёт по другим плоскостям, следовательно, область в плоскости сдвига оказывается более прочной, чем остальная часть кристалла, то есть использование пластической деформации позволяет создать наклёпанный приповерхностный слой.

Исследования по использованию поверхностно упрочняющей технологии в большей степени относятся к обработке наружных поверхностей различных марок сталей и цветных металлов, в меньшей степени – к обработке образцов, изготовленных из серого или легированного чугунов различной твёрдости [2].

Сложность при поверхностно упрочняющей технологии обработки зависит от количества, формы и характера распределения графитовых включений в основной структуре чугуна. Графит, как непрочная составляющая структуры чугуна, способствует вибрационному характеру перемещения индентора (рабочего инструмента) в процессе обработки. Кроме того, индентор в процессе перемещения измельчает графит и, смешивая его со смазывающей рабочей средой, предварительно нанесенной на обрабатываемую поверхность, образует пасту. Перемещая пасту впереди себя, индентор частично заполняет и уплотняет её в микронеровностях, подлежащих микросмятию. Схема работы рабочего инструмента (индентора) при данной технологии представлена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Схема деформации микроповерхности зеркала цилиндров блока посредством поверхностно упрочняющей технологии при заданных подаче S и нагрузке P на индентор

При заданных для индентора скорости перемещения, подаче и нагрузке и его диаметре происходят сглаживание рисок, царапин, микротрещин, ликвидация различных углублений, не носящих плавный характер, то есть устраняются дефекты поверхности, в которых концентрируются вещества, вызывающие коррозию.

Благоприятная для условий эксплуатации форма неровностей микрорельефа характеризуется пологой формой выступов и впадин с радиусами значительно большими, чем при обработке резанием, и, соответственно, большей величиной опорной поверхности как исходной после финишной обработки, так и в период обкатки.

При поверхностно упрочняющей технологии особое значение приобретает шероховатость исходной поверхности цилиндра, полученной после расточки на последующий ремонтный размер. Размер шероховатости зависит, главным образом, от геометрии заточки резца, чистоты поверхности вспомогательной грани резца, материала резца и режимов обработки отверстий цилиндров.

Чистовую расточку цилиндров необходимо осуществлять резцами с пластинками из твёрдого сплава ВК-2, ВК-3 или резцами с пластинками из синтетического материала гексанит, эльбор-р и т.д. без охлаждающей жидкости при

скорости вращения $n=420...450$ мин-1, глубине резания $t = 0,15...0,25$ мм и подаче $S = 0,05...0,1$ мм/об. Приведенные режимы обеспечивают резание без надрывов и разрушения поверхностных слоев металла с высотой шероховатости поверхности цилиндра в пределах $1,5...6,0$ микрометров. Малые сечения стружки сводят к минимуму отжимы режущего инструмента, что обеспечивает высокую точность обработки. Режущие кромки резца после заточки подвергаются доводке на вращающемся чугунном диске с применением специальной пасты, что повышает его стойкость и обеспечивает минимальную шероховатость обработанной поверхности.

После обработки поверхностно упрочняющей технологией поверхность цилиндра покрывается тонким слоем графита, который в начале приработки служит твердой смазкой, которая не поддается смыву топливом и защищает стенки цилиндра от коррозии. Характер микроповерхности, полученной в результате такой обработки, способствует созданию лучшей смачиваемости и образованию масляного клина между контактируемыми поверхностями.

Ультразвуковой способ упрочнения. Для повышения износостойкости деталей целесообразно применять в процессе их восстановления ультразвуковую упрочняюще-выглаживающую обработку, предложенную ЧИМЭСХ.

Сущность процесса ультразвукового упрочнения в том, что специальный инструмент (гладилка), вибрирующий с частотой ультразвука и определенной амплитудой смещения, создает ударное воздействие на упрочняемую поверхность и подвергает её пластическому деформированию.

Наплавка с ППД. Восстановление внутренних поверхностей цилиндрических деталей наплавкой металлическими порошками с одновременным ППД происходит за счёт центробежных сил и разогрева (нагрева) металлического порошка и поверхностного слоя детали токами высокой частоты.

Электрохимическая обработка. Электрохимическая обработка (ЭМО), разработанная Ульяновским сельскохозяйственным институтом, основана на термическом и силовом воздействии, она существенно изменяет физико-механические показатели поверхностного слоя деталей и позволяет резко повысить их износостойкость, предел выносливости и другие эксплуатационные характеристики деталей. Процесс ЭМО имеет основные разновидности: электрохимическое сглаживание (ЭМС) и электрохимическую высадку металла (ЭМВ) [1]. Высадка является основной операцией электрохимического способа восстановления деталей и поэтому часто под ЭМВ подразумевается сам способ восстановления. Как правило, ЭМС сопровождается упрочнением поверхностного слоя, поэтому в некоторых случаях его называют электрохимическим упрочнением (ЭМУ), а по существу ЭМУ есть следствие ЭМС.

Сущность ЭМУ заключается в том, что в процессе обработки через место контакта инструмента с изделием проходит ток большой силы и низкого напряжения, вследствие чего выступающие гребешки поверхности подвергаются сильному нагреву, под давлением инструмента деформируются и сглаживаются, а поверхностный слой металла упрочняется.

Режимами ЭМО являются: сила тока, проходящего через контакт инструмента и детали; сила прижатия обрабатываемого инструмента к детали; скорость и подача ЭМУ; число рабочих проходов инструмента.

С точки зрения металловедения, процессы ЭМО можно отнести к особому типу поверхностной термомеханической обработки (ТМО). Принципиальное отличие их от ТМО состоит в том, что этот процесс, как правило, относится к упрочняюще-отделочной обработке. К особенностям теплообразования и термических процессов следует отнести: наличие двух источников теплоты, создаваемых электрическим током и трением; локальный нагрев, сопровождающийся действием значительных давлений;

термический цикл (нагрев, выдержка и охлаждение) весьма кратковременный и измеряется долями секунды; высокая скорость охлаждения определяется интенсивным отводом теплоты внутрь детали. Эти отличия обуславливают получение особой мелкодисперсной и твёрдой структуры поверхностного слоя, обладающего высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами. Однако способ ЭМО используется, в основном, для деталей, у которых изношена наружная поверхность.

В производственных условиях наиболее распространен механический способ финишной обработки гильз цилиндров ДВС, который с теоретической точки зрения недостаточно полно изучен.

1. Технология ремонта машин / Е. А. Пучин, В. С. Новикон, Н. А. Очковский и др.; под ред. Е. А. Пучина. – Москва: Колос, 2007. – 488 с.
2. Моисеев О.Н., Богомягих В.А. О взаимосвязи трений скольжения и качения в системе «рабочий элемент инструмента – обрабатываемая поверхность цилиндра» / Международный технико-экономический журнал №4 2010. – с. 73-78.

Полугородник И. Н., Иванов П. А., Шевырев Л. Ю., Моисеев О.Н.
Теоретические предпосылки математического моделирования процесса
финишной обработки гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания

*Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования Донской
государственный аграрный университет
(Россия, Зерноград)*

doi: 10.18411/lj-10-2018-197

idsp: 000001:lj-10-2018-197

Аннотация

В данной статье проведено теоретическое исследование финишной обработки рабочей поверхности цилиндров. Определены условия движения рабочего элемента инструмента и его заклинивания между поверхностью ложе и обрабатываемой рабочей поверхностью цилиндра.

Ключевые слова: математическое моделирование, финишная обработка, двигатель внутреннего сгорания, рабочая поверхность цилиндра.

Для теоретического исследования процесса финишной обработки рабочей поверхности цилиндров работе приняты следующие основные допущения:

1. Шероховатость рабочей поверхности цилиндра после растачивания на последующий ремонтный размер принята в виде одинаковых правильных трёхгранных пирамид (тетраэдров), равномерно распределённых по всей рабочей поверхности цилиндра со среднестатистическим расстоянием между ними.

2. Модуль упругости правильных трёхгранных пирамид меньше модуля упругости рабочего элемента (шарика) инструмента для финишной обработки исходной рабочей поверхности цилиндра, то есть, $E_{\text{тип}} < E_{\text{инстр.}}$

3. Движение рабочего элемента (шарика) по обрабатываемой поверхности цилиндра может происходить дискретно – со скольжением или качением.

4. Трение скольжения рабочего элемента на обрабатываемой поверхности цилиндра сухое и подчиняется закону Кулона – Амонтона.

5. Давление, создаваемое рабочим элементом инструмента на рабочей поверхности цилиндра, прямопропорционально жёсткости и деформации пружины инструмента и не превышает допустимого напряжения на разрыв материала тонкостенного цилиндра.

6. При обработке исходная рабочая поверхность цилиндра находится в вертикальном положении, а обрабатывающий её инструмент – в горизонтальной плоскости.

7. Трение скольжения рабочего элемента о ложе инструмента минимальное и подчиняется закону Амонтона.

8. Деформация микронеровностей обрабатываемой рабочей поверхности принимается упруго – пластической.

Перечисленные допущения реальные и адекватны процессу финишной обработки рабочей поверхности цилиндра и позволяют описывать этот процесс аналитическим путём [1].

Исходя из третьего допущения, процесс финишной обработки рабочей поверхности цилиндра может происходить как со скольжением рабочего элемента инструмента, так и с его качением. Однако, эти два процесса дискретны и не могут наблюдаться одновременно, каким бы малым не был промежуток времени между ними. В связи с этим, рассмотрим эти процессы обработки рабочей поверхности цилиндра раздельно – для случая, когда между рабочим элементом инструмента и обрабатываемой поверхностью превалирует трение скольжения, и для случая, когда между ними доминирует трение качения. С этой целью необходимо определить условия, при которых наблюдается либо трение скольжения, либо трение качения. Рассмотрим систему сил, действующую на рабочий элемент инструмента со стороны обрабатываемой рабочей поверхности цилиндра и поверхности ложе рабочего элемента (рисунок 1).

Рисунок 1 – К определению условий движения рабочего элемента инструмента по исходной поверхности цилиндра

1 – микронеровности шероховатости поверхности в виде тетраэдров; 2 – пружина; 3 – ложе рабочего элемента; 4 – рабочий элемент инструмента

Для решения задачи используем законы теоретической механики с учётом допустимых напряжений контактирующих элементов системы «рабочий элемент инструмента – исходная рабочая поверхность цилиндра».

Рабочий элемент инструмента не будет вращаться, если результирующий момент от всех приложенных к нему сил равен нулю (инструмент с рабочим элементом расположен горизонтально) [2]

$$\sum M_{O_1} \leq 0 \quad (1)$$

$$\text{или } F_1 \cdot r + P_1 \cdot r - F_2 \cdot r \leq 0 \quad (2)$$

где Δl – деформация пружины (абсолютная);

$N = c \cdot \Delta l$ – осевое усилие, создаваемое пружиной;

f_1 – внешний коэффициент трения между поверхностью рабочего элемента и обрабатываемой поверхностью цилиндра;

f_2 – внешний коэффициент трения между поверхностью рабочего элемента и контактирующей с ним поверхностью ложе;

c – жёсткость пружины;

S' – вертикальная проекция площади грани тетраэдра (микронеровности, шероховатости);

$[\sigma_{cm}]$ – допустимое напряжение на смятие поверхностного слоя материала цилиндра;

P_1 – лобовая сила сопротивления смятию микронеровностей поверхностного слоя материала цилиндра;

Δ – высота микронеровностей поверхностного слоя материала цилиндра;

a – ширина микронеровности (шероховатости).

$$F_1 = N \cdot f_1, \quad F_2 = N \cdot f_2, \quad P_1 = S' \cdot [\sigma_{cm}].$$

Площадь S_1 согласно рисунку 1, определяется следующим образом

$$OK = \frac{\Delta}{\sin 60^\circ}, \quad S_1 = \frac{0,5 \cdot 2a \cdot \Delta \cdot \cos 30^\circ}{\sin 60^\circ} = a \cdot \Delta.$$

Тогда, подставляя в формулу (2) вместо F_1 , F_2 и P_1 их значения, получим следующее выражение

$$(f_1 - f_2) \leq \frac{a \cdot \Delta \cdot [\sigma_{cm}]}{c \cdot \Delta l}, \quad (3)$$

Это выражение определяет условие заклинивания рабочего элемента между поверхностью ложе и обрабатываемой рабочей поверхностью цилиндра.

При этом условии будет происходить скольжение рабочего элемента по обрабатываемой им рабочей поверхности цилиндра с вероятным его качением.

Чистое скольжение рабочего элемента будет наблюдаться при условии

$$\Delta f = (f_1 - f_2) \leq 0$$

Проанализируем физический смысл формулы (3), приведя её к следующему виду

$$\Delta f \leq \frac{a \cdot \Delta \cdot [\sigma_{cm}]}{c \cdot \Delta l}, \quad (4)$$

При $a = \text{const}$; $\Delta = \text{const}$; $[\sigma_{cm}] = \text{const}$, если $c \rightarrow \infty$, то $\Delta f \rightarrow \infty$. Это указывает на то, что при $N \rightarrow \infty$ заклинивание рабочего элемента в системе увеличивается и, следовательно, уменьшается его степень свободы относительно его вращения вокруг точки O_1 , что приводит к его скольжению по обрабатываемой поверхности цилиндра.

В случае, если $c = \text{const}$, а $a \rightarrow \infty$ и $\Delta \rightarrow \infty$ то $\Delta f \rightarrow \infty$ и, следовательно, рабочий элемент инструмента получает степень свободы относительно его вращения вокруг точки O_1 .

Высота шероховатости " Δ " рабочей поверхности цилиндра в этом случае обуславливает проворачивание рабочего элемента вокруг его центра O_1 и он производит смятие шероховатости поверхностного слоя методом качения. « Δf » также увеличивается с увеличением ширины шероховатости " a " при основании и при увеличении $[\sigma_{cm}]$.

Это связано с повышением лобового сопротивления P_1 шероховатости обрабатываемой исходной поверхности цилиндра.

На рисунке 2 показаны графики функций $\Delta f = f(P_1)$ при $N = \text{const}$ и $\Delta f = f(N)$ при $P_1 = \text{const}$.

При этом, исходя из формулы (3), всегда $N \geq P_1$.

В качестве примера на рисунке 2 показаны эти графики для условий $N \leq 1,0$ и $P_1 \leq N$.

Рисунок 2 – Графики функций $\Delta f = f(P_1)$ и $\Delta f = f(N)$

Из графиков следует, что качение рабочего элемента по обрабатываемой исходной поверхности возможно (для принятых условий примера) при Δf от 0,5 до 1,0. При этом, соотношение P_1/N должно также находиться в диапазоне от 0,5 до 1,0. Скольжение рабочего элемента возможно при значениях Δf от 0 до 0,5 при соотношении P_1/N от 0 до 0,5.

Из указанного анализа следует, что для каждого значения P_1 существует такое N , при котором происходит переход одного вида движения рабочего элемента в другой, то есть, от скольжения к качению или наоборот.

В приведенном случае это наблюдается при $P_1 = N = 0,5$ Н с разницей $\Delta f = 0,5$.

В общем случае это говорит о том, что для множества значений P_1 существует силовое поле гипербол, определяющее вид движения рабочего элемента инструмента по рабочей поверхности цилиндра.

Следует иметь в виду, что f_1 и f_2 – это кинематические коэффициенты трения, которые могут быть определены по формуле

$$f = \frac{1 + 0,0112 \cdot V}{1 + 0,06 \cdot V} \cdot f_0,$$

где V – относительная скорость трущихся пар;

f_0 – статический коэффициент трения трущихся пар.

Данный анализ позволяет непосредственно перейти к исследованию процессов упрочнения исходной поверхности цилиндра способами скольжения и качения по ней рабочего элемента инструмента.

1. Технология ремонта машин / Е. А. Пучин, В. С. Новикон, Н. А. Очковский и др.; под ред. Е. А. Пучина. – Москва: Колос, 2007. – 488 с.
2. Пучин Е. А. Основы теории надёжности и диагностики технических систем/ Е. А. Пучин. – Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 182 с.

Сидоренко С.А., Полуян В.А., Шевырев Л.Ю., Моисеев О.Н.
Математическое моделирование процесса изнашивания молотка
в молотковой дробилке

*Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Федерального государственного
 бюджетного образовательного учреждения высшего образования Донской
 государственный аграрный университет
 (Россия, Зерноград)*

doi: 10.18411/lj-10-2018-198

idsp: 000001:lj-10-2018-198

Аннотация

В статье подробно рассмотрен процесс работы ударной поверхности молотка молотковой дробилки. Представлена модель описывающая изнашивание поверхности молотка. Изучен процесс длительного скольжения единичной частицы по поверхности молотка.

Ключевые слова: математическое моделирование, молоток, молотковая дробилка, гипотеза Престона.

Процесс работы ударной поверхности молотка молотковой дробилки может быть разделен на две части. Первое – изнашивание в результате удара молотка о размельчаемый материал, второе – истирание поверхности при длительном скольжении разрушаемого материала. Строгая математическая постановка контактного взаимодействия рабочей поверхности с перерабатываемым материалом (зерном) представляет собой сложную задачу [1]. Ниже строится математическая модель описанных процессов с учетом деформационных свойств контактирующих материалов.

В качестве модели описывающей изнашивание dy поверхности молотка выбирается известная гипотеза Престона [2,3], хорошо описывающая процесс механического истирания поверхности

$$dy = c \cdot p \cdot u \cdot dt, \quad (1)$$

где c – коэффициент пропорциональности;

p – давление в данной точке;

u – относительная скорость перерабатываемого материала относительно поверхности молотка;

dt – интервал времени.

При рассмотрении процесса изнашивания при ударе, напряжения p могут быть найдены с учетом волновых [4] и деформационных свойств разрушаемого материала и молотка [5,6]

$$p = V \cdot \sqrt{\rho \cdot E}, \quad (2)$$

$$p = \left(\frac{m \cdot V \cdot (s+1) \cdot g^{1/s}}{2} \right)^{s/(s+1)}, \quad (3)$$

где V – скорость соударения;

E – модуль упругости разрушаемого материала;

ρ – плотность материала дробления;

m – масса частицы;

s, g – коэффициенты, зависящие от деформационных свойств соударяемых материалов.

Вместе с тем, очевидно, что эти контактные напряжения не могут превосходить критические напряжения T , при котором происходит разрушение частицы.

Относительная скорость u может быть найдена по теории механического удара с использованием гипотез Ньютона [7] или как средняя скорость за время удара [5] с учетом деформационных свойств [6] соударяемых тел. На рисунке 1 представлена схема взаимодействия молотка с разрушаемым материалом.

Рисунок 1 – Схема взаимодействия молотка с перерабатываемым материалом

Исходя из рисунка 1, относительная скорость молотка u будет определяться по формулам

$$u = \omega \cdot \left[(x + R \cdot \cos \alpha) \cdot \sin(\alpha + \beta) + \left(R \cdot \sin \alpha + \frac{b}{2} - f(x) \right) \cdot \cos(\alpha + \beta) \right], \quad (4)$$

$$u = \left[-f_{ск} \cdot T + m \cdot \omega^2 \cdot (x + R) \right] \cdot 3,218 \cdot \left(\frac{m}{g} \right)^{2/5} \cdot \frac{[\omega \cdot (x + R)]^{1/5}}{m}, \quad (5)$$

где R – радиус подвеса молотка,

α – угол, который составляет ось молотка с радиусом ротора молоткового барабана;

β – угол наклона касательной ударной поверхности молотка;

b – ширина молотка;

$f(x)$ – форма ударной поверхности молотка;

$f_{ск}$ – коэффициент трения скольжения частицы по молотку;

ω – угловая скорость ротора.

Заметим, что реальная относительная скорость будет несколько ниже рассчитываемых по соотношениям (4), (5) т.к. последние получены в условиях гладкого контакта. Поэтому из значений уравнений (4), (5) следует выбирать наименьшее.

Для изучения процесса длительного скольжения рассмотрим относительное движение единичной частицы по поверхности молотка (рисунок 1). Для описания этого движения, воспользуемся уравнением

$$m \cdot (\bar{a}_r + \bar{a}_e + \bar{a}_c) = N \cdot \bar{n} - f_{ск} \cdot N \cdot \bar{\tau}, \quad (6)$$

где $\bar{a}_r$ – относительное ускорение;

$\bar{a}_e$ – переносное ускорение;

$\bar{a}_c$ – ускорение Кориолиса;

N – модуль нормальной реакции;

$\bar{n}$ – единичный вектор нормали;

$\bar{\tau}$ – единичный вектор касательной.

Уравнение (6) может быть сведено к уравнению

$$m \cdot (\bar{q} \cdot u^2 + \bar{p} \cdot u \cdot u' - \omega^2 \cdot \bar{r} + 2 \cdot \bar{\omega} \times \bar{p} \cdot u) = N \cdot (\bar{n} - f_{ск} \cdot \bar{\tau}), \quad (7)$$

где $u = x$

$$p = \{1, f'(x), 0\};$$

$$q = \{0, f''(x), 0\};$$

$$r = \left\{ x + R \cdot \cos \alpha, -R \cdot \sin \alpha - \frac{b}{2} + f(x), 0 \right\};$$

ω – вектор угловой скорости ротора.

Уравнение (7) проектированием на вектора n и τ сводится к нелинейной системе дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned} u' &= F(u, x, f, f', f''), \\ N &= F(u, x, f, f', f'') \end{aligned} \quad (8)$$

или

$$u' = \frac{1}{u \cdot (1 + f'^2)} \cdot \left[\omega^2 \cdot \left\{ (1 + f_{\text{ср}} \cdot f') \cdot (x + R \cdot \cos \alpha) + (f_{\text{ср}} - f') \cdot \left(\frac{b}{2} + R \cdot \sin \alpha - f \right) \right\} + u^2 \cdot (f_{\text{ср}} - f') \cdot f'' - 2 \cdot \omega \cdot u \cdot f_{\text{ср}} \cdot (1 + f'^2) \right]$$

$$N = \frac{m}{\sqrt{1 + f'^2}} \cdot \left\{ -z \cdot f'' - \omega^2 \cdot \left[f' \cdot (x + R \cdot \cos \alpha) + \left(\frac{b}{2} + R \cdot \sin \alpha - f \right) \right] + 2 \cdot \omega \cdot u \cdot (1 + f'^2) \right\}$$

Система (8) может быть решена численно по схеме Рунге-Кутты [3]. В результате этого может быть найдена относительная скорость u и давление p .

$$\begin{aligned} u &= u(x, x_0), \\ p &= p(x, x_0) \end{aligned} \quad (9)$$

где x – текущая координата частицы,
 x_0 – начальная координата частицы.

И так найдены относительная скорость и давление в двух процессах изнашивания от единичной частицы. Если известно распределение частиц при ударе $L(x)$ и при скольжении $L(x)$, то суммарный износ поверхности dy за промежуток времени dt , может быть найден следующим образом

$$dy = dt \int_{x_2}^{x_1} [H_1(x, x_0) \cdot L_1(x_0) + H_2(x, x_0) \cdot L_2(x_0)] dx_0, \quad (10)$$

где H – определяется по формуле (1);

p и u – вычисляются по соотношениям (2) – (5) для процесса удара и по соотношению (9) для процесса скольжения;

$[x_1, x_2]$ – отрезок, на котором происходит взаимодействие молотка с частицами перерабатываемого материала.

По времени может быть выбран пошаговый процесс интегрирования соотношения (10), с нахождением формы $f(x)$ ударной поверхности молотка на каждом шаге. В качестве шага по времени целесообразно выбирать время кратное времени одного оборота молотка.

1. Александров В. М. Математические методы в контактных задачах с износом / В.М. Александров, Е.В. Коваленко //Нелинейные модели и задачи механики деформируемого твердого тела. – М.,1984. – С.77–89.
2. Крагельский И.В. Основы расчетов на трение и износ /И. В. Крагельский, М. Н. Добычин, В. С. Комбалов – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.
3. Годунов С. К. Разностные схемы /С. К Годунов, В. С. Рябенский – М.: Наука, 1973.
4. Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела /Ю. Н. Работников – М.: Наука, 1988.
5. Пановко Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара / Я. Г. Пановко – М.: Политехника, 1990.
6. Рекач В. Г. Руководство к решению задач по теории упругости /В. Г. Рекач – М.: Высшая школа, 1977.
7. Бутенин Н. В. Курс теоретической механики / Н. В. Бутенин, Я. Л. Лунц, Д. Р. Меркин – М.: Наука, 1985.

Сидоренко С. А., Полуян В. А., Шевырев Л. Ю.

Определение предельно допустимого износа молотков кормодробилок

Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Донской государственной аграрной академии
(Россия, Зерноград)

doi: 10.18411/lj-10-2018-199

idsp: 000001:lj-10-2018-199

Аннотация

Данная статья содержит информацию о конструкции современных молотков кормодробилок. Произведен расчет минимальной остаточной толщины рабочей грани молотка, с учетом обеспечения безаварийной работы.

Ключевые слова: молоток, кормодробилка, рабочая грань молотка, износ молотка.

Новые молотки кормодробилок обычно имеют прямоугольный контур (рисунок 1,а). В процессе дробления рабочая грань молотка приобретает закругленную форму (рисунок 1,б). Известно, что предельно допустимый износ первых рабочих граней не должен превышать половины ширины молотка (рисунок 1,б) [1]. Нами высказано предположение, что при повороте молотка прочностные характеристики должны быть достаточными для его безаварийной работы. В литературе встречаются материалы по рекомендациям минимальной остаточной толщине рабочей грани δ (рисунок 1,в), однако нет обоснования этой величины.

Нами были проведены теоретические исследования по определению минимально допустимой толщины для обеспечения безаварийной работы. Так как в сечении молотка материал, из которого изготовлен молоток, работает на разрыв, то расчёт сводится к проверке условия на разрыв в опасном сечении.

$$\sigma \leq [\sigma], \quad (1)$$

где σ – допускаемое напряжение на разрыв, МПа;

$[\sigma]$ – предельно допускаемое напряжение на разрыв, МПа.

Рисунок 1 – Виды молотков

а – новый молоток; б – с одной изношенной гранью; в – с двумя изношенными гранями

Допускаемое напряжение на разрыв определяется по формуле

$$\sigma = \frac{G}{S_{\min}}, \quad (2)$$

где G – сила нормального давления в заданном сечении, Н;
 $S_{\min}$ – минимально допускаемая площадь сечения, мм².

При рассмотрении интересующей нас поверхности видно, что её площадь близка к площади прямоугольника. Сделаем допущение: площадь поверхности равна площади прямоугольника со сторонами h , δ .

Тогда минимально допускаемая площадь сечения будет определяться по формуле

$$S_{\min} = h \cdot \delta, \quad (3)$$

где h – толщина молотка, мм;

δ – остаточная ширина.

Для определения силы нормального давления G рассмотрим схему взаимодействия молотка кормодробилки с перерабатываемым материалом (рисунок 2).

Рисунок 2 – Схема взаимодействия молотка кормодробилки с перерабатываемым материалом
 R – радиус барабана; X_c – расстояние от оси подвеса до центра масс

Исходя из рисунка 2, мы видим, что

$$\begin{aligned} \sum X &= -X_A + F_{\text{ин}} = 0 \\ \sum Y &= Y_A - F = 0, \end{aligned} \quad (4)$$

где X_A – горизонтальная составляющая реакций в точке подвеса;

Y_A – вертикальная составляющая реакций в точке подвеса молотка;

$F_{\text{ин}}$ – сила инерции.

Сила инерции $F_{\text{ин}}$ определяется по формуле

$$F_{\text{ин}} = m \cdot a^n, \quad (5)$$

где m – масса молотка;

a^n – нормальная составляющая ускорения.

Нормальная составляющая ускорения определяется по формуле

$$a^n = \frac{V^2}{R} = \omega^2 \cdot R, \quad (6)$$

где ω – угловая скорость барабана;

$R = X_c$ – расстояние от точки подвеса до центра масс [1].

Полученные значения подставляем в формулу (5) и получаем

$$F_{\text{ин}} = m \cdot \omega^2 \cdot X_c \quad (7)$$

Значение X_c определяем по формуле [1]

$$X_c = -0,5 \cdot A + \sqrt{0,25 \cdot A^2 + B}, \quad (8)$$

Значения A и B определяются по формулам /1/

$$A = \frac{a^2 \cdot b}{\pi \cdot d^2} - 0,5 \cdot a, \quad (9)$$

$$B = \frac{a \cdot b \cdot (a^2 + b^2)}{6 \cdot \pi \cdot d^2} - \frac{d^2}{8}, \quad (10)$$

где a – длина молотка, мм;

b – ширина молотка, мм.

Эти формулы выведены из допущения, что центр удара и центр качания совпадают. Подставляя формулы (9) и (10) в формулы (8), а полученное выражение в формулу (7) получаем выражение для определения $F_{ин}$

$$F_{ин} = m \cdot g \cdot \omega^2 \cdot \left[-0,5 \cdot \left(\frac{a^2 \cdot b}{\pi \cdot d^2} - 0,5 \cdot a \right) + \sqrt{0,25 \cdot \left(\frac{a^2 \cdot b}{\pi \cdot d^2} - 0,5 \cdot a \right)^2 + \left(\frac{a \cdot b \cdot (a^2 + b^2)}{6 \cdot \pi \cdot d^2} - \frac{d^2}{8} \right)} \right] \quad (11)$$

Встает вопрос об определении силы F . В дробилке взаимодействие молотка с зерном начинается в установившемся режиме, то есть величина угловой скорости достигла номинального значения.

Значение силы F определим исходя из момента сопротивления M_c по формуле

$$F = \frac{M_c}{X_c}, \quad (12)$$

где M_c – момент сопротивления;

X_c – расстояние от точки подвеса до центра масс.

Величина момента сопротивления M_c определяется по формуле

$$M_c = \frac{M_{кр}}{Z}, \quad (13)$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент на валу электродвигателя;

Z – число молотков.

Крутящий момент на валу электродвигателя $M_{кр}$ находится по формуле

$$M_{кр} = \frac{P_{дв}}{\omega}, \quad (14)$$

где $P_{дв}$ – мощность электродвигателя, Вт;

ω – угловая скорость, c^{-1} .

Найденные значения подставляем в формулу (12) и получаем

$$F = \frac{P_{дв}}{\omega \cdot Z \cdot X_c} \quad (15)$$

Тогда с учётом уравнений (9) и (10) выражение (15) примет вид

$$F = \frac{P_{дв}}{\omega \cdot Z \cdot \left[-0,5 \cdot \left(\frac{a^2 \cdot b}{\pi \cdot d^2} - 0,5 \cdot a \right) + \sqrt{0,25 \cdot \left(\frac{a^2 \cdot b}{\pi \cdot d^2} - 0,5 \cdot a \right)^2 + \left(\frac{a \cdot b \cdot (a^2 + b^2)}{6 \cdot \pi \cdot d^2} - \frac{d^2}{8} \right)} \right]} \quad (16)$$

Исходя из рисунка 2, результирующая сила $F_{вз}$ определяется по правилу треугольника

$$F_{вз} = \sqrt{F_{ин}^2 + F^2}, \quad (17)$$

Проведя преобразования, получаем следующее выражение

$$F_{вз} = F_{ин} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{F}{F_{ин}} \right)^2}. \quad (18)$$

Исходя из выражения (2), с учётом формулы (1) определяем значение минимальной остаточной площади с опасном сечении

$$S_{\min} \geq \frac{F_{ин} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{F}{F_{ин}}\right)^2}}{[\sigma]}. \quad (19)$$

Так как мы приняли предположение, что в опасном сечении у нас прямоугольник, то тогда остаточная толщина стенки молотка δ , исходя из формулы (3), определится по формуле

$$\delta \geq \frac{F_{ин} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{F}{F_{ин}}\right)^2}}{h \cdot [\sigma]}. \quad (20)$$

Определив значение силы F и силы инерции $F_{ин}$ можно определить остаточную толщину стенки молотка δ .

1. Ялпачик Ф.Е. Влияние износа молотков кормодробилки на передачу ударов их осям подвеса /Ф. Е. Ялпачик // Механизация и электрификация с/х. – 1989г., № 3 с.45 – 49.
2. Моисеев О.Н., Полуян А.Г., Соловьев А.Н. Численное моделирование процесса изнашивания молотка в молотковой дробилке // Исследования и реализация новых технологий и технических средств в сельскохозяйственном производстве Сборник научных трудов. Российская академия сельскохозяйственных наук; Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт механизации и электрификации сельского хозяйства (ВНИПТИМЭСХ). Зерноград, 2001. С. 275-279.

Соловьев Д.С.^{1,2}, Соловьева И.А.²

Оптимизация распределения плотности тока для улучшения равномерности гальванического покрытия

¹Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина

²Тамбовский государственный технический университет
(Россия, Тамбов)

doi: 10.18411/lj-10-2018-200

idsp: 000001:lj-10-2018-200

Аннотация

В работе рассматриваются перспективные направления снижения неравномерности гальванического покрытия посредством оптимизации распределения катодной плотности тока.

Ключевые слова: неравномерность покрытия, оптимизация.

Abstract

The paper discusses promising directions for reducing the non-uniformity of electroplating by optimizing the distribution of cathode current density.

Keywords: non-uniformity of the coating, optimization.

Гальваническое осаждение толщины покрытия на поверхности деталей никогда не бывает равномерным. Фактическая толщина в любой точке поверхности детали обычно упоминается как локальная толщина. Минимальная локальная толщина покрытия обычно нормируется регламентом, чтобы обеспечить достижение требуемых эксплуатационных характеристик для деталей. Неравномерность R гальванического покрытия можно вычислить как отношение среднего значения толщины к минимальному $\delta^{\min}$ из локальных:

$$R = \frac{1}{S_c} \int_{S_c} \frac{\delta(x, y, z)}{\delta^{\min}} \cdot dS_c, \quad (1)$$

где S_c – поверхность детали-катода; $\delta(x, y, z)$ – толщина покрытия в точке с координатами (x, y, z) .

К факторам, оказывающим наибольшее влияние на неравномерность наносимого покрытия, относится плотность тока. Неоднородное распределение потенциала в электролите обычно приводит к неравномерному распределению тока на поверхности катода. Однородность плотности тока на катоде в этом случае зависит от геометрии ячейки и от величины электродной поляризации.

К наиболее перспективным способам улучшения равномерности гальванического покрытия относится применение ванн со многими анодами, каждый из которых подключен к общему источнику питания через устройство, способное регулировать величину силы тока [1]. Значение величины силы тока для каждой анодной секции подбирается из условия минимизации критерия (1).

На рисунке 1 демонстрируются результаты моделирования гальванического никелирования с $\delta^{\min} = 10$ мкм на катоде ступенчатой формы с использованием монолитного анода (традиционный способ) и системы из 3-х анодных секций с оптимальными значениями силы тока на каждой.

Рисунок 1. Распределение толщины покрытия:
а) монолитный анод; б) многоанодная ванна

В первом случае величина (1) составила 1,968821, а во втором – 1,396218. Эффективность предложенного способа для рассмотренного примера составляет 29%.

1. Соловьев Д.С., Мукина И.А., Литовка Ю.В. Особенности оптимального управления гальваническими процессами в многоанодной ванне с различными значениями силы тока // Мехатроника, автоматизация, управление. 2017. Т. 18, № 9. С. 631 – 636.

Сошина Т.О., Богданов С.В., Табаков А.Ю.

Рекультивация зольно-шлаковых отвалов металлургического производства

ФГБОУ ВО Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Лысьвенский филиал
(Россия, Лысьва)

doi: 10.18411/lj-10-2018-201

idsp: 000001:lj-10-2018-201

Аннотация

Разработаны мероприятия по рекультивации зольно-шлаковых отвалов на территории Пермского края и Уральского федерального округа, включающие в себя разработку плана рекультивации, сортировку отходов, переработку и брикетирование. Изготовлен опытный образец сортировочной установки «СУ-6000». Отличительным

преимуществом сортировочной установки является разделение перерабатываемого грунта на большое число фракций: бутовый камень, щебень, скрап средней фракции, скрап мелкой фракции, отсев. Окончательная переработка отходов сортировочной установки производится на производственной линии по брикетированию. Предложенная концепция рекультивации отвалов это полный цикл переработки всех видов отходов, позволяющая вторично использовать отходы действующих производств.

Ключевые слова: рекультивация отвалов, план рекультивации, схема рекультивации, сортировочная установка, брикетирование металлургической окалины.

1. Введение

Урал является одной из уникальных железорудных провинций России. Уже с 16 века вдоль Уральского хребта существовал железный промысел, что повлекло за собой создание множества металлургических заводов. Экологической проблемой современности, как следствие, является проблема создания большого числа отвалов металлургического производства. Одним из возможных путей решения этой проблемы является рекультивация зольно-шлаковых отходов, складируемых металлургическим производством, то есть экономическое и экологическое восстановление земель, которые утратили своё плодородие из-за деятельности человека [1, 2].

Целью работы является разработка мероприятий по рекультивации зольно-шлаковых отвалов на территории Пермского края и Уральского федерального округа.

2. Результаты и обсуждение

Разработанная концепция рекультивации зольно-шлаковых отвалов металлургического производства включает 4 этапа: разработка плана рекультивации, сортировка отходов, переработка и брикетирование. Разработка плана рекультивации включает в себя разработку схемы (рис. 1) и карты рекультивации (рис. 2). Схема рекультивации создается для оптимизации процессов сортировки и переработки отходов, увеличения производительности сортировочного оборудования. Карта рекультивации разрабатывается для организации логистики производственного процесса, определяя последовательность переработки участков, участки складирования отходов.

Рисунок 1 – План рекультивации: H – высота отвала; B – ширина разрабатываемого квадрата; 1 – рабочая площадка; 2 – переработанный грунт; 3 – грунт для переработки

Рисунок 2 – Карта рекультивации отвала: 1-28 – нумерация квадратов разработки отвала

Сортировка отходов производится с помощью сортировочной установки «СУ-6000» (рис. 3). Преимущество установки в ее мобильности, что позволяет снизить затраты на ее транспортировку и значительно расширить географию работ. Сортировочная установка «СУ-6000» состоит из семи сборочных узлов, которые представляют собой взаимосвязанную сеть транспортеров [3].

Посредством экскаватора грунт с зольно-шлакового отвала засыпается в первый транспортер - питатель 1, который равномерно подает грунт в грохот вибрационный 2. Питатель – наиболее нагруженный транспортер, так как на него подается весь грунт сепарируемый СУ-6000. Максимально в питателе может находиться до 2 тонн грунта, поэтому у данного транспортера самое большое число несущих роликов, расположенных под транспортерной лентой. Питатель оснащен бортами для более удобного засыпания грунта и для исключения попадания грунта на другие транспортеры. После равномерной подачи грунта на грохот вибрационный он просеивает его путем вибрации, создаваемой кручением дебаланса. В данной установке представлен двухдековый грохот, что позволяет разделять грунт на большое число фракций. Подобное конструктивное решение является отличительным преимуществом установки СУ-6000 в сравнении с аналогами.

Отходы, которые не просеялись через сетки грохота, попадают на верхний транспортер 3. Транспортер содержит барабанный магнит, откидывающий отходы в заранее установленную мульду, формируя скрап средней фракции (рис. 4, а). Отходы с верхнего транспортера не притянутые магнитом попадают в яму, составляя бутовый камень (рис. 4, б). Отходы, которые просеялись через верхнюю сетку грохота, попадают на нижнюю сетку меньшей фракции.

а)

б)

Рисунок 3 – Сортировочная установка СУ-6000: а) модель: 1 - питатель; 2 – грохот вибрационный; 3 – конвейер верхний; 4 – конвейер нижний; 5 – магнит; 6 – рама; б) опытный экземпляр

Грунт снова делится на две части. Часть грунта попадает на нижний транспортер 4, подающий грунт к транспортерному магниту 5. Притянутые магнитом отходы откидываются в мульду, формируя скрап мелкой фракции (рис. 4, в). Не притянутые магнитом отходы уходят в яму, формируя щебень (рис. 4, г). Отходы, прошедшие через нижнюю сетку грохота составляют отсев.

Промышленные предприятия, занимающиеся рекультивацией отвалов посредством сортировочных установок, оставляют после себя промышленные отходы в виде металлургической окалины, скрапа и отсева. Разработанная концепция рекультивации включает в себя этап переработки этих отходов путем их брикетирования. Принцип работы производственной линии по брикетированию заключается в следующем: отсев, полученный от переработки отходов в сортировочной установке «СУ-6000» засыпается в сортировочную установку «СУБ-3000», которая через сетку мелкой фракции (5 мм) перерабатывает отсев в металлургическую окалину. Полученные брикеты отправляются в газовую печь для дальнейшей сушки.

Рисунок 4 – Отходы металлургического производства: а) скрап средней фракции; б) бутовый камень; в) скрап мелкой фракции; г) щебень

Химический анализ полученных брикетов показал, что содержание в них железа не уступает скрапу и находится на уровне 95% (рис. 5, а). Готовая продукция в виде брикетов поставляется на литейные производства для последующей переработки (рис. 5, б).

Рисунок 5 – Брикетирование металлургической окалины и отсева: а) химический анализ брикетов; б) внешний вид брикетов

3. Заключение

Разработаны мероприятия по рекультивации зольно-шлаковых отвалов на территории Пермского края и Уральского федерального округа. Использование для переработки металлургических отходов сортировочной установки «СУ-6000» обеспечивает конкурентное преимущество на рынке вторичной переработки. Отличительным преимуществом предлагаемой концепции рекультивации отвалов является полный цикл переработки всех видов отходов, включающий брикетирование металлургической окалины и отсева.

Концепция рекультивации направлена на эффективное использование земель, на которых расположены отвалы, вторичное использование отходов действующих производств.

1. Мищенко О.В., Филимонов В.И. Разработка песчаных карьеров. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 234 с.
2. Кезин В.Г., Богданов С.В. Проблемы экологии и экологического образования в городе Лысьва // Наукovedение. – 2015. – Т.7, №5. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/183PVN515.pdf>.
3. Целиков А.И. Машины и агрегаты металлургических заводов: учебник в 3 т. – М.: Металлургия, 1981. – 576 с.

Хохолов Ю.А., Киселев В.В.

Оценка влияния водной среды на формирование температурного режима барьерных целиков россыпных шахт криолитозоны

*Институт горного дела Севера им. Н.В.Черского СО РАН
(Россия, Якутск)*

doi: 10.18411/lj-10-2018-202

idsp: 000001:lj-10-2018-202

Аннотация

Для выявления особенностей формирования температурного поля в мерзлом массиве дисперсных пород отработанной россыпной шахты, барьерном целике и толще воды разработана двухмерная математическая модель процессов теплообмена. Модель позволяет определить основные исходные данные необходимые для расчета нагрузок на породный барьерный целик с учетом протаивания и одновременно оценить время замерзания воды в затопленной выработке.

Ключевые слова: Россыпная шахта, барьерный целик, горные породы, температура, криолитозона

В практике подземной разработки мёрзлых россыпных месторождений криолитозоны были нередкими случаи прорыва воды в действующие шахты из отработанных и затопленных смежных шахт в результате протаивания и тем самым снижения несущей способности междушахтных (барьерных) целиков. В связи с этим, оценка растепляющего влияния водной среды на формирование температурного режима барьерных целиков имеет важное значение в определении их несущей способности и оптимальных параметров, которые во многом определяют безопасность ведения горных работ.

Необходимо отметить, что при подземной отработке россыпей арктических регионов камерно-лавыми системами, при которых в условиях хронического дефицита крепежного леса, для поддержания выработанного пространства оставляются междукамерные целики значительных размеров, отработанные шахты затапливались специально в период паводков в надежде на быстрое замерзание воды и образования, таким образом, искусственных ледяных целиков, равных по размерам отработанным очистным камерам. В этом случае представлялась возможной и безопасной повторная отработка ранее оставленных породных целиков отработанной россыпной шахте (РШ), восполнив тем самым существенные (до 15%) потери полезного ископаемого. Однако на практике оказалось, что, несмотря на низкую температуру заливаемой воды (3-5°C), наличия сплошной мерзлоты и крайнюю суровость климата, замораживание залитой отработанной РШ естественным путем длилось годами, что не давало возможности использования существующих вскрывающих выработок, т.к. они изначально не были рассчитаны на длительный срок эксплуатации.

Проведенными ВНИИ-1 исследованиями были установлены причины низкой скорости льдообразования в затопленных РШ и механизм замораживания залитой в весеннее время воды [1]. Как оказалось, основными из них является высокая теплоемкость громадного объема воды, находящейся в затопленной РШ, которая обеспечивает быструю оттайку контактного слоя пород, обладающего высоким термическим сопротивлением и как следствие этого, препятствующем притоку холода из мерзлого горного массива. Кроме этого, как известно, при замерзании воды выделяется большое количество тепла, что также способствует оттайке. В результате этого снижение температуры воды до нулевого значения и образование первичного ледяного слоя на поверхности затопленных горных выработок идет в крайне замедленном темпе.

Для выявления особенностей процессов формирования температурного поля в массиве пород РШ, барьерном целике и толще воды разработана двухмерная математическая модель. Принято допущение, что горные породы, мерзлый породный целик и вода имеют разные начальные температуры. Расчетная схема приведена на рис. 1. Уравнение теплопроводности с учетом фазовых переходов влаги в массиве горных пород имеет вид [2,3,4]:

$$C(T) \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial y} \right], \quad (1)$$

где T — температура горных пород, °C; x, y — координаты, м;

$$C(T) = \begin{cases} c_1 \rho_1, & T \leq T_1 - \Delta T; \\ \frac{c_1 \rho_1 + c_2 \rho_2}{2} + \frac{c_1 \rho_1 - c_2 \rho_2}{2\Delta T} (T - T_1) + \frac{LW\rho_1}{\Delta T} \left(1 - \frac{|T - T_1|}{\Delta T} \right), & |T - T_1| < \Delta T; \\ c_2 \rho_2, & T \geq T_1 + \Delta T; \end{cases} \quad (2)$$

$$\lambda(T) = \begin{cases} \lambda_1, & T \leq T_1 - \Delta T; \\ \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} + \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2\Delta T} (T - T_1), & |T - T_1| < \Delta T; \\ \lambda_2, & T \geq T_1 + \Delta T. \end{cases} \quad (3)$$

Здесь c_1, ρ_1, λ_1 (c_2, ρ_2, λ_2) — удельная теплоемкость, Дж/(кг·К); плотность, кг/м³ и коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К) для мерзлых (талых) пород; L — скрытая теплота плавления льда, Дж/кг; W — весовая влажность пород, доли ед.; T_1 — температура фазовых переходов влаги, °C; ΔT — параметр сглаживания, °C.

Рис. 1 – Расчетная область

Процесс распространения тепла в породном целике представляется следующим уравнением теплопроводности:

$$C_3(T) \frac{\partial T_3}{\partial t} = \lambda_3(T) \frac{\partial^2 T_3}{\partial x^2} + \lambda_3(T) \frac{\partial^2 T_3}{\partial y^2}, \quad (4)$$

где T_3 — температура целика, °C; C_3 , λ_3 — объемная теплоемкость, плотность и коэффициент теплопроводности пород целика.

Аналогичный вид имеет уравнение теплопроводности для воды:

$$C_4(T) \frac{\partial T_4}{\partial t} = \lambda_4(T) \frac{\partial^2 T_4}{\partial x^2} + \lambda_4(T) \frac{\partial^2 T_4}{\partial y^2}, \quad (5)$$

где T_4 — температура воды, °C; C_4 , λ_4 — объемная теплоемкость, плотность и коэффициент теплопроводности воды (льда). В обоих уравнениях теплопроводности учитываются фазовые переходы, причем для пород целика значение влажности задается, а для воды она равна 1.

На контактах целик–горные породы, вода – горные породы и целик - вода задаются граничные условия IV рода:

$$\lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial y} = \lambda \frac{\partial T}{\partial y}, \quad T_3 = T \quad x, y \in G_7; \quad (6)$$

$$\lambda_4 \frac{\partial T_4}{\partial y} = \lambda \frac{\partial T}{\partial y}, \quad T_3 = T \quad x, y \in G_8, ; \quad (7)$$

$$\lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial x} = \lambda \frac{\partial T_4}{\partial x}, \quad T_3 = T_4, \quad x, y \in G_6, ; \quad (8)$$

на нижней границе области G_I — условие I рода:

$$T = T_5, \quad x, y \in G_1, , \quad (9)$$

где T_5 — естественная температура горных пород, °C.

На границах G_2 , G_5 , G_9 , G_{10} , G_{11} в силу симметричности условия II рода имеют вид:

$$\frac{\partial T_3}{\partial y} = 0, \quad x, y \in G_5, \quad \frac{\partial T_4}{\partial y} = 0, \quad x, y \in G_9, ; \quad (10)$$

$$\frac{\partial T}{\partial x} = 0, \quad x, y \in G_2, G_{11}, \quad \frac{\partial T_4}{\partial x} = 0, \quad x, y \in G_{11}. \quad (11)$$

На границах G_3 , G_4 (горные породы-шахтный воздух и целик-шахтный воздух) теплообмен происходит путем свободной конвекции.

$$\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial x} = \alpha \cdot (T_3 - T_6), \quad x, y \in G_4, \quad (12)$$

$$\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial y} = \alpha \cdot (T - T_6), \quad x, y \in G_3, \quad (13)$$

где T_6 - температура воздуха в выработке, °C; α - коэффициент теплообмена, Вт/(м²·К).

Коэффициент теплообмена зависит от температуры воздуха и температуры стенки выработки:

$$\alpha = 1,66 \cdot \sqrt[3]{|T_6 - T_7|}, \quad (14)$$

где T_7 - температура стенки выработки или целика, °C.

В начальный момент времени температура горных пород равна естественной:

$$T = T_5, \quad t = 0, \quad (15)$$

а температура целика и воды — заданной:

$$T_3 = T_6, \quad t = 0, \quad (16)$$

где T_3 — начальная температура целика, °C,

$$T_4 = T_7, \quad t = 0, \quad (17)$$

где T_7 — начальная температура воды, °C.

Система уравнений (1)–(17) решается численными методами конечных разностей.

Для оценки теплового влияния выработки, заполненной водой, на окружающие её мерзлые горные породы проведены расчеты при следующих исходных данных: высота выработки (отработанного шахтного поля) 2 м, удельная теплоемкость мерзлых пород 1210 Дж/(кг·K), талых — 1660 Дж/(кг·K), плотность их скелета 2500 кг/м³, коэффициент теплопроводности мерзлых пород 2 Вт/(м·K); талых — 1,6 Вт/(м·K); влажность 30 %, естественная температура пород -5°C, начальная температура пород целика -3°C, начальная температура воды +5°C, ширина целика 5 м.

На рис. 2 приведены температурные изолинии при ширине целика 5 м через промежутки времени в 1 год и 12 лет соответственно. Как видно из графиков, замерзание воды происходит в очень медленном темпе и весь ее объем в затопленной выработке замерзает только через 12 лет. При заполнении выработки водой сначала происходит протаивание контактного слоя мерзлых горных пород вокруг неё и барьерного целика. Из графика (рис.3) видно, что максимального значения глубина протаивания достигает через 1,5 месяца после заполнения водой и составляет примерно 0,31 м. В дальнейшем за счет преобладающего притока холода из горного массива происходит постепенное охлаждение воды и замерзание сначала талого слоя, а затем и всего объема воды начиная от границ к центру, причем при ширине породного целика 5 м этот период составляет 7 месяцев.

Рис. 2. Температурные изолинии в породном массиве, барьерном целике и водном объеме затопленной выработки

Рис. 3. Динамика глубины протаивания барьерного целика при ширине 5 м

Таким образом, по разработанной программе можно определить основные исходные данные необходимые для расчета нагрузок на барьерный целик за счет протаивания горных пород и одновременно оценить продолжительность замерзания воды в выработке.

Расчеты показывают, что при сроке эксплуатации РШ два-три года в барьерных породных целиках образуется ослабленная область мощностью 2-3 м, представленная вялой мерзлотой, в связи с чем теряется его несущая способность и поэтому в этих случаях ширину межшахтных (барьерных) целиков следует увеличивать в зависимости от объема находящейся воды и естественной температуры горных пород.

Кроме этого, математическая модель позволяет определить размеры ореолов протаивания вокруг затопленных выработок и рассчитать температурное поле окружающих горных пород, барьерного целика и толщи воды в динамике с учетом разницы начальных температур горных пород, целика и воды. Полученные данные должны учитываться при разработке превентивных мероприятий по предотвращению внезапного обрушения растепленного барьерного целика и, как следствие этого затопления действующей РШ криолитозоны.

1. Катвицкий В.В., Сытник Ю.Н., Возмитель Ю.А., Тарасов С. И., Шерстов В.А., Чугунов Ю.Д. Подземная повторная отработка самоходными машинами мерзлых техногенных россыпей // Колыма. – 1987. – №7. – С. 10 -13.
2. Каймонов М.В., Хохолов Ю.А., Курилко А.С., Необутов Г.П. Методика расчета послонного намораживания пород при формировании льдопородного массива в горных выработках // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2003. - № 9 – С. 47-49.
3. Хохолов Ю.А. Математическое моделирование тепловых процессов в горных выработках криолитозоны // Проблемы и перспективы комплексного освоения месторождений полезных ископаемых криолитозоны: Труды Межд. научн.-практ. конф.. – Якутск: Изд-во Ин-та мерзлотоведения СО РАН, 2005. – Т. 2. – С. 76-82.
4. Васильев П.Н., Курилко А.С., Хохолов Ю.А., Шерстов В.А. Тепло-вой режим угольных шахт Якутии и способы его регулирования. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2009. – 240 с.

Шихов А.И., Дунаева Е.Н.

Методы и приборы неразрушающего контроля

*Санкт-Петербургский Горный университет
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/lj-10-2018-203

idsp: 000001:lj-10-2018-203

Аннотация

В данной статье рассматриваются акустические, визуально-оптические и магнитные методы неразрушающего контроля, а также средства, применяемые для их

реализации. Кратко описываются физические явления, на которых основана работа приборов, используемых для осуществления неразрушающего контроля.

Ключевые слова: акустический контроль, дефектоскоп, метод акустической эмиссии, визуально-оптический контроль, эндоскоп, магнитные методы контроля.

В основе акустических средств контроля свойств материалов лежит связь физико-механических и акустических свойств исследуемого объекта. Для контроля структуры материала применяют эхо-импульсный метод дефектоскопии. Сущность метода заключается в том, что в деталь посылаются импульсы ультразвуковых колебаний. Пройдя через объект сигнал отражается и регистрируется приемником. В случае, если на пути ультразвукового сигнала встречается помеха – дефект, то на развертке прибора регистрируется еще один пик, сигнализирующий о наличии дефекта в детали. По величине пика и времени возврата сигнала, судят о величине и глубине дефекта. Для контроля структуры материала данным методом применяют ультразвуковой дефектоскоп «Пеленг».

С помощью измерения скорости распространения ультразвуковых колебаний так же часто проводят исследования бетонных и железобетонных конструкций, находящихся под нагрузкой. Объект контроля нагружают до нагрузки, не превышающей 50% предела прочности исследуемого материала. Скорость распространения колебаний измеряют трижды, в ненагруженном состоянии, при достижении нагрузкой 20% и 50% предела прочности материала. Далее находят разность скоростей, и с помощью графиков относительного изменения скорости распространения ультразвуковых колебаний определяют коэффициенты, с помощью которых находят максимальную нагрузку, которую может выдержать исследуемая конструкция. Одним из важнейших условий проведения контроля данным методом, является обеспечение хорошего акустического контакта преобразователя с объектом контроля, для чего, обычно, преобразователь приклеивают к конструкции легкоплавкой смесью парафина.

Еще одним методом, основанным на связи акустических и физико-механических свойств материала, является метод акустической эмиссии. Акустическая эмиссия – это явление, суть которого заключается в генерации упругих волн в твердых телах при их деформации. Данный метод широко применяется в шахтном и подземном строительстве, при заполнениях водой водохранилищ, а также в машиностроении и металлургии. Физической основой, метода контроля акустической эмиссией, является эффект Кайзера. При повторном нагружении, объекта контроля, акустическая эмиссия не проявляется вплоть до момента достижения максимальных напряжений, достигнутых в первом цикле нагружения.

Для обнаружения поверхностных дефектов, крупных трещин и отклонений формы образца от эталонной применяют визуально-оптические методы контроля. Это наиболее простые, с точки зрения используемого оборудования, и доступности методы неразрушающего контроля. При расположении объекта контроля вблизи дефектоскописта, на расстоянии не более 250 мм, для осуществления контроля применяют лупы и микроскопы. Данные приборы позволяют обнаружить непровары, различные трещины и дефекты лакокрасочных покрытий. Так же с помощью лупы и микроскопа может выполняться анализ характера дефектов. При небольшом различии увеличительной способности применяемых луп и микроскопов, главным преимуществом микроскопа является качество получаемого изображения и большее фокусное расстояние. Для контроля закрытых деталей или деталей трубчатой формы применяют эндоскопы. Так же применяются гибкие телескопические приборы, состоящие из наборов стекловолокон, главным элементом которых является световод, являющийся сердечником из оптического стекла с высоким коэффициентом преломления и оболочкой так же состоящей из оптического стекла, но с меньшим

коэффициентом преломления. Главным преимуществом таких приборов, является возможность передачи световой энергии по криволинейным каналам.

При необходимости исследования объектов, состоящих из ферромагнитных материалов, применяются магнитные методы неразрушающего контроля. Одной из важнейших магнитных характеристик ферромагнетиков является петля гистерезиса. Для ее определения применяют баллистический метод магнитного неразрушающего контроля. Основан он на измерении гальванометром количества электричества, индуцируемого в измерительной катушке при быстром изменении сцепленного с ней магнитного потока. Физической основой для магнитных дефектоскопов является эффект Холла, то есть явление возникновения поперечной ЭДС в полупроводнике, помещенном в магнитном поле. Датчик Холла располагают между полюсов магнита, который используют для намагничивания контролируемой детали, на центральной оси преобразователя. Далее, путем сканирования детали с записью и расшифровкой информации полей рассеивания, проводится исследование объекта контроля.

1. Бирюкова Н.П. Система неразрушающего контроля. Виды и технологии неразрушающего контроля. Термины и определения. Москва, 2003.
2. Ключев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика. Москва, 2005.
3. Лавров А.В., Шкурятник В.Л., Филимонов Ю.Л. Акусто-эмиссионный эффект памяти в горных породах. Москва 2004.

[illegible]

[illegible]

Научный журнал

**Тенденции науки и образования в современном мире
№43, 10.2018**

Октябрь 2018 г.
Часть 8

SPLN 001-000001-0353-LJ

Подписано в печать 16.11.2018. Тираж 400 экз.
Формат.60x841/16. Объем уч.-изд. л.5,06
Бумага офсетная. Печать оперативная.
Отпечатано в типографии НИЦ «Л-Журнал»
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович