СТАРООСКОЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. А.А. УГАРОВА

МИСиС

XIV ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

«Современные проблемы горно-металлургического комплекса.
Наука и производство»

I ТОМ

23–24 ноября 2017 г.
г. Старый Оскол

Министерство образования и науки Российской Федерации
Старооскольский технологический институт им.А.А. Угарова
(филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство

Материалы

Четырнадцатой Всероссийской научно-практической конференции, с международным участием

ТОМ I

23-24 ноября 2017 г.

г. Старый Оскол

УДК 622: 669
ББК 33: 34.3
С 568

Редакционная коллегия:

Еременко Юрий Иванович – декан факультета автоматизации и информационных технологий, зав. кафедрой АИСУ СТИ НИТУ «МИСиС», проф., д.т.н.

Ильичева Елена Вячеславовна – зам. директора по учебно-методической работе СТИ НИТУ «МИСиС», проф., д.э.н.

Демьяненко Маргарита Сергеевна – декан инженерно-экономического факультета СТИ НИТУ «МИСиС», доц., к.э.н.

Крахт Людмила Николаевна – зав. кафедрой химии и физики СТИ НИТУ «МИСиС», проф., к.т.н.

Кожухов Алексей Александрович – декан горного факультета, зав. кафедрой ММ им. С.П. Угаровой СТИ НИТУ «МИСиС», доц., д.т.н.

Макаров Алексей Владимирович – зав. кафедрой ТОММ им. В.Б. Крахта СТИ НИТУ «МИСиС», доц., к.т.н.

Рецензенты:

Еременко Юрий Иванович – декан факультета автоматизации и информационных технологий, зав. кафедрой АИСУ СТИ НИТУ «МИСиС», проф., д.т.н.

Ильичева Елена Вячеславовна – зам. директора по учебно-методической работе СТИ НИТУ «МИСиС», проф., д.э.н.

Демьяненко Маргарита Сергеевна – декан инженерно-экономического факультета СТИ НИТУ «МИСиС», доц., к.э.н.

Крахт Людмила Николаевна – зав. кафедрой химии и физики СТИ НИТУ «МИСиС», проф., к.т.н.

Кожухов Алексей Александрович – декан горного факультета, зав. кафедрой ММ им. С.П. Угаровой СТИ НИТУ «МИСиС», доц., д.т.н.

Макаров Алексей Владимирович – зав. кафедрой ТОММ им. В.Б. Крахта СТИ НИТУ «МИСиС», доц., к.т.н.

С568 Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: материалы Четырнадцатой Всероссийской научно-практической конференции, Том I, 23-24 ноября 2017 г. / редколлегия: Ю.И. Еременко, Е.В. Ильичева, Л.Н. Крахт, А.А. Кожухов, А.В. Макаров, М.С. Демьяненко – Старый Оскол, 2017. – 345 с.

Сборник материалов Четырнадцатой Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство»

Материалы публикуются в авторской редакции.

УДК 622: 669
ББК 33: 34.3

СЕКЦИЯ: МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ, РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 681.518.5

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Башкатов Р.В., Ермолаев Д.В.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС», Россия, г. Старый Оскол

Bashkatov113@bk.ru, +7(904) 081-18-88,

walkman550@mail.ru, +7(919) 285-89-09

Аннотация. *В статье рассматривается практика применения внедрения энергосберегающей системы освещения.*

Ключевые слова: *освещение; горное производство; энергосбережение.*

EFFICIENCY OF INTRODUCTION OF ENERGY-SAVING LIGHTING SYSTEM IN CONDITIONS OF MINING PRODUCTION

Bashkatov R., Ermolaev D.

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

Abstract. *In this article, practice of implementing an energy-efficient lighting system.*

Keywords: *lighting; mining production; energy saving.*

Лебединский ГОК сегодня - это крупнейшее в России и мире предприятие по производству высококачественного железорудного сырья для металлургии. Единственное предприятие в России, которое производит железорудный концентрат с массовой долей железа более 70% для технологии прямого восстановления железа.

Комбинат имеет устойчивые связи с потребителями железорудной продукции, завоевывает стабильные рынки сбыта. Потребителями ЛГОКа являются Магнитогорский, Челябинский, Западно-Сибирский, Карагандинский, Липецкий, ОЭМК и другие комбинаты. Большой объем продукции идет на экспорт.

Масштабы производства карьера ЛГОКа требуют огромных электроэнергетических затрат, поэтому стабильная работа основного технологического оборудования обеспечивается надежной и правильно спроектированной системой электроснабжения.

В связи со значительным ростом цен на энергоносители и комплектующие материалы для обеспечения конкурентоспособности выпускаемой продукции первоочередной задачей становится снижение расхода электроэнергиию, а также обеспечение надежного и бесперебойного снабжения подразделений, дочерних обществ и сторонних потребителей всеми видами энергоресурсов.

Под энергосбережением понимается комплекс мероприятий, направленных на экономию средств организации, которые расходуются на оплату энергоносителей за счет организационно-технических мероприятий и внедрения современных энергоэффективных технологий. Повышение энергоэффективности, в большинстве случаев, связано с необходимостью модернизации инфраструктуры предприятия.

Энергетические затраты по оценке экономистов составляют от 3% до 10% и более. Наибольший удельный вес в энергетических затратах имеет электрическая энергия, как самая дешевая и удобная в использовании. Общий расход электроэнергии на горном предприятии можно разделить на две части:

1) потребляется технологическим оборудованием: шахтным или карьерным оборудованием; зависит от объемов производства (добыча руды);

2) производство сжатого воздуха: вентиляция горных выработок, водоотлив, освещение горных выработок, не зависит от объемов производства (добыча руды).

Снижение затрат на эксплуатацию системы освещения будет достигаться за счет:

1) исключения затрат на покупку и замену ламп КГ – 5000 и КГ – 10000;
2) уменьшения потребления электроэнергии на одну светоточку;
3) снижение затрат на электроэнергию и себестоимости грузоперевозок.

В качестве альтернативы действующим осветительным приборам предлагается покупка и установка светодиодных прожекторов. Рассмотрим преимущества светодиодного оборудования на примере Philips MVP507 1xMHN FC2000W/400V/740 NB/62 (1000) .

К преимуществам светодиодных источников света относятся:

- экономичность;
- долговечность;
- безопасность использования.

Светодиодные прожекторы Philips MVP507 позволяют экономить от 20 до 80% потребляемой электроэнергии, поэтому их установка - это отличное решение по оптимизации затрат и энергосбережению.

Кроме того, у светодиодных прожекторов Philips Philips MVP507 гарантийные сроки

эксплуатации от 50 до 70 тысяч часов, срок эксплуатации - до 5 лет.

Безопасность обеспечивается благодаря особенностям конструкции. Светодиоды лишены хрупких деталей вроде стеклянной колбы, без которой немыслимы галогенные или газоразрядные лампы, что делает их гораздо более устойчивыми к механическим повреждениям и позволяет расширить область использования. Кроме того, технология производства светодиодов исключает использование вредных химических веществ наподобие ртути.

Вместе с тем, у них есть возможность интеграции в различные управляющие системы. Светодиодные прожекторы применяются там, где нужно осветить большие пространства – железнодорожные станции, морские порты и платформы, цеха промышленных предприятий.

Тип оптики или рефлекторов светодиодных прожекторов зависит от выполняемых задач. В подсветке, как правило, используются фокусирующие оптические системы от 8 до 30 градусов, что позволяет создать узконаправленный пучок света, способный подчеркнуть нужные линии освещаемого объекта. При этом, в освещении обширных территорий (складов, технических зон, железнодорожных станций) рефлекторы или вторичная оптика светодиодных прожекторов имеют гораздо больший угол рассеивания света – от 90 до 120 градусов.

Кроме того, с учетом принятых стандартов светобиологической безопасности, светодиодные источники света (в том числе и светодиодные прожекторы), изготовленные с соблюдением технических норм и правил. Это позволяет их использовать в качестве промышленных осветительных устройств без существенных экономических затрат на замену светового оборудования и его установку.

Таким образом, рекомендуется замена старых галогеновых или ртутных ламп на современные светодиодные установки.

Список литературы

1. Бурман А.П. Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем: учебное пособие / А.П. Бурман, Ю.К. Розанов, Ю.Г. Шакорян. – М.: Издательский дом МЭИ, 2012.

2. Операторы коммерческого учета на рынке электроэнергии. Технология и организация деятельности: производств.-практ. пособие / Л.К. Осика. – М.: Изд-во Нц ЭНАС, 2007.

УДК 536.2:51-74

ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРНОГО СОСТОЯНИЯ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ ПРИ ЗАСОРЕНИИ ФОРСУНОК ЗОНЫ ВТОРИЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Бирюков А.Б.[1], Иванова А.А.[2], Сафьянц С.М.[1]

[1] ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет» (Донецк), birukov.ttf@gmail.com

[2] ГУ «Институт прикладной математики и механики» (Донецк), ivanova.iamm@mail.ru

83048, Донецк, ул. Розы Люксембург, 74, тел. +38(062)3110436

Аннотация. *Предложено выполнять оценку температурного состояния заготовки, формирующейся в условиях засорения ряда форсунок, при помощи прогнозной математической модели. При наличии сигнала о появлении засоренных форсунок их номера определяются при помощи средств телеметрии, а затем эта информация используется для дифференцированного задания граничных условий теплообмена. На основании полученных результатов выполняется анализ характеристик температурного поля заготовки, формирующейся в нештатных условиях.*

Ключевые слова: *МНЛЗ; зона вторичного охлаждения; форсунка; засорение форсунок; диагностика; температурное поле; прогнозная математическая модель.*

EVALUATION OF THE TEMPERATURE STATE OF CONTINUOUS INGOT UNDER CLOGGING OF SOME NOZZLES OF THE SECONDARY COOLING ZONE

Biryukov A.B.[1], Ivanova A.A.[2], Safyants S.M.[1]

[1] SEE HPE «Donetsk national technical university» (Donetsk), birukov.ttf@gmail.com

[2] SI «Institute of Applied Mathematics and Mechanics»(Donetsk), ivanova.iamm@mail.ru

Abstract. *It is proposed to perform an assessment of the temperature state of the ingot formed in the conditions of a clogging of a number of nozzles, using a predictive mathematical model. In the presence of a signal about the appearance of clogged nozzles, their numbers are determined by means of telemetry, and then this information is used for differentiating the boundary conditions of the heat exchange. Based on the results obtained, the analysis of the characteristics of the temperature field of the ingot formed in abnormal conditions is performed.*

Key words: *CCM; zone of secondary cooling; nozzle; clogging of nozzles; diagnostics; temperature field; predictive mathematical model.*

Введение. Вопросы диагностики теплотехнических параметров работы МНЛЗ и прогнозирования температурного состояния металла и элементов работы оборудования в нештатных ситуациях играют всё большую роль [1]. В зоне вторичного охлаждения (ЗВО)

одной из наиболее распространенных нештатных ситуаций является засорение форсунок. Такая ситуация является более вероятной при использовании систем чисто водяного охлаждения (как на большинстве сортовых МНЛЗ) и выполнении всей водяной разводки из трубных марок стали. В работе [2] созданы аналитические расчетные зависимости, позволяющие прогнозировать количество открытых и засоренных форсунок сектора в зависимости от текущего расхода жидкости и давления, устанавливаемого регулятором для ее прокачивания. Наличие такой информации не является достаточным для окончательного решения вопроса о возможности продолжения разливки или необходимости её остановки. Разработка [2] указывает на количество засоренных форсунок в каждом секторе, однако не отвечает на вопрос какие конкретно это форсунки, а главное не даёт ответа на вопрос о температурном состоянии заготовки в сложившейся нештатной ситуации.

Постановка задачи исследования. Целью данной работы является создание научного инструментария, который на базе информации о количестве засоренных форсунок позволял бы оценивать температурное поле непрерывнолитой заготовки, формирующейся в условиях нештатной ситуации.

Изложение основных материалов. Самым эффективным инструментом для решения поставленной задачи является метод математического моделирования. Известно множество подходов к решению задачи формирования непрерывнолитой заготовки с учетом отвода теплоты затвердевания. В данной работе использован подход, базирующийся на решении задачи Стефана для определения положения двухфазной зоны [3].

Для описания температурного состояния расчётного поперечного сечения сортовой заготовки, движущейся вдоль продольной оси МНЛЗ со скоростью вытягивания, используется следующая запись дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности в двухмерной постановке:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{1}{c(t)\rho(t)} \cdot \left\{ \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda(t) \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda(t) \frac{\partial t}{\partial y} \right) \right\}, \qquad (1)$$

где τ – время; $t(\tau, x, y)$ – температура; $c(t)$ – удельная теплоёмкость; $\rho(t)$ – плотность; $\lambda(t)$ – теплопроводность разливаемого металла. Предполагается, что распределение температуры симметрично относительно центральных продольных сечений слитка параллельных граням.

Положение ликвидуса *l* задаётся условием Стефана:

$$\lambda(t)\frac{\partial t}{\partial \overline{n}}\bigg|_{l_-} - \lambda(t)\frac{\partial t}{\partial \overline{n}}\bigg|_{l_+} = \mu_l \rho_l \frac{\partial l}{\partial \tau}, \qquad (2)$$

где $\overline{n}$ – нормаль к линии ликвидус; μ_l – часть скрытой теплоты кристаллизации, выделяющаяся на фронте ликвидуса, ρ_l – плотность при температуре ликвидуса.

Положение солидуса *s* задаётся условием:

$$\lambda(t)\frac{\partial t}{\partial \overline{n}}\bigg|_{s_-} - \lambda(t)\frac{\partial t}{\partial \overline{n}}\bigg|_{s_+} = \mu_s \rho_s \frac{\partial s}{\partial \tau}, \qquad (3)$$

где $\overline{n}$ – нормаль к линии солидус; $\mu_s = \mu - \mu_l$, μ – скрытая теплота кристаллизации для данного вещества, ρ_l – плотность при температуре солидуса.

Граничные условия для слитка в кристаллизаторе формулируются с учетом наличия зазора между поверхностью слитка и стенками кристаллизатора:

$$\lambda(t)\frac{\partial t}{\partial x}\bigg|_{x=l} = \frac{\lambda_g}{\delta_g}\left(t\big|_{x=l+\delta_g} - t\big|_{x=l}\right) + C_n\left[\left(\frac{t\big|_{x=l+\delta_g}}{100}\right)^4 - \left(\frac{t\big|_{x=l}}{100}\right)^4\right], \qquad (4)$$

где λ_g – эффективный коэффициент теплопроводности смеси гарниссажа и воздуха в зазоре; $x = l$ – координата, соответствующая поверхности слитка; $t\big|_{x=l}$, $t\big|_{x=l+\delta_g}$ – температура поверхностей слитка и кристаллизатора соответственно; δ_g – эффективная толщина зазора, C_n – приведённый коэффициент излучения. Аналогично задаются граничные условия на поверхности $y = l$. Температура стенки кристаллизатора рассчитывается по нестационарному уравнению теплопроводности с граничными условиями теплоотдачи к охлаждающей воде в каналах кристаллизатора [4].

Для задания граничных условий теплообмена на поверхности заготовки в ЗВО использован дифференцированный подход, позволяющий учесть эффект засорения любой форсунки (форсунок):

$$-\lambda(t)\frac{\partial t}{\partial x}\bigg|_{x=l} = \alpha(\tau, z, \vec{d}, \vec{k}, \vec{G}(\tau), \vec{P})(t_{Am} - t\big|_{x=l}) + C_m(t_{Am}^4 - (t\big|_{x=l})^4) \qquad (5)$$

где $\alpha(\tau, z, \vec{d}, \vec{k}, \vec{G}(\tau), \vec{P})$ – коэффициент конвективной теплоотдачи на поверхности слитка (под факелом форсунки имеет параболическое распределение); C_m и t_{Am} – соответственно, приведённый коэффициент излучения на поверхности слитка и температура окружающей среды в m-й секции ЗВО; z – координата соответствующая расстоянию вдоль слитка от мениска; $\vec{d}$ – вектор, задающий типы форсунок; $\vec{k}$ – координаты форсунок; $\vec{G}(\tau)$ – расходы воды через форсунки (если форсунка отключена, то соответствующая компонента вектора равна нулю); $\vec{P}$ – давление воды перед форсунками.

Также в рамках постановки задачи заданы начальные условия для поля температур и положения границы фазового перехода. Нелинейная краевая задача решается методом конечных разностей.

Было проведено моделирование для сортовой заготовки с размерами поперечного сечения 150х150 мм. В расчётах принята высота слитка внутри кристаллизатора 0,862 м, скорость разливки 3,5 м/мин. Параметры зоны вторичного охлаждения представлены в табл.1. Величины, входящие в выражения (4) и (5), заданы исходя из рабочих характеристик сортовых МНЛЗ одного из металлургических предприятий Донбасса.

Таблица 1 - Параметры секций ЗВО

номер секции	1	2	3	4	5
длина, мм	399	1762	1981	2179	967
число форсунок на каждой грани заготовки	4	11	9	9	4

Для задания граничных условий теплообмена на поверхности заготовки в ЗВО в конкретной нештатной ситуации необходимо знать, какие именно форсунки засорены. Для решения этой задачи предлагается использовать телеметрический метод, при котором в бункере вторичного охлаждения размещен ряд видеокамер в защищенном исполнении, позволяющих выполнить осмотр поверхности заготовок и визуально определить номера засоренных форсунок. Таким образом, анализ напорно-расходной характеристики [2] выполняется в режиме реального времени; при идентификации нештатной ситуации оператор с пульта управления может через камеры выполнить осмотр поверхности заготовки

в ЗВО, выявить номера засоренных форсунок, задать их в прогнозную модель и оценить температурное поле формирующейся заготовки.

На рис. 1 представлены результаты, полученные при помощи прогнозной модели для случая, когда на одной из граней во 2-ом секторе полностью засорены 8-я и 9-я форсунки.

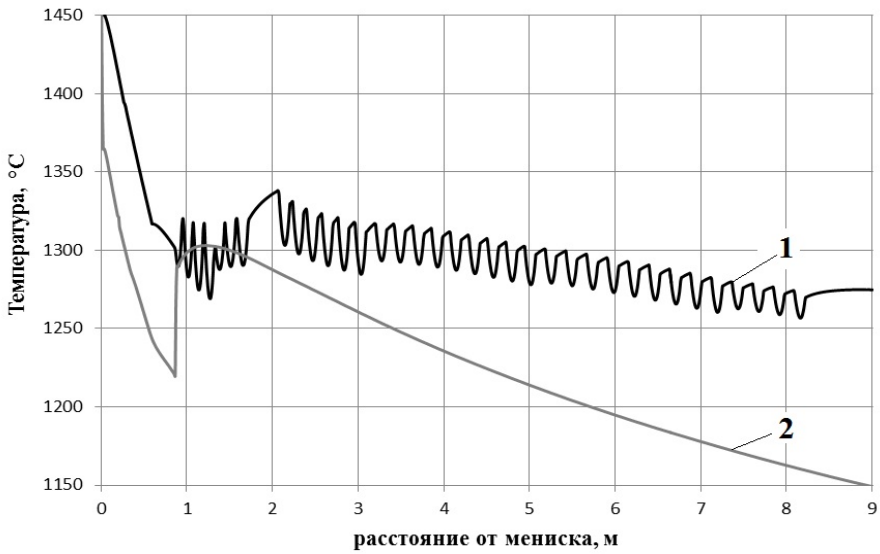


Рис. 1 – Распределение температуры вдоль слитка в случае засорения 8-й и 9-й форсунок. 1 – температура центра грани, 2 – температура угла.

На рис 2. выполнено одновременное построение характерных температур на поверхности грани заготовки для обозначенного случая засорения двух форсунок и номинальных условий формирования заготовки. Как видно из рис. 2 температура в центре грани под неработающими форсунками увеличивается примерно на 20°С, остаточное повышение температуры при переходе в зону свободного охлаждения составляет порядка 2°С. На основании анализа характеристик температурного поля заготовки, формирующейся в условиях засорения ряда форсунок, в каждом конкретном случае принимается решение о возможности продолжения разливки или необходимости останова ручья.

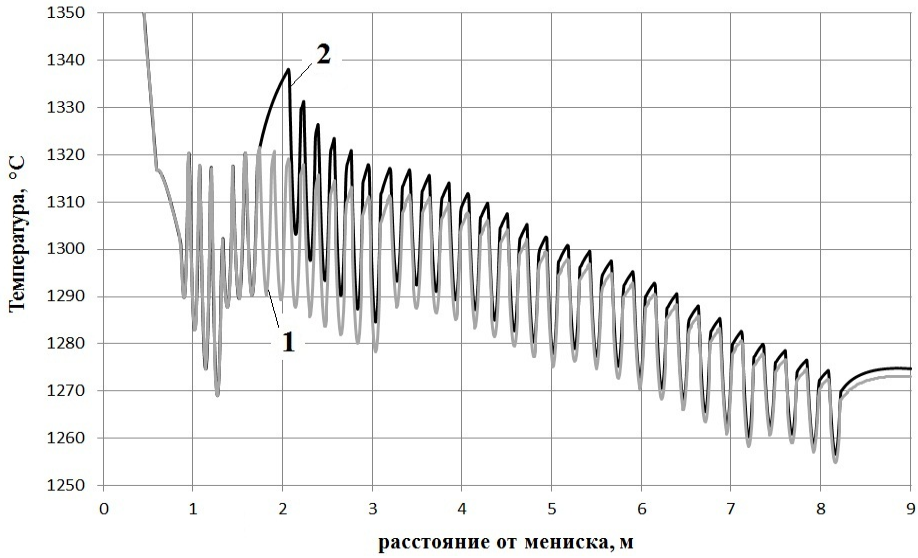


Рис. 2 – Температура центра грани слитка для случаев штатной работы (1) и отключённых 8-й и 9-й форсунок (2).

Выводы. В продолжение разработки по оперативной диагностике гидравлического состояния секторов ЗВО создан подход для оценки температурного состояния непрерывнолитой заготовки, формирующейся в условиях засорения ряда форсунок. Определение номеров засоренных форсунок предложено провести средствами телеметрии. Эти результаты используются при задании граничных условий теплообмена на поверхности заготовки в ЗВО в прогнозной математической модели. Проиллюстрирована эффективность такого подхода для определения основных характеристик температурного поля заготовки и их сравнения со случаем, когда заготовка формируется в номинальных условиях.

Список литературы

1. Бирюков А.Б. Теплотехника непрерывной разливки стали и тепловой обработки заготовок. – Saarbrücken: LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 444 с.

2. Бирюков А.Б. Совершенствование метода диагностики гидравлического состояния секторов вторичного охлаждения МНЛЗ. Металл и литье Украины. – 2015.– №3.– С. 1-4.

3. Иванова А.А., Курганский А. Н. Математическое моделирование положения двухфазной зоны в непрерывнолитом слитке. Труды XV Минского международного форума по тепломассообмену, Минск, 2016. С. 331-334.

4. Ткаченко В. Н., Иванова А. А., Красников А. Л., Ткаченко А. В., Чернышев Н. Н. Параметрическая идентификация, анализ и синтез систем управления технологическими

процессами. – Славянск: Изд-во ИПММ НАНУ, 2016. – 525с.

УДК 621.771:004.18

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ СОРТОВЫХ ЗАГОТОВОК НА СТАДИИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Богадевич Д.И., Сотников Ф.Ю., Постникова А.В.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС», Россия, г. Старый Оскол

olov95@yandex.ru

Аннотация. *Представлен анализ подходов к управлению качеством непрерывнолитых сортовых заготовок на стадии кристаллизации в технологической линии машины непрерывного литья заготовок. На основе рассмотренных перспективных методов «мягкого» обжатия намечены последующие пути развития процесса деформирования непрерывнолитых заготовок на стадии неполной кристаллизации с использованием методов управления качеством.*

Ключевые слова: *непрерывнолитая заготовка, «мягкое» обжатие, деформация, МНЛЗ, управление качеством.*

THE ANALYSIS OF APPROACHES TO QUALITY MANAGEMENT OF CONCAST BILLETS AT THE STAGE OF CRYSTALLIZATION

Bogadevich D.I., Sotnikov F.Ju., Postnikova A.V.

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

Abstract. *The analysis of approaches to the management of quality continuous cast billets at the stage of crystallization in production line of continuous casting machine billet is presented. Based on the promising methods of "soft" reduction of the planned subsequent development of process of deformation of continuously cast billets on the stage of incomplete crystallization using the methods of quality management.*

Key words: *concast billet, soft reduction, deformation, CCM, quality management.*

Вопросы управления качеством прокатной продукции, производимой из непрерывнолитого металла следует рассматривать неразрывно в цепочке МНЛЗ - прокатный стан. Особенно это актуально в случае совмещения МНЛЗ и прокатного стана в единый непрерывно действующий агрегат [1-4]. Использовании схемы с прямой прокаткой,

исключающей устранение дефектов на стыке между МНЛЗ и прокатным станом, становиться крайне затруднительным без внедрения системы мониторинга качества отливаемой заготовки в реальном масштабе времени с использованием современного программного обеспечения [5]. Управление качеством непрерывнолитой заготовки возможно в следующих местах (рис. 1):

1) кристаллизатор и зона вторичного охлаждения [6];
2) блок редуцирующих клетей;
3) первые клети обжимной группы сортового стана.

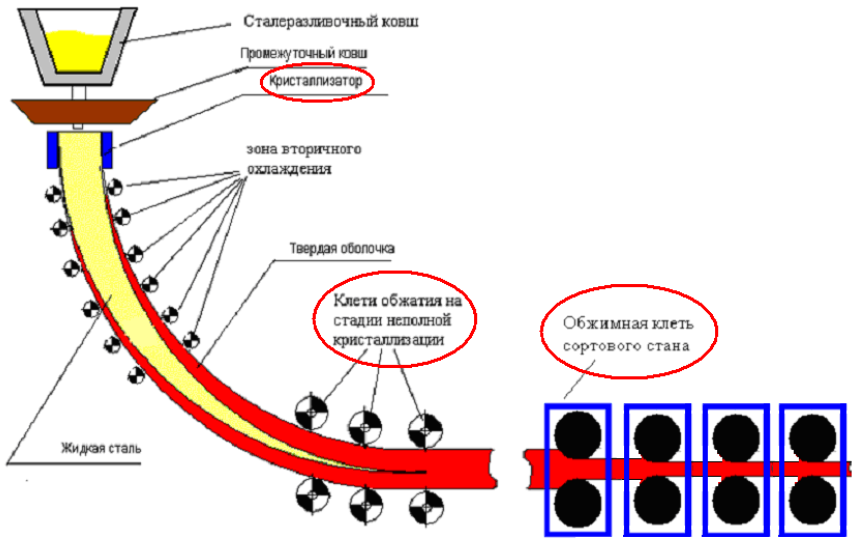


Рис. 1 – Возможные места управления качеством непрерывнолитой сортовой заготовки в интегрированном технологическом потоке “МНЛЗ – сортовой прокатный стан”

В зоне деформирования на стадии неполной кристаллизации происходит управление качеством непрерывнолитой сортовой заготовки с использованием процесса «мягкого» обжатия, который позволяет устранить дефекты осевой части сортовой непрерывнолитой заготовки. Управление качеством непрерывнолитой заготовки в процессе её деформирования в первых проходах обжимной группы клетей позволяет устранить дефекты осевой части сортовой непрерывнолитой заготовки и искажения формы поперечного сечения. Среди основных путей управления качеством непрерывнолитой заготовки можно выделить приведенные на рис. 2.

Однако к недостаткам данных методов можно отнести то, что они решают только определенную задачу на конкретном этапе и для решения всего комплекса возникающих проблем понадобится серия операций, что существенно увеличит себестоимость продукции.

Поэтому вопрос совмещения нескольких операций по управлению качеством в одном агрегате носит актуальный характер.

В рамках дальнейшего совершенствования классической схемы деформирования непрерывнолитой сортовой заготовки на стадии неполной кристаллизации можно выделить следующие основные направления усовершенствования: изменение направления приложения внешнего деформационного воздействия; совершенствование геометрии рабочего инструмента; изменение формы поперечного сечения отливаемой заготовки [7, 8].

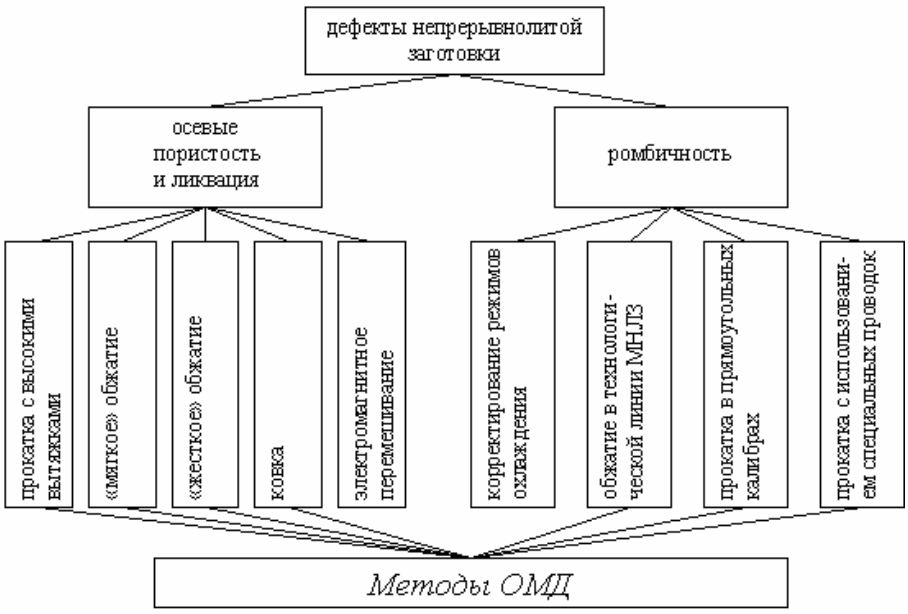
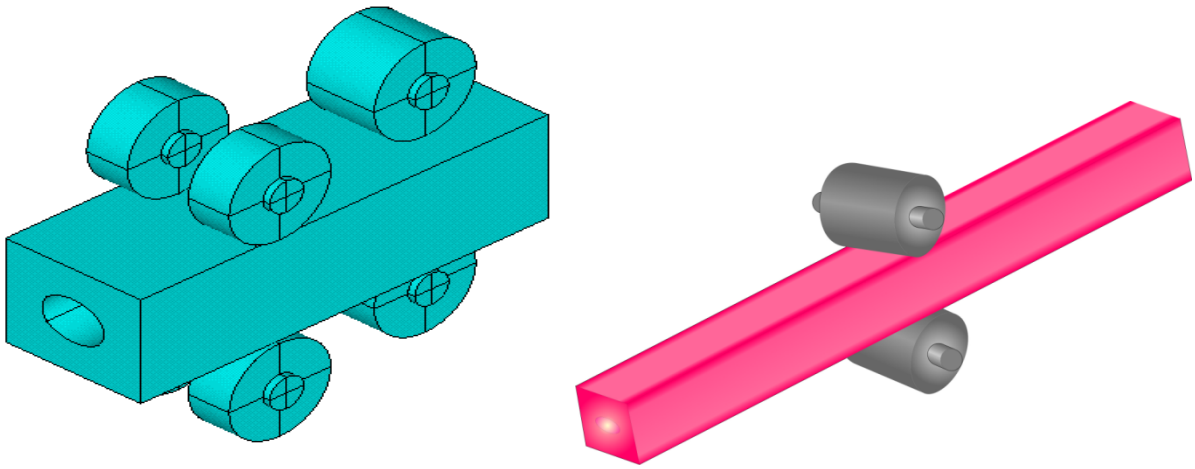


Рис. 2 – Методы управления качеством непрерывнолитой заготовки

Для получения наибольшей эффективности процесса необходимо, чтобы как можно большая часть деформации, приложенной к поверхности непрерывнолитой заготовки, проникла к его сердцевине, т.е жидко-твердой фазе. С этой целью разработан новый способ двухстадийного деформирования непрерывнолитых сортовых заготовок прямоугольного сечения на стадии неполной кристаллизации [9], схема которого приведена на рис. 3, а).

В соответствии со способом предложено разделить один этап деформирования на две стадии [10]. Причем на первой стадии обжимают центральные участки непрерывнолитой заготовки профилированными валковыми парами первого ряда на ширине, которая равняется 80...90% от ширины жидкой фазы со степенью деформации ε=0,6...1,2%, а на второй стадии обжимают раньше недеформированные краевые участки гладкими валковыми парами второго ряда с перекрытием по ширине грани со степенью деформации ε=0,8...1,4%. К

недостатку этого способа можно отнести невозможность изменения ширины обжимаемого центрального участка непрерывнолитой заготовки если в этом возникнет необходимость в случае изменения параметров разливки.



а) б)

Рис. 3 – Схема реализации двухстадийного деформирования непрерывнолитых сортовых заготовок на стадии неполной кристаллизации: а) в соосных валках, б) в скрещенных валках

Поэтому было предложено обжатие заготовки осуществлять в клетях, последовательно расположенных в зоне окончательного затвердевания, за два этапа, при этом на первом этапе блюм или заготовку обжимают смещенными один относительно второго в горизонтальной плоскости на угол 2-6° валками первого ряда, причем центральные участки на их ширине, которая равняется ширине жидкой фазы, обжимают со степенью деформации 0,6-1,2% и конечные участки - со степенью деформации не меньше чем 50% от центральных, а на втором этапе обжимают указанные раньше, частично деформированные конечные участки цилиндрическими валками второго ряда со степенью деформации, которая равняется разнице между деформацией центральных и конечных участков на первом этапе (рис. 3, б). [11, 12].

Несмотря на повышение проникновения деформации в осевую зону непрерывнолитой заготовки оба эти способа имеют недостаток в виде возможности возникновения поверхностных дефектов из-за растягивающих напряжений, возникающих вследствие дифференцированного обжатия по ширине.

Данного недостатка лишен способ (рис. 4) предусматривающий обжатие непрерывнолитой сортовой заготовки в жидко-твердом состоянии, включающий обжатие заготовки, имеющей начальную высоту h сечения, в два этапа в клетях, последовательно расположенных по ее длине в зоне окончательного затвердевания, причем на первом этапе заготовку при соотношении высоты h сечения к диаметру валков D в пределах h/D=0,285÷0,429 последовательно циклично обжимают со степенью относительной деформации ε=0,5÷2,5% валками первой клети, установленными с эксцентриситетом e при соотношении e/h=–(0,0066÷0,025), а затем ликвидируют начальный гребень валками второй клети, которые имеют эксцентриситет противоположного знака при соотношении e/h=+(0,0066÷0,025), а на втором этапе обжимают образованные остаточные цикличные наплывы валками третьей и четвертой клети со ступенью деформации, которая не меньше или равняется разнице между высотой выступов и впадин деформированной на первом этапе заготовки [13, 14].

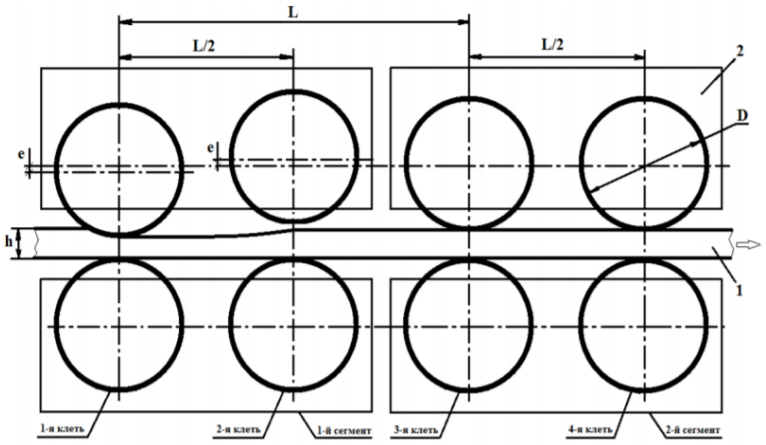


Рис. 4 – Способ циклического «мягкого» обжатия непрерывнолитой сортовой заготовки

Вывод. В целом, выполненный анализ показывает, что в рамках каждой из групп факторов управляющих воздействий необходимо присутствие таких технологических приемов, которые позволят в итоге получить заготовку востребованного качества не только по параметрам макроструктуры, но и по форме поперечного сечения, причем производить данные операции целесообразно в одном агрегате.

Список литературы

1. Скляр В.А., Горожанкин А.С. Расчетное исследование динамики формирования закристаллизовавшейся составляющей блюма // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство материалы тринадцатой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. - 2016. - С. 114-119.

2. Минаев А.А., Лубенец А.Н., Смирнов Е.Н. и др. Высокоэффективные технологические схемы и интеграция -основа повышения качества проката ответственного назначения//Металл и литье Украины. 2002. № 7/8. С. 35-37.

3. Смирнов Е.Н. Напряженное состояние непрерывнолитых блюмов при их деформировании в процессе непрерывнолитого литья // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія: Машинобудування,.2010. - № 60. - С. 138-141.

4. Смирнов Е.Н., Скляр В.А., Белевитин В.А., Шмыгля Р.А., Смирнов О.Е. Развитие подходов к исследованию на физических моделях механизмов «залечивания» дефектов сплошностиосевой зоны непрерывнолитой заготовки // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия, 2016. - Т. 59. - № 5. - С. 322-327.

5. Скляр В.А., Сотников Ф.Ю. Численное моделирование теплового состояния непрерывнолитых слитков в двухфазном состоянии // В сборнике: Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство материалы тринадцатой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 2016. - С. 132-139.

6. Смирнов А.Н., Куберский С.В., Смирнов Е.Н., Верзилов А.П., Максаев Е.Н. Влияние колебаний зеркала металла в кристаллизаторе на формирование твердой корочки при разливке слябов // Сталь, 2017. - № 7. - С. 10-14.

7. Анализ особенностей и пути совершенствования конструкций тянуще-правильных машин сортовых МНЛЗ Ручко В.Н., Смирнов Е.Н. Металлургические процессы и оборудование. 2011. № 2. С. 32-39.

8. Смирнов Е. Н., Ручко В.Н., Скляр В. А., Соболь А.Г. Исследование влияния фактора взаимного расположения участков «изгиба и правки» и «мягкого» обжатия на напряженно-деформированное состояние непрерывнолитой заготовки // Современные проблемы электрометаллургии стали: Материалы XVII международной конференции . Челябинск, 2017. – Ч. 2. – С. 52-56.

9. Смирнов Е.Н., Смирнов А.Н., Скляр В.А. и др. Пат. 75537. UA, МПК B 22 D 11/12, Спосіб обтиснення безперервнолитих блюмів та заготовок у рідко-твердому стані, 2006. - Бюл. № 4 - 4 с.

10. Smirnov Y., Sklyar V. Features of deformation of partly crystallization blooms at their two-stage soft reduction // Materials Science Forum, 2012. - T. 704-705. - C. 1-5.

11. Смирнов Е.Н., Смирнов А.Н., Скляр В.А. и др. Пат. 89961. UA, МПК B 22 D 11/12, Спосіб обтиснення безперервнолитого блюма або заготовки у рідкотвердому стані, 2010. - Бюл. № 6 - 4 с.

12. Smyrnov, Y.N. Physical and Computer modeling of new soft reduction Process of continuously cast blooms / Y.N. Smyrnov, V.A. Belevitin и др. //Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2015. - 50. - № 6. - P.12-17.

13. Мазур И.П., Смирнов Е.Н., Ручко В.Н., Черкашина Т.И., Демченко Д.О., Астахов А.А. Патент RU № 2511130 C2. Способ обжатия непрерывнолитой сортовой заготовки в жидко-твердом состоянии. Опубл. 10.04.2014. Бюл. № 10.

14. Смирнов Е.Н., Ручкó В.Н., Коваленко С.А., Скляр В.А. Моделирование НДС непрерывнолитой сортовой заготовки в тянуще-правильной машине МНЛЗ // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство. Материалы тринадцатой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. - 2016. - С. 139-146.

УДК 681.518.5

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АО «ЛЕБЕДИНСКИЙ ГОК» С ВНЕДРЕНИЕМ СРЕДСТВ СЕТЕВОЙ АВТОМАТИКИ АВР НА ПОНИЖАЮЩЕЙ ПОДСТАНЦИИ

Бойков М.О., Ермолаев Д.В.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС», Россия, г. Старый Оскол

boickov.mihail2010@yandex.ru, +7(951) 145 53 17

walkman550@mail.ru, +7(919) 285-89-09

Аннотация. *В статье говорится о том, что в условиях эксплуатации систем электроснабжения возможны повреждения отдельных элементов (источники питания, линии электропередач, ГПП, распределительные пункты и т.д.). Рассмотрены современные устройства сетевой автоматики АВР.*

Ключевые слова: *АВР; система электроснабжения; карьер; ГПП; устройства автоматики*

DESIGNING THE POWER SUPPLY FOR JSC "LEBEDINSKY GOK" WITH THE INTRODUCTION OF NETWORK-AVTOMATIKI ATS STEPDOWN SUBSTATION

Boykov M.O., Ermolaev D.V.

StaryOskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, StaryOskol

Abstract. *The article says that in the conditions of possible damage to the individual elements of power supply systems (power sources, power lines, GPP, distribution points, etc.).The modern network automation the AVR.*

Keywords: *AVR; power supply system; quarry; GPP; automation devices.*

Необходимо отметить, что повреждение одного из элементов системы электроснабжения и его отключение может отразиться на работе всей системы. Процессы, нарушающие нормальное функционирование элементов, протекают так быстро, что оперативный персонал не в состоянии предотвратить их развитие и с требуемой быстротой восстановить нормальный режим. Эту задачу выполняют устройства автоматики: автоматическое регулирование возбуждения генераторов (АРВ); автоматическая частотная разгрузка (АЧР); автоматический ввод резервного источника питания (АВР); автоматическое повторное включение (АПВ); и другие устройства автоматики. Имеется также группа устройств автоматики, предназначенных для работы в условиях нормального режима; автоматика включения двигателей; автоматика включения и отключения компенсирующих устройств; автоматическая синхронизации генераторов.

К устройствам АВР предъявляются следующие требования:

1. АВР должен находиться в состоянии постоянной готовности к действию и срабатывать при прекращении питания потребителей по любой причине и наличии нормального напряжения на резервном источнике питания.

2. Не допустить включения резервного источника на КЗ, линия рабочего источника должна быть отключена со стороны шин потребителей. Отключенное состояние этого выключателя должно контролироваться при включении АВР.

3. Обладать однократностью действия, что необходимо для предотвращения многократного включения резервного источника на устойчивое КЗ.

4. Обеспечить ускорение защиты после АВР для быстрого отключения основного источника питания при включении на устойчивое КЗ (или запретить АВР в таком случае).

5. Иметь минимально возможное время срабатывания АВР для сокращения продолжительности перерыва питания потребителей и обеспечения успешного самозапуска электродвигателей.

6. Не допускать включения АВР при опасном снижении напряжения на резервном источнике.

7. Не допускать опасных несинхронных включений синхронных электродвигателей и перегрузок оборудования.

8. Разрешать полное автоматическое восстановление схемы доаварийного режима после восстановления питания на основном источнике питания.

Для повышения надёжности питания потребителей осуществляется их двустороннее электроснабжение. В этом случае при повреждении одного из питающих элементов и его отключении работа потребителей; будет продолжаться по исправным звеньям энергосистемы. Вместе и тем при двухстороннем электропитании, релейная защита становится более сложной, усложняются условия работы аппаратуры из-за увеличения токов короткого замыкания, утяжеления эксплуатации параллельно работающих звеньев энергосистемы.

Поэтому в системах электроснабжения часто бывает целесообразно работать разомкнуто (нагрузка равномерно подключена к различным секциям, трансформаторам, подстанциям и т.д.) при наличии двух и более источников питания. При этом все источники включены, но не связаны между собой, каждый из них обеспечивает питание выделенных потребителей. Такой режим работы сети объясняется необходимостью уменьшить токи короткого замыкания, упростить релейную защиту, создать необходимый режим по напряжении и т.п. Однако при этом надежность электроснабжения в разомкнутых сетях оказывается более низкой, чем в замкнутых, так как отключение единственного источника приводит к прекращению питания всех потребителей.

Электроснабжение потребителей потерявших питание, можно восстановить автоматическим подключением потребителей к другому источнику питания с помощью устройства АВР.

Основной задачей устройств АВР является сокращение времени перерыва питания, так как прекращение электропитания собственных нужд электростанций на 20-30 секунд вызывает необходимость остановки котельных агрегатов и в конечном итоге приводит к полному сбросу мощности станции. Последующий пуск агрегатов и выход станции на нормальные параметры занимает несколько часов и как следствие перерасход топлива,

недоотпуск энергии и т.д. Перерыв в электроснабжении горных предприятий более чем на 3 сек. вызывает нарушение их технологического процесса. Для выхода на нормальные параметры после такого нарушения необходимо около суток и более.

При наличии устройств АВР время перерыва электропитания потребителей в большинстве случаев определяется лишь временем включения выключателей резервного источника и составляет 0,3-0,8с.

Опыт эксплуатации энергосистем показывает, что АВР является весьма эффективным средством повышения надежности электроснабжения. Успешность действия АВР 90-95%. Простота схем и высокая эффективности обусловили широкое применение АВР на электрических сетях, п/ст, трансформаторов и т.д. Однако необходимо отметить, что успешность устройств АВР на п/ст с синхронными двигателями имеет очень низкий процент успешного срабатывания порядка 40-60% это обусловлено особенностью работы пусковых органов АВР.

Список литературы

1. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: Учебник для вузов / Овчаренко Н. И. Под ред. А.Ф. Дьякова. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. -504 с.
2. Бесконтактная аппаратура в системах электроснабжения. Рубашов Г. М. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 2001. – 76 с.
3. Быстродействующее автоматическое включение резерва. Коробейников Б. А., Иленко А. И., Беседин Е. А – А.С. № 1721708 от 23.03.92
4. Журнал «Главный энергетик» №1 // 2014.
5. Журнал «Главный энергетик» №4 // 2014, стр. 55.
6. Журнал «Новости электротехники» № 1// 2015.

УДК 669.184

К ВОПРОСУ ВЫБОРА СПОСОБА РЕЦИКЛИНГА ЖСО (ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ) В СТАЛЕПЛАВИЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Бугаков М.Н.

Липецкий Государственный Технический Университет, «Металлургический институт», Россия, Липецк

Аннотация. *Представлено краткое описание установок в направление рециклинга отходов металлургического производства.*

Ключевые слова: *металлургический шлам, агломерационная машина под давлением, железосодержащие отходы.*

TO THE QUESTION OF SELECTING THE METHOD OF RECONCILIATION OF ZHSO (IRON-CONTAINING WASTE) IN STEEL-FUEL MANUFACTURE

Bugakov M.N.

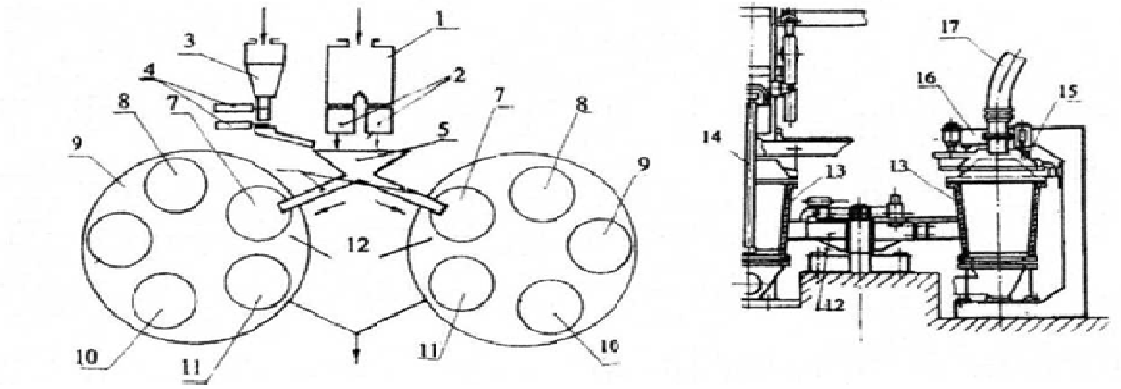
Lipetsk State Technical University, «Metallurgical institute», Russia, Lipetsk

Annotation. *A brief description of facilities in the recycling direction of metallurgical waste.*

Keywords. *metallurgical slurry, agglomeration machine under pressure, iron-containing waste.*

Кислородно-конвертерное производство, на ряду с быстротой и простотой хода процесса в получении обезуглероженного расплава, образует значительные количества шлаков, пыли и шламов. Так, удельный выход колошниковой пыли достигает 38 кг/т чугуна, улавливание сталеплавильной пыли колеблется от 2,5 до 32 кг/т стали. При мокром пылеулавливании в сталеплавильном производстве удельный выход шлама достигает 10 - 30 кг/т стали. Возрастают объемы образования окалины крупных цехов. Удельный выход сухой окалины от 16 до 61,3 кг/т проката, замасленной - от 0,3 до 12,1 кг/т. Поступление шламов в шламонакопители крупных металлургических заводов достигает 10 млн.т при ежегодном дополнительном поступлении 150 - 350 тыс.т. Все это неблагоприятно складывается на окружающею среду. В свою очередь конвертерный шлам является ценным железосодержащим отходом богатым железом $Fe_{общ}$ 50 - 60%, оптимальной основностью 3 - 4, содержанием кремнезема около 2%, хорошей транспортабельностью в летнее и зимнее время, шлам после подготовки имеет хорошую сыпучесть. Полезным и перспективным способом утилизации шлама является его рециклинг в сталеплавильном производстве в виде флюсов с помощью различных методов. Так одним из таких методов, разработанным японской фирмой «Фуде и Сэйтецу» в городе Хирохата, заключается в улавливание шлама в осветительных бассейнах с последующим сгущением, окомкованием и сушкой в шахтной печи при температуре 1150 - 1300 С, после чего он возвращается в виде флюса в качестве интенсификатора шлакообразования в кислородный конвертер. Немецкая фирма «Бохумер Ферайн» в окусковании шлама используют следующию технологию: крупные частицы шлама осаждаются в ловушке, затем попадают в радиальные сгустители вместе с известковым молоком, после чего полученная смесь идет в вакуум - фильтр (где влажность шлама составляет 28 - 32%), дальше он поступает по ленточным конвейерам в питатель вращающейся печи для его дальнейшей сушки при температуре 1150 - 1300 С, затем следует охлаждение полученного продукта (окатышей) и дальнейшая его транспортировка. Так же

известен способ изобретения, автором которого является Юрьев А.А. из Мордовского государственного университета Н.П. Огарева «Карусельная агломерационная машина» с пульсирующим (прерывистым) движением относительно своей вертикальной оси с шагом пульса 30 секунд (15 секунд период движения, 15 секунд – период стоянки). За один пульс машина перемещается на 1/33 шага (всего 33 чаши). Данное изобретение касается производства железорудного агломерата и может быть использовано в любых иных спекательных процессах с утилизацией ЖСО [1]. Разработана «Кольцевая агломерационная машина под давлением», которая является аналогом двухкарусельной установки АМД (агломерационная машина под давлением). Машина содержит кольцевую платформу с приводом вращения, на которой равномерно размещены спекаемые чаши с колосниковыми решетками, колпаки, разгрузочные, загрузочные и зажигательное устройство, вакуумкамеры, газо – и воздухопроводы. К недостатком данного устройства можно отнести и сложность в технологическом процессе спекания продукта, металлоемкость конструкции, требующая значительных материальных и трудовых затрат при ее эксплуатации [2]. Основной задачей в создании и совершенствования двухкарусельной агломерационной машины под давлением являлось повышение производительности агломерационного процесса в спекании железосодержащего сырья, эффективность и простота технологии переработки ЖСО замасленной окалины, получение высокоосновных флюсов (с основностью 3 – 12 единиц) на основе ЖСО (рис.1).



1 - бункера; 2 - весовые дозаторы шихты; 3 - бункер постели; 4 - весовой дозатор постели; 5 - загрузочная воронка; расположение чаш: 7 - загрузка шихтой, 8 - зажигание, 9 и 10 спекание; 11 - выгрузка; 12 - платформы установки чаш; 13 - чаши спекания; 14 - разравнивающее устройство; 15 - колпак для сжатого воздуха; 16- гидравлическое устройство; 17 - магистраль сжатою воздуха.

Рис. 1 – Схема двухкарусельной установки АМД

Данная установка была доработана и спроектирована сотрудниками ЛГТУ (Липецкий государственный технический университет) и института «Стальпроет», и представляла из себя две кольцевые карусели 12, с десятью спекательными чашами 13 с возможностью синхронного вращения и фиксации положения каждой спекательной чаши 7 в зонах накопительного бункера 1 с двумя весовыми дозаторами 2 и двухсторонним лотковым устройством загрузки 5. В 8 проводят зажигание в позициях 9, 10 – спекание, в 11 – выгрузку готового продукта. Установку оборудовали бункером постели 3 с дозатором 4, а также снабжена двумя разравнителями 14 слоя шихты, которое обеспечивает равномерное спекание по площади чаши. Устройство для зажигания шихты представляет опорную раму, в верхней части которой установлен колпак с подводом сжатого воздуха 15 и гидравлическим устройством 16. Установка занимает площадь в 100 $м^2$, высота 9 м, масса 94 т, что показывает возможность ее строительства даже на действующем комбинате (предприятии). Двухкарусельная агломерационная машина под давлением дает возможность производства до 200 и более тыс. т в год высококачественного железосодержащего флюса, таким образом обеспечивая полную утилизацию ЖСО на металлургических предприятиях с полным циклом, поспособствовать росту производительности агломашин, поддержанию нужной основности шлака в доменном производстве, а также более быстрому наведению первичного шлака и поддержанию его жидкоподвижности на протяжении всех периодов кислородно – конвертерной плавки [3].

Доклад написан при содействии

доктора технических наук, профессора ЛГТУ

В.П. Хайдукова

Список литературы

1. Карусельная агломерационная машина: изобр. 559972. СССР: М. Кл2 С 22 В 1/16 F 27 B 21/00/ А.А. Юрьев; заявитель Московский государственный университет им. Н.П. Огарева. - № 1990347/02: заявл. 31.01.74: опубл. 25.12.76, Бюл. № 47. – 3с.

2. Кольцевая агломерационная машина для спекания материалов под давлением: изобр. 670787. СССР: М. Кл2 F 27B 21/00/ А.Г. Михалевич, П.П. Мишин и др.; заявитель Научно – производственное объединение «Тулачермет» и Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно – исследовательский институт черной металлургии им. И.Г. Бардина. - № 2480242/22 – 02: заявл. 29.04.77: опубл. 30.06.79, Бюл. № 24. – 4с.

3. М.Н. Бугаков, В.П. Хайдуков. Выбор рациональной установки для рециклинга железосодержащих отходов металлургического цикла // Сталь. № 5. 2017. С. 71 – 73.

УДК 669.094.522.8

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГАЗА НА ВРЕМЯ РАБОТЫ СОСУДА ДЕСУЛЬФУРАЦИИ

Дмитриева Д.В., Малахова О.И.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС», Россия, г. Старый Оскол

кафедра металлургии и металловедения, 45-12-12

Аннотация. *Представлена система удаления серы окисью цинка. Приведен алгоритм расчета газа в сосудах десульфурации, а так же рассмотрено влияние различных параметров на степень очистки. Показана актуальность исследования процесса сероочистки технологического газа в шахтных печах металлизации.*

Ключевые слова: *десульфурация; технологический газ; катализаторы на основе оксида цинка; сероочистка; металлизованный продукт.*

RESEARCH OF INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF GAS AT THE TIME OF VESSEL DESULPHURISATION

Dmitrieva D.V., Malakhova O.I.

StaryOskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, StaryOskol

Abstract. *Presents a system for removing sulfur with zinc oxide. The algorithm for calculation of gas desulphurization vessels, as well as the influence of various parameters on the purification degree. Shows the relevance of studying the process of desulfurization of the process gas in the shaft furnace metallization.*

Key words: *desulfurization; process gas; catalysts based on zinc oxide; desulfurization, DRI, HDRI.*

Постановка проблемы

В настоящее время в традиционной технологии производства чугуна и стали и в процессах бездоменной (бескоксовой) металлургии широко используется природный газ [1-6]. В условиях получения металлизованных окатышей в шахтных печах, работающих по технологии Мидрекс используется измененный природный газ, который называется технологическим. Технологический газ является продуктом очистки колошникового газа печей металлизации от пыли в аппаратах мокрой очистки. Технологическая схема его использования предполагает не только его очистку от сероводорода (H_2S) и двухстадийный

подогрев в нагревателях холодного технологического газа, но еще и смешивание с природным газом, который тоже очищают и подогревают.

Система удаления серы окисью цинка

Существующая очистка технологического газа [1-3] в сосудах десульфурации происходит в две стадии: 1) очистка в первом сосуде, который поглощает большую часть вредного компонента H_2S; 2) окончательная очистка во втором сосуде. При таком подходе газ практически полностью очищается до предельно низких значений H_2S. Высокая степень десульфурации достигается за счет поглотителя на основе ZnO (92-96 % по массе).

Однако данный подход к очистке технологического газа связан с риском ухудшения работы реформера по причине образования большого количества серы на катализаторе. Большое содержание H_2S в технологическом газе [4-6] ухудшает работу реформера в целом. Поэтому технологическими требованиями к реформированному газу является содержание H_2S в количестве от 2 до 5 ppm.

Продуктивный процесс очистки достигается при наибольшей разности концентрации адсорбируемого компонента на входе и выходе из сосуда десульфурации, а также при использовании наименьшего количества адсорбента. Для нормального протекания процесса десульфурации и последующих процесса, необходимо контролировать процесс поглощения серы. Поэтому целью данной работы является исследование процесса десульфурации и выявление влияния технологических параметров газа на конечное содержание H_2S на выходе из сосудов десульфурации.

Алгоритм расчета газа в сосудах десульфурации

Для достижения поставленной цели была разработана и описана математическая модель процесса десульфурации в сосудах десульфурации для условий работы цеха горячебрикетированного железа ЛебГОКа. В качестве технологических параметров газа были выбраны следующие: температура газа на входе в сосуд ($T_{г,}$ °C); расход (поток) технологического газа ($Q_г$, $нм^3/ч$); начальное содержание серы в газе ($H_2S_н$,ppm); давление газа ($p_г$, бар).

На основе разработанного алгоритма были выполнены расчеты материального баланса процесса десульфурации газа для следующих вариантов:

1) Изменение температуры газа в диапазоне 380÷420 °C;

2) Изменение расхода газа в диапазоне 180÷210 тыс. $нм^3/ч$;

3) Изменение начального содержания серы в газе в диапазоне 22-36 ppm;

4) Изменение давления газа в диапазоне 1,7÷2,7 бар.

Однако в рассматриваемых схемах не были указаны обратные, в которых уменьшаемые параметры увеличиваются. Поэтому для исследования процесса десульфурации были взяты интервалы значений данных параметров.

Оценка наиболее оптимальных используемых параметров газа производилась по такому параметру как время выработки основного ресурса катализатора, при котором обеспечивается требуемое остаточное содержание $H_2S_к$.

Расчетные показатели времени выработки основного ресурса катализатора после выхода газа из первого сосуда для каждого варианта приведены в таблице.

Таблица – Расчётное время выработки основного ресурса катализатора

Наименования	Показатели								
Вариант 1	$T_г$, °C	380	385	390	395	400	405	410	415
	$T_к$, мес	21,49	21,25	21,01	20,78	20,55	20,32	20,09	20,38
Вариант 2	$Q_г$, $нм^3/ч$	184500	188500	192500	196500	200500	204500	208500	212500
	$T_к$, мес	23,37	22,63	22,42	21,77	21,13	21,01	20,41	20,34
Вариант 3	$H_2S_н$, ppm	22	24	26	28	30	32	34	36
	$T_к$, мес	21,01	19,16	17,35	16,27	15,05	14,05	13,13	12,18
Вариант 4	$p_г$, бар	1,65	1,8	1,95	2,1	2,25	2,4	2,55	2,7
	$T_к$, мес	11,20	14,38	16,72	19,74	21,98	25,44	26,64	28,54

Выводы

Анализ данных, приведенных в таблице, показывает, что при увеличении таких параметров, как температура газа на входе в сосуд десульфурации, расход технологического газа и начальное содержание $H_2S_н$ в газе происходит уменьшение времени работы сосуда десульфурации, при котором обеспечивается требуемое остаточное содержание H_2S на

выходе из сосуда. Уменьшения давления газа обеспечивает увеличение времени работы сосуда десульфурации.

Установлено существенное влияние выбранных параметров технологического газа на время работы сосуда десульфурации. Полученные расчётные значения времени работы сосуда десульфурации согласуются с производственными данными. Результаты работы могут быть использованы для совершенствования процесса десульфурации газа в условиях производства металлизованного сырья в ЦГБЖ ЛебГОКа.

Список литературы

1. Тимофеева, А. С. Экстракция черных металлов из природного и техногенного сырья: учебное пособие / А.С. Тимофеева, Т.В. Никитченко, Е.С. Тимофее в. - Старый Оскол: "ТНТ", 2012. - 304 с.
2. Технологическая инструкция. Производство горячебрикетированного железа по технологии MIDREX.
3. Технологическая инструкция «Установка металлизации».
4. Зинягин, Г.А. Технология прямого получения железа в шахтных печах при повышенном содержании серы в шихтовых материалах / Г. А. Зинягин, П. Н. Сушков // Черные металлы. 2004. № 2. С. 18-22.
5. Горбатенко, Ю.А. Адсорбция примесей токсичного газа из загрязненного воздуха / Ю. А. Горбатенко. – Екатеренбург.: Из-во УГЛТУ, 2014.–47 с.
6. Братковский, Е. В. Экстракция черных металлов из природного и техногенного сырья: Учебное пособие.Ч. 1/Е. В. Братковский, А. В. Заводяный.–Новотроицк,2008. –161 с.

УДК 669.295

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЕЙКОКСЕНОВЫХ ПЕСЧАНИКОВ ЯРЕГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ПОПУТНЫМ ПОЛУЧЕНИЕМ СИНТЕТИЧЕСКОГО ВОЛЛАСТОНИТА

Заблоцкая Ю.В., Садыхов Г.Б., Анисонян К.Г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва, Россия.

E-mail: nboxclear@gmail.com

119991, Москва, Ленинский проспект, 49

Аннотация. *Показана возможность комплексного использования лейкоксеновых песчаников Ярегского месторождения с получением искусственного рутила и синтетического волластонита. Также в работе приведены данные об особенностях лейкоксеновых концентратов, которые влияют на выбор технологии переработки данного месторождения.*

Ключевые слова: *Ярегское месторождение, титановое сырье, искусственный рутил, синтетический игольчатый волластонит.*

TECHNOLOGICAL FEATURES OF PROCESSING LEUCOXENE SANDSTONES YAREGA OIL FIELD WITH ASSOCIATED PRODUCTION OF SYNTHETIC WOLLASTONITE

Zablotskaya Y.V., Sadyhov G.B., Anisonyan K.G.

Abstract. *Shows the possibility of complex use of leucoxene sandstones of the Yarega field of obtaining artificial rutile and synthetic wollastonite. Also the paper presents data on the characteristics leucoxene concentrates that influence the choice of processing technology in this field.*

Keywords. *Yarega deposit, titanium raw materials, artificial rutile, synthetic acicular wollastonite.*

Нефтеносные лейкоксеновые песчаники Ярегского месторождения на Южном Тимане (Республика Коми) являются одним из масштабных и перспективных сырьевых источников для титановой промышленности. Песчаники богаты по титану и содержат порядка 10-12% TiO_2, но присутствие нефти и минералогический состав данного месторождения позволяет относить его к достаточно оригинальному рудному сырью, не имеющим аналогов в мире и требующее разработки новых технологий переработки. Исследования по возможности переработки такого обогащенного лейкоксенового концентрата проводились в следующих основных направлениях: сернокислотное разложение концентрата с целью получения пигментного диоксида титана; химическое обогащение концентрата щелочными методами с получением богатых по TiO_2 рутильных продуктов; получение ферротитана и титановых лигатур пирометаллургическими способами; карботермическое восстановление концентрата с получением порошков и перспективных титан- и кремнийсодержащих композиционных материалов на их основе. Однако предложенные способы отличаются значительными недостатками, которые не позволили организовать рентабельное производство на базе лейкоксеновых концентратов Ярегского месторождения [1-5].

Отличительной особенностью лейкоксена этого месторождения является сложный полиминеральный состав и высокое содержание кремнезема. В нем также содержится 2,5-3,5% Fe_2O_3, 3-4% Al_2O_3, редкие (Nb, Ta, Zr) и редкоземельные элементы (Y, Nd, Gd, Sm, Eu). После предварительного удаления нефти и обогащения получают кремнисто-титановый концентрат с высоким содержанием кварца (45-50%). Кварц в концентрате представлен в виде крупных свободных зерен (~20 %), сростков с зернами лейкоксена (~5 %) и в виде включений в зернах лейкоксена (~75-80 %). Основным титановым минералом является лейкоксена, представляющий собой рутиловую сетчатую матрицу, густо заполненную мелкодисперсным кварцем (крупностью 1-40 мкм). Причем около 80 % мелкодисперсного кварца представлено крупностью 1-20 мкм и находится в тонком прорастании с рутилом. Крупность свободных зерен кварца в основном находится в пределах от -0,315 до +0,1 мм, которая сопоставима с крупностью зерен лейкоксена. Использование такого концентрата в качестве титанового сырья связано со значительными технологическими трудностями и требует предварительного обескремнивания.

В ИМЕТ РАН проводятся работы по обогащению лейкоксеновых песчаников Ярегского месторождения месторождения с получением искусственного рутила, содержащего более 90% TiO_2. При этом была поставлена задача по разработке технологии обескремнивания с эффективным использованием всех компонентов данного сырья. Получение синтетического волластонита, попутно образующегося в процессе, согласуется с поставленной задачей комплексного подхода к решению проблемы переработки кремнисто-титанового концентрата.

Одним из перспективных направлений получения высококачественного титанового сырья из лейкоксенового концентрата является применение автоклавного выщелачивания предварительно обогащенного кремнисто-титанового концентрата известковым молоком с участием NaOH в качестве активирующего агента.

Как показали ранние исследования, осуществление процесса обескремнивания лейкоксенового концентрата с повышенным содержанием кварца связано с трудностями при последующем разделении рутильного продукта от непрореагировавшего свободного кварца, что обусловлено близкими характеристиками физических свойств кварца и рутила [6, 7]. Усиление контрастности свойств рутила и кварца достигается применением магнетизирующего обжига исходного лейкоксенового концентрата, в результате которого рутил претерпевает фазовые превращения, обеспечивающие ему магнитные свойства, а кварц при этом остается немагнитным. Применение последующей электромагнитной сепарации продуктов обжига позволяет удалить из них зерна свободного кварца и получить более богатый по TiO_2 титановый концентрат [8]. В результате на этап автоклавного

выщелачивания поступает концентрат, в котором практически весь кварц представлен мелкодисперсным классом, находящемся внутри рутиловой матрицы. Обогащенный кремнисто-титановый концентрат имеет следующий состав (%): TiO_2 – 63,4-67,2; SiO_2 - 25,3-28,1; Al_2O_3 – 3,0-3,5; $Fe_{общ}$ – 2,0-2,; 0,26 Nb+Ta; 0,32% РЗМ.

В результате исследований было получено, что наиболее высокая степень растворения кварца достигается при осуществлении автоклавного процесса в температурном режиме 200-220^oC в присутствии небольшого количества NaOH (3-5 г/л). Известковое молоко добавляли из стехиометрического расчета соотношения CaO/SiO_2 равного 1, что соответствует количеству необходимому для образования $CaSiO_3 \cdot xH_2O$. В результате происходит селективное растворение тонко вкрапленной части кремнезема из зерен рутила и образование гидрата метасиликата кальция по следующим реакциям:

$$SiO_2 + 2NaOH = Na_2SiO_3 + H_2O \qquad (1)$$

$$Ca(OH)_2 + Na_2SiO_3 = CaSiO_3 + 2NaOH. \qquad (2)$$

Как видно из представленных реакций щелочной реагент в процессе связывания SiO_2 в $CaSiO_3$ выступает только в качестве транспортного агента, что позволяет существенно снизить его исходную концентрацию по сравнению с ранее предлагаемыми щелочными способами [1].

Полученный после очистки конечный продукт содержит (%): 90,5-93,0 TiO_2; 1,5-2,5 SiO_2; 2,5-3 Al_2O_3; 2-2,5 $Fe_{общ}$; 0,35 Nb+Ta 0,45 РЗМ. По содержанию TiO_2 этот продукт является искусственным рутилом и представляет собой ценное сырье для производства титана и пигментного TiO_2 хлорным способом. При этом содержащиеся в лейкоксеновом концентрате редкие и редкоземельные элементы концентрируются в рутильном продукте, что существенно облегчает их дальнейшее извлечение при производстве тетрахлорида титана.

Образующийся гидрат метасиликата кальция сушат и прокаливают при 1050^oC в течение 1 ч. По данным рентгенофазового анализа, образцы после высокотемпературной обработки содержат в кристаллическом состоянии метасиликат кальция со структурой β-волластонита. Полученный волластонит представляет собой белое высокодисперсное вещество, содержащее 50,2% SiO_2, 46,9% CaO, до 0,9% TiO_2 и до 1,6% Na_2O. В результате растровой электронной микроскопии, было определено, что волластонит представляет собой агломераты, состоящие из игольчатых кристаллов. Длина (L) и диаметр (D) отдельных ”иголок” составляет, соответственно, 2-5 мкм и ~0,2 мкм. Этот показатель соответствует характеристикам микроигольчатых сортов волластонита (L/D=12÷20:1). Также с помощью анализатора TriStar 3000 была определена удельная поверхность (11,2 $м^2/г$) и объем

внутренний пор (1,1 $м^3$/г). Следует отметить, что получение волластонита с игольчатой структурой является перспективным с точки зрения областей его применения и эксплуатационных качеств. Например, широко используется при производстве высокотемпературной керамики, лакокрасочных покрытий [9].

Список литературы

1. Федорова, М. Н. Химическая доводка титанового концентрата путем автоклавного выщелачивания кремневой кислоты / М. Н. Федорова // Титан и его сплавы. - М.: Изд-во АН СССР, 1963. – Вып. IX. - С.36-41.

2. Сысолятин, С. А. Обогащение лейкоксено-сидеритовых песчаников комбинированным флотационно-автоклавным методом / С. А. Сысолятин, А. А. Маркова, М. Н. Федорова // Комбинированные методы обогащения полезных ископаемых. - М.: Изд-во АН СССР, 1969. - С.4-8.

3. Коник, О. А. Сернокислотное разложение продуктов обогащения лейкоксенового сырья: Препринт / О. А. Коник. – Сыктывкар: Коми филиал АН СССР. - 1985. - Вып. 135. – 28 с.

4. Швейкин, Г. П. Переработка минерального и техногенного сырья карботермическим восстановлением / Г. П. Швейкин, В. А. Переляев // Изв. Академии наук. Сер. хим. - 1997. - №2. - С.233-245.

5. Рябков, Ю.И. Разработка научных основ технологий комплексной переработки кварц-рутилового сырья для функциональных наноматериалов на основе соединений титана и кремния / Ю.И. Рябков, П.В. Истомин, А.В. Надуткин, Л.Ю. Назарова, О.М. Лезина, С.А. Рубцова, Юйхэ Тан // Известия Коми научного центра УрО РАН. - 2013. - Т. 13. - № 1. - С. 19–24.

6. Заблоцкая, Ю.В. Особенности процессов автоклавного выщелачивания лейкоксенового концентрата с участием Ca(OH)2 / Ю.В. Заблоцкая, Г.Б. Садыхов, Т.В. Гончаренко, Т.В. Олюнина, К.Г. Анисонян, Р.К. Тагиров. // Металлы. - 2011. - №6. - С. 9-14.

7. Садыхов Г.Б., Заблоцкая Ю.В., Анисонян К. Г., Олюнина Т.В. О комплексном использовании лейкоксеновых руд ярегского месторождения с получением синтетических рутила и волластонита и попутным извлечением редких и редкоземельных элементов/ Г.Б. Садыхов // Металлы. - 2016. - №6. – С. .

8. Анисонян, К.Г. Исследование процесса магнетизирующего обжига лейкоксенового концентрата / К. Г. Анисонян, Г. Б. Садыхов, Т. В. Олюнина, Т. В. Гончаренко, Л. И. Леонтьев // Металлы. – 2011. – № 4. – С. 62-66.

9. Гладун, В. Д. Получение и применение синтетического волластонита из природного и техногенного сырья / В. Д. Гладун, Л. В. Акатьева, Н. Н. Андреева, А. И. Холькин // Химическая технология. - 2004. - №9. - С. 4-11.

УДК 621.771

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЕКОВ ОКАЛИНЫ ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

А.А. Кожухов д.т.н., доц., **В.А. Скляр** к.т.н., доц., **Е.А. Черменев** к.т.н., **Ю.В. Краснов**

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС», Россия, г. Старый Оскол

fenix-evg@yandex.ru

Аннотация. *Представлены результаты исследований по определению прочностных характеристик спеков окалины с целью изучения механизма их образования на поверхности шагающих балок методических нагревательных печей СПЦ-2 АО «ОЭМК». Полученные результаты в виде зависимости предела прочности спеков окалины от температуры испытания позволили рекомендовать тепловые режимы работы печи, который будет способствовать наиболее легкому удалению спеков окалины с поверхности футеровки шагающих балок.*

Ключевые слова: *нагревательная печь, окалина, спекание, прочность, футеровка.*

THE STUDY OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE OXIDE SCALE AT VARIOUS TEMPERATURES

Kozhukhov A. DSc, **Skliar V.** Ph.D., **Chermenev E.A.** Ph.D., **Krasnov Yu.V.**

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

Abstract. *In the paper results of studies to determine the strength characteristics of mounds of oxide scale to study the mechanism of their formation on the surface of the walking beams of heating furnace of SRS-2 JSC "OEMK" are presents. Obtained dependence of the tensile strength the oxide scale of the temperature is allowed to recommend thermal mode of the furnace, which will facilitate the easy removal mounds of oxide scale from the surface lining of the walking beams.*

Key words: *reheating furnace, oxide scale, sintering, strength, lining.*

Заготовки под прокатку на сортовых станах нагреваются в методических нагревательных печах толкательного типа, с шагающими балками, или шагающим подом.

Данный процесс сопровождается активным окислением поверхности металла с образованием слоя окалины [1]. При температуре 1200…1350 °С образующаяся окалина активно взаимодействует с огнеупорными материалами и образует на поверхности футеровки пода настыли (бугры), которые мешают передвижению заготовок и могут травмировать их поверхность, а также проникая внутрь огнеупоров вызывает их набухание и разрушение. Процесс удаления настылей с поверхности футеровки достаточно трудоемок и часто приводит к ее повреждению.

На образование настылей влияет количество окалины, ее физические и механические свойства (которые во многом зависят от марок прокатываемой стали), температура в печи, а также состояние поверхности и материал футеровки пода.

На данный момент основным видом борьбы с отложениями окалины в настыли является выбор рационального материала футеровки пода нагревательных печей. Огнеупоры в порядке убывания окалиноустойчивости расположены следующим образом: дунитовые, хромомагнезитовые, хромитовые, корундовые, высокоглиноземистые [2].

В качестве материалов для футеровки пода толкательной печи ПФ ТОО "Кастинг" (г. Павлоград) были использованы огнеупорные блоки марки DALALC Cr 85 (NF) (обожженные бетонные корундовые изделия с добавкой оксида хрома). А печь с шагающим подом была футерована огнеупором марки DTMGcV-94 (балка-рельс на основе плавленого корунда с добавкой хромита). Однако данные материалы имели непродолжительный срок службы из-за растрескивания. Замена данных материалов на блоки из коррундомуллитоцирноиевого (КМЦ) огнеупора позволила увеличить долговечность футеровки, а из-за отсутствия химического взаимодействия между огнеупором КМЦ и образующейся окалиной уменьшить образование настылей на рабочей поверхности блоков и балок-рельсов [3].

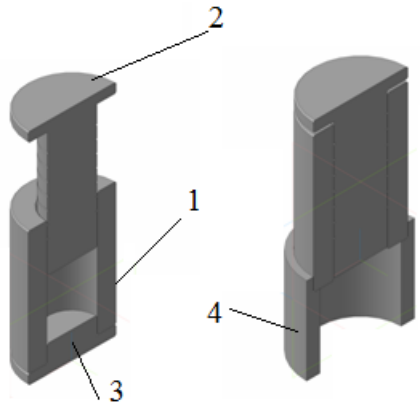
Аналогичный материал применялся и для футеровки шагающих балок методических печей СПЦ-2 АО ОЭМК. В процессе эксплуатации было отмечено значительно меньшее взаимодействие изделий из огнеупорной керамики марки КМЦ с окалиной [4]. Однако полностью решить проблему образования настылей не удалось, а данный материал имел более низкую прочность, чем применяемый ранее огнеупорный бетон.

На РУП БМЗ для футеровки методических печей применяют огнеупорные блоки из плотного низкоцементного бетона Ceralit CAST AL 58007. Внутри изделия имеется жаростойкая стальная закладная с прокладкой изоляции из керамического волокна [5].

Таким образом, подбор материалов для футеровки пода печи является довольно сложной задачей, требующей достаточно больших средств и времени, поскольку период испытания материалов в промышленных условиях должен составлять от нескольких месяцев до нескольких лет, и не гарантирует полного решения вышеописанных проблем. В связи с этим особую актуальность представляют исследования направленные на изучение особенностей образования самих настылей, т.е. изучение процесса спекания частиц окалины между собой.

В связи с этим, было решено провести исследования по изучению прочностных характеристик окалины в зависимости от температуры. Для исследования механических свойств окалины в условиях, близких к характерным для технологических процессов горячей обработки давлением, исследования проводились на лабораторной печи в условиях лаборатории кафедры Металлургии и металловедения им. С.П. Угаровой.

Методика проведения испытаний заключалась в следующем. Цилиндрические образцы из окалины получали путем выдавливания. Формирование заданной формы образца проводилось на специальной установке, конструкция которой приведена на Рис. 1 –



а) б)

Рис. 1 – Установка для изготовления образцов: а – стадия спрессовывания, б – стадия выдавливания

Установка включала в себя контейнер (1) в котором осуществлялось спрессовывание окалины, пуансон (2), и дно (3), которое убирается, когда образец выдавливается из камеры, установленной на подставку (4). Поскольку в предоставленных образцах окалины, были

куски, размер которых превышал размеры контейнера, то окалина подвергалась предварительному дроблению.

Изготовление образцов происходило в следующей последовательности: навеска окалины из стали 25ХГТ помещалась в контейнер, сверху устанавливался пуансон, к которому прикладывалось давление 3000 кгс на прессе для уплотнения окалины, после чего дно убиралось, контейнер устанавливался на подставку и образец выдавливался из контейнера. Высота образцов составляла 20 мм, диаметр 15 мм. Образец помещался в печь с температурой 1100 °С где нагревался и выдерживался также в течении двух часов.

Далее проводился нагрев образцов с 20 до 1100 °С с шагом 100 °С. На каждом шаге из печи извлекались по 3 образца и подвергали сдавливанию на прессе в специальном защитном стакане, для определения прочности на сжатие. В качестве показателя прочности была выбрана сила, которую выдерживает образец до разрушения при данной температуре.

Фотографии образцов до и после испытаний на прочность приведены на рис. 2.

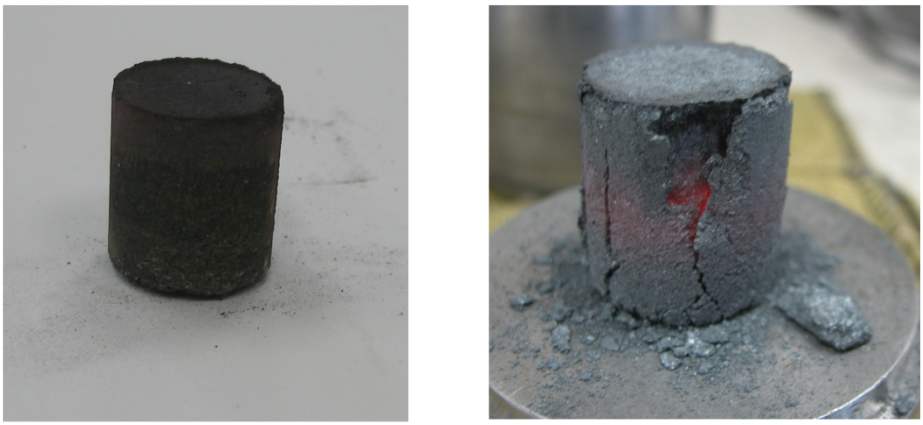


Рис. 2 – Вид образца до и после испытания

Изначально рассыпчатая окалина образца под действием высокой температуры спекается и в момент разрушения ведет себя как керамический материал разрушаясь с образованием осколков. В основном происходит отделение внешних стенок образца и их обсыпание, оставшаяся же сердцевина образца имеет вид песочных часов. Таким образом, спекание окалины на подине методической печи происходит под действием двух факторов – высокой температуры и давления заготовки на слой окалины под действием силы тяжести. Поскольку данные два фактора в любом случае будет присутствовать в нагревательной печи, то предотвратить образование настылей практически невозможно. Поэтому возникает

необходимость поиска такого их сочетания, которое приведет к уменьшению прочности образовавшихся настылей, что облегчит их последующее удаление. Поскольку величина давления заготовки практически постоянна, то единственным вариантом регулирования является температура печи.

Результаты эксперимента после усреднения данных параллельных опытов в виде зависимости прочности образца от температуры испытания представлены на рис. 3.

Полученные данные свидетельствуют, что в диапазоне 20…300 °С происходит незначительное увеличение прочности образцов связанное скорее всего с процессом удалением влаги из окалины. Дальнейшее понижение прочности в диапазоне 300…800 °С может быть связано как с размягчением самой окалины так и фазовыми превращениями в ней. Повышение же прочности при температуре более 800 °С говорит о том что при таких температурах фактор спекания материала имеет больший вес чем снижение прочности из-за размягчения при повышении температуры.

Таким образом спекшаяся окалина будет иметь минимальную прочность при температуре 800 °С, что, возможно, связано с фазовыми превращениями в ней при данной температуре, которые могут вызывать напряжения в теле материала. Однако этот вопрос требует более глубокого изучения.

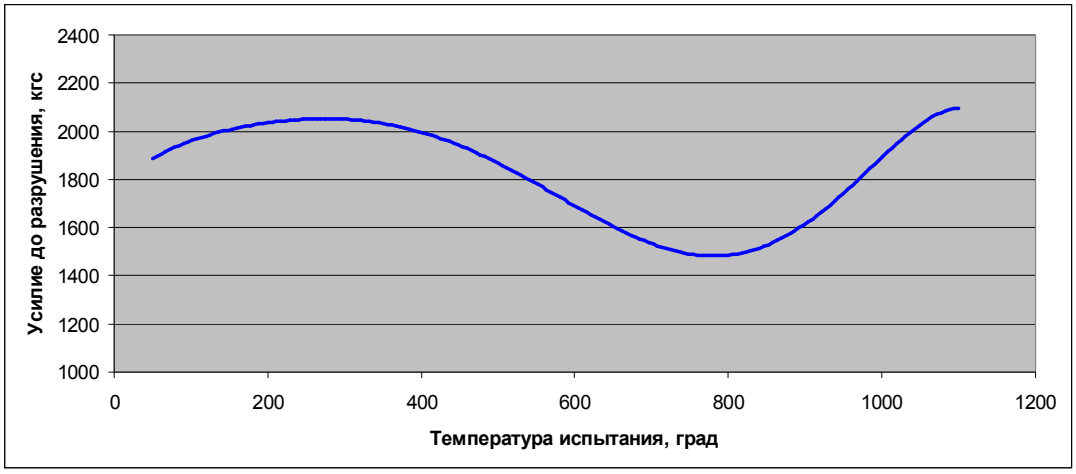


Рис. 3 – Прочность окалины в зависимости от температуры испытаний

Вывод. Проведенный эксперимент по определению прочностных характеристик спеченной окалины в зависимости от температуры показал, что минимальную прочность спек окалины будет иметь при температуре 800 °С. Данную температуру можно

рекомендовать как температуру, при которой рационально проводить операцию по удалению спеков окалины с футеровки пода нагревательной печи.

Список литературы

1. Смирнов Е.Н., Белевитин В.А., Скляр В.А., Кисиль В.В. Технология конструкционных материалов: производство горячекатаных блюмов и сортовых заготовок. Челябинск, 2016. 188 с.

2. Аксельрод Л.М. и др.; Под ред. И.Д. Кащеева, Е.Е. Гришенкова. Служба огнеупоров: Справ, изд. / Л.М. Аксельрод– М.: Интермет Инжиниринг, 2002. - 656 с.

3. Красный Б.Л., Картунов Е.П. Опыт инновационного решения футеровки подин методических печей / Б.Л. Красный, Е.П. Картунов / Сталь. - 2008. -№7. - С.80-83.

4. Красный Б.Л., Тарасовский В.П., Палий И.Н. и др. Опыт эксплуатации методической нагревательной печи с шагающим подом, футерованным изделиями из огнеупорной керамики марки КМЦ // Новые огнеупоры. 2011. № 4. С. 5–7.

5. Егоров И.В., Замятин В.Л., Анельсин Н.И., Брилев С.Б. Бирюков О.Э. Результаты эксплуатации монолитных огнеупорных футеровок из материалов CERALIT в нагревательных печах РУП БМЗ / И.В. Егоров, В.Л. Замятин, Н.И. Анельсин, С.Б. Брилев, О.Э. Бирюков / Сталь. - 2008. -№7. - С. 77-79.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО АГЛОМЕРАЦИОННОГО СЫРЬЯ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Крахт Л.Н., к.т.н., зав. каф. физики и химии

Казарцев В.О., администратор ОПЦ «Выставка «Железно!»

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС», Россия, г. Старый Оскол

Аннотация. *В работе рассмотрены основные теоретические и технологические особенности производства и применения железорудного агломерационного сырья. Подробно описаны физико-химические основы и показатели качества процесса агломерации и рассмотрены основные направления повышения эффективности производства железорудного агломерата.*

Ключевые слова: *Агломерация; железорудное сырье; окомкование; спекание; тепловой баланс.*

THE FEATURES OF APPLICATION SINTER RAW MATERIAL IN METALLURGICAL PRODUCTION

Krakht L.N., Kazartsev V.O.

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

Abstract. *The main theoretical and technological peculiarities of production and application of iron ore agglomeration raw materials are considered. The physicochemical basis and quality indicators of the agglomeration process are described in detail, and the main directions of increasing the production efficiency of iron ore agglomerate are considered.*

Key words: *Agglomeration; iron ore; pelletizing; sintering; heat balance.*

Теоретические и технологические основы производства железорудного агломерата представлены, например, в работах [1], диссертациях [2] и других публикациях [3]. Конвейерная агломерационная машина для спекания агломерата и металлизации его газом хвостовой части [1, 2, 3] включает: аглоленту, питатель ленты с постелью, питатель ленты шихтой, зажигательный горн, газовый горн для повторного разогрева пирога агломерата перед металлизацией, вакуум-камеры, эксгаустер, газовые камеры, воздуходувки и другое оборудование. Процесс смешения аглошихты оказывает существенное влияние на равномерность распределения на ленте компонентов сырья, что влияет на показатели качества агломерата[4].

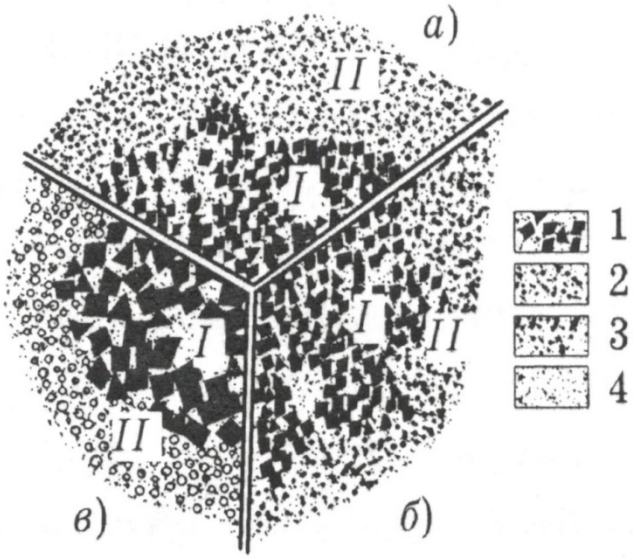
Обычно о металлургической ценности, например, агломерата судят, в первую очередь, по содержанию железа, но эта оценка не отражает многих специфических свойств железорудного сырья.

К основным критериям оценки относятся следующие: доля железа, тип основного железосодержащего материала, состав и свойства пустой породы, наличие полезных и вредных примесей, стабильность химического состава, кусковатость, прочность. При этом очень хороший качественный состав железорудного сырья следующий: Fe – 60...70 %, MgO – 0,5...6,0 %, CaO – 2... 10 %, МпО – 0,5...1,0 %, SiO_2 – 0...5 %, S – 0...0Д %, P – 0...0,05 %, $A1_2O_3$ – 0...2 %; а качественный состав очень плохой: Fe – 40...45 %, MgO – 0...0Д %, CaO – 0...0,5 %, МпО – 0...0Д %, SiO_2 – 20...35 %, S – 1...5 %, P – 0,2...1,0 %, $A1_2O_3$ – 5...10 %.

Процесс превращения гранулированной шихты в агломерат происходит через следующие этапы. На начальной стадии нагрева за счёт тепла зажигательного горна (до зажигания основной массы кокса) шихта начинает спекаться при относительно низких

температурах, не превышающих 1 000 °С, и высоком парциальном давлении в газовой фазе. На этом этапе реакции взаимодействия активно проходят только в мелкодисперсной части шихты (накатах, однослойных гранулах, некомкованной шихте). Твердофазные реакции начинаются с окисления магнетита, спекания рудных зёрен и ферритообразования. В участках агломерата, не прошедших зоны высоких температур, возврат остаётся без изменения, крупные куски руды окисляются, включения известняка ферритизируются, структура окомкованной шихты сохраняется (рис. 1).

Следующим этапом формирования агломерата является преобразование частично спечённой шихты в зоне обжига, где тепловая волна за счёт сгорания коксика достигает 1 300...1 500 °С.



а – исходная гранула; б – нагретая до 1 000 °С; в – после обжига; I – возврат; II – накат; 1 – кристалл магнезита; 2 – исходная мелкодисперсная шихта; 3 – мелкодисперсная шихта, спечённая до 1 000 °С; 4 – силикатные фазы, стекло

Рис. 1 – Схема преобразования микроструктуры гранулы в процессе агломерации

Воздействию высоких температур подвергаются практически все составляющие шихты: возврат, рудно-ферритные спеки, кварц, крупные включения руды и известняка. При прохождении зоны максимальных температур возврат остаётся остовом агломерационного пирога и претерпевает преобразования преимущественно в пластическом состоянии. Это сводится к укрупнению рудных зёрен за счёт диффузии железа через расплав и локализации отдельных объёмов железосиликатного расплава.

Плавление твердофазных преобразований в мелкодисперсной ассимиляции этим расплавом кварца шихты, рудных обломков и включений ферритизированного известняка. Силы поверхностного натяжения этого расплава приводят к обособлению одной или нескольких гранул с образованием блоков, размеры которых различны и зависят от количества локализованных гранул шихты.

Микроскопические исследования структур отдельных блоков свидетельствуют об однотипности их строения. В случае образования блока из одной двухслойной гранулы шихты в нём сохраняется зональность. В центре, на месте преобразованного возврата, наблюдаются участки крупнокристаллического магнетита и силикатов (рис. 1).

В спечённом агломерате существует два основных вида пористости. Мелкая, часто замкнутая, пористость образуется внутри блоков по границам ранее существовавших гранул. Крупная сквозная пористость всегда приурочена к межблоковому пространству, поры имеют, в большинстве своём, вытянутую форму. Такая пористость образуется при максимальных температурах спекания, когда силы поверхностного натяжения расплава приводят к слиянию, а затем обособлению исходных гранул шихты с образованием блоков. Следовательно, причиной образования крупных проводящих пор является локализация вещества агломерата под действием сил поверхностного натяжения в расплаве, а их направленность и протяжённость зависят от напора просасываемого воздуха.

Таким образом, данные работы [5] свидетельствуют о том, что блочная структура агломерата наследует макроструктуру окомкованной шихты. Окомкованная шихта состоит из гранул, всё пространство между которыми заполнено мелкодисперсной шихтой. Центрами окомкования большинства гранул служит возврат, периферия сложена плотным накатом мелкодисперсной шихты. В состав мелкодисперсной шихты входят концентрат, известняк, кокс и мелкая фракция возврата.

Для теоретического анализа процесса спекания агломерата и решения практических задач ниже представлена математическая модель агломерационного процесса. Эта трёхмерная математическая (динамическая) модель процессов спекания шихты и охлаждения агломерата на агломерационных машинах представляет собой программу, позволяющую получить динамическое распределение в объёме слоя спекаемой шихты на агломашине температуры и химического состава шихты, количества расплава, температуры, химического состава и газодинамических параметров газа в слое, температуры в палетах, а также параметров газа с подсосами воздуха в вакуумкамерах и газоотводящем тракте агломашины с эксгаустерами.

Для описания химических реакций в слое принята фронтальная модель.

Алгоритм модели. Обозначения: h – высота слоя; L – расстояние от загрузки агломашины; t – температура; w – скорость движения фронта в куске; v – скорость газа; Q – теплосодержание, источник тепла; K – концентрация частиц; ρ– плотность; c – теплоёмкость; λ– теплопроводность; γ– коэффициент удельного сопротивления слоя; $d_{ш}$– доля шихты в тепле горения кокса; $d\mathrm{CO_2}$ – доля CO_2 в продуктах горения кокса; индексы «Ca, Mg, Fe, к, ш, г.п, то, гр, р, исп, пл, пар, п» относятся соответственно к $CaCO_3$/CaO, $MgCO_3$/MgO, Fe_2O_3/FeO, коксу, шихте, газовому потоку, теплообмену, горению, реакциям, испарению, плавлению, пару, потерям.

Зёрна материала рудной части рассматриваются как шары заданного диаметра, внутри которого перемещаются фронты $CaCO_3$/CaO, $MgCO_3$/MgO, Fe_2O_3/FeO. Частица твёрдого топлива принята в виде шара переменного диаметра, уменьшающегося по мере выгорания углерода. Скорости перемещения фронтов реакций в частицах являются функциями температуры материала. При их движении в соответствии с изменением химического состава шихты рассчитываются химический состав газа, источники и стоки тепла. Интенсивность теплообмена между газом и шихтой зависит от скорости газа и прямо пропорциональна суммарной площади поверхности частиц рудной части и твёрдого топлива.

Агломерационный процесс описывается системой дифференциальных уравнений в частных производных для параметров шихты и обыкновенных дифференциальных уравнений – для параметров газового потока:

диаметр ядра $CaCO_3$–

$$\frac{dD_{Ca}}{d\tau}+\frac{dD_{Ca}}{dL}\cdot\upsilon_{ш}=\omega_{Ca}(t_{ш}), \qquad (1)$$

диаметр ядра $MgCO_3$

$$\frac{dD_{Mg}}{d\tau}+\frac{dD_{Mg}}{dL}\cdot\upsilon_{ш}=\omega_{Mg}(t_{ш}) \quad , \qquad (2)$$

диаметр фронта FeO

$$\frac{dD_{Fe_1}}{d\tau}+\frac{dD_{Fe_1}}{dL}\cdot\upsilon_{ш}=\omega_{Fe_1}(t_{ш}) \qquad (3)$$

диаметр фронта Fe_2O_3

$$\frac{dD_{Fe_2}}{d\tau}+\frac{dD_{Fe_2}}{dL}\cdot\upsilon_{ш}=\omega_{Fe_2}(t_{ш}) \tag{4}$$

диаметр несгоревшей части кокса

$$\frac{dD_{к}}{d\tau}+\frac{dD_{к}}{dL}\cdot\upsilon_{ш}=\omega_{к}(t_{ш}) \tag{5}$$

теплосодержание шихты

$$\frac{dQ_{ш}}{d\tau}+\frac{dQ_{ш}}{dL}\cdot\upsilon_{ш}=-Q_{то}+Q_{гр}\cdot d_{ш}+Q_{pFe}-Q_{pCa}-Q_{pMg}-Q_{исп}-Q_{пл}+\lambda\cdot\frac{d^2t_{ш}}{dh^2} \tag{6}$$

влагосодержание шихты

$$\frac{dW_{ш}}{d\tau}+\frac{dW_{ш}}{dL}\cdot\upsilon_{ш}=\frac{Q_{исп}}{595} \tag{7}$$

объёмный расход углекислого газа

$$\begin{aligned}\frac{dV_{CO_2}}{dh}&=K_{ш}\cdot\pi\cdot D_{Ca}^2\cdot\frac{dD_{Ca}}{d\tau}\cdot\rho_{Ca}/100\cdot22{,}4+K_{ш}\cdot\pi\cdot D_{Mg}^2\cdot\frac{dD_{Mg}}{d\tau}\cdot\rho_{Mg}/84\cdot22{,}4+\\&+K_{к}\cdot\pi\cdot D_{к}^2\cdot\frac{dD_{к}}{d\tau}\cdot\rho_{к}/12\cdot22{,}4+K_{ш}\cdot\pi\cdot D_{Fe_2}^2\cdot\frac{dD_{Fe_2}}{d\tau}\cdot\rho_{Fe_2}/160\cdot22{,}4\end{aligned} \tag{8}$$

объёмный расход CO

$$\frac{dV_{CO}}{dh}=K_{к}\cdot\pi\cdot D_{к}^2\cdot\frac{dD_{к}}{d\tau}\cdot\rho_{к}/12\cdot22{,}4\cdot(1-d_{CO_2})-K_{ш}\cdot\pi\cdot D_{Fe_2}^2\cdot\frac{dD_{Fe_2}}{d\tau}\cdot\rho_{Fe_2}/160\cdot22{,}4 \tag{9}$$

объёмный расход пара

$$\frac{dV_{H_2O}}{dh}=\frac{dW_{ш}}{d\tau}/18\cdot22{,}4 \tag{10}$$

объёмный расход кислорода

$$\frac{dV_{O_2}}{dh} = K_к \cdot \pi \cdot D_{Fe_1}^2 \cdot \frac{dD_{Fe_1}}{d\tau} \cdot \rho_{Fe_1} / 12 \cdot 22{,}4 \cdot (1 - d_{CO_2}) - K_ш \cdot \pi \cdot D_к^2 \cdot \frac{dD_к}{d\tau} \cdot \rho_к / 12 \cdot 22{,}4 \cdot \left(0{,}5 + \frac{d_{CO_2}}{2}\right) \quad (11)$$

разрежение

$$\frac{dP}{dh} = \gamma \cdot \rho_1 \cdot \upsilon_1^2 \quad (12)$$

теплосодержание газа

$$\frac{dQ_г}{dh} = Q_{то} + Q_{гр} \cdot (1 - d_ш) + Q_{пар} - Q_п \quad (13)$$

По теплосодержанию считается температура шихты (газа):

$$t_ш = Q_ш / (\rho_ш \cdot c_ш) \quad (14)$$

$$t_г = Q_г / (\rho_г \cdot c_г) \quad (15)$$

Значение коэффициента газодинамического сопротивления слоя задаётся в файле исходных данных. В расчётах оно используется с поправками на состояние слоя (влажный/сухой/спёк), на положение расчётной точки по ширине слоя, при этом учитывается его зависимость от морозности, которая является функцией координаты по ширине слоя.

Ввиду невысокой интенсивности контактного теплообмена в шихте по сравнению с конвективным, коэффициент теплопроводности в слое принимается равным нулю. Коэффициенты теплопередачи от слоя к колосникам палет и от колосников и газа к подколосниковым балкам определены в ходе адаптации модели.

Расчётные и экспериментальные данные хорошо согласуются с фактическими параметрами работы агломашины и могут быть использованы для теоретических исследований и решения прикладных задач. Результаты расчёта теплового баланса представлены в таблице 1.

Кроме того, для оценки качества смешивания используются показатели, основанные на статистических оценках химического и гранулометрического составов представительных проб шихты: коэффициенты вариации, однородности, среднеквадратичное отклонение [6, 7]. Их можно определить только при исследовании шихты на промышленном или лабораторном смесителе. В работе [6] указано, что коэффициент неоднородности не должен быть менее 95 %.Основанием выбора именно этого значения, вероятно, служили опытные данные процесса спекания без учёта требований доменных цехов конкретных предприятий.

Таблица 1 – Тепловой баланс расчёта работы агломашины

Статья баланса	Приход		Расход	
	МДж/т	%	МДж/т	%
Природный газ	74,51	6,02	0	0
Твёрдое топливо	688,32	55,61	0	0
Шихта (60 °С)/спёк	85,02	6,87	78,86	6,31
Воздух/отходящие	68,38	5,53	744,27	59,54
Диссоциация $CaCO_3$	0	0	125,15	10,01
Испарение H_2O	0	0	176,07	14.08
Окисление FeO	321,49	25,97	0	0
Нагрев колосников и палет	0	0	125,78	10,06
Итого	1 237,72	100	1 250,13	100

На металлургических предприятиях в качестве критерия оценки качества агломерата используют показатели гранулометрического состава, прочности и химического состава. Для характеристики стабильности состава железорудного агломерата используется показатель укладки в заданный состав – количество проб за месяц, квартал, год, отвечающих требуемому химическому составу с учётом допустимых отклонений. Укладка по составу определяется, как правило, содержанием общего железа, FeO и основностью. Очевидно, что если состав каждого микрообъёма шихты (согласно [6] его величина 90...125 $см^3$) будет соответствовать требованиям к отклонениям от заданного состава, то и химический состав агломерата будет удовлетворять техническим условиям. Для количественной оценки необходимой равномерности агломерационной шихты проведём следующий расчёт [4]. При этом учитывается, что распределение химических элементов в микрообъёмах смешиваемой шихты подчиняется нормальному закону распределения. Поскольку колебания состава во времени имеют случайный характер, то это допущение оправданно. Содержание отдельных компонентов в микрообъёмах шихты будет характеризоваться средним содержанием $X_{ср}$ и среднеквадратичным отклонением σ. При заданных вероятности α и допустимом отклонении содержания компонента в агломерате $\sigma_{доп}$ можно вычислить предельное среднеквадратичное отклонение содержания компонента шихты:

$$\sigma_{ш} = \sigma_{доп} \cdot [z \cdot (1 - \alpha)]^{-1} \quad (16)$$

где $z \cdot (1 - \alpha)$ – доверительный интервал при заданной вероятности.

Рассчитанные в соответствии с этим выражением вероятности при допустимом отклонении по содержанию компонента *X* составляют, %: 1,0; 0,5; 0,25; 0,1 при требуемой

укладке (вероятности) от 90 до 99 %.

Согласно полученным данным [4, 6], повышение требований к допустимому пределу отклонений по составу агломерата сказывается и на требованиях к качеству смешивания. Чем стабильнее должен быть состав агломерата, тем ниже предельное отклонение содержания компонента в шихте. Требования к распределению горючего углерода в аглошихте проанализированы с учётом результатов работы [7], согласно которым барабанная проба агломерата обратно пропорциональна введённому отклонению максимальной температуры по высоте слоя от температуры плавления шихты D_M: снижение барабанной пробы >5 мм составляет 1,37 % (абс.) при увеличении D_M на 1 %. Поскольку основной источник тепла в слое – углерод твёрдого топлива, очевидно, что при колебаниях его содержания в отдельных микрообъёмах будет повышаться D., и снижаться барабанная проба. Допустимое среднеквадратичное отклонение содержания углерода в шихте в этом случае составляет

$$\sigma_{\text{с}} = Б^{>5}_{\text{факт}} - Б^{>5}_{\text{мин}} \cdot \left[1{,}37 \cdot z \cdot (1-\alpha)\right]^{-1} \qquad (17)$$

где $Б^{>5}_{\text{факт}}$ и $Б^{>5}_{\text{мин}}$ – фактическое и минимальное значения барабанной пробы.

Основные направления повышения эффективности производства железорудного агломерата проанализированы авторами работы [8], в которых показано, что ряд технических решений может быть выполнен на агломерационных фабриках металлургических предприятий, но для других сложных решений требуется дополнительная проработка. К ним относятся такие решения, как использование новых систем загрузки аглошихты, разработка новых конструкций эксгаустеров, спекательных тележек большей ширины и др.

Список литературы

1. Вегман Е.Ф. Теория и технология агломерации [Текст] / Е.Ф. Вегман. – М.: «Металлургия», 1974. – 288 с.

2. Крахт Л.Н. Разработка технологии производства внеокосного агломерата и исследование его металлургических свойств [Текст]: дис. … к.т.н. / Л.Н. Крахт. – М.: МИСиС, 1985. – 26с.

3. Некрасов З.И. Требования к металлургическим свойствам агломерата и окатышей. Сб. тр. Ин-та «Уралмеханобр». Окускование железных руд и концентратов [Текст] / З.И. Некрасов, Н.А. Гладков, Л.А. Дрожилин. – Свердловск, 1977. – С. 21-24.

4. Берсенев И.С. Оценка эффективности смешения аглошихты [Текст] / И.С.

Берсенев, М.П. Ершов [и др.]. – «Сталь». – 2011. –№8. –С. 28-32.

5. Малышева Т.Я. О механизме формирования железорудного агломерата [Текст] / Т.Я. Малышева, В.Я. Лядова // Известия вузов «Черная металлургия». – 1983. – №9. – С. 19-21.

6. Коротич В.И. Агломерация рудных материалов [Текст] / В.И. Коротич, Ю.А. Фролов,[и др.]. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ. – УПИ, 2003. – 400с.

7. Дмитриева Е.Г. Совершенствование технологии производства агломерата [Текст]: / дис. … к.т.н. / Е.Г. Дмитриева. – Екатеринбург: УрФУ, 2007.

8. Барсенев И.С. Модернизация агломерационного производства ОАО «Уральская сталь [Текст] / И.С. Барсенев, А.А. Солодухин [и др.]. // «Сталь». – 2014. – №8. – С. 10-13.

УДК 62.596.2

ЗАМЕНА МАСЛЯНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ НА ВАКУУМНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КАРЬЕРА

Лаврентьев М.А., Ермолаев Д.В.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС», Россия, г. Старый Оскол

imper2406@mail.ru, +7(951) 766-21-34,

walkman550@mail.ru, +7(919) 285-89-09

Аннотация. *В статье рассматриваются преимущества замены масляных выключателей на вакуумные.*

Ключевые слова: *масляные выключатели; вакуумные выключатели; электроснабжение карьера; горное производство.*

REPLACEMENT OF OIL SWITCHES WITH VACUUM SWITCHGEAR TO IMPROVE THE STABILITY OF THE POWER SUPPLY OF THE QUARRY

Lavrentev M., Ermolaev D.

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

Abstract. *The article discusses the advantages of replacing oil switches with vacuum ones.*

Keywords: *oil circuit breakers; mining production; vacuum switches; career power supply.*

Электроснабжение карьеров осуществляется от районных подстанций (РПС) систем по воздушным и кабельным линиям. Так как на карьерах имеются потребители 1-й и 2-й категории то число линий должно быть не менее двух. Подстанции преобразуют и распределяют электроэнергию напряжением 6кВ по карьерным воздушным линиям электропередач к потребителям. Понижающая подстанция – это электротехническое сооружение, предназначенное для получения, распределения электроэнергии переменного тока, напряжением 6 кВ между отдельными линиями питающей сети.

Подстанция ПП имеет две секции шин на трех уровнях напряжения. На ОРУ-110 кВ установлены два силовых понижающих трансформатора напряжением 110/35/6 кВ, два масляных выключателя МКП-110 кВ, два отделителя в сочетании с короткозамыкателем и разъединители на 110 кВ. В комплектных ячейках КРУ-6 кВ в качестве основного коммутирующего аппарата на отходящих от подстанции питающих линиях, установлены масляные выключатели ВМП-10-20/630У2.

При эксплуатации электрических сетей возникновение внештатных ситуаций влечет за собой отключения питающих линий. Причины, вызвавшие отключения питающих линий, могут быть внезапными (касание контактного провода ковшом экскаватора при погрузке горной массы, неисправности линии, неисправности электрического приемника, повреждение изоляторов при проведении массовых взрывов и т.п.). В данных условиях особенно актуальным становится вопрос защиты линий от токов короткого замыкания.

Частые отключения выключателями ВПМ-10-20/630У2 номинальных токов отключения и токов короткого замыкания, требуют ревизии выключателей, установленных в шкафах КРУ, уже после 5÷10 отключений.

Выключатели являются ответственными аппаратами, но при их низком коммутационном ресурсе не обеспечивается предотвращение возможных тяжёлых повреждений основного оборудования подстанции.

Для повышения надёжности электроснабжения потребителей карьера, получающих электрическую энергию от подстанции, предусматриваем замену масляных выключателей ВМП-10-20/630У2 в ячейках КРУ на вакуумные ВВ/TEL-10-20/1000У2

Потому что, вакуумные выключатели по сравнению с масляными обладают важными преимуществами как:

1) полная пожаро и взрывобезопасность, а также возможность работы в агрессивных средах вследствие герметичного исполнения ВДК;

2) высокое быстродействие за счет малых ходов и массы подвижных контактов, что открывает возможность применения в любых циклах АПВ;

3) малая энергия привода, малые динамические нагрузки и отсутствие выброса газов, масла и т. п., что обеспечивает бесшумность работы, повышает культуру обслуживания и предотвращает загрязнение окружающей среды;

4) высокий механический ресурс, повышенная устойчивость к ударным и вибрационным нагрузкам вследствие малой массы и компактной конструкции;

5) широкий диапазон допустимых температур окружающей среды, в котором возможна эксплуатация ВДК (от – 40 до + 55°С);

6) высокий коммутационный ресурс, число отключений номинальных токов, допускаемое без ревизий и ремонта составляет – 40000÷50000, номинальных токов отключения – 80÷100;

7) возможность монтажа выключателя в ячейке КРУ на выкатной тележке масляного выключателя, рабочее пространственное положение при этом – любое;

8) низкие эксплуатационные затраты, простота эксплуатации и обслуживания.

Затраты на обслуживание вакуумного выключателя составляют 3,2чел.час и выполняются одним человеком, для масляного – 12,2чел.час и выполняются двумя электромонтёрами[1].

Необходимо также иметь в виду, что коммутационные перенапряжения при отключении малых индуктивных токов можно устранить установкой нелинейных ограничителей перенапряжений, а существенную часть высокой стоимости ВДК скомпенсировать увеличением коммутационного ресурса выключателя [2, С. 327]

Список литературы

1. Электротехнический справочник. В 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / под ред. В.Г. Герасимова. – 9-е изд., стер. – М.: Из-во МЭИ, 2004. – 964 с.

2. Анизотропия // Википедия – свободная энциклопедия. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Анизотропность (дата обращения 24.04.2014).

УДК 669.187.66.045

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЛАВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕТАЛЛИЗОВАННЫХ ОКАТЫШЕЙ В ВАННЕ ДСП ПРИ ЗАГРУЗКЕ ЧЕРЕЗ ПОЛЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ

Меркер Э.Э., д.т.н., проф., **Крахт Л.Н.,** к.т.н., **Малахова О.И.,** к.т.н., доц., **Черменев Е.А.,** к.т.н., **Степанов В.А., Скляр В.А**., к.т.н., доц.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС», Россия, г. Старый Оскол
кафедра металлургии и металловедения, 45-12-12, merker@inbox.ru

Аннотация. *В статье рассмотрены вопросы улучшения технико-экономических показателей в условиях электроплавки стали при подаче металлизованных окатышей через полые электроды в ванну дуговой печи. Показано, что учёт параметров тепловой работы агрегата позволяет в существенной мере повысить выход годного при электроплавке стали, снизить удельный расход электроэнергии и увеличить производительность высокомощной дуговой сталеплавильной печи.*

Ключевые слова: *дуговая сталеплавильная печь; угар; металлизованные окатыши; скорость плавления.*

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF MELTING DRI IN THE BATH OF EAF AT BOOT THROUGH THE HOLLOW ELECTRODES

Merker E.E., Kraht L.N., Malakhova O.I., Chermenev E.A., Stepanov V.A., Skliar V.A.

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

Abstract. *The article considers the questions of improvement of technical and economic indicators in the conditions of the electric smelting of steel in the flow of metallised pellets through the hollow electrodes into the EAF. It is shown that taking into account the thermal parameters of the unit allows substantially to increase the yield of the electrofusion steel, to reduce specific energy consumption and increase the performance of high-power electric arc furnace.*

Key words: *electric arc furnace; waste; DRI; speed of melting.*

Современная технология производства стали в высокомощных дуговых печах основана на применении различных способов интенсификации электроплавки, что привело к значительному снижению удельного расхода электроэнергии, увеличению производительности плавильного агрегата, но сопровождалось снижением выхода годного.

Особенную актуальность приобретают вопросы улучшения технико-экономических показателей электроплавки стали в дуговых печах с применением большого количества металлизованного сырья в металлошихте. Некоторые энерготехнологические особенности электроплавки [1] стали с применением непрерывной [4] подачи железорудных металлизованных окатышей в ДСП представлены в работах [1, 2].

За последние годы в условиях Оскольского электрометаллургического комбината на 150-т дуговых сталеплавильных печах (ДСП) уже внедрены [2] многие способы повышения технико-экономических показателей работы печи. С целью экономии дорогостоящих огнеупоров используются водоохлаждаемые стеновые и сводовые панели, для снижения удельного расхода электроэнергии и повышения производительности печи увеличена мощность печного трансформатора с 90 до 105 МВ·А, для подогрева лома с целью понижения расхода электроэнергии и снижению времени расплавления лома установлены три ТКГ - топливо-кислородных горелоки [2]. Анализ научно-технической литературы [1, 2] и паспортов электроплавки для среднеуглеродистых сталей показал (таб. 1), что за двадцать лет удельный расход электроэнергии снизился на 120 кВт·ч/т, общая длительность плавки уменьшилась на 40 минут, а время под током – на 30 минут, часовая производительность увеличилась ан 41,8 т/час, а выод годного умеьшился на 6%.

Таблица 1 – Динамика изменения показателей работы ДСП-150

Показатели	1995 г.	2005 г.	>2015 г.
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т	670	590	560
Длительность плавки (общая/под током), мин	130/101	115/88	90/70
Производительность, т/час	70,6	83,5	112,4
Мощность печного трансформатора, МВ·А	90	90	105
Выход годного, %	94	90	88
Расход кислорода, $м^3$	<1800	<2200	<3600
Количество ТКГ	-	2	3
Примечание:	Водоохлаждаемая	Топливно-кислородные	Система

	кислородная фурма	горелки «Паейрджет»	SmartArc

Существенное снижение выхода годного произошло, в первую очередь, за счёт повышенного угара металла. При непрерывной загрузке металлизованных окатышей необходимо обеспечить их попадание в высокотемпературную зону по центру печи, что с одной стороны, приведёт к улучшению условий их плавления, а значит к увеличению производительности и снижению удельных затрат энергии, а с другой стороны, позволит окатышам «охладить» эту зону, уменьшив испарение металла, вынос плавильной пыли и в целом потери металла.

Наибольший эффект по снижению угара железа достигается при использовании в ДСП трубчатых (полых) электродов, что позволяет осуществлять подачу МО в зону испарения металла, образующуюся при контакте электрических дуг с металлическим расплавом, и плавление в этой зоне [1, 3, 6]. При этом окатыши загружают непрерывно или путём циклической дискретной (порционной) подачи (Рис. 1) [3], с учётом теплоусвоения ванны в изменяющихся условиях теплообмена по поверхности менисков. Для осуществления такого способа загрузки возможно применение специально разработанного устройства [3].

Подача металлизованных окатышей [1, 3] в зону высоких температур в подэлектродное пространство ДСП уменьшает угар металла, который определяется по выражению (1). При этом величина угара железа регулируется изменением расхода металлизованного сырья, по данным контроля параметров тепловой работы ДСП или изменением расхода электроэнергии на процесс.

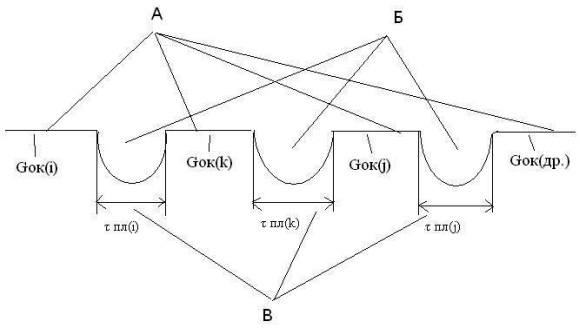


Рис. 1 – Диаграмма циклов порционной загрузки ЖМО (А) и времени прерывания загрузки (Б) при изменениях расходов окатышей ($G_{ок}(i, k, j)$) под дугами в зоне их контакта на поверхности менисков для различных значений времени плавления каждой порции

окатышей (В) с учётом установления соответствующих значений для ступеней напряжения (*i, k, j* и др.) в дуговой сталеплавильной печи

Так как технико-экономические показатели электроплавки ЖМО должны быть на высоком требуемом уровне [1, 5], это достигается соблюдением равенства скорости подачи окатышей и их скорости плавления $v_{ок} = v_{пл}$, определённых по математической модели [1], представленной уравнениями (1)-(5).

Образующийся угар металла вычисляют в соответствии с выражением

$$G_{угар} = \left(3P_{д} \cdot \eta_{д} - \Delta q_{в} - K \cdot q_{ок}\right)/L_{j}, \quad (1)$$

где $P_{д}$ – тепло, генерируемое в электрической дуге, Вт; $\eta_{д}$ – к.п.д. дуги; K – доля окатышей, которая плавится на поверхностном слое металла в зоне испарения; $\Delta q_{в}$ – теплоусвоение ванны, Вт; $q_{ок}$ – удельный тепловой поток на нагрев и плавление окатышей в слое расплава под дугой, Вт/м^3; L_j – удельная теплота испарения железа, Дж/кг.

Тепло, генерируемое в электрической дуге, определяют по известному выражению $P_{д}=U_{д}\cdot I_{д}$, где $U_{д}$ и $I_{д}$ – соответственно напряжение (В) и ток (А) дуги, а теплоусвоение ванны

$$\Delta q_{в} = (M_{ме} c_{ме} + M_{шл} c_{шл}) \cdot v_{t}, \text{ Вт}, \quad (2)$$

где $M_{ме}$, $M_{шл}$ – соответственно массы металла и шлака, кг; $c_{ме}$, $c_{шл}$ –теплоёмкости металла и шлака, Дж/(кг·К); v_t – скорость нагрева металла, °С/с.

Тепловой поток на нагрев и плавление окатышей в слое расплава под дугой

$$q_{ок} = \left[c_{ок}(t_{пл} - t_{ок}) + L_{пл} + c_{р}(t_{м} - t_{пл})\right] v_{ок}, \quad (3)$$

где $L_{пл}$ – удельная теплота испарения железа и плавления окатышей, Дж/кг; $c_{ок}$ и $c_{р}$ – удельная теплоёмкость окатыша и получившегося расплава после расплавления окатыша, Дж/(кг·К); $t_{ок}$, $t_{пл}$, $t_{м}$ – начальная температура окатыша, температура его плавления и температура металла в расплаве в ванне печи, °С; $v_{ок}$ – расход железорудных окатышей в зону испарения металла в печи, кг/с [1, 2].

При этом скорость подачи окатышей через полые электроды в сталеплавильную ванну определяют по выражению [6]

$$v_{ок} = \left(\frac{\Delta q_{в}}{\bar{c} \cdot v_{t}} - G_{0}\right) / \tau_{ок}, \text{ кг/с}, \quad (4)$$

где G_0 – начальная масса металла в печи, кг; $\bar{c}$ – средняя теплоёмкость металла в печи, Дж/(кг·К); $\tau_{ок}$ – время загрузки окатышей в печь, с, а текущее количество окатышей при непрерывной или дискретной подаче в ванну можно рассчитать по выражению

$$G_{ок}(i,\ k,\ j \text{ и др.}) = v_{ок} \cdot \tau_{пл}(i,\ k,\ j \text{ и др.}),\ \text{кг}, \qquad (5)$$

где индексы *i, k, j* и др. относятся к ступеням напряжения в дуговой сталеплавильной печи; $\tau_{пл}(i,\ k,\ j$ и др.) – время плавления порции окатышей в ванне печи.

На основе математической модели теплового состояния ванны высокомощной ДСП [1] при подаче металлизованных окатышей через полые электроды разработан алгоритм расчёта (рис. 2).

По результатам вычислительного эксперимента получены регрессионные уравнения (6) и (7), позволяющие приближённо оценить влияние коэффициента конвективной теплоотдачи $\alpha_{эф}$, Вт/м^{2}К, радиуса окатыша $r_{ок,}$ м, температуры расплава $T_р$, °С на суммарное время плавления металлизованных окатышей и величину угара $g_{угар}$, кг/с в зависимости от полной вводимой в печь мощности P, Вт и скорости загрузки окатышей $V_{ок}$, кг/с (в диапазоне от 5 до 25 кг/с) при их подаче через полые электроды:

$$\tau_{\Sigma}^{ок} = 20{,}6429 - 0{,}0020 \cdot \alpha_{эф} + 1285{,}214 \cdot r_{ок} - 0{,}0055 \cdot T_{р,} \quad R^2 = 0{,}68. \qquad (1)$$

$$g_{угар} = 0{,}3160 - 0{,}0453\ V_{ок} + 0{,}0116P, \quad R^2 = 0{,}99. \qquad (2)$$

Заключение. Рассмотрены теплоэнергетические особенности электроплавки стали при непрерывной подаче металлизованных окатышей через полые электроды в ванну ДСП. Предложен алгоритм расчёта теплового состояния сталеплавильной ванны переменной массы, предусматривающий определение величины теплоусвоения, производительности печи, выхода годного, удельного расхода электроэнергии на плавку и др. Показана возможность регулирования угара металла и выноса плавильной пыли путём изменения расхода окатышей, а также параметров тепловой работы печи.

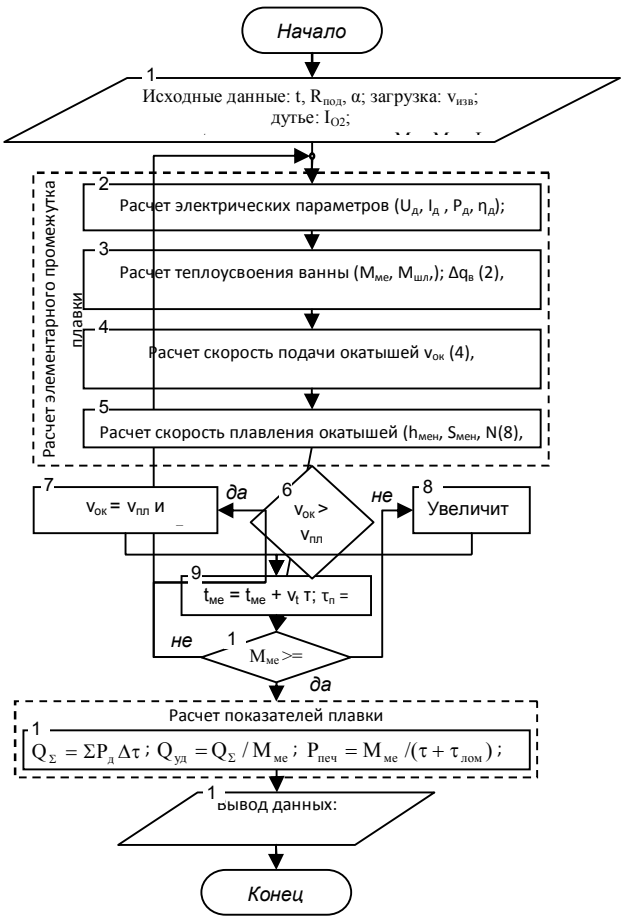


Рис. 2 – Блок-схема метода расчёта угара металла

Список литературы

1. Меркер Э.Э. Электроплавка металлизованных окатышей в дуговой печи [Текст]/ Э.Э. Меркер, Е.А. Черменев. - Старый Оскол: «ТНТ», 2015. -320 с.

2. Гончаров В.В., Коберник В.Г., Коршиков С.П., Сидоров В.П. Совершенствование технологии выплавки стали в ДСП с использованием металлизованных окатышей/ «Сталь». 2006 г. -№12. С. 27-30.

3. Меркер Э.Э., Малахова О.И. Устройство для загрузки металлизованных окатышей в дуговую печь. Патент РФ 2576213. Опубликован 27 февраля 2016 г. Бюллетень № 6.

4. Скляр В.А. Инновационные и ресурсосберегающие технологии в металлургии. Учебное пособие. – Старый Оскол, 2016. – 220 с.

5. Меркер Э.Э. и др. Дуговая печь для электроплавки стали. Патент РФ №2567426. Опубликован 10.11.2015 г. Бюллетень № 31.

6. Меркер Э.Э., Черменев Е.А., Степанов В.А. Энергосберегающий режим электроплавки металлизованных окатышей в ванне дуговой печи // Электрометаллургия. - 2015. - №2. - С. 2-7.

POSSIBILITIES OF DEEP DRAWING OF PERFORATED SHEET METAL

Wacław Muzykiewicz

AGH University of Science and Technology, Faculty of Non-Ferrous Metals

Poland, 30-059 Krakow, A. Mickiewicza Av. 30

muzywac@agh.edu.pl, *+48 12 617 39 53*

Abstract. *The paper presents the specificity and the possibilities of spatial formation of perforated sheet metal. The sheets with hexagonal patterns of circular holes were examined. The formability of perforated sheet depends on the state of stress in the material to a much greater extent than it is in the case of solid sheet. The plastic flow as same as the mechanical properties of perforated sheet reveal a strong directionality connected with the anisotropy of the network of holes. Deformation of a mesh sheet metal is the sum of the deformation of the material and the holes. Perforated sheet undergoing compressive stresses behaves like a compressible material.*

Keywords: *perforated sheet metal; deep drawing; anisotropy of the properties; formability.*

Introduction. The term perforated sheet is used here to mean sheet metal with a definite arrangement of holes whose shape and distribution may vary. Usually they are regular sequences of the circular holes, the diameter of which should not be smaller than the sheet thickness.

Perforated sheets are used in many branches [1-4]. They are used to make various kinds of covers, sieves, shields, separators, filters, screens, dot-type shadow masks as well as other industrial products and articles for everyday use. They also find application in architecture and in building engineering. They are often used without their earlier formation. When the perforated sheet must undergo spatial formation by means of plastic working, then the properties characterising its formability (drawability) are also important.

Although perforated sheets are most often made from standard materials, such as: steel sheets of various grade, galvanised sheets, aluminium and its alloys, copper, brass, bronze, from the point of view of plastic working they represent an unconventional material. This is due to the complexity of the state of stress and strain in a perforated sheet when it is subjected to loading even as simple as uniaxial tension [1, 5-9].

Range of described investigations. The aim of this study is to demonstrate the possibilities and the specificity of forming of perforated sheet metal into mesh shell products. Investigations were conducted for the processes of drawing (deep drawing and double redrawing). The basic type of the examined perforation was the hexagonal perforation with the holes diameter equal to 3 mm, and the

stroke – 6 mm (marked as H-Φ3 or Ho3s6). The material used in the investigations was car body steel and copper. The thickness of a steel sheet was 1.0 mm, and that of a copper sheet – 0.8 mm.

Results of deep drawing. Sheet metal with a network of holes is characterised by specific properties. It represents material of entirely different features with respect to the parent material [1, 5-9]. The mechanical properties of perforated sheets in relation to the properties of a solid sheet are distinct smaller. First of all, a drastic decrease of the plastic properties is observed. In most cases the % elongation does not exceed 10 [1, 5]. In this situation it is justified to ask the question whether deep drawing of perforated sheets are possible. What are the attainable limiting deformation indexes?

The investigations have revealed that the limited possibilities of perforated sheet forming greatly depend on the shape of the bottom part of the drawpiece (Fig. 1). The closer it is to the sphere, the greater is the share of the material tension in the critical cross-section shifted towards the product axis, and the LDR is then definitely lower. Perforated sheet reacts much more to the shape of the punch at stamping than a solid sheet.

The technological parameter which has a very strong effect on the result of drawing with the deformation degree close to the limiting degree is the holding pressure [1]. On account of the easier hoop contract of perforated sheet (small resistance of the closing of holes) the required pressure protecting the flange before losing stability is much lower. This reduces the loading of the critical cross-section and enables deep drawing with a higher deformation ratio.

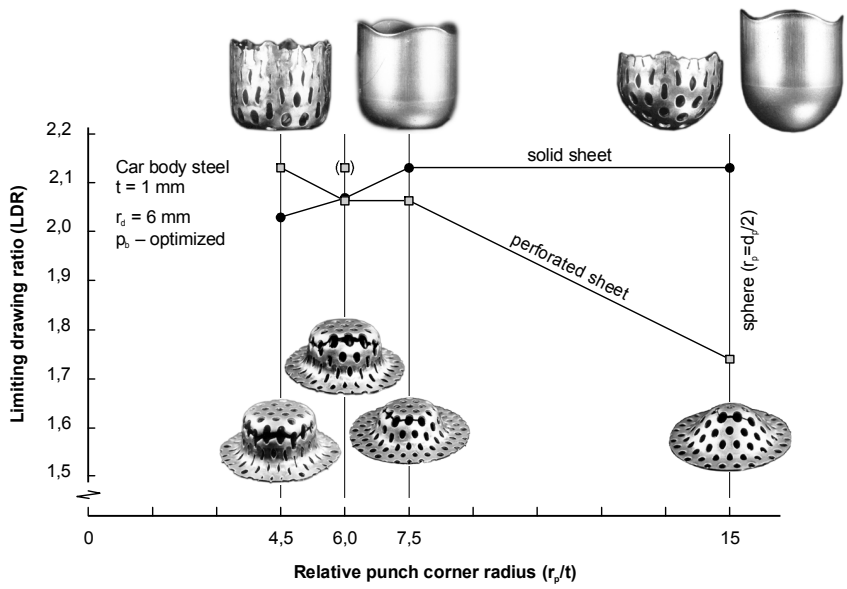


Fig. 1 – The effect of the bottom edge radius of the drawpiece on the limiting possibilities of deep drawing

Fig. 2 shows the influence of the process parameters on the result of drawing with the LDR. Increase of the punch radius in the case of a solid drawpiece from 4.5 to 7.5 of the sheet thickness produced the expected result (curves 1 and 2). The same treatment in the case of perforated sheet proved ineffective (curves 3 and 4). A positive result was obtained for a threefold reduction of the blankholder pressure below the lower value, recommended in conventional deep drawing (curve 5).

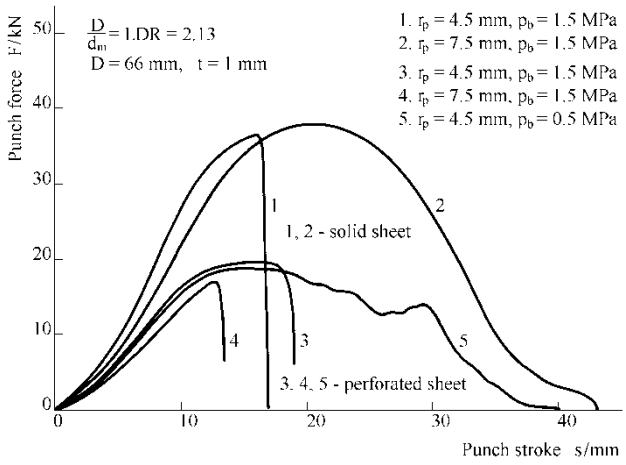


Fig. 2 – The effect of the process parameters on the results of deep drawing

Very deep drawing of perforated sheet metal, consisting in deep drawing and double redrawing with the deformation indexes identical or close to the values recommended for solid sheet, has proved to be possible. Illustrative final results are shown in Fig. 3. Satisfactory completion of the process required, however, to optimise the pressure of the material in the conical zone of deformation (application of a flexible blankholder without exerting a preliminary blankholder pressure) and annealing of the semi-finished product after first redrawing, which was unnecessary for solid sheet metal.

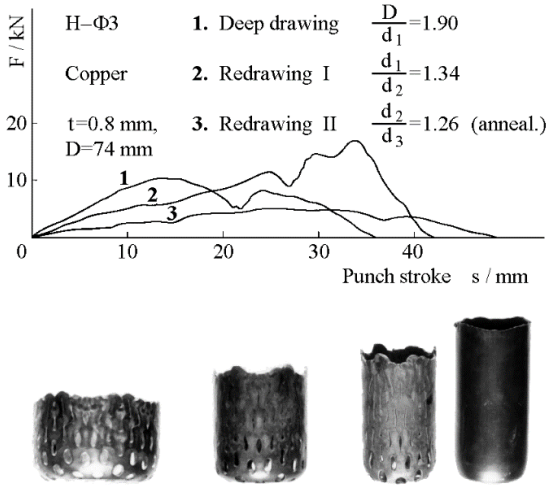


Fig. 3 – Punch force versus displacement in the multioperation deep drawing of mesh shell

Perforated sheet metal subjected to drawing behaves like a compressible material. The holes in the openwork flange are closing under the effect of the circumference compressive stresses. Accordingly, openwork cups are lower then those obtained from solid sheet at the same ratio of drawing (Figs 1 and 3).

The anisotropy of the material flow. Directionality of the mechanical properties of the sheet is directly manifested as the anisotropy of flow and localisation of the cracking of the material during plastic formation of mesh shell, and in a finished product – the number of "horns" on the top edge of the drawpiece, corresponding to the kind of perforation [1, 5]. In the case of hexagonal perforation there are six "horns" in the directions of 0° type (Figs 1 and 3) in which there occurs the greatest elongation of the samples during tension (Fig. 4). The flange of the drawpiece has hexagonal shape.

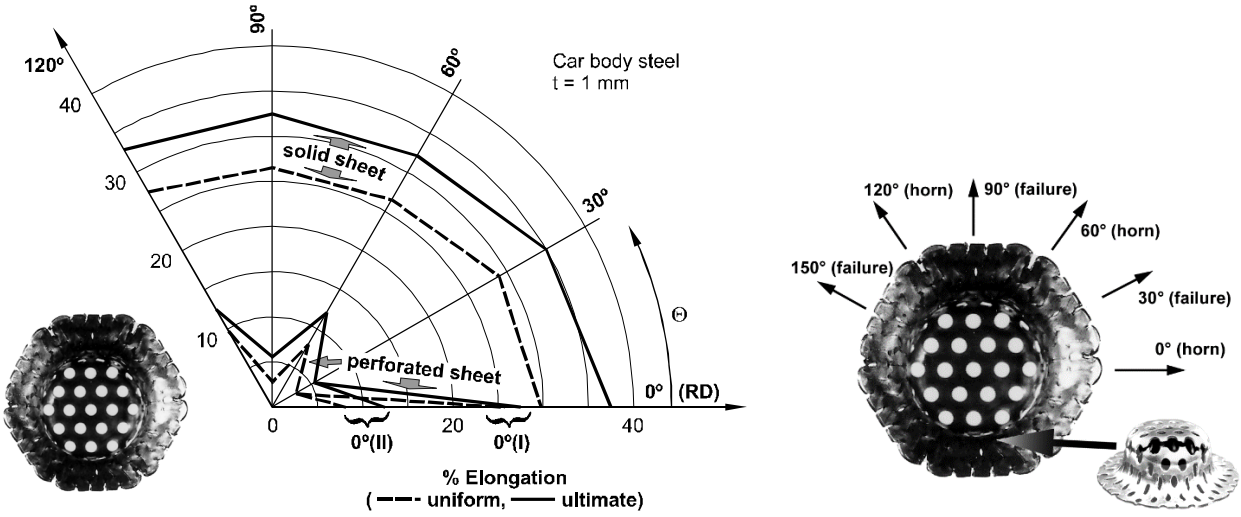


Fig. 4 – The anisotropy of plastic properties of hexagonally perforated sheet and the resulting the anisotropy of the flange flow and localisation of cracking during deep drawing

As it has been mentioned, the cracking of the material in the course of the formation of shell products from perforated sheets occurs on the directions, characterised by the lowest elongation. This refers to those directions of perforation to which the direction of the most dense packing of the holes is perpendicular. For hexagonal perforations these are the directions of 30° type (Fig. 4 and photos from Fig. 1).

Conclusions. In the technological processes of forming mesh shell products the formability of perforated sheet metal depends on the state of stress in the material to a much greater extent than it is in the case of solid sheet. Perforated sheets show very low plasticity in the case of tension, and with an appropriate selection of the drawing parameters the limiting drawing ratio (LDR) of perforated sheet metal may attain a value comparable with the drawing ratio of a solid sheet. The limiting drawing ratio of shell products with spherical bottom, subjected to great tension, is smaller by about 20% in relation to shells made of solid sheet.

The most important technological recommendations in the case of deep drawing and redrawing of openwork drawpieces with a flat bottom can be reduced to the proper choice of the blankholder pressure, and in the case of drawing shell products with a spherical bottom the proper choice of the depth of the product is of greatest importance.

In the case of drawing with ratio close to the limiting values, the optimal pressure exerted on the material in the deformation zone is several times lower than that applied on a solid sheet. In turn, at drawing with a smaller deformation ratio the range of admissible safe pressure is markedly extended. In the case of redrawing only the presence of a flexible pressure sleeve is required. The intermediate annealing is necessary earlier than for solid sheet.

The share of the deformation of the holes is dominating in the deformation of a perforated blank and strain of the material is localised in the bridges between the holes. Deformation of the holes is responsible for the fact that perforated sheet metal in the course of drawing behaves like a compressible material. The depth of the cup is accordingly lower.

The flow anisotropy of a perforated sheet during drawing is manifested in the product by the number of “horns” on the edge of the drawpiece, in accordance with the type of the network. The anisotropy of the network of holes prevails over the planar anisotropy of the parent sheet metal.

The Statutory Activities No. 11.11.180.004/2017 partially supported this work.

References

1. Muzykiewicz W.: *Odkształcalność blach perforowanych.* Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków 2013 (132 pp.)

2. Wnęk Z.: *Nowy trend – blachy perforowane.* STAL Metale & Nowe Technologie, 6, 2006, 8-11

3. *Europerf – European Perforators Association*. http://europerf.org/

4. IPA – *Industrial Perforators Association.* http://www.iperf.org/

5. Muzykiewicz W.: *Non-uniformity of plastic deformation of perforated sheet metal.* Proc. of the 8th Int. Conf. on Metal Forming – Metal Forming 2000, *Edited by* M. Pietrzyk, J. Kusiak, J. Majta, P. Hartley & I. Pillinger, *Publisher:* BALKEMA / Rotterdam / Brookfield, Kraków, 2000, 397-404

6. Baik, S. C., Oh, K. H., Lee, D. N.: *Analysis of the deformation of a perforated sheet under uniaxial tension.* J. Mater. Process. Technol., 58, 1996, 139-144

7. Chen F.K., Lee Y.C.: *Plastic Deformation of a Perforated Sheet With Non-Uniform Circular Holes Along the Thickness Direction.* J. of Eng. Mat. and Techn., 125, 2003, 75-80

8. Venkatachalam G., Narayanan S., Sathiya Narayanan C., Abhishek R.: *Analysis of Perforated Sheet Metals with Square and Hexagonal Holes using Finite Element Method.* J. of Manufacturing Eng., 6, 2011, 1-4

9. Muzykiewicz W., Wieczorek M., Mroczkowski M., Pałka P., Kuczek Ł.: The modulus of elasticity of steel sheet with right pattern of perforation. Obróbka Plastyczna Metali 27 (4), 2016, 283-300

УДК 669

ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТИТАНОМАГНЕТИТОВОГО КОНЦЕТНРАТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГРЕМЯХА-ВЫРМЕС НА УГОЛЬНОЙ ПОДЛОЖКЕ

Садыхов Г.Б., д.т.н, зав. лабораторией, **Гончаров К.В.,** к.т.н, старший научный сотрудник, **Атмаджиди А.С.,** аспирант, младший научный сотрудник, **Олюнина Т.В.,** старший научный сотрудник

Лаборатория проблем металлургии комплексных руд им. И. П. Бардина (№1),
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова
Российской академии наук, Москва, Россия

Аннотация. *В работе приведены исследования по возможности переработки чернового титаномагнетитового концентрата месторождения Гремяха-Вырмес. Было проведено дополнительное обогащение методом мокрой магнитной сепарации с получением титаномагнетитового концентрата следующего состава, %: 59,4 $Fe_{общ}$, 6,4 TiO_2, 1,4 SiO_2,0,74 V_2O_5 и др.. В результате восстановления брикетов на угольной постели было установлено, что максимальное восстановление железа с наиболее полным разделением металла и шлака происходит при температуре 1550 °С и 16%-ном расходе кокса от массы концентрата. Полученный металл представляет собой стальной продукт с содержанием углерода 1,92%, V_2O_5 0,28%. Такой гранулированный стальной продукт является товарным продуктом и может быть переработан в конвертерах для получения качественной стали и с извлечением ванадия в ванадиевый шлак. Шлак содержит более 37% TiO_2 и 2,2% V_2O_5, что позволяет использовать его в дальнейшей переработке на извлечения ванадия и титана.*

Ключевые слова: *титаномагнетитовая руда, месторождение Гремяха-Вырмес, титаномагнетит, магнитная сепарация, восстановление, титан, ванадий, чугун.*

THE FEATURES OF GREMYAKHA-VYRMES TITANOMAGNETITE DEPOSIT RECOVERY ON THE COAL BED

Sadykhov G.B., Goncharov K.V., Atmadzhidi A.S., Olyunina T.V.

Abstract. *The paper presents studies about titanomagnetite concentrate processing of the Gremyakha-Vyrmes deposit. Additional benefication by the wet magnetic separation method was carried out to obtain the titanomagnetite concentrate with the following composition,%: 59.4 Fe, 6.4 TiO_2, 1.4 SiO_2, 0.74 V_2O_5, etc. As a result reduction of briquettes on a coal bed are the maximum reduction of iron with the most complete separation of metal and slag occurs at the*

temperature 1550 ° C and a 16% amount of reducing agent from the mass of the concentrate. The resulting metal is the steel product with a carbon content of 1.92% and V_2O_5 of 0.28%. Such the granular steel product is a commodity product and can be processed in converters to produce high-quality steel and with the extraction of vanadium into vanadium slag. Slag contains more than 37% TiO_2 and 2.2% V_2O_5, which suitable for next stage vanadium and titanium extraction processing.

Keywords: *titanomagnetite ore, Gremyakha-Vyrmes deposit, titanomagnetite, magnetic separation, reduction, titanium, vanadium, cast iron.*

Основную сырьевую базу титановой промышленности составляют ильменитовые и рутиловые руды. Однако, более половины запасов титана сосредоточено в бедных по содержанию диоксида титана титаномагнетитовых и лейкоксеновых рудах. Перспективными регионами по ресурсам титаномагнетитов являются Урал, Кольский полуостров, Сибирь и Дальний Восток. Титаномагнетитовый концентрат представляет собой решетчатые структуры распада твердого раствора, состоящие из выделений ильменита, шпинели и магнетита.

В России низкотитанистые титаномагнетиты Качканарского месторождения используются на Нижнетагильском металлургическом комбинате с применением доменной плавки, в результате которой получают чугун и ванадиевый шлак, которые затем перерабатываются на сталь и пентаоксид ванадия. За рубежом (Китай, ЮАР, Канада и др.) реализуются две схемы переработки такого сырья – доменная плавка и электроплавка, причем последняя применяется при содержании TiO_2 более 4%. При этом независимо от технологии титан безвозвратно теряется с титановым шлаком. В связи с этим необходима технология комплексной переработки титаномагнетитового сырья с извлечением не только железа и ванадия, но и титана.

Большой интерес представляет ильменит-титаномагнетитовое месторождение Гремяха-Вырмес, расположенное на Кольском полуострове. За прошедшие годы на месторождении проводились геологические и геофизические работы, направленные на его оконтурирование, подготовку к утверждению запасов. Массив Гремяха-Вырмес представляет собой овальное, вытянутое в северо-западном направлении на 19 км при ширине 6 км. Общая площадь массива составляет 50 км^2. Существенным недостатком руд массива Гремяха-Вырмес является низкое содержание в них ильменита и высокое содержание нерудных примесей. При обогащении руд данного месторождения возможно получение двух концентратов – ильменитового и титаномагнетитового. Ильменитовый концентрат пригоден для дальнейшей переработки на титан и его соединения. Получающийся при обогащении

черновой титаномагнетитовый концентрат требует дополнительного обогащения.

В результате проведенного нами обогащения с применением измельчения и мокрой магнитной сепарации удалось выделить в немагнитную фракцию до 70% силикатов и практически весь ильменит, а также снизить содержание серы и фосфора на 25 и 30%, соответственно. Получен титаномагнетитовый концентрат следующего состава, %: 59,4 $Fe_{общ}$, 6,4 TiO_2, 1,4 SiO_2,0,74 V_2O_5 и др. Для его дальнейшей переработки применялась разработанная в ИМЕТ РАН технология комплексной переработки титаномагнетитовых концентратов с применением метода прямого получения железа, имеющая ряд преимуществ перед традиционными способами.

Эксперименты по восстановлению брикетов из обогащенного титаномагнетитового концентрата и кокса на угольной постели показали, что максимальное восстановление железа с наиболее полным разделением металла и шлака происходит при температуре 1550 ^oC и 16%-ном расходе кокса от массы концентрата. Полученный металл представляет собой стальной продукт с содержанием углерода 1,92%, V_2O_5 0,28%. Такой гранулированный стальной продукт является товарным продуктом и может быть переработан в конвертерах для получения качественной стали с извлечением ванадия в ванадиевый шлак. Шлак содержит более 37% TiO_2 и 2,2% V_2O_5, что позволяет использовать его для дальнейшей переработки с извлечением ванадия и титана. Этот шлак целесообразно перерабатывать по известково-сернокислотной схеме из-за высокого содержания кальция для извлечения ванадия. Из титансодержащего остатка может быть получен исскуственный рутил, являющийся сырьем для получения титана и его соединений.

УДК 621.771

ОЦЕНКА МАТЕРИАЛЬНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ НА НАГРЕВ МЕТАЛЛА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМАХ ПРОКАТКИ

Самойлова Т.Д., Горожанкин А.С., Пивоваров Р.Е., Киселев А.А.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС», Россия, г. Старый Оскол

31-31@list.ru

Аннотация. *В работе выполнен анализ энергетических и материальных затрат для трех различных технологий нагрева металла перед прокаткой для условий интеграции в единую систему технологий непрерывной разливки МНЛЗ и сортового прокатного стана.*

Выполненные расчеты позволили определить наиболее эффективную схему нагрева заготовок перед прокаткой, которая позволяет значительно уменьшить тепловые и материальные потери по сравнению с классической технологией нагрева.

Ключевые слова: *прокатка, нагревательная печь, угар, тепловые потери, горячий посад, низкотемпературный нагрев.*

MODELING OF THE THERMAL STATE OF ROLL AT THE IMPLEMENTATION OF THE TECHNOLOGY OF CONTROLLED ROLLING WITH THE USE OF LOOP TEMPERATURE STABILIZATION

Samojlova T.D., Gorozhankin A.S., Pivovarov R.E., Kiselev A.A.

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

Abstract. *In work the analysis of energy and material costs for three different technologies of heating metal before rolling for integration into a unified system the continuous casting machine and section rolling mill is presented. The calculations made it possible to determine the most efficient scheme of heating billets before rolling, which allows to significantly reduce thermal and material losses compared to classical heating technologies.*

Key words: *rolling, reheating furnace, heat, heat loss, low-temperature heating.*

Затраты энергии на нагрев металла под прокатку могут достигать 80% от суммарных затрат прокатного передела [1]. Анализ литературных данных показал, что на сегодняшний день можно выделить три различных технологий нагрева металла перед прокаткой [2]:

- традиционная схема: холодный посад (20 °С) и нагрев до 1250 °С;

- горячий посад металла в рамках интеграции МНЛЗ и прокатного стана при 450…750 °С, и температурной прокатки 1150 °С;

- горячий посад металла в рамках интеграции при 450…750 °С и низкотемпературной прокатки (начало прокатки 900…950 °С).

При этом основными статьями экономии ресурсов являются [3]:

- экономия тепловой энергии;

- экономия металла [4-6].

Достигнуть существенной экономии энергии можно за счет применения технологии низкотемпературного нагрева [7] или посада в печь с повышенной температурой, в том числе

в условиях литейно-прокатных модулей [8]. Минимизация же расхода металла достигается путем обеспечения бездефектного процесса прокатки [9-11], а также снижения угара металла.

Целью работы являлась оценка материальных и энергетических затрат на нагрев металла при различных температурных режимах нагрева и прокатки.

В общем случае доля полезного тепла на нагрев металла Q_N в тепловом балансе методической нагревательной печи с шагающим подом составляет 35,9…43,0% от общего подводимого тепла [3]. Полезным теплом Q_N называют то количество тепла, которое должно быть подведено к нагреваемому материалу, чтобы осуществить намеченный процесс нагрева или термической обработки. Величина полезного тепла определяется из выражения:

$$Q_N = C_m \cdot \Delta t \,, \tag{1}$$

где C_m – удельная теплоемкость нагреваемого материала;

Δt - требуемое повышение температуры [3].

Оценку потерь металла в угар выполняли по следующей формуле [12]:

$$y^2 = 0{,}0245^2 \cdot (K_1\tau_1 + K_2\tau_2 + ... + K_n\tau_n + C) \tag{2}$$

где, К – коэффициент степени окисления, зависящий от температуры; τ - продолжительность пребывания в каждой температурной зоне, мин; С – постоянная.

Результат расчета потерь металла в угар при нагреве от комнатной температуры приведены в таблице 1.

Применительно к нагреву металла в методической печи расчет нагрева 1 т углеродистой стали от комнатной температуры до 1220 °С будет иметь следующий вид [3]:

а) полезное тепло:

$$Q_N = C_m \cdot \Delta t = 0{,}71 \cdot (1220\text{-}20) = 852 \text{ кДж/кг},$$

б) Для заготовки 150х150х1000 мм

Масса заготовки:

$$0{,}15 \cdot 0{,}15 \cdot 11{,}0 \cdot 7850 = 1943 \text{ кг}$$

Площадь поверхности заготовки:

$$2 \cdot 0,15 \cdot 0,15+4 \cdot 11,0 \cdot 0,15 = 0,045+6,6 = 6,645 \text{ м}^2$$

Тогда потери на угар металла составят:

$$3,0 \cdot 6,645 = 19,935 \text{ кг}$$

$$\text{или } 19,935/1,943 = 10,26 \text{ кг/т}$$

Следовательно, Q_N = 852 - 4,2 · 10,26 = 808,91 Дж/кг

Безвозвратные потери в связи с угаром металла составят [3] на тонну:

$$10,26 \cdot 4,2 = 43,09 \text{ кДж/т}$$

В денежном выражении при цене за 1 кДж = 0,024 рубля и при нагреве 1,0 млн. тонн заготовки в год потери составят:

$$1000000 \cdot 0,024 = 24000 \text{ рублей}$$

При этом безвозвратные потери по угару металла составят при цене заготовки 18500 руб./т.

$$10,26 \cdot 1000 \cdot 18500 = 189100000 \text{ рублей } (\approx 189,1 \text{ млн. руб.})$$

Таким образом, суммарные годовые потери будут составлять:

$$189,1 + 0,024 = 189,124 \text{ млн. руб.}$$

Таблица 1 – Потери металла в угар при нагреве от комнатной температуры

Температура нагрева	900	1000	1100	1220
Потери на угар металла, кг/т	1,561	2,322	2,775	3,000

По аналогичной методике был произведен расчет и для других температур. Анализ результатов расчетов (рис. 1) показывает, что снижение температуры нагрева с 1200 до 1100 °С позволит снизить тепловые и материальные затраты на 40 %, с 1200 до 1000 °С на 63,3%, а с 1200 до 900 °С а на 73,2%.

В последнее десятилетия получила наибольшее распространение схема создания ЛПК

(линейно – прокатных комплексов) в рамках реализации идеи совмещения МНЛЗ и сортового прокатного стан [8]. В этом случае используется пониженный нагрев металла до температуры 1150 °С. При этом посадка заготовок с МНЛЗ в нагревательную (подогревательную) печь осуществляется при температуре 450 ± 750 °С. Результаты расчетов величины угара при данных температурных режимах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета величины угара, кг/т

Температура нагрева, °С	Температура посада Т, °С			
	450	550	650	750
1150	1,765	1,650	1,519	1,208
900	1,438	1,365	1,277	1,004

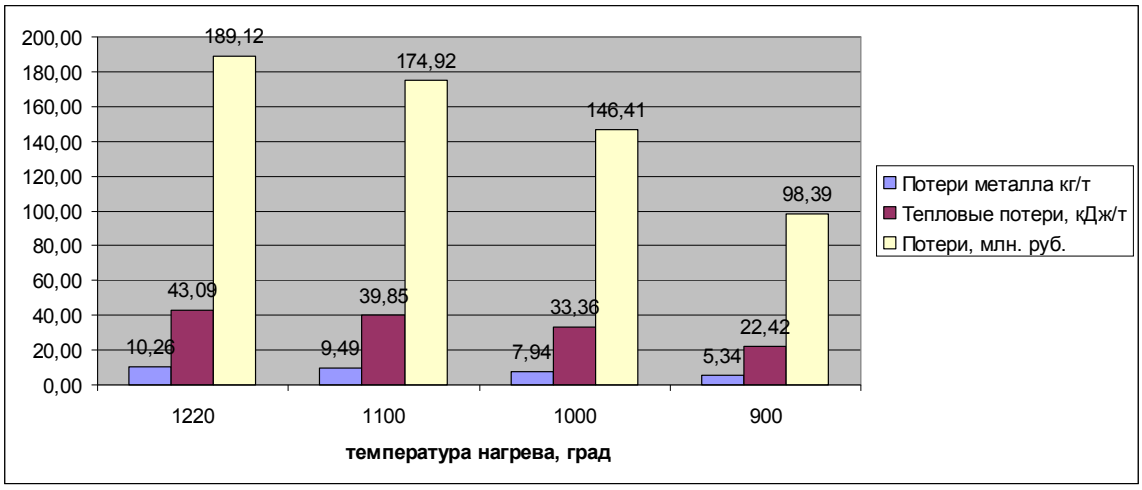


Рис. 1 – Тепловые и материальные потери при нагреве металла комнатной температуры

Расчет тепловых и материальных потерь выполняли по вышеописанной методике. Результаты расчета (рис. 2) показывают что данная схема эффективнее чем нагрев от комнатной температуры при схожих температурах нагрева, однако в случае посада с температурой 450…550 °С низкотемпературный нагрев от комнатной температуры до 900 °С все же характеризуется меньшими потерями тепловой энергии.

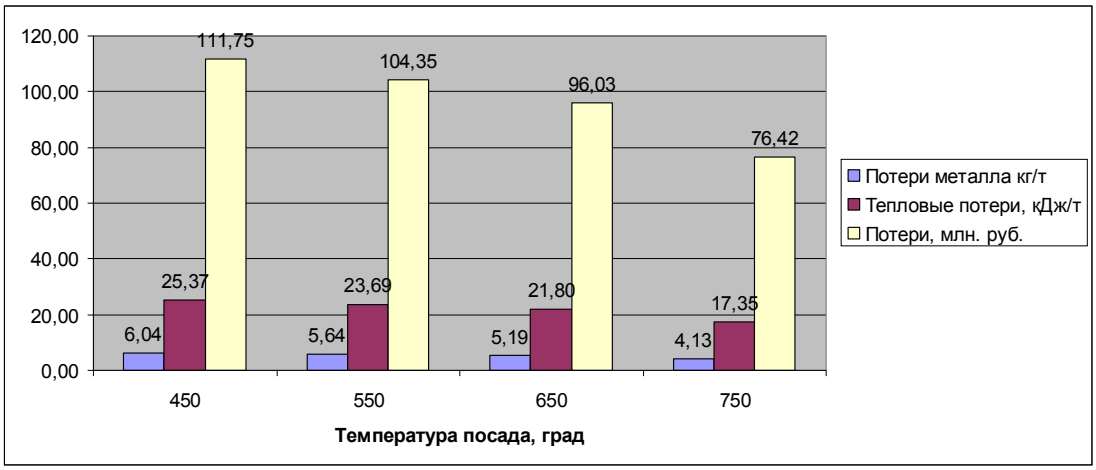


Рис. 2 – Тепловые и материальные потери при нагреве до 1150 °С в зависимости от температуры посада

Еще более энергоэффективной считается схема «низкотемпературный нагрев (900± 950 °С) с горячим посадом заготовок [13 - 15]. Результаты расчетов (рис. 3) показывают что нагрев до 900 °С позволяет снизить затраты энергии на 17…19% по сравнению с нагревом до 1150 °С при одинаковой температуре посада.

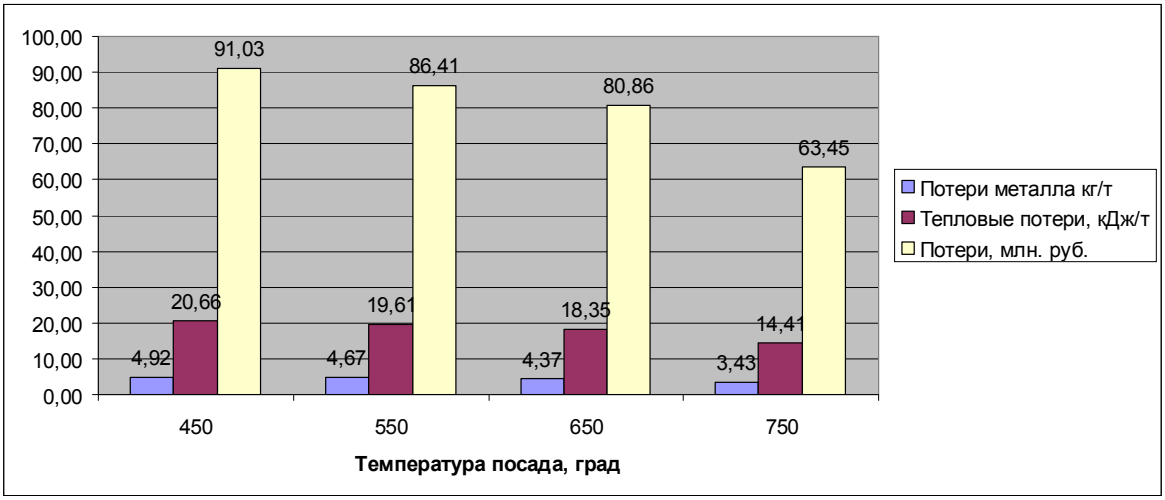


Рис. 3 – Тепловые и материальные потери при нагреве до 900 °С в зависимости от температуры посада

Вывод. Выполнен анализ трех различных технологий нагрева металла перед прокаткой для условий интеграции в единую систему технологий непрерывной разливки МНЛЗ и сортового прокатного стана. Выполненные расчеты выше изложенных схем нагрева

показали, что наиболее высокой эффективностью обладает схема с горячим всадом заготовки. Реализация данной схемы по сравнению с классической позволяют уменьшить потери на угар металла с 3,0 до 1,2 кг/т а потери тепла от 43,09 кДж/кг до 3,43 кДж/кг.

Список литературы

1. Катунин, В.В. Основные показатели работы черной металлургии России в 2016 г./ Т.М. Петракова, И.М. Иванова // Черная металлургия. – 2017. - №2. - С. 3 - 22.
2. Смирнов, Е.Н. Конструктивный аспект возможности организации прокатки качественных марок стали с петлей охлаждения и выравнивания температуры в условиях типового сортового непрерывного стана / Е.Н. Смирнов, В.А. Скляр Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: материалы Двенадцатой Всероссийской научно-практической конференции, Том I, 25-27 ноября 2015 г. – Старый Оскол, 2015. – С. 224-230
3. Хензель, А. Оптимизация расходов энергий в процессах деформации / Шпиттель Т., Шпитель М., Гайдук М., Конвичный Й.,– М.: Металлургия, 1985. – 347 с.
4. Смирнов Е.Н., Белевитин В.А., Суворов А.В., Коваленко С.Ю. Ресурсосбережение при сетевом взаимодействии сетевое взаимодействие как форма реализации государственной политики в образовании. Всероссийская научно-практическая конференция. Челябинск, 2015. – С. 267-271.
5. Смирнов Е.Н., Белевитин В.А., Скляр В.А., Кисиль В.В. Технология конструкционных материалов: производство горячекатаных блюмов и сортовых заготовок. Челябинск, 2016. -188 с.
6. Белевитин В.А., Смирнов Е.Н., Суворов А.В. Технология конструкционных материалов: обработка металлов давлением. Челябинск, 2016. - 184 с.
7. Masini, R. Bar mill technology / Latest A. // Millenium Steel. - 2005. - С. 216 - 221.
8. Тоски, Ф. Литейно-прокатный комплекс №5 компании Baosteel Shanghai для производства катанки и сортового проката нержавеющих и специальных сталей – пусконаладка и результаты эксплуатационных испытаний // Danieli News. - 2004. – Volume II. – С. 15.
9. Смирнов, Е. Н. Развитие подходов к исследованию на физических моделях механизмов «залечивания» дефектов сплошности осевой зоны непрерывнолитой заготовки / Е. Н. Смирнов, В. А. Скляр, В. А. Белевитин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2016. – Т. 59. – №5. – С. 322 – 327.
10. Смирнов, Е. Н. Физическое моделирование поведения дефектов макроструктуры непрерывнолитой заготовки / Е. Н. Смирнов, В. А. Скляр // Современная металлургия

нового тысячелетия сб. науч. тр. Международной науч. практ. конф. 8-11 декабря 2015 г. Часть 1. Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2015. – С. 290 – 295.

11. Смирнов, Е. Н. Адаптация способа моделирования поведения дефектов макроструктуры непрерывнолитой заготовки на слоистых моделях / Е. Н. Смирнов, В. А. Скляр // Проблемы черной металлургии - 2015 международный научный семинар в рамках Всероссийской научно-практической конференции. – 2016. – С. 47 – 53.

12. Jung, K.-H. Numerical prediction of austenite grain size in a bar rolling process using an evolution model based on a hot compression test / Kyung-Hwan Jung, HoWon Lee, Yong-Taek Im. // Materials Science and Engineering A. - 2009. - №519. - С. 94 - 104.

13. Тоски, Ф. Низкотемпературная прокатка на сортовом станет для производства спец сталей на заводе Tianjin Iron & Steel Danieli News. - 2006. - Volume III. – С. 8.

14. Скляр В.А. Деформационное состояние в процессе прокатки квадратного подката в овальном калибре в клетях черновой группы непрерывного сортового стана / В.А. Скляр, Т.Д. Самойлова // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство материалы тринадцатой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Том I, 23-25 ноября 2016 г. - С. 124-131.

15. Минаев А.А., Лубенец А.Н., Смирнов Е.Н. и др. Высокоэффективные технологические схемы и интеграция -основа повышения качества проката ответственного назначения // Металл и литье Украины. 2002. № 7/8. С. 35-37.

УДК 681.518.5

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОТВАЛА АО «ЛЕБЕДИНСКИЙ ГОК» С ВНЕДРЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ПОНИЖАЮЩЕЙ ПОДСТАНЦИИ

Селезнева М.В., Ермолаев Д.В.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС», Россия, г. Старый Оскол

seleznyova_marina@mail.ru, +7(904 092-39-99

walkman550@mail.ru, +7(919) 285-89-09

Аннотация. *В статье приведена информация о влиянии величины напряжения на работу электрических приемников, о современных принципах регулирования напряжения. Рассмотрены схемы управления современными устройствами регулирования. Отражены положительные факторы при применении современных устройств и методов регулирования напряжения.*

Ключевые слова: *регулирование напряжения; приемники электроэнергии; карьер; горное производство; система электроснабжения.*

DEVELOPMENT OF THE ELECTRICAL SUPPLY SCHEME OF THE LEBEDINSKY GOK JOINT-STOCK COMPANY WITH INTRODUCTION OF MODERN DEVICES FOR AUTOMATIC VOLTAGE REGULATION AT THE REDUCING SUBSTATION

Seleznyova M., Ermolaev D.

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

Abstract. *The article contains information on the effect of voltage on the operation of electrical receivers, on modern principles of voltage regulation. The control schemes of modern control devices are considered. Positive factors are reflected in the application of modern devices and methods of voltage regulation.*

Keywords: *regulation of voltage; receivers of electric power; career; mining production; power supply system.*

Значительное влияние напряжения сети на работу электрических приемников заставляет уделять большое внимание поддержанию напряжения на зажимах потребителей, близкого к номинальному напряжению. Подводимое к потребителям напряжение является одним из качественных показателей электроэнергии.

Изменения напряжения в сети можно классифицировать следующим образом:

1. Медленно протекающие изменения напряжения, которые обычно и бывают при работе сети. Эти изменения называются отклонениями напряжения. Отклонения напряжения определяются как разность действительного напряжения на зажимах электроприемников и номинального напряжения. Отклонения напряжения могут быть отрицательными и положительными величинами. Первым соответствуют понижения напряжения по отношению к номинальному, вторым - повышения напряжения.

Отклонения напряжения в электрических сетях обусловливаются изменениями нагрузок сети, режимов работы электростанций и т. д.

2. Быстро протекающие изменения напряжения вследствие аварий в электрических системах и других причин. В качестве примеров можно указать на короткие замыкания, качание машин, включение и отключение одного из элементов установки и т. п. Быстро протекающие изменения называются колебаниями напряжения.

Обеспечить выполнение требований к отклонениям напряжений в современных ЭЭС без применения специальных мер и устройств невозможно, что наглядно демонстрируется схемой передачи электроэнергии. Если принять, что на пути от генераторов электростанций до приемников электрическая энергия претерпевает четыре трансформации, при каждой трансформации потери напряжения составляют 5 %, а в каждой из сетей – 10 %, то суммарные потери напряжения могут составить 60 %. Для обеспечения допустимых уровней напряжения в ЭЭС используются специальные технические средства – регулирующие устройства. Их назначение – уменьшение или компенсация потерь напряжения в сетях.

Задачей регулирования напряжения в энергосистеме и на промышленных предприятиях является обеспечение качества электроэнергии, удовлетворяющего установленным нормам, экономичной совместной работы электрических сетей энергосистемы и электроприемников и связанных с ними механизмов, обеспечение необходимого запаса устойчивости энергосистемы, соответствия уровня напряжения значениям, допустимым для оборудования электрических станций и сетей, а так же поддержания согласованных перетоков по реактивной мощности по межгосударственным линиям.

Регулирование напряжения осуществляется путем:

а) регулирования реактивной нагрузки генераторов и синхронных компенсаторов;

б) изменения под нагрузкой коэффициента трансформации трансформаторов, автотрансформаторов и вольтодобавочных трансформаторов всех видов;

в) перевода в часы минимальных нагрузок части генераторов и СК в режим недовозбуждения;

г) изменения количества включенных шунтирующих реакторов на ВЛ 750 кВ;

д) изменения количества включенных статических конденсаторов у потребителей и в сети энергосистемы;

е) отключения в резерв линий 330 кВ.

В настоящее время, самым распространенным принципом регулирования напряжения является изменение под нагрузкой коэффициента трансформации трансформаторов, автотрансформаторов и вольтодобавочных трансформаторов всех видов.

Таким образом, предлагаемые в статье решения, позволяют более плавно осуществлять регулирование напряжения в системе электроснабжения предприятия. Современные устройства и схемы управления ими увеличивают срок службы оборудования и, самое главное, позволяют стабилизировать напряжение на шинах, к которым подключены приемники электрической энергии.

Список литературы

1. Быстрицкий Г.Ф. Б95 Основы энергетики : учебник. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: КНОРУС, 2011. – 352 с.

2. Гладилин, А. А. Основы электроснабжения горных предприятий: учебник // А. А. Гладилин. – М.: Горная книга, 2006. – 330 с.

3. Евдокунин Г.А., Титенков С.С. Внутренние перенапряжения в сетях 6-35 кВ. – СПб.: Изд-во Терция, 2004. –188 с.

4. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. Учебник для вузов - 5-е изд. М. Энергоатомиздат, 2014. - 640 с.

УДК 621.771.25

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ РАСКАТА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ПРОКАТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕТЛИ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ

Скляр В.А. к.т.н., доц., **Белых П.А.**

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС», Россия, г. Старый Оскол

pawel.belih@yandex.ru

Аннотация. *Представлены результаты моделирования теплового состояния подката для чистовой группы клетей при реализации технологии контролируемой прокатки с использование петли температурной стабилизации Loop. На основании данных физического и математического (компьютерного) моделирования показано что перепад температуры по сечению подката перед задачей в чистовую группу не должен превышать 50 °С. По результатам исследования определена длина петли температурной стабилизации, которая позволит добиться указанного градиента.*

Ключевые слова: *контролируемая прокатка, ускоренное охлаждение, петля температурной стабилизации, компьютерное моделирование, градиент температуры.*

MODELING OF THE THERMAL STATE OF ROLL AT THE IMPLEMENTATION OF THE TECHNOLOGY OF CONTROLLED ROLLING WITH THE USE OF LOOP TEMPERATURE STABILIZATION

Skliar V. Ph.D. Associate Professor, **Belyh P.**

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

Abstract. *The results of modeling the thermal state of roll for finishing stands to the realisation of the technology of controlled rolling with the use of loop temperature stabilization are presented. On the basis of physical and mathematical (computer) modeling, it is shown that the temperature drop across the section of the roll before enter in finish group should not exceed 50 °C. the results of the study determined the length of the loop of the temperature stabilization, which will allow to achieve the specified gradient.*

Keywords: *controlled rolling, cooling, loop of the temperature stabilization, computer modeling, temperature gradient.*

В настоящее время, основным требованием при производстве сортового проката является получение высокого уровня механических свойств, которые определяются микроструктурой металла [1-3]. Структура готового проката зависит преимущественно от режимов термомеханической обработки и химического состава [4, 5].

Добиться получения требуемой микроструктуры, а значит и необходимого уровня механических свойств можно за счет применения термомеханической обработки (ТМО), представляющей собой совокупность операций деформации, нагрева и охлаждения в различной последовательности, в результате которых формируется структура стали. Распространившаяся в последнее время контролируемая прокатка тоже является разновидностью ТМО [4, 6].

На современных прокатных станах ТМО проводится в последних 2…4 клетях чистовой группы. Для достижения необходимой температуры 780…850 °С прокат перед задачей в чистовую группу подстуживают в специальных устройствах [7].

Одним из самых современных путей реализации технологии низкотемпературной прокатки является технология LOOP SMS Meer предусматривающая создание петлевого стабилизатора в котором происходит выравнивание температуры по сечению подката для чистовой группы [8]. Необходимость данной петли обусловлена тем что после выхода из

устройства подстуживания подкат может иметь градиент температуры по сечению превышающий 400 °С, что делает его прокатку невозможной [9].

Таким образом целью работы являлось проведение исследований по определению возможности реализации процесса контролируемой прокатки с петлей температурной стабилизации в условиях стана 350 АО «ОЭМК».

На первом этапе было проведено физическое моделирование прокатки раската с неравномерным температурным полем, с целью обоснования допустимого перепада температуры по сечению раската. Для этого необходимо было добиться подобия прочностных свойств металла и пластилина. Расчеты предела текучести стали по стандартным методикам показали, что для перепада температуры в 100 °С соотношение между сопротивлениями деформации стали марки 40Х колеблется в пределах 1,34…1,36. Проведенные исследования по определению прочностных свойств пластилина при температуре -18 °С позволили определить сопротивление деформации для разных видов пластилина. Среднее сопротивление деформации скульптурного пластилина составило 1,49 МПа, а мягкого цветного 1,10 МПа, Соотношение между значениями сопротивления деформации в этом случае равно 1,35. Таким образом данные два вида пластилина можно использовать для физического моделирования процесса прокатки раската с неравномерным температурным полем.

Для проведения исследования изготавливались составные образцы с сердцевиной из мягкого пластилина и внешней оболочкой из твердого, толщина которой составляла 0, 1, 1,5 и 2 мм. Диаметр образцов составлял 10 мм. В результате обмеров темплетов образцов после прокатки был констатирован существенный рост уширения, по мере увеличения толщины твердой оболочки (подстуженной части на натурном объекте). А при толщине оболочки 2 мм в образце наблюдались разрывы (рис. 1). Такая толщина соответствует перепаду температур в 100°С, поэтому сделан вывод о невозможности прокатки раската при перепаде температур более 50 градусов, что соответствовало толщине оболочки 1,5 мм.

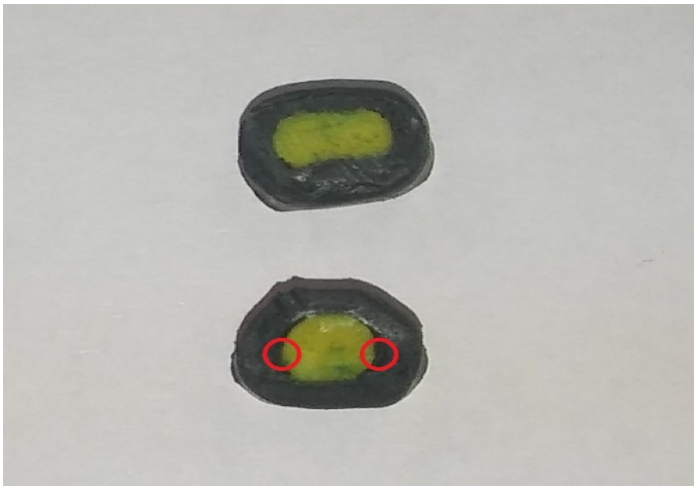
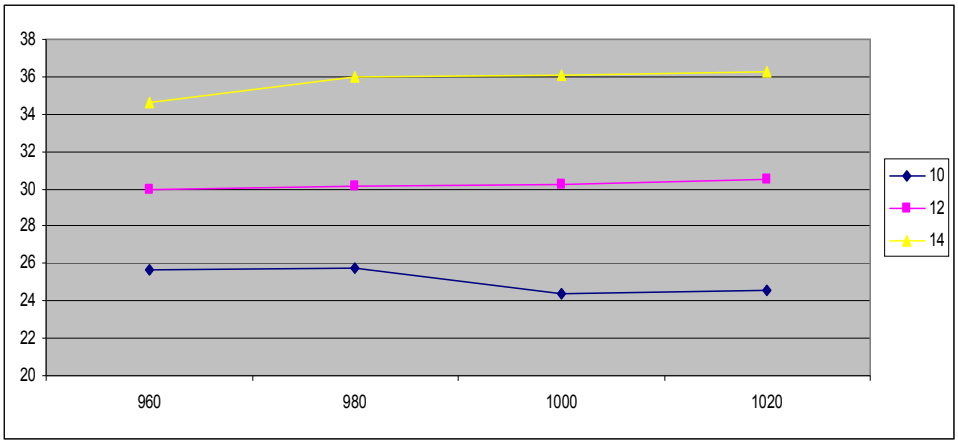
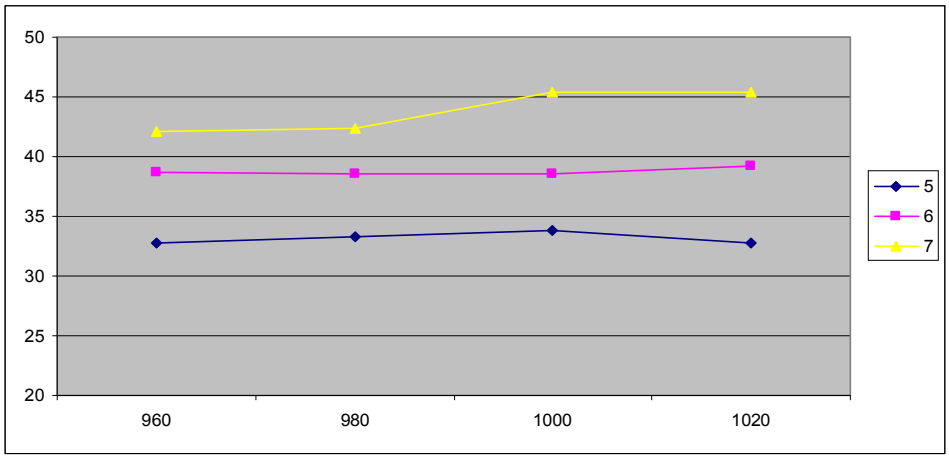


Рис. 1 – Положение точек разрыва на образце с толщиной оболочки 2 мм

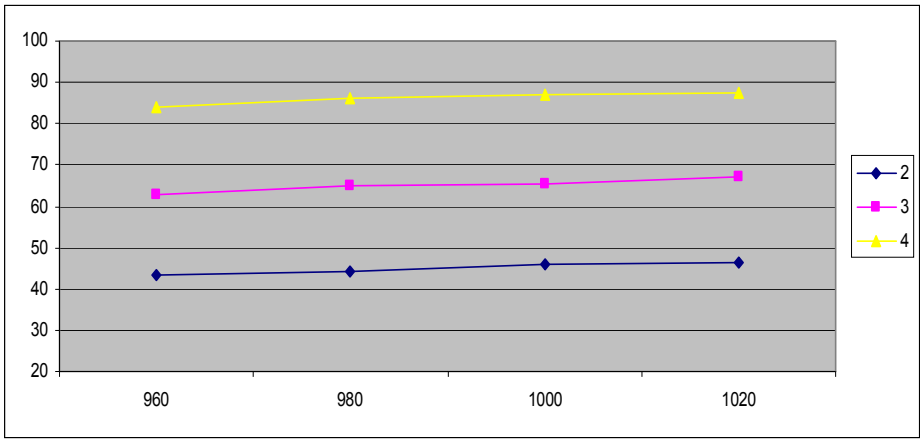
Расчет изменения температуры раската в устройстве охлаждения и петле температурной стабилизации выполняли с помощью метода конечных элементов для круглых профилей Ø 17-48 мм из марки стали 40Х, которые выходят из последней клети промежуточной группы стана 350 АО «ОЭМК» и со скоростью, которая ему соответствует, попадают в камеры водяного охлаждения. Температура подката изменялась в пределах 960-1020 ^{o}C. По полученным результатам строились графики зависимости длины петли от температуры, представленные на Рис. 2 – Видно, что увеличение температуры незначительно влияет на увеличение длины петли, в то время как скорость имеет большее влияние.



а)



б)



в)

Рис. 2 – Зависимость длины петли от увеличения температуры для круга диаметром: а) 17 мм, б) 27 мм, в) 48 мм

Вывод. Проведеное исследование сопротивления деформации пластилина, и физическое моделирование раскатов с неравномерным температурным полем позволило определить максимально допустимый перепад температуры по сечению, который равняется 50ºС. Выполненные расчеты позволили определить необходимую длину петли выравнивания температуры.

Список литературы

1. Fujibayashi Akio. JFE Steel's advanced manufacturing technologies for high performance steel plates / Fujibayashi Akio, Omata Kazuo // JFE Technical Report. – 2005. – № 5. – S. 68–72.

2. Бровкин, В. Л. Исследование тепловых процессов контролируемой прокатки на стане 250 / В. Л. Бровкин // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2007. – № 3 – С. 110–114.

3. Смирнов Е.Н., Белевитин В.А., Скляр В.А., Кисиль В.В. Технология конструкционных материалов: производство горячекатаных блюмов и сортовых заготовок. Челябинск, 2016. 188 с.

4. Большаков, В. И. Термическая обработка стали и металлопроката: учеб. [для студ. высш. техн. учеб. зав.] / В. И. Большаков, И. Е. Долженков, В. И. Долженков – Днепропетровск : Gaudeamus, 2002. – 271 с.

5. Коваленко, В. В Исследование структуры и свойств горячекатаного металла после термомеханической обработки / В. В. Коваленко, В. Л. Бровкин, Ю. Н. Радченко // Теория и практика металлургии. – 2007. – № 1. – С. 39–42.

6. Большаков, В. И. Термическая и термомеханическая обработка строительных сталей / В. И. Большаков, В. Н. Рычагов., В. К. Флоров – Днепропетровск : Січ, 1994. – 232 с.

7. Минаев, А. А. Совмещенные металлургические процессы: Монография / А. А. Минаев – Донецк : Технопарк ДонГТУ УНИТЕХ, 2008. – 552 с.

8. Смирнов, Е.Н. Конструктивный аспект возможности организации прокатки качественных марок стали с петлей охлаждения и выравнивания температуры в условиях типового сортового непрерывного стана / Е.Н. Смирнов, В.А. Скляр Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: материалы Двенадцатой Всероссийской научно-практической конференции, Том I, 25-27 ноября 2015 г. – Старый Оскол, 2015. – С.

9. Скляр В.А. Деформационное состояние в процессе прокатки квадратного подката в овальном калибре в клетях черновой группы непрерывного сортового стана / В.А. Скляр Т.Д Самойлова // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство материалы тринадцатой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Том I, 23-25 ноября 2016 г. - С. 124-131.

УДК 621.771.25

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ С ДЕФЕКТОМ «ОСЕВАЯ ПОРИСТОСТЬ» С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Скляр В.А. к.т.н., доц., **Галкина В.В.**

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС», Россия, г. Старый Оскол

konfor1@yandex.ru

Аннотация. *Представлены результаты исследований по изучению поведения дефекта «осевая пористость» во время прокатки в прямоугольных калибрах. С помощью математического моделирования изучено напряженно-деформированное состояние непрерывнолитой заготовки с дефектом «осевая пористость» на основе анализа которого рекомендованы параметры процесса (степень деформации и температура прокатки) которые позволят максимально минимизировать проявление данного дефекта на готовом прокате.*

Ключевые слова: *прокатка, непрерывнолитая заготовка, осевая пористость, компьютерное моделирование, прямоугольный калибр.*

THE STUDY OF PROCESS ROLLING CONCAST BILLETS WITH DEFECT "AXIAL POROSITY" WITH THE USE OF THE MATHEMATICAL MODELING

Skliar V.A. Ph.D. Associate Professor, **Galkina V.V.**

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

Abstract: *The results of studies behavior of the defect "axial porosity" during rolling in a rectangular caliber are presented. With the help of a mathematical modeling study of the stress-strain state of billets with the defect "axial porosity" based on which analysis recommended process parameters (degree of deformation and rolling temperature) which will allow to minimize the transformation of this defect in the finished rolled products.*

Key words: *rolling, concast billet, axial porosity, computer simulation, rectangular caliber.*

Дефекты, наследуемые с непрерывно-литой заготовкой, которые образовались на этапе непрерывной разливки, в процессе прокатки могут трансформироваться в дефекты прокатного производства [1]. К одним из таких дефектов непрерывнолитой заготовки относится осевая пористость, представляющая собой скопление крупных и мелких пор вдоль

теплового центра кристаллизации слитка в зоне встречи фронтов затвердевания [2]. Изучение поведения данного дефекта в процессе прокатки позволит минимизировать его отрицательное влияние на качество готовой продукции.

Для исследования процессов деформации все чаще применяются конечно-элементные программные комплексы, которые позволяют существенно сэкономить материальные и временные затраты на проведение экспериментов. Наиболее часто в этих целях применяется комплекс DEFORM-3D [3-7]. Однако и физическое моделирование поведения подобных дефектов применяется довольно часто [8-10]

Таким образом целью данной работы являлось проведение математического (компьютерного) моделирования поведения дефекта типа «осевая пористость» во время прокатки в прямоугольных калибрах.

Для математического моделирования поведения дефекта «осевая пористость» при прокатке был задействован программный комплекс компьютерного моделирования с применением метода конечных элементов Deform-3D. Рассматривалась прокатка в прямоугольных калибрах. Материал валков – сталь, поверхность гладкая. Диаметр валков составлял 600 мм. Исходной заготовкой была непрерывнолитая заготовка сечением 150х150 мм, длина заготовки составляла 500 мм для того, чтобы исключить влияние внешних зон. Центральная пористость моделировалась сквозным отверстием 8 мм. Геометрическая модель заготовки разбивалась на тетраэдральные конечные элементы. Моделью поведения материала непрерывнолитой заготовки была выбрана упруго - пластическая модель. Материал – сталь 40. Все свойства задавались в табличном виде в зависимости от температуры.

С учетом полученных предварительных результатов был выполнен вычислительный эксперимент по прокатке непрерывнолитой заготовки с дефектом осевая пористость со следующими условиями:

– величина относительного обжатия ε_h – 0,2; 0,25; 0,3;

– температура прокатки Т – 1000, 1100 и 1200 °С;

В результате расчетов получали поля распределения деформаций и напряжений по продольному сечению заготовки (см. рис. 1).

Зависимость относительного обжатия зоны осевой пористости от температуры и относительного обжатия заготовки представлена на Рис. 2 – Анализ рис. 2 показывает, что с

увеличением температуры доля деформации, которая проникла в осевую зону, растет, поскольку деформация в более мягком металле проникает более глубоко. Повышение относительного обжатия при постоянной температуре также приводит к увеличению обжатия зоны дефекта «осевая пористость».

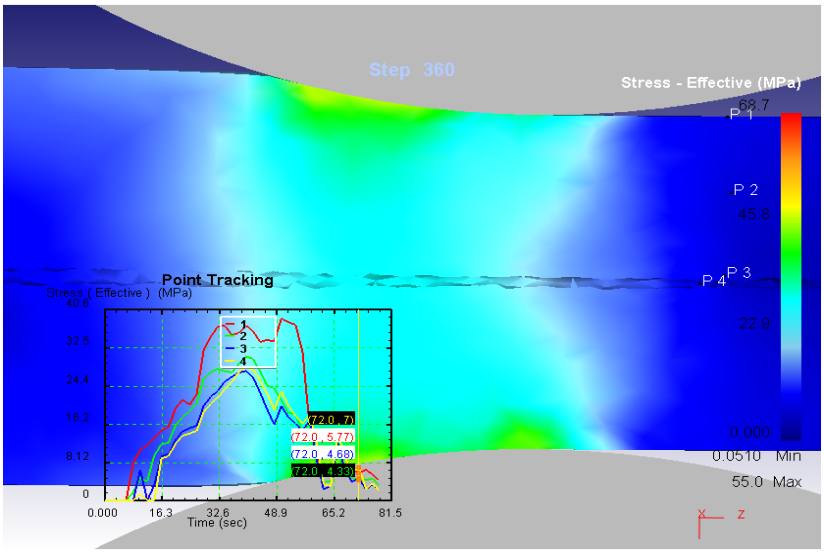


Рис. 1 – Распределение интенсивности напряжения по высоте раската при прокатке на гладкой бочке: $T_п$ = 1200 °С, ε = 0,2

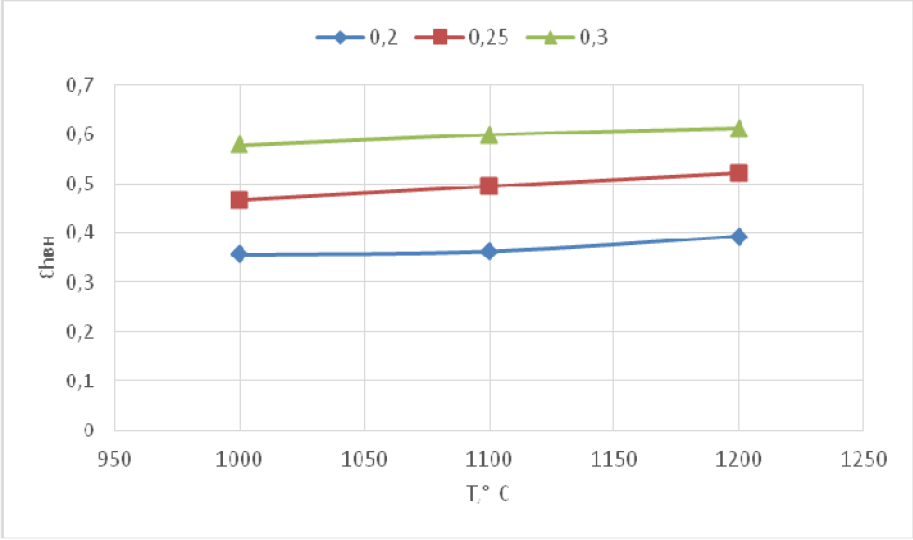


Рис. 2 – Зависимость относительного осевого сжатия от температуры и относительного обжатия заготовки

Изучив полученные данные, можно прийти к выводу, что температура в данном случае в меньшей мере влияет на обжатие зоны дефекта «осевая пористость», чем степень обжатия заготовки. Поэтому оптимальным вариантом (с точки зрения экономии энергоресурсов) для прокатки является наименьшая температура 1000 °С и относительное обжатие равное 0,3.

Анализ напряженно-деформированного состояния производился для предотвращения появления дефектов типа «осевая трещина» из-за высокой степени деформации. Зависимость максимального по величине растягивающего напряжения, появляющегося в зоне осевой пористости от температуры и относительного обжатия заготовки представлена на рис. 3.

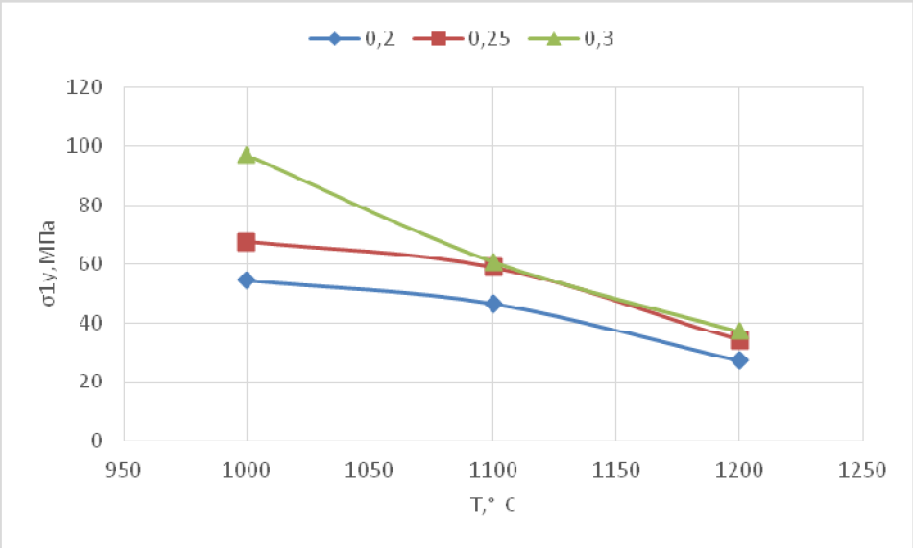


Рис. 3 – Зависимость растягивающего напряжения в зоне осевой пористости от температуры и относительного обжатия заготовки

Как видно из рис. 3 при рекомендованных ранее рациональных значений параметров прокатки (температура 1000 °С, ε = 0,3) растягивающее напряжение принимает максимальное значение, которое может являться причиной появления дефекта «осевая трещина». Чтобы избежать этого, необходимо уменьшить степень обжатия не меняя температуру или наоборот увеличить температуру при той же степени обжатия. Исходя из полученных результатов, наиболее приемлемым вариантом является относительное обжатие ε = 0,3 и температура Т = 1100 °С.

Вывод. Проведенное исследование процесса прокатки непрерывнолитой заготовки с дефектом «осевая пористость» позволило рекомендовать рациональные режи прокатки таких

заготовок: относительное обжатие ε = 0,3 и температура прокатки Т = 1100 °С. Определено что, не смотря на положительное влияние повышения степени обжатия на устранение осевой пористости, в случае пониженной температуры прокатки это ведет, к увеличению растягивающего напряжения, что в свою очередь может способствовать образованию трещин.

Список литературы

1. Смирнов, Е. Н. Развитие подходов к исследованию на физических моделях механизмов «залечивания» дефектов сплошности осевой зоны непрерывнолитой заготовки / Е. Н. Смирнов, В. А. Скляр, В. А. Белевитин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2016. – Т. 59. – №5. – С. 322 – 327.

2. Smyrnov, Y.N. Physical and Computer modeling of new soft reduction Process of continuously cast blooms /Y.N. Smyrnov, V.A. Belevitin и др. //Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2015. - 50. - № 6. - P.12-17.

3. Кинзин, Д. И. Использование программного комплекса Deform-3D при моделировании процессов сортовой прокатки / Д. И. Кинзин, С. С. Рычков // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2011. – №2. – С. 45 – 48.

4. Блондинская, Е. Б. Исследование возможностей технологии комбинирования поперечно-винтовой прокатки и волочения при изготовлении длинномерных изделий на основе моделирования в программном комплексе Deform-3D / Е. Б. Блондинская, И. Г. Шубин // Обработка сплошных и слоистых материалов. – 2013. – №1 (39). – С. 93 – 96. 5. Рычков, С. С. О выборе формы и размеров конечных элементов при моделировании процессов сортовой прокатки / С. С. Рычков // Обработка сплошных и слоистых материалов. – 2011. – №1. – С. 146 – 151.

6. Уманский, А. А. Закономерности формирования напряженно-деформированного состояния металла при сортовой прокатке / А. А. Уманский, В. Н. Кадыков, Ю. А. Мартьянов // Вестник СибГИУ. – 2013. – №4 (6). – С. 8 – 10.

7. Виноградов, А. И. Применение самоорганизующихся нейронных сетей для моделирования и анализа процесса прокатки высококачественных сортовых профилей / А. И. Виноградов // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2008. – №3. – С. 32 – 35.

8. Смирнов, Е. Н. Физическое моделирование поведения дефектов макроструктуры непрерывнолитой заготовки / Е. Н. Смирнов, В. А. Скляр // Современная металлургия нового тысячелетия сб. науч. тр. Международной науч. практ. конф. 8-11 декабря 2015 г. Часть 1. Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2015. – С. 290 – 295.

9. Смирнов, Е. Н. Адаптация способа моделирования поведения дефектов макроструктуры непрерывнолитой заготовки на слоистых моделях / Е. Н. Смирнов, В. А. Скляр // Проблемы черной металлургии - 2015 международный научный семинар в рамках Всероссийской научно-практической конференции. – 2016. – С. 47 – 53.

10. Логинов, Ю. Н. Поведение при прокатке дефекта типа поры, примыкающими к поверхности полосы / Ю. Н. Логинов, К. В. Еремеева // Производство проката. – 2008. – №10. – С. 2 – 6.

УДК 669.162

МЕТОДЫ ГАЗОВОГО АНАЛИЗА В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕГАТАХ

Скляр В.А. к.т.н., доц., **Князев И.С.**

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС», Россия, г. Старый Оскол

knyazev.93@inbox.ru

Аннотация. *Представлен обзор методов газового анализа, которые могут быть использованы для усовершенствования систем автоматического управления технологическими процессами обжиговой машины для производства окатышей с целью оптимизации производственного процесса.*

Ключевые слова: *автоматическая система управления, методы газоанализа, обжиговая машина, окатыши, математическая модель.*

METHODS OF GAS ANALYSIS IN METALLURGY TECHNOLOGICAL UNITS

Skliar V. Ph.D. Associate Professor, **Knyazev I.**

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

Abstract. *The overview of the methods of gas analysis, which can be used to improve the automatic control systems of technological processes in the roasting machine for pellet production to optimize the production process is presented.*

Keywords: *automatic control system, methods of gas analysis, roasting machine, pellets, mathematical model.*

В настоящее время направление усовершенствования методов газоанализа в металлургических технологических агрегатах играет большую роль. Точное и быстрое

определение состава компонентов газовой смеси в отходящих газах в реальном времени позволит во-первых, контролировать содержание вредных компонентов после системы фильтрации, а во-вторых может существенно увеличить производительность обжиговой машины, вследствие того, что появится возможность регулирования различных процессов, связанных с подачей газа.

В лабораторных испытаниях, направленных на решение этой проблемы большое распространение получили газохроматографические и масс спектрометрические средства измерений. Однако, быстрое и, затрагивающее обширные области, развитие технологий предприятий металлургического характера, приводит к тому, что требуются разработка и создание новых видов газовых анализаторов для оперативного и своевременного контроля примесей в отходящих газах [1-3].

Эти газоанализаторы должны обеспечивать:

1) Высокую чувствительность
2) Высокое быстродействие
3) Селективность
4) Простоту конструкции, а также и в использовании
5) Малую потребляемую мощность
6) Низкую себестоимость

Однако соблюдение всех этих требований будет бессмысленно без самого главного, а именно обеспечения возможности работы всех этих приборов в составе информационно-вычислительных комплексов, которые предназначены для автоматизации технологических процессов.

Масс-спектральный метод

В основе этого метода лежит явление дисперсии ионизированных молекул, которые различаются своим отношением массы к заряду, в электромагнитном поле в условиях высокого вакуума [4]. Масс-спектрометрический метод обеспечивает чувствительность, которая лежит в пределах от 10^{-8} до 10^{-3} моль, %.

Достоинствами этого метода является малое время фиксации результатов измерений, достаточно высокая точность, функция преобразования является линейной, возможность быстрого измерения нескольких компонентов газовой смеси, также главным достоинством является хорошая избирательность, что позволяет создать газоанализатор для определения концентрации многих компонентов газовой смеси.

Существует один существенный недостаток. Для обслуживания таких приборов требуется хорошо обученный, высококвалифицированный персонал, что в свою очередь определяет и стоимость обслуживания.

Тепловые и акустические методы

Принцип действия таких приборов основан на использовании теплопроводности газовой смеси или полезного теплового эффекта реакции каталитического окисления. Они обладают чувствительностью порядка 10^{-3} %, и требуют статической установки измерительной ячейки и обладают малой селективностью, т.е. не в состоянии распознать газы, которые отличаются от основного газа теплопроводностью.

Акустические методы находятся на одном уровне с магнитными по степени чувствительности. Акустические методы основаны на изменении параметров акустического резонатора при изменении концентрации в газе [5].

Магнитный и фотоколориметрический метод

Анализаторы, в основе которых лежит магнитный метод газоанализа, получили широкое распространение среди автоматических анализаторов кислорода в газовой смеси. В основу принципа действия этих приборов положены парамагнитные свойства кислорода, по которым он существенно различается от других газов. Такие приборы имеют недостаточно высокую чувствительность, которая лежит в диапазоне от 10^{-1} до 10^{-2} %, также наблюдается большое время выхода на режим измерения, порядка 1,5 часов.

Сущность фотоколориметрических методов заключается в регистрации изменений окраски различных химических веществ при их взаимодействии с молекулами примесного газа, т.е. это химические методы с физико-техническим детектированием протекания химических реакций [3]. Главным минусом метода является защита окрашивающего вещества от воздействия сильных реагентов, а также от вымывания потоком анализируемого газа.

Хроматографический метод

Этот метод анализа является универсальным методом анализа сложных газовых смесей. Анализ сложной газовой смеси заключается в анализе смесей более простого состава с дальнейшей обработкой и пересчетом полученной информации. Для определения микропримесей, которые содержатся в исследуемом газе, используется метод газовой хроматографии, чувствительным элементом которого является фотоионизационный

детектор, обладающий высокой чувствительностью. В роли разрядного газа выступает гелий [6].

Электрохимический метод

Эти методы основаны на измерении электродвижущей силы, генерируемой гальванической ячейкой. Газовые анализаторы электрохимического принципа действия обладают очень высокой чувствительностью. Также к числу достоинств можно отнести их малые размеры и вес, простоту конструкции. Недостатком является наличие водорода и горючих материалов, приводящее к неконтролируемым погрешностям измерений. В процессе длительного использования происходит «отравление» вещества электролита и сама ячейка становится непригодной для дальнейшей эксплуатации.

Методы атомного и молекулярного спектрального анализа.

Данные методы получили широкое распространение как в промышленности так и в лабораторных условиях. Они отличаются высокой чувствительностью, приборы обладают простотой как в конструкции так и в использовании, что приводит к их малой стоимости и минимальных трудозатрат на обслуживание во время эксплуатации.

Уже долгое время методы АСА и МСА являются развивающейся ветвью аналитических методов газоанализа. Создание приборов на их основе имеет различные трудности, которые связаны с предельной чувствительностью и большим диапазоном измеряемых значений [7].

Комбинированные методы газового анализа.

Сложившаяся тенденция в разработке новых газоаналитических приборов иллюстрирует, что повышение надежности, разрешающей способности анализатора, точности можно добиться разработкой приборов, сочетающих в себе несколько из вышеперечисленных методов.

В пример можно привести объединение оптических и акустических методов. Это привело к разработке оптико-акустических ячеек, которые имеют чувствительность намного выше чем в каком-либо из двух этих методов в отдельности [5].

Люминесцентные методы анализа характеризуются более высокой чувствительностью по сравнению с адсорбционными и эмиссионными методами анализа. Этот метод является, в некоторой степени, объединением этих двух методов анализа.

Все более широкое внедрение вычислительной микропроцессорной техники привело к тому, что произошло укрепление позиции в пользу объединения различных методов анализа между собой. Этот фактор позволил комбинировать методы не только путем каких-то конструктивных решений, но и также с помощью разработки различных алгоритмов процесса измерения и обработки результатов измерения программным способом.

Таким образом, одним из актуальных путей оптимизации работы обжиговой машины для производства окатышей является совершенствование систем автоматического управления технологическими процессами на базе применения современных методов газоанализа и уточнения математических моделей процесса.

Список литературы

1. Колесников, В.А. Перспективы проектирования и создания отечественных информационно-измерительных систем / В.А. Колесников, В.М.Юров // Научное обозрение. – 2013. – №4. – С. 151-155.

2. Колесников, В.А. Портативная информационно-измерительнаясистема для анализа вредных газов / Д.М. Закиев, В.М. Юров, В.А. Колесников // VII Международная научно-практическая конференция «Научно-технический прогресс в металлургии», 11-12 октября 2013 г. – Темиртау,2013 – С. 147-151.

3. Колесников, В.А. Экспресс-анализ кислорода в инертных газах /В.А. Колесников, В.М. Юров // VII Международная научно-практическая конференция «Научно-технический прогресс в металлургии», 11-12 октября2013 г. – Темиртау, 2013 – С. 151-158.

4. Карасек, Ф. Введение в хромато-масс-спектрометрию / Ф. Карасек, Р. Клемент. – М.: Мир, 1993. – 237 с.

5. Старовойтов, В.С. Оптико-акустический газоанализатор многокомпонентного загрязнения воздуха на основе CO2-лазера / В.С. Старовойтов, С.А. Трушин, В.В. Чураков // Журнал прикладной спектроскопии. – 1999. – Т.66 . – № 3. – С. 345-351.

6. Петров, В.В. Наноразмерные оксидные материалы для газовых сенсоров / В.В. Петров, А.Н. Королев. – Таганрог: Изд-во ТГИ ЮФУ, 2008. – 153 с.

7. Нагулин, К.Ю. Пространственное распределение интенсивности излучения в источниках для атомно-адсорбционной спектрометрии / К.Ю. Нагулин, Х. Гильмутдинов // Журнал прикладной спектроскопии. – 2000. – Т.67. – № 2. – С. 143-148.

УДК 621.771.25

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ МЕТОДА КООРДИНАТНЫХ СЕТОК ПРИ ФИЗИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ

Смирнов Е.Н.[1], Белевитин В.А.[2], Скляр В.А.[1], Гончарова А.Н.[1]

[1] Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС», Россия, г. Старый Оскол

en_smirnov@i.ua

[2] ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет», Россия, г. Челябинск

Аннотация. *Изложена усовершенствованная методика математической обработки данных метода координатных сеток. Показано, что для вертикально-продольной плоскости симметрии физических моделей с деформированной сеткой, частная производная f_x функциональной зависимости $y = f(x, У)$ представляет собой тангенс угла наклона α линий тока $У_i$. Изменение угла наклона α линий тока $У_i = const$ позволяет непосредственно из эксперимента получать значения частной производной f_x без дифференцирования и, тем самым, повысить точность расчета статических и кинематических параметров пластического формоизменения деформируемого металла.*

Ключевые слова: *Обработка металла давлением, физическое моделирование, метод координатных сеток, управление качеством, прокатка.*

IMPROVING THE METHOD OF MATHEMATICAL DATA PROCESSING OF COORDINATE GRID METHOD IN THE PHYSICAL MODELING OF THE ROLLING

Smyrnov Y.[1], Belevitin V.[2], Skliar V.[1], Goncharova A.[1]

[1] Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

[2] South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Russia, Chelyabinsk

Abstract. *The improved method of data processing of coordinate grid method is presented. It is shown that for vertical-longitudinal plane of symmetry of the physical models with the deformed mesh, private derivative f_x of the functional dependence $y = f(x, У)$ represents the tangent of the angle α streamlines $У_i$. Changing the angle of α streamlines $У_i = const$ allows directly from the experiment obtain the values of the partial derivative f_x without differentiation and, thereby, improve the accuracy of the calculation of static and kinematic parameters of plastic forming of metal.*

Key words: *metal forming, physical modeling, coordinate grid method, quality management, rolling.*

Определение кинематических и статических параметров пластического формоизменения, а именно характеристик напряженно-деформированного состояния, сдерживается недостаточным развитием способов получения, интерпретации и обработки исходной экспериментальной информации в рамках используемых методов экспериментальной механики, особенно с позиции достигаемой точности и достоверности, имеющих под собою цель управления качеством готовой продукции [1-4].

В настоящий момент разработано достаточно большое количество экспериментальных методик исследования процессов деформации непрерывнолитых слитков на стадии неполной кристаллизации [5-7], прокатки непрерывнолитой заготовки как с дефектами макроструктуры [8-11], так и с дефектом формы поперечного сечения «ромбичность» [12, 13], в которых используется метод координатной сетки, позволяющий получить необходимые сведения о напряженно-деформированном состоянии.

Как было показано в работах [14, 15], одним из способов повышения точности и достоверности результирующей информации о параметрах пластического формоизменения является получение и интерпретация данных метода координатных сеток, а именно, функциональных зависимостей Эйлеровых координат x и y узлов первоначально прямоугольной координатной сетки в смешанном Эйлерово-Лагранжевом представлении. При этом, появляется возможность решения не только пространственных задач, но и их частных случаев – двухмерных, в плоскостях симметрии, на боковой грани.

Целью настоящей работы является дальнейшее развитие существующих способов получения и обработки исходных экспериментальных данных, полученных с помощью метода координатных сеток, обеспечивающих повышение точности расчета кинематических и статических параметров пластического формоизменения деформируемого металла.

Для вертикально-продольной плоскости симметрии после получения недоката с деформированной координатной сеткой (рис. 1) получаем посредством её измерения две экспериментальные функции:

$$y = f(x,\ Y); \qquad (1\ а)$$

$$x = \varphi(X,\ y), \qquad (1\ б)$$

где x и y – конечные (Эйлеровы), а X и Y – начальные (Лагранжевы) координаты произвольного i -того узла координатной сетки.

Дифференцирование функциональных зависимостей в смешанном Эйлерово-Лагранжевом представлении по x и y:

$$\partial y/\partial x=0=(\partial f/\partial x)(\partial x/\partial x)+(\partial f/\partial Y)(\partial Y/\partial x), \qquad (2\ a)$$

$$\partial y/\partial y=1=(\partial f/\partial x)(\partial x/\partial y)+(\partial f/\partial Y)(\partial Y/\partial y), \qquad (2\ б)$$

$$\partial x/\partial x=1=(\partial \varphi/\partial X)(\partial X/\partial x)+(\partial \varphi/\partial y)(\partial y/\partial x), \qquad (2\ в)$$

$$\partial x/\partial y=0=(\partial \varphi/\partial X)(\partial x/\partial y)+(\partial \varphi/\partial y)(\partial y/\partial y), \qquad (2\ г)$$

позволяет из (2 $а$) и (2 $б$) вычислить значения частных производных начальных (Лагранжевых) координат $\partial Y/\partial x = Y_x = -(\partial f/\partial x)/(\partial f/\partial Y) = -f_x/f_Y$, $\partial Y/\partial y=Y_y=1/f_Y$, а из (2 $в$) и (2 $г$) – значения частных производных начальных координат $\partial X/\partial x=X_x=1/\varphi_X$, $\partial X/\partial y=X_y=\varphi_y/\varphi_X$. При этом можно заметить, что для рассматриваемого случая $Y_x=-Y_y f_x$, а $X_y=\varphi_y X_x$.

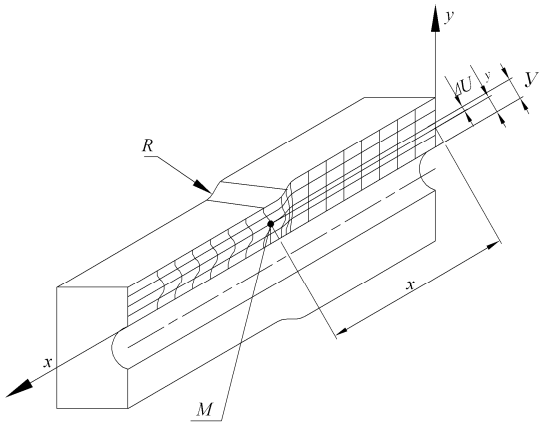


Рис. 1 – Схема определения функциональных зависимостей $y = f(x, Y)$ и $x = \varphi(X, y)$

Для несжимаемой среды в условиях плоской деформации, реализуемой в вертикально-продольной плоскости симметрии недоката, компоненты вектора скорости течения металла V_x , V_y , V_z ссоответственно в направлении прокатки x, обжатия валков y и уширения z могут быть вычислены из уравнений:

$$V_x=V_o\ Y_y=V_o/f_Y; \qquad (3\ а)$$

$$V_y=-V_o\ Y_x=V_o f_x/f_Y=V_x f_x; \qquad (3\ б)$$

$$V_z=0 \qquad (3\ в)$$

через определяемые из эксперимента частные производные $У_y$ и $У_x$, т.е. в эксперименте можно ограничиться измерениями функциональной зависимости (1 *а*), где V_o – начальная скорость заготовки в направлении прокатки за пределами фактического очага деформации.

Дальнейшее развитие предложенного в работе [14] подхода возможно в направлении уточнений расчета кинематических и статических параметров пластического формоизменения деформируемого металла [15] и использования измерений угла наклона α линий тока $У_i$ =const., i = 1, 2, 3, …, n (n – количество фиксированных линий тока в вертикально-продольной плоскости симметрии недоката, на рис. 1 их четыре), в частности, в виде:

$$\alpha = \Theta\,(x,\ У) \qquad (4\ а)$$

или

$$\operatorname{tg}\alpha = \Theta\,(x,\ У). \qquad (4\ б)$$

Поскольку частная производная f_x функциональной зависимости (1 *а*) представляет собой тангенс угла наклона α линий тока $У_i$, i = 1, 2, 3, …, n, то:

$$f_x\,(x,\ У) = \operatorname{tg}\alpha\,(x,\ У) = \Theta\,(x,\ У), \qquad (5)$$

Измерение угла наклона α линий тока $У_i$=const., i = 1, 2, 3, …, n и представление их в виде (4 *а*) или (4 *б*) позволяет, непосредственно из эксперимента, получать значения частной производной f_x без дифференцирования, что позволяет повысить точность расчета кинематических и статических параметров пластического формоизменения деформируемого металла, поскольку, по меньшей мере: а) процесс дифференцирования, исключаемый в данном случае, является расходящимся; б) измерение угла наклона α линий тока $У_i$=const., i = 1, 2, 3, …, n вместо их линейных координат x и у отличается бóльшей точностью.

С учетом выражения (5) необходимая для вычисления частных производных $У_x$ и $У_y$, а, следовательно, компонент вектора скорости течения металла V_x и V_y и других характеристик напряженно-деформированного состояния деформируемого металла, производная $f_У$ может быть вычислена посредством использования сходящегося, в отличие от дифференцирования, процесса интегрирования по x непосредственно определяемого измерениями из эксперимента производной f_x:

$$f_У = f_У^o + \int_{x^o}^{x} \frac{\partial}{\partial У} f_x(x,У)\,dx = f_У^o + \int_{x^o}^{x} \frac{\partial}{\partial У}(tg\,\alpha)\,dx = f_У^o + \int_{x^o}^{x} (tg\,\alpha)_У\,dx \qquad (6)$$

Учитывая тот факт, что в начале фактического очага деформации при $x = x^o$ производная $f_y^o = 1,$ выражение (6.6) принимает вид:

$$f_y = 1 + \int_{x^o}^{x} (tg\alpha)_y \, dx. \qquad (7)$$

При этом формулы для вычисления частных производных $У_x$ и $У_y$ в смешанной или комбинированной Эйлерово-Лагранжевой системе координат примут вид:

$$У_y = 1 / f_y = \left[(1 + \int_{x^o}^{x} (tg\alpha)_y \, d\,x\right]^{-1}, \qquad (8\ а)$$

$$У_x = -f_x / f_y = -\left[(1 + \int_{x^o}^{x} (tg\alpha)_y \, d\,x\right]^{-1} tg\alpha. \qquad (8\ б)$$

Подстановка выражений (8 *а*) и (8 *б*) в (3 *а*) и (3 *б*) позволяет получить формулы для вычисления компонент вектора скорости течения металла V_x и V_y:

$$V_x = V_o = \left[1 + \int_{x^o}^{x} (tg\alpha)_y \, d\,x\right]^{-1}, \qquad (9\ а)$$

$$V_y = V_o \left[1 + \int_{x^o}^{x} (tg\alpha)_y \, d\,x\right]^{-1} tg\alpha = V_x tg\alpha. \qquad (9\ б)$$

Развитие предложенного подхода возможно также в направлении уточнений расчета кинематических и статических параметров пластического формоизменения деформируемого металла посредством дифференцирования выражений (3) для вычисления компонент тензора скоростей деформаций $Т_\xi$ не только как функций конечных (Эйлеровых) координат

$$V_x = V_x\,(x, y); \qquad (10\ а)$$

$$V_y = V_y\,(x, y), \qquad (10\ б)$$

но и как сложных функций в комбинированном Эйлерово-Лагранжевом представлении

$$V_x = F\,(x, У); \qquad (11\ а)$$

$$V_y = Ф\,(x, У), \qquad (11\ б)$$

а также

$$V_x = P\,(X, y); \qquad (12\ a)$$

$$V_y = G\,(X, y). \qquad (12\ б)$$

Такой подход позволяет определить компоненты тензора скоростей деформаций T_ξ:

1) дифференцированием зависимостей (10 *а*) и (10 *б*) в виде:

$$\xi_{xx} = dV_x / dx, \quad \xi_{yy} = dV_y / dy, \quad \xi_{xy} = (\partial V_x/\partial y + \partial V_y/\partial x)/2, \qquad (13)$$

или, с учетом (3 *а*) и (3 *б*):

$$\xi_{xx} = V_o У_{xy}, \qquad \xi_{yy} = -V_o У_{xy}, \qquad \xi_{xy} = V_o\,(У_{yy} + У_{xx})/2; \qquad (14)$$

2) дифференцированием зависимостей (11 *а*) и (11 *б*) в виде:

$$\xi_{xx} = dV_x/dx = (\partial F/\partial x)(\partial x/\partial x) + (\partial F/\partial У)(\partial У/\partial x) = F_x + F_У У_x = F_x - F_У f_x/f_У, \qquad (15\ а)$$

$$\xi_{yy} = dV_y/dy = (\partial Ф/\partial x)(\partial x/\partial y) + (\partial Ф/\partial У)(\partial У/\partial y) = Ф_У У_y = Ф_У/f_У, \qquad (15\ б)$$

$$\xi_{xy} = (\partial V_x/\partial y + \partial V_y/\partial x)/2 = [(\partial F/\partial x)(\partial x/\partial y) + (\partial F/\partial У)(\partial У/\partial y) +$$
$$+ (\partial Ф/\partial x)(\partial x/\partial x) + (\partial Ф/\partial У)(\partial У/\partial x)]/2 = (F_У У_y + Ф_x + Ф_У У_x)/2 = \qquad (15\ в)$$
$$= (Ф_x + F_У/f_У - Ф_У f_x/f_У)/2 = [Ф_x + (F_У - Ф_У f_x)/f_У)]/2,$$

так как $\partial x/\partial x = 1$, $\partial x/\partial y = 0$, а $\partial У/\partial x = У_x = -f_x/f_У$, $\partial У/\partial y = У_y = 1/f_У$ из (2 *а*) и (2 *б*);

3) дифференцированием зависимостей (12 *а*) и (12 *б*) в виде:

$$\xi_{xx} = dV_x/dx = (\partial P/\partial X)(\partial X/\partial x) + (\partial P/\partial y)(\partial y/\partial x) = P_X X_x = P_X/\varphi_X, \qquad (16\ а)$$

$$\xi_{yy} = dV_y/dy = (\partial G/\partial X)(\partial X/\partial y) + (\partial G/\partial y)(\partial y/\partial y) = G_X X_y + G_y = G_X \varphi_y/\varphi_X + G_y, \qquad (16\ б)$$

$$\xi_{xy} = (\partial V_x/\partial y + \partial V_y/\partial x)/2 = [(\partial P/\partial X)(\partial X/\partial y) + (\partial P/\partial y)(\partial y/\partial y) +$$
$$+ (\partial G/\partial X)(\partial X/\partial x) + (\partial G/\partial y)(\partial y/\partial x)\,]/2 = (P_X X_y + P_y + G_X X_x)/2 = \qquad (16\ в)$$
$$= (P_y + P_X \varphi_y/\varphi_X + G_X/\varphi_X)/2 = [P_y + (P_X \varphi_y + G_X)/\varphi_X]/2,$$

так как $\partial y/\partial y = 1$, $\partial y/\partial x = 0$, а $\partial X/\partial x = X_x = 1/\varphi_X$, $\partial X/\partial y = X_y = \varphi_y/\varphi_X$ из (2 *в*) и (2 *г*).

Воспользовавшись условием несжимаемости

$$\text{div } V = \xi_{xx} + \xi_{yy} + \xi_{zz} = 0 \qquad (17)$$

получаем выражения для вычисления компоненты ξ_{zz} тензора скоростей деформаций T_ξ для зависимостей (11 *а*) и (11 *б*):

$$\xi_{zz} = -(\xi_{xx} + \xi_{yy}) = F_Y f_x / f_Y - \Phi_Y / f_Y - F_x \qquad (18)$$

и для зависимостей (6 *а*) и (6 *б*):

$$\xi_{zz} = -(\xi_{xx} + \xi_{yy}) = -(P_X / \varphi_X + G_X \varphi_y / \varphi_X + G_y). \qquad (19)$$

В дальнейшем, с учетом весовых коэффициентов, назначаемых соответственно величинам накапливаемых ошибок, в результате вычислительных операций, значения компонент тензора скоростей деформации ξ_{xx}, ξ_{yy}, ξ_{zz} и ξ_{xy} могут быть определены как средневзвешенные величины соответствующих выражений (14) – (16) и (18) – (19).

Таким образом, представлены новые подходы к интерпретации и обработки исходной экспериментальной информации в рамках используемых методов экспериментальной механики. Показано, что как получение значений частной производной f_x непосредственно из эксперимента без применения операции дифференцирования, так и вычисление компонент тензора скоростей деформации T_ξ дифференцированием сложных функций в комбинированном Эйлерово-Лагранжевом представлении, позволяет повысить точность расчета статических и кинематических параметров пластического формоизменения деформируемого металла.

Список литературы

1. Высокоэффективные технологические схемы и интеграция - основа повышения качества проката ответственного назначения / Минаев А.А., и др. // Металл и литье Украины. 2002. № 7/8. С. 35-37.

2. Ресурсосбережение при сетевом взаимодействии / Смирнов Е.Н., Белевитин В.А., Суворов А.В., Коваленко С.Ю. // Сетевое взаимодействие как форма реализации государственной политики в образовании Всероссийская научно-практическая конференция. 2015. С. 267-271.

3. Смирнов Е.Н., Белевитин В.А., Скляр В.А., Кисиль В.В. Технология конструкционных материалов: производство горячекатаных блюмов и сортовых заготовок. Челябинск, 2016. -188 с.

4. Белевитин В.А., Смирнов Е.Н., Суворов А.В. Технология конструкционных материалов: обработка металлов давлением. Челябинск, 2016. - 184 с.

5. Smyrnov, Y.N. Physical and Computer modeling of new soft reduction Process of continuously cast blooms /Y.N. Smyrnov, V.A. Belevitin и др.//Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2015. - 50. - № 6. - P.12-17.

6. Мазур И.П., Черкашина Т.И., Смирнов Е.Н., Исследование операции "мягкого обжатия" на модельных образцах // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія: Машинобудування. 2011. № 63. С. 281-284.

7. Смирнов Е.Н. Напряженное состояние непрерывнолитых блюмов при их деформировании в процессе непрерывнолитого литья // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія: Машинобудування. 2010. № 60. С. 138-141.

8. Развитие методологии физического моделирования поведения дефектов НЛЗ в процессе прокатки / Скляр В.А. и др. // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство материалы тринадцатой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2016. С. 119-124.

9. Смирнов Е.Н., Скляр В.А., Уразова Л.Ф., Пивоваров Р.Е. Адаптация способа моделирования поведения дефектов макроструктуры непрерывнолитой заготовки на слоистых моделях // Проблемы черной металлургии - 2015 международный научный семинар в рамках Всероссийской научно-практической конференции. 2016. С. 47-53.

10. Smyrnov Y.N., Skliar V.A., Belevitin V.A., Shmyglya R.A., Smyrnov O.Y. Defect healing in the axial zone of continuous-cast billet // Steel in Translation. 2016. Т. 46. № 5. С. 325-328.

11. Исследование и математическое моделирование формоизменения пор в непрерывно-литом металле при пластической деформации / Минаев А.А. и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2006. № 4. С. 47-52.

12. Смирнов Е.Н., Скляр В.А., Снитко С.А., Белевитин В.А. Исследование формоизменения и напряженно-деформированного состояния непрерывнолитой заготовки с дефектом формы "ромбичность" в процессе прокатки в прямоугольных калибрах // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство материалы тринадцатой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2016. С. 147-152.

13. Моделирование процесса деформирования непрерывнолитой заготовки в прямоугольных сопряженных калибрах новой конструкции / Минаев А.А. и др. // Металлургические процессы и оборудование. 2012. № 2. С. 37-46.

14. Смирнов-Аляев Г.А., Розенберг В.М. Теория пластических деформаций металлов (механика конечного формоизменения). - М.-Л.: Машгиз, 1956. – 367 с.

15. Минаев А.А., Белевитин В.А., Смирнов Е.Н. Расчет параметров пластического формоизменения сортовых заготовок // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – 1990. - №12. – С. 26-28.

16. Белевитин В.А., Смирнов Е.Н., Слугин Н.Н. К вопросу о расширении возможностей комбинированного Эйлерово-Лагранжевого метода исследования процессов пластической деформации // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні: Зб. наук. праць. Луганськ: вид-во СНУ ім.. В.Даля, - 2002. – Т1. – С 64-68.

УДК 669.187

МИКРОЛЕГИРОВАНИЕ ЖИДКОЙ СТАЛИ АЗОТОМ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ

Тимофеев П.В., Меркер Э.Э.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС», Россия, г. Старый Оскол

Аннотация. *В статье проведен анализ влияния азота на повышение эксплуатационных характеристик некоторых марок стали и исследована возможность экономного их легирования за счет ввода азота различными способами.*

Ключевые слова: *азот, микролегирование, эксплуатационные характеристики стали, способы ввода азота, ресурсосбережение.*

MICROALLOYING OF STEEL WITH LIQUID NITROGEN TO IMPROVE ITS QUALITY AND RESOURCE CONSERVATION

Timofeev P.V., Merker E.E.

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

Abstract. *In the article the analysis of influence of nitrogen on the increase in the operating characteristics of certain steel grades and the possibility of economical doping due to the introduction of nitrogen in a variety of ways.*

Key words: *nitrogen microalloying, performance, steel, the input of nitrogen resource.*

Введение. По экспертным оценкам сталь, благодаря уникальному комплексу свойств, большим запасам сырья и простоте утилизации отработанных изделий сохранит свое значение основного конструкционного материала. Однако требования к ее качеству значительно возрастут.

Учитывая увеличивающийся дефицит наиболее важных легирующих элементов (никеля, хрома, кобальта, вольфрама, молибдена и др.), ведущие производители стали считают, что основным направлением повышения механических и физических свойств стали и снижения массы конструкций будет переход к легированной недефицитными элементами стали.

1. Влияние азота на механические свойства стали. Одним из перспективных элементов для легирования и микролегирования стали, является азот. Количество марок стали с регламентированным содержанием азота, постоянно расширяется.

В стали азот находится в состоянии твердого раствора и в неметаллической фазе. Присутствие азота в твердом растворе повышает его прочностные характеристики. Наличие дисперсной нитридной фазы в структуре способствует измельчению зерна и дисперсионному упрочнению материала. Так, сталь с карбонитридным упрочнением, например 16Г2АФ, 110Г13ФЛ обладает максимальными прочностью, ударной вязкостью и пластичностью [1].

При замене в строительных конструкциях углеродистой и низколегированной стали на сталь с карбонитридным упрочнением экономия металла достигает примерно 30%. Ввод 0,06-0,1 % V в арматурную сталь повышает предел текучести с 410 до 490 МПа вследствие дисперсионного твердения. Микролегирование литейной стали марок 15Л-55Л до 0,30 % N и содержанием до 0,15 % V приводит к увеличению количества карбонитридов и измельчению зерна, а вследствие дополнительного выделения нитридной фазы - к дисперсионному упрочнению, в результате чего увеличивается прочность металла отливок, его износостойкость и ударная вязкость. По существу получается новый конструкционный материал [2, 3].

Азот в качестве заменителя никеля широко используется в аустенитных коррозионностонких сталях, так как является примерно в 20 раз более сильным аустенитообразующим элементом, чем никель. Азот совместно с марганцем, может образовать стабильную структуру аустенита в стали без никеля. Присутствие азота в аустените способствует увеличению его прочности, вязкости, радиационной стойкости аустенитной стали. В результате легирования азотом повышаются и коррозионные свойства стали. В Болгарии разработан ряд промышленных марок безникелевой аустенитной коррозионностоикои стали, например Х18АГ12 с содержанием 0,5-1,0 % N. По коррозионной стойкости, механическим и технологическим свойствам эта сталь является полноценным заменителем, хромоникелевой стали 12Х18Н10Т [3].

Введение азота в ферритные высокохромистые стали вместе с титаном или ниобием приводит к измельчению зерна и повышению прочности и теплостойкости. Введение до 0,15 - 0,20 % N в быстрорежущую сталь Р6М5 позволяет на 30-40 % повысить стойкость режущего инструмента [2,3].

Значительные изменения растворимости азота в железе при фазовых превращениях ж→δ н γ→α могут привести к образованию пузырей.

Выделение пузырей азота наиболее вероятно при кристаллизации. Поэтому при любых способах насыщения жидкого металла азотом предельно возможная концентрация его при условии получения плотного слитка определяется равновесием последних объемов закристаллизовавшегося металла с парциальным давлением азота в окружающей среде при температуре конца кристаллизации.

Равновесное содержание азота в жидком и твердом металле определяется из уравнений [2,5].

$$\lg [N] = \lg K_N + \tfrac{1}{2} \lg p_{N2} - \lg f_N \qquad (1)$$

$$\lg f_N = e_N^N[N] + \sum_i e_N^i[i] + \sum_i e_N^{ii}[i]^2 + \sum_i \sum_j e_N^{ij}[i][j] \qquad (2)$$

где K_N -константа равновесия; $\lg p_{N2}$ - парциальное давление азота. Па; f_N-коэффициент активности азота по отношению к идеальному раствору с концентрацией 1% (по массе); e_N^i - параметр взаимодействия азота по компоненту i здесь и далее содержание азота -% (по массе).

Определение концентрации насыщения или условий получения заданной концентрации азота в стали в данном случае производится по существу с целью управления качеством стали, поэтому решающее значение имеет точность исходных термодинамических данных. Для равновесной концентрации азота в качестве взвешенных, учитывающих всю совокупность накопленной информации данных, можно рекомендовать следующие:

железо α и δ [13] $\lg[N] = -\frac{1606}{T} - 3{,}511 + \frac{1}{2}\lg p_{N_2}$

(3)

железо γ [13] $\lg[N] = \frac{2833{,}6}{T} - 17{,}719 + 3{,}683\lg T - \frac{109}{T}[N] + \frac{1}{2}\lg p_{N_2}$ (4)

жидкое железо [16] $\lg[N] = -\frac{850}{T} - 3{,}408 + \frac{1}{2}\lg p_{N_2}$, (5)

где Т- температура расплава, К.

Для углеродистых и низколегированных сталей при определении коэффициента активности азота по уравнению (2) достаточно ограничиться параметрами взаимодействия первого порядка. Для средне- и высоколегированных сталей необходимо учитывать параметры второго порядка. Для легированной стали с любым количеств компонентов при расчете активности азота компонентам с высокой концентрацией наряду с параметрами второго порядка e_N^{ii} необходимо также учитывать перекрестные параметры e_N^{ij}.

2. Легирование стали твердыми азотсодержащими материалами. Для легирования стали азотом может использоваться любой материал, содержащий в достаточном количестве азот, и способный растворяться в жидкой стали или взаимодействовать с ней с выделением азота. В настоящее время азотсодержащая сталь производится в основном с применением азотированных ферросплавов (ферромарганца и феррохрома). Насыщение азотом этих сплавов производится в твердом состоянии, требует много времени и больших затрат энергии. Содержание азота при этом достигает 6-8 %.

3. Легирование газообразным азотом. Использование молекулярного азота для насыщения стали, представляет значительный интерес ввиду его низкой стоимости и простоты процесса. Получение более высоких, чем равновесные при атмосферном давлении, концентраций азота возможно только путем создания в системе высокого давления азота при любом азотсодержащем материале, следовательно, и в этом случае применение молекулярного азота будет иметь преимущество перед азотированными ферросплавами [4].

При продувке газ равномерно распределяется по всему объему металла в ковше, поверхность металла выглядит, также как при чистом кипении сталеплавильной ванны, не образуются буруны, и при достаточном количестве шлака металл не обнажается.

Так, при продувке газообразным азотом стали 90Г9АФЛ в 10-т ковше в течение 4-5 мин при общем расходе азота 0,55 $м^3$/т содержание его в металле увеличилось с 0,010 до 0,035% [5].

Особенно перспективно применение газообразного азота при выплавке высоколегированных азотсодержащих сталей, требующих большого расхода азотированных лигатур. Предложенные способы в основном связаны с процессами вакуум - и аргонокислородного рафинирования (AOD).

Предлагается на заключительной стадии AOD-процесса аргон полностью или частично заменять на азот. Содержание последнего в металле после окончания продувки прогнозируется по уравнению Сивертса в зависимости от парциального давления азота. Ряд предложений по легированию газообразным азотом раскисленного металла известен и для процесса вакуум-кислородного обезуглероживания (VOD). При этом вдувание азота в металл

через пористые элементы в днище ковша или дополнительно через погружную фурму производится после окончания обезуглероживания, дегазации металла и корректировки его химического состава. Процесс насыщения азотом подчиняется кинетическому уравнению первого порядка, степень легирования пропорциональна интенсивности и длительности продувки.

4. Легирование стали азотом с помощью плазмы. Перспективно насыщение металла газообразным азотом при плазменной плавке. Молекулы азота в плазменной струе обладают повышенной внутренней энергией, которая релаксируется в результате соударений их друг с другом, с молекулами окружающего струю газа и поверхностью металла [6].

Выводы. Основной способ легирования стали азотом в настоящее время - применение азотированных ферросплавов. Недостатками его являются высокая стоимость азотированных лигатур и нестабильность усвоения азота. Развитие метода в основном идет по пути удешевления азотированных ферросплавов.

Перспективным является, способ легирования стали газообразным азотом, который отличается простотой и экономичностью и позволяет точно прогнозировать конечное содержание азота в металле. Кроме того, это единственный способ, позволяющий получать высокие концентрации азота, значительно превосходящие равновесные.

Учитывая низкую химическую активность газообразного азота, целесообразно насыщать им металл в несколько приемов, совмещая с другими технологическими операциями.

Газообразным азотом можно особенно экономно легировать стальные изделия с тонкими сечениями. При этом азотирование производится при температурах, требуемых структурным состоянием металла, а высокая скорость процесса обеспечивается повышением давления азота.

Список литературы

1. Н.А. Киселева, П.В. Тимофеев. // Исследование механических свойств экономнолегированной стали. Литейное производство, № 3, 2005 г., с. 7, 8.

2. М.В. Костина, Е.В. Блинов, Л.Г. Ригина // Структура и свойства новых высокопрочных азотсодержащих сталей в зависимости от способа их получения и обработки. Материалы XVIII международной конференции гг. Челябинск-Старый Оскол, 2017 г.

3. П.В. Тимофеев, Э.Э. Меркер. // Новые экономнолегированные азотсодержащие стали. Литейные процессы. Выпуск 5. Магнитогорск, 2005 г., с.24-28.

4. П.В. Тимофеев, А.Е. Семин, Э.Э. Меркер. // Интенсификация процесса газового

азотирования жидкой стали в ковше азотом. Известия вузов «Черная металлургия», № 11, 2006 г.

5. П.В. Тимофеев, А.С. Тимофеева // Применение газообразного азота для защиты жидкой стали от окисления при ее внепечной обработке. Материалы III Всероссийской конференции с международным участием г. Старый Оскол, 2016 г.

6. Л.Е. Щукина, А.С. Шаланова, А.Е. Семин // Кинетические закономерности взаимодействия азота при плазменно-дуговом переплаве. Материалы XVIII международной конференции гг. Челябинск-Старый Оскол, 2017 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТАЛЛА ОТ УГАРА ПРИ НАГРЕВЕ ПЕРЕД ПРОКАТКОЙ

Федина В.В., Бредихина К.Н.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС», Россия, г. Старый Оскол

e-mail: fedinavv@mail.ru; kseniay000@yandex.ru

Аннотация. *В данной статье рассматривается актуальность проблемы окалинообразования. Проводится исследование защитных покрытий металла при нагреве перед прокаткой.*

Ключевые слова: *нагрев металла, угар металла, экспериментальные исследования, повышение производительности.*

THE STUDY OF PROTECTIVE COATINGS FOR METAL FUMES DURING HEATING BEFORE ROLLING

Fedina V.V., Bredikhina K.N.

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

Abstract. *This article looks at the problem of scaling. The investigation of protective coatings for metal before heating before rolling.*

Keywords: *heat metal, groove metal, experimental studies, increased productivity.*

Рациональное природопользование в настоящее время является главным вопросом в любых видах производства, в том числе и в металлургии, где применяется в основном природное сырье – руда. На каждом переделе металлургического производства необходимо рационально использовать все виды природных запасов, как руды, так и природного газа.

В Белгородской области в печах нагревается 2 млн. 700 тысяч тонн стали в год. При 3 % окалины от нагреваемой массы, безвозвратно теряется 81000 тонн стали. Учитывая, что прокату подвергается миллионы тонн стали это достаточно весомая цифра.

Анализ научно-исследовательской литературы по вопросу рационального использования природных ресурсов в металлургии на переделе прокатное производство за последние 15 лет показывает, что вопрос угара в печах нагрева остается достаточно острым [1-4].

Нагрев слитков и заготовок пред прокаткой осуществляется с целью повышения его пластичности и уменьшения его сопротивления деформации. Нагрев является одной из важных и основных операций в процессе прокатки. Он должен обеспечивать равномерное распределения температуры по сечению прокатываемого металла, его минимальное окисление и обезуглероживание [5].

Продолжительность нагрева металла определяется физико-химическими свойствами нагреваемой стали, температурными условиями, зависящими от конструкции печи, расположения металла в печи, формы и размеров нагреваемых изделий и др. [5].

Под воздействием больших температур у многих металлов и их сплавов окисляется поверхностный слой. Окалинообразование осуществляется за счёт проникания атомов кислорода на поверхность металла, где создает оксидную плёнку. Сначала образуется тонкий, первичный, слой оксидной плёнки, а после происходит её рост. Процесс роста оксидной плёнки начинается с адсорбции окислителя на активных центрах и образования зародышей оксида на поверхности металла. Далее возникает молекулярный слой оксида на поверхности металла. Далее молекулы кислорода адсорбируются на поверхности оксида и диссоциируют на атомы. Атомы кислорода ионизируются и диффундируют через слой оксидной плёнки, по направлению к металлу. Одновременно с этим, с поверхности металла к оксидной плёнке переходят катионы металла. На поверхности оксида происходит взаимодействие ионов кислорода и металла и возникает кристаллическая решётка оксида [5].

При некоторых операциях ОМД необходим нагрев заготовок до высоких температур. В результате взаимодействия металла с кислородом при высоких температурах металл окисляется. Чем дольше происходит нагрев и выше температура, тем больше угар металла. При прокатке заготовок окалина может закатываться в поверхность листов, что приводит к образованию дефектов на поверхности металла. Так как, окалина, не удалённая с поверхности, обладает высокой твёрдостью, то это приводит к ускорению износа валков.

Одним из способов уменьшения угара является нанесение покрытий перед нагревом, которые предотвращают или уменьшают угар металла.

В Старооскольском технологическом институте уже несколько лет ведется работа по уменьшению угара металла в печах нагрева перед прокаткой.

В данной статье представлены результаты испытаний.

Для достижения технического результата на металлические заготовки перед нагревом под обработку давлением наносят защитное покрытие, содержащее огнеупорный материал, активированный уголь, связующий материал и воду. Было исследовано три вида покрытия с разным процентным содержанием компонентов и один образец металла был контрольным, без покрытия.

Для проведения исследований брали образцы стали 40Х в виде цилиндров. Образцы взвешивались перед началом эксперимента на весах с точностью до 0,01 г, определялись точные размеры с помощью штангенциркуля, а затем помещались в муфельную печь SNOL 7,2/1300.

Исследование угара в нагревательных печах проводили методом моделирования процесса нагрева в лабораторных условиях в печи SNOL 7,2/1100 и SNOL 7,2/1300.

Подготовку металла к нанесению покрытия производили следующим образом: поверхность всех образцов шлифовали до полного очищения от загрязнений, наносили защитное покрытие на металл (рис. 1), после чего образцы высыхали при комнатной температуре в течение 20 минут. Затем заготовки отправляли в печь.

После печи (рис. 2) каждый образец взвешивали на весах. Результаты для каждого варианта расчета окалины усреднялись. Взвешенные образцы охлаждались на воздухе естественным путем.

Рис. 1 – Образцы после нанесения покрытия

Рис. 2 – Образцы после нагрева в печи

После полного охлаждения образцов, с них снималась окалина, и образец вновь взвешивался. Окалину рассчитывали по разности массы образца после нагрева сразу из печи и после очистки от окалины (таблица 1).

Покрытия различались процентным соотношением воды и глины.

Таблица 1 – Результаты проведенных испытаний

Время нагрева, мин	Количество окалины при температуре нагрева (%):											
	950 °С				1025 °С				1100 °С			
	1 покр	2 покр	3 покр	4 без покр	1 покр	2 покр	3 покр	4 без покр	1 покр	2 покр	3 покр	4 без покр
90	0,79	0,49	0,44	0,85	0,82	0,73	0,64	1,61	0,97	0,88	0,78	1,87
135	0,92	0,73	0,81	1,12	1,25	0,9	0,74	2,53	1,33	1,0	0,87	2,67
180	1,4	1,01	0,73	1,51	1,16	1,47	0,98	3,3	1,30	1,6	1,16	3,2

На рисунке 3 видно, что наибольший процент окалинообразования при температуре 950 °С у образцов без покрытия. Самый большой процент с покрытием у первого образца. У второго и третьего результат примерно одинаковый.

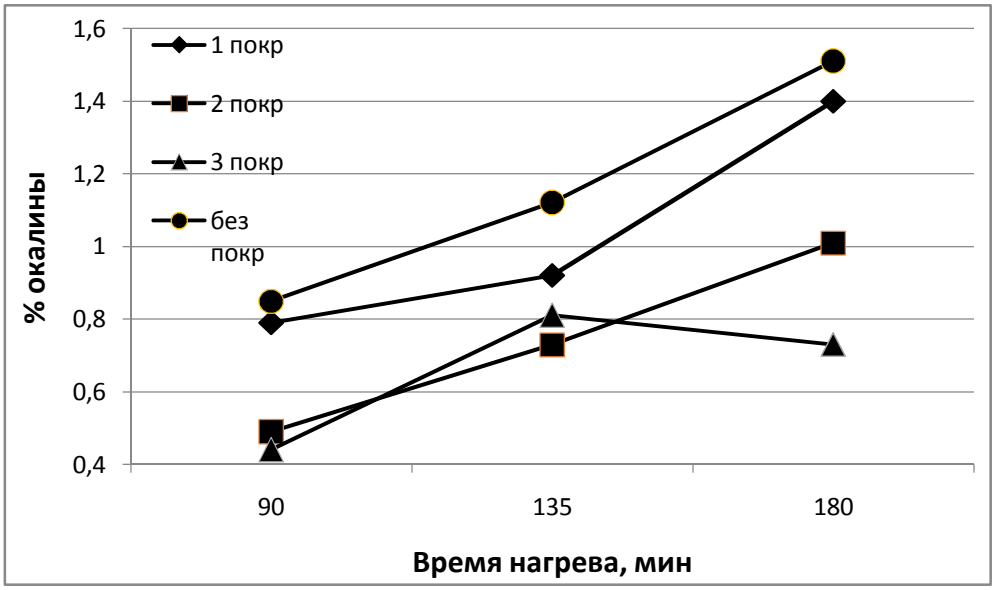


Рис. 3 – Количество окалины при температуре 950 °С

Результаты, представленные на рисунке 4 показывают, что бесспорно самый большой процент окалины у контрольных образцов без покрытия, а самый маленький – у третьего покрытия.

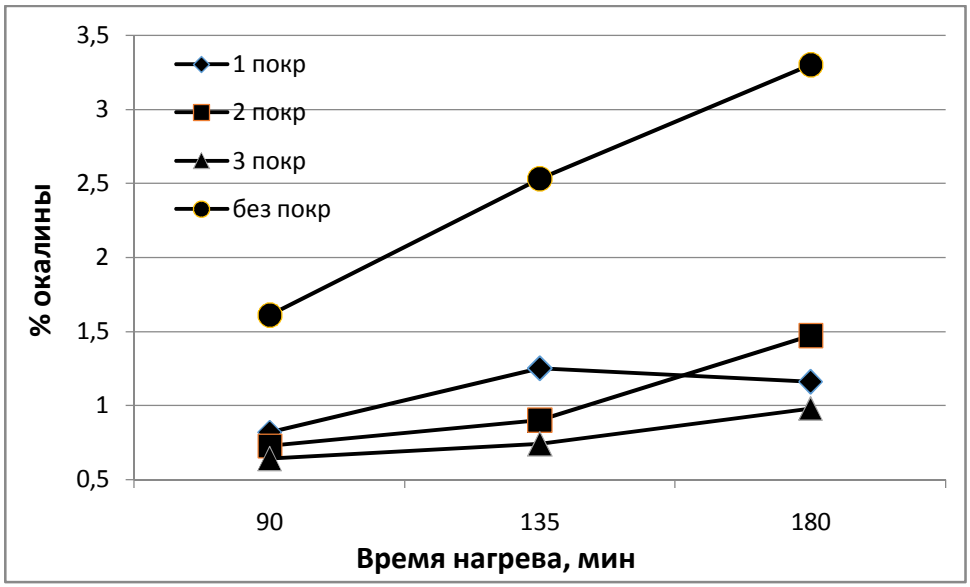


Рис. 4 – Количество окалины при температуре 1025 °С

На рисунке 5 результат аналогичен представленному на рисунке 4 при температуре 1100°С.

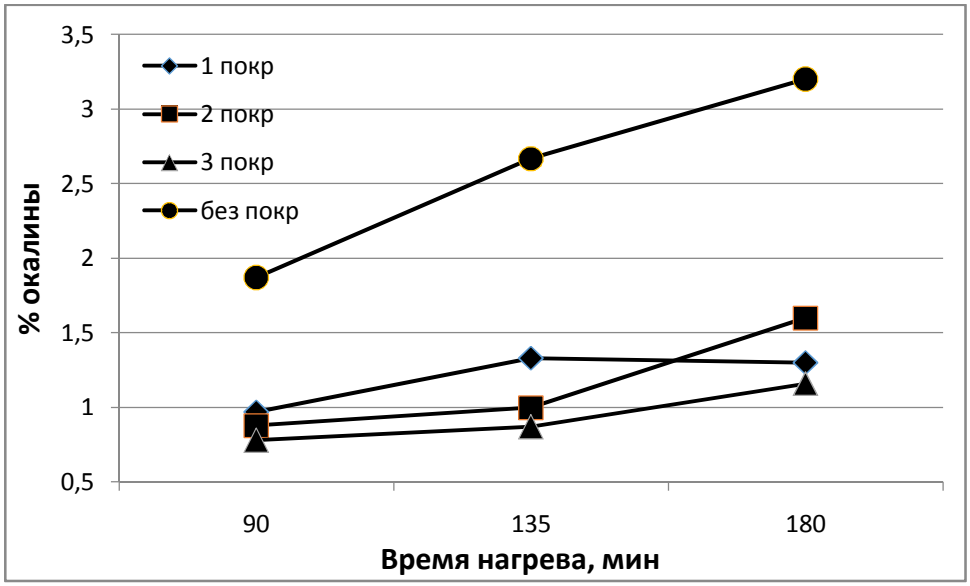


Рис. 5 – Количество окалины при температуре 1100 °С

Проведя анализ полученных результатов, приходим к выводу, что наилучшие защитные свойства показало покрытия под номером 3. Окалинообразование с применением третьего покрытия меньше в 2,6 раза, чем без покрытия. В среднем с одной тонны стали теряется около 30 килограмм стали, а с применением защитного покрытия потери уменьшаются до 10-25 килограмм с тонны стали. Таким образом, применение данного защитного покрытия целесообразно.

Список литературы

1. Солнцев С. С. Защитные покрытия металлов при нагреве: Справочное пособие. Изд. 2- е, доп. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 248 с.

2. Темлянцев М. В., Михайленко Ю. Е. Окисление и обезуглероживание стали в процессах нагрева под обработку давлением. - М.: Теплотехник, 2006. - 200 с.

3. Нагрев и гомогенизация непрерывнолитых заготовок в СПЦ-1 Т. И. П. 03-94-2012, ОАО «ОЭМК», – 35 с.

4. Нагрев металла перед прокаткой [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: http://profznanie.com/prokatka/prokatka-nagrev.html (дата обращения 23.11.2013).

5. Угар и обезуглероживание металла при нагреве [Электронный ресурс]: – Режим доступа. – URL: http://xn-80awbhbdcfeu.su/ugar (дата обращения 23.11.2013).

СЕКЦИЯ: НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИИ

СТАЦИОНАРНЫЕ ДРОБИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КУБОВИДНОГО ЩЕБНЯ

А.Ю. Андреев, В.Н. Климов

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Россия, г. Старый Оскол

Аннотация. *В статье приведена информация о стационарных дробильных установках с конусными и щёковыми дробилками компании Уралмаш, об их экономической эффективности, а так же рекомендации по области применения данных установок.*

Ключевые слова:стационарные дробильные установки; Уралмаш; Дробмаш; экономическая эффективность;область применения.

STATIONARY CRUSHING PLANTS FOR PRODUCING A CUBE FORM BROKEN STONE

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

Abstract.. *The article contains information about stationary crushing plants with cone and cheek crushers of Uralmash company, their economic efficiency, as well as recommendations on the field of application of these plants.*

Keywords: stationary crushing plants; Uralmash; Drobmash; economic efficiency; application area.

Цель исследования. Изучить действующую схему дробильно-сортировочного комплекса в карьере Лебединского ГОКА с его возможной заменой на новое отечественное дробильное оборудование заводов УРАЛМАШ и ДРОБМАШ.

При строительстве автомобильных дорог важным критерием, определяющим надежность их работы, является качество щебня, используемого в конструктивных слоях дорожной одежды. Практически весь щебень, используемый в дорожном строительстве, получается путем дробления горных пород на специализированном оборудовании, объединенном единым понятием – дробилки. Под этим единым названием подразумеваются машины, принцип действия которых отличается по существу. Единственно, что их объединяет, – это функциональное назначение – превратить фрагмент карьерного камня в полезный для строительства продукт.

Практически весь щебень, используемый в дорожном строительстве, получается путем дробления горных пород на специализированном оборудовании, объединенном единым понятием – дробилки. Под этим единым названием подразумеваются машины,

принцип действия которых отличается по существу. Единственно, что их объединяет, – это функциональное назначение – превратить фрагмент карьерного камня в полезный для строительства продукт.

В качестве примера рассмотрим дробильно-сортировочные комплексы УРАЛМАШ и ДРОБМАШ.

Отечественные дробильно-сортировочные комплексы ничем не уступают аналогичному оборудованию, выпускаемому ведущими производителями мира, такими как SandvikRockProcessing(Швеция), MetsoMinerals(Финляндия) и Telsmith(США).

Прежде всего, выигрышной по сравнению с западными конкурентами особенностью нынешнего производства является наличие высококачественных сталей для истираемых поверхностей дробилок – футеровок, бил, молотков и пр. Эти стали, как и ранее, производятся с содержанием марганца, обеспечивающим исключительное сопротивление истиранию при дроблении.

Для предприятий щебеночного производства Уралмаш рекомендует использовать конусные дробилки специального исполнения. Для технологических линий получения высококачественного кубовидного щебня фракций 5-20 мм, 5-15 мм, 5-10 мм и 10-20 мм применяются в третьей стадии дробилки КМД- 1750Т7-Д и КМД-2200Т7-Д. Их рабочий процесс основан на принципе разрушения материала в стеснённых условиях.

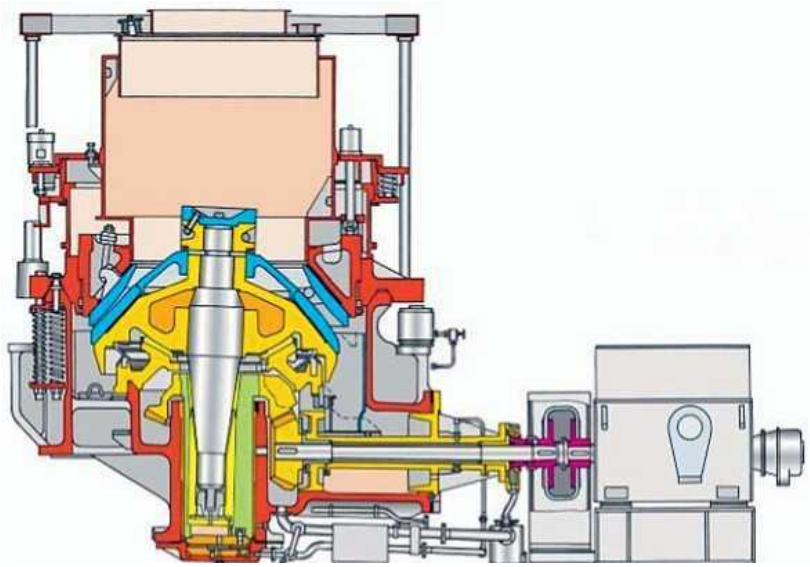
Это предопределило требования к конструкции данных дробилок: избыточное питание - «с шапкой», дробящий конус безраспределительной тарели, загрузочное устройство с ультразвуковым датчиком контроля уровня «шапки», привод повышенной мощности и усиленная система амортизации.

Кроме того, в отличие от аналогичных зарубежных дробилок дробилки Уралмаша по-прежнему обладают повышенной надежностью и долговечностью.

Преимуществами отечественных комплексов являются:

1. Их высокая надёжность и долговечность
2. Низкие эксплуатационные расходы на содержание оборудования
3. Близкое расположение сервисных центров
4. «Привычная» номенклатура запасных частей

Для предприятий щебеночного производства Уралмаш рекомендует использовать конусные дробилки специального исполнения. Для технологических линий полученияывысококачественного кубовидного щебня фракций 5-20мм, 5-15мм, 5-10мм и 10-20мм применяются в третьей стадии дробилки КМД- 1750Т7-Д и КМД-2200Т7-Д. Их рабочий процесс основан на принципе разрушения материала в стеснённых условиях.



Специалистами Дивизиона “Горное оборудование” МК “УРАЛМАШ” разработана технологическая схема типового завода производительностью около 1 млн. кубических метров щебня в год. На рисунке приведена последовательность операций и типы оборудования схемы. Уралмаш и Дробмаш могут поставить открытый дробильно--сортировочный комплекс в соответствии с разработанной схемой.

Предложенная технологическая схема позволяет получать 1,2 млн. м^3 щебня фракций 40-70 мм, 20-40 мм и 5-20 мм и около 400 тыс. м^3 природных и дробленых отсевов в год.Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы (лещадных) у щебня фракции 20-40 мм и 5-20 мм и дробленых отсевов составляет 8-15%.

Схема позволяет получать щебень фракции 40-70 мм, а при необходимости и додрабливать его в случае отсутствия спроса.

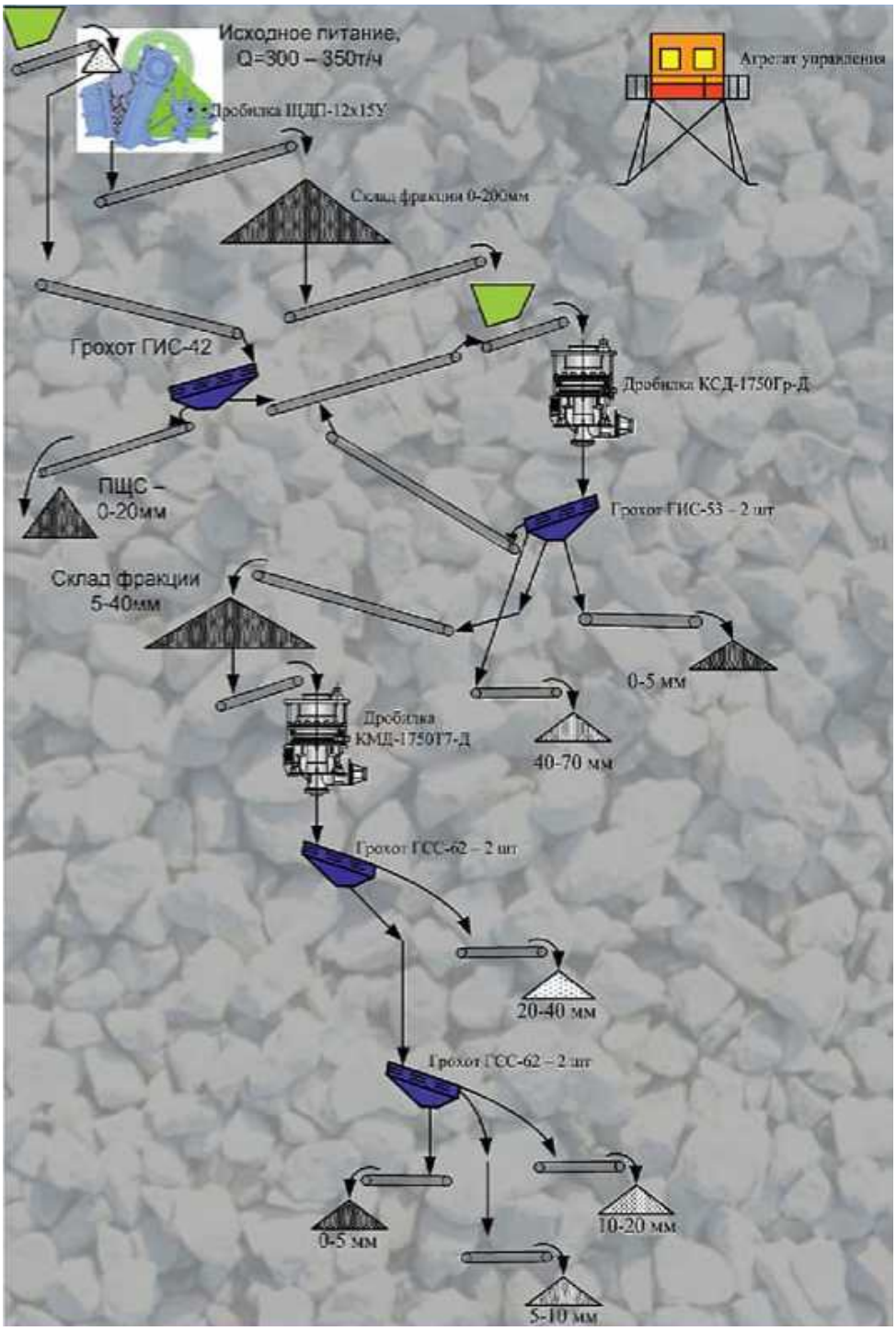
Выход отсевов при использовании конусных дробилок Уралмаша по даннымиспытаний составляет от 16 до 22%, в то время как ударные дробилки дают выходотсева не менее 45%, а конусные дробилки при условии двухстадиальногодробления «в слое» - 30 - 40%.

Экономический эффект от внедрения предложенного комплексаоборудования - 150 млн. рублей в год, срок окупаемости - 9 месяцев.

Сравнение цены, технологических и эксплуатационных показателейотечественных дробильно-сортировочных комплексов уралмаш - Дробмаш с зарубежными показывает, что они во многом превосходят аналогичные показатели зарубежных комплексов.

Цена сравниваемых комплексов находится на одном уровне или дешевле, чем узарубежного производителя.

Технологические показатели уралмашевского комплекса находятся на более высоком уровне, так как позволяют получать большее количество щебня за счет отсутствия переизмельчения продуктов дробления.Эксплуатационные расходы (футеровки, сита) в разы меньше у отечественного комплекса, чем у зарубежных.



Список литературы

1. URL:https://maxiexkavator.ru/articles/crusher/1306_ispolzovanie_drobilok_rotornogo_i_shchekovogo_tipa_dlya_proizvodstva_shchebnya.html

2. URL: https://maxi-exkavator.ru/excapedia/technic/type/konysnie_drobilki

УДК 502:622.271

ГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ ОТ БЛИЗКО РАСПОЛОЖЕННЫХ ОТВАЛОВ И ХВОСТОХРАНИЛИЩ

Г.Е. Афанасьева

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Россия, г. Старый Оскол

e-mail: afanage@mail/ru

почтовый адрес: 309186 Белгородская обл., г. Губкин, ул. Победы, д. 48, кв. 22

телефон: 89056797778

подразделение организации: кафедра горного дела

должность, ученая степень: доцент, канд. техн. наук

Аннотация. *В статье предложены принципы построения общей санитарно-защитной зоны от группы отвалов и хвостохранилищ на основе геометризации запыленности воздуха с учетом климатических характеристик территории.*

Ключевыеслова*:* санитарно-защитная зона; отвалы; хвостохранилища; изолинии; запыленность атмосфер; климатический паспорт.

GRAPHIC MODELLING OF THE SANITARY PROTECTION ZONE FROM CLOSE LOCATED DUMPS AND TAILINGS DAMS

G. Afanasyeva

Stary Oskol institute of technology of A. A. Ugarov FGAOU VO (branch) "National research technological university "MISIS", Russia, Stary Oskol

Abstract.*.In article the principles of creation of the general sanitary protection zone from group of dumps and tailings dams on the basis of geometrization of dust content of air taking into account climatic characteristics of the territory are offered.*

Keywords: sanitary protection zone; dumps; tailings dams; isolines; dust content of the atmospheres; climatic passport.

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) — специальная, благоустроенная и озелененная территория с особым режимом использования, которая устанавливается вокруг объектов и производств, являющихся источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека. Она предназначена для защиты населения от влияния вредных веществ и вредных факторов.

Размеры СЗЗ устанавливаются с учетом санитарной классификации предприятий, расчетов загрязнения атмосферы и других факторов и обеспечивают уменьшение воздействия загрязняющих веществ на атмосферный воздух до значений, установленных гигиеническими нормативами. Таким образом, на границе санитарно-защитной зоны и за ее

пределами концентрация вредных веществ не должна превышать предельно допустимой концентрации (ПДК) загрязняющих веществ.

Как известно, в результате ветровой эрозии отвалов, пляжных зон и плотин хвостохранилищ в воздух попадает большое количество пыли. Сдуваемая пыль воздушными потоками переносится на значительные расстояния, загрязняя атмосферный воздух. Поэтому критерием для установления границ СЗЗ от мест складирования горнопромышленных отходов является пылевой фактор, который рассчитываем по методикам [1,2].

В данной работе предлагается графическое моделирование СЗЗ от близко расположенных отвалов и хвостохранилищ проводить на основе геометризации запылённости атмосферы с учетом запыленности набегающего потока воздуха и в соответствии с климатическим паспортом исследуемого района. При этом исходную информацию необходимо выбирать с неблагоприятными метеоусловиями для рассеивания вредных веществ (НМУ).

Изолинии содержания пыли в 1 м^3 воздуха строятся методом интерполирования от максимального их значения за контуром ветровой тени объектов до предельно допустимой концентрации. Максимально разовая ПДК пыли в воздухе, утвержденная Министерством здравоохранения нашей страны, составляет 0,5 мг/м^3.

Удельную сдуваемость пыли с поверхности исследуемого объекта как чистым, так и запыленным потоком воздуха определяем по следующей зависимости:

$$G = a \cdot \left(U - U_{от} \cdot k_0 \cdot \sin\varphi\right)^b + a \cdot \left(U - U_{от} \cdot k_0 \cdot \sin\varphi\right) \cdot C_0, \frac{\text{мг}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}; \qquad (1)$$

где: U – расчетная скорость воздушного потока, определяемая по розе ветров, м/с;

$U_{от}$ – скорость отрыва частиц пыли, зависящая от минерального состава, влажности, шероховатости, плотности, крупности частиц, м/с;

k_o – коэффициент, зависящий от аэродинамического коэффициента сопротивления трению;

φ – угол расположения запыленной поверхности по отношению к направлению воздушного потока, градус;

a, b, k – коэффициенты, равные соответственно (a = 1,8 - 1,85; b =2,0; k = 0,083);

C_o - запыленность набегающего потока воздуха, мг/м^3. Определяется по карте, на которую наносятся факелы пыления рядом расположенных объектов.

Интенсивность пылевыделения с поверхности исследуемых объектов определяем по формуле:

$$M = S \cdot K_{П} \cdot G, \ \frac{\text{мг}}{\text{с}}; \qquad (2)$$

где:S – площадь исследуемого объекта, м^2;

$К_п$ – коэффициент, определяющий долю пылящей поверхности ($К_п$ = 0 - 1).

Расстояние от подветренной стороны нижней бровки отвала (верхней бровки хвостохранилища) с концентрацией пыли в воздухе равной ПДК рекомендуется определять по формуле, после ввода в нее поправочного коэффициента ψ, учитывающего характер рассеяния пыли в атмосфере:

$$X_{п.в.} = \frac{N_p \cdot (23.8 \cdot M \cdot \Psi)}{C_П \cdot U \cdot L_П}, \text{ м}; \quad (3)$$

где : Np - число пылящих дней в году по расчетному направлению ветра (определяется по климатическому паспорту исследуемого района);

Ψ – коэффициент, учитывающий характер рассеяния пыли в атмосфере (Ψ=0,1 - 1);

$С_п$ – ПДК пыли в воздухе, мг/м^3;

U – скорость воздушного потока по расчетному румбу, м/с;

$L_п$ – проекция длины исследуемого объекта с подветренной стороны на плоскость, перпендикулярную направлению воздушного потока, м.

Ширину факела пыли в расчетной зоне определяем по формуле:

$$L_Ф = L_П + 0,728 \cdot X_{П.В.}, \text{ м}; \quad (4)$$

Запыленность воздуха определяем последовательно от отвалов и хвостохранилищ, которые при расчетном направлении ветра первыми попадают в зону ветровой эрозии и оказывают влияние на запыленность проходящего над ними воздушного потока. На топографический план по каждому румбу розы ветров с принятым шагом наносим результаты расчета. Для каждого объекта пыления отстраиваем контуры факелов запыления в границах, от проекции расчетной стороны объекта пылевыделения до границ содержания пыли в воздухе 0,5 мг/м^3 (рис.1) На участках взаимного перекрытия факелов пыления расчетные значения содержания пыли в воздухе, расположенные на одном расчетном уровне, суммируются и используются для построения СЗЗ по каждому румбу розы ветров. Построенные фрагменты запыленности воздуха по восьми румбам совмещаем в единое целое через объекты пыления, получаем общуюграницу СЗЗ от близко расположенных отвалов и хвостохранилищ.

Данные исследований апробированы применительно к условиям фактического размещения отвалов и хвостохранилищ Лебединского и Стойленского ГОКов. Сравнение расчетных показателей с фактическими свидетельствует о близкой их сходимости, расхождение составляет ± 12% [3]. Последнее позволяет рекомендовать представленные материалы к использованию на стадии проектных проработок применительно к природным и

технологическим особенностям разработки полезных ископаемых карьерами в Старооскольском железорудном регионе КМА.

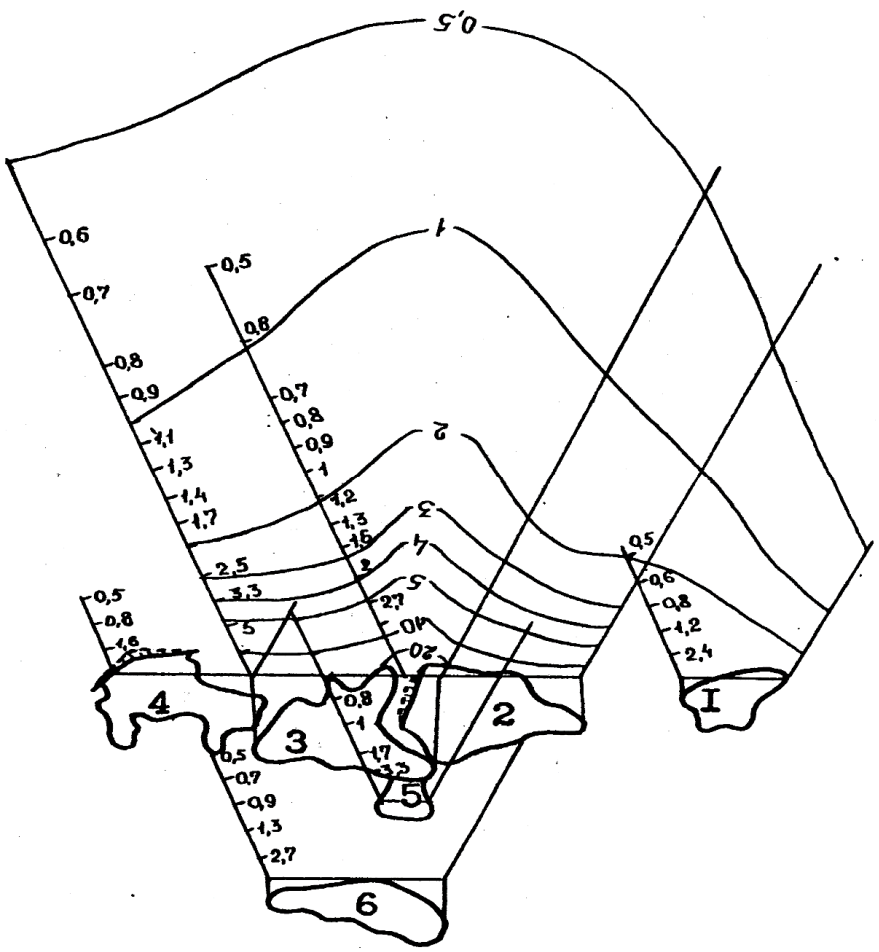


Рисунок 1 –Схема построения изолиний запыленности воздуха
от отвалов и хвостохранилищпо расчетному румбу розы ветров
1, 3, 5, 6 – отвалы рыхлой и скальной вскрыши; 2, 4 – хвостохранилища

Список литературы

1. Коваленко А.И., Иванченко А.М., Афанасьева Г.Е. Методические рекомендации по определению влияния горных работ на загрязнение атмосферы и прилегающих земель при формировании схемы размещения промышленных отходов (на стадии проектирования). - Губкин: НИИКМА. 1990. - 100с.

2. Коваленко А.И., Иванченко А.М., Афанасьева Г.Е. Прогнозная оценка воздействия пылевого фактора карьеров на окружающую среду // Горный журнал. – 1990. - №5. С.58-60.

3. Афанасьева Г.Е. Гигиенический анализ состояния земельного фонда и фоновой запыленности // Региональные гигиенические проблемы и стратегия охраны здоровья населения. Научные труды Федерального научного центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, вып.10. М., 2004. С.32-37.

УДК 622.271:502

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО КРИТЕРИЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АТМОСФЕРУ

Г.Е. Афанасьева, Д.В. Воропай

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Россия, г. Старый Оскол

e-mail: afanage@mail/ru

почтовый адрес: 309186 Белгородская обл., г. Губкин, ул. Победы, д. 48, кв. 22

телефон: 89056797778

Аннотация. *В статье предложены принципы и порядок выбора рационального варианта размещения отходов горного производства на основе прогнозного загрязнения атмосферы.*

Ключевыеслова*:* карьер; отвалы; хвостохранилища;изолинии; загрязнение атмосферы.

CHOICE OF RATIONAL OPTIONPLACEMENTS OF WASTE OF THE MOUNTAIN ENTERPRISESACCORDING TO KRITEY OF IMPACT ON THE ATMOSPHERE

G.E. Afanasyeva, D.V. Voropay

Stary Oskol institute of technology of A. A. Ugarov FGAOU VO (branch) "National research technological university "MISIS", Russia, Stary Oskol

Abstract..*In article the principles and an order of the choice of rational option of placement of waste of mining on the basis of expected air pollution are offered.*

Keywords*:* pit; dumps; tailings dams; isolines; air pollution.

Выбор рационального варианта размещения отвалов вскрышных пород и хвостохранилищ с учетом минимального негативного воздействия на загрязнение атмосферы предлагается производить в следующей последовательности.

1. После выбора места заложения карьера и привязки всех промышленных объектов, обеспечивающих нормальное функционирование горного предприятия, радиусом, равным экономически допустимому расстоянию транспортирования пород вскрыши и отходов обогащения, на топографических картах данной местности масштаба 1:25000 – 1:50000 проводится круг с центром, отвечающим центру тяжести запасов полезного ископаемого проектируемого месторождения[1, 2].

2. На площади круга с учетом селитебных территорий, промышленных и других объектов, орогидрографии и ценности занимаемых земель оконтуриваются места возможного размещения отвалов, гидроотвалов и хвостохранилищ (несколько вариантов). Предпочтение отдается малопродуктивным в сельскохозяйственном отношении землям [1].

3. На карту наносятся розы среднегодовых скоростей и повторяемости ветрового потока исследуемого района. По всем румбам от наветренной стороны площади круга к подветренной последовательно рассчитываются содержания в воздухе вредных примесей от каждого источника пыле-гозовыделения. По результатам расчетов отстраиваются факелы содержания вредных примесей в слое воздуха комфортной для человека зоны, высота которой принимается2 м над уровнем поверхности мест постоянного и временного пребывания человека. Содержание вредных примесей в контурах каждого факела графически изображается в виде изолиний от максимального их значения до ПДК.

4. В случаях, когда по расчетному румбу факелы выбросов вредных примесей в атмосферу от разноименных источников перекрываются, содержание вредных примесей в зонах перекрытия суммируются. В итоге получаются фрагменты карты изосодержания вредных примесей в воздухе по всем румбам розы ветров для каждого варианта размещения объектов пыле-газовыделения. После совмещения полученных фрагментов через объекты вредных выбросов в единую карту по всем вариантам строятся генеральные схемы загрязнения атмосферы в изоконцентрациях вредных выбросов.

5. Путём сравнения полученных генеральных схем изозапыленности и изозагазованности атмосферы для включения в проект принимается вариант с минимальными параметрами зоны негативного воздействия на окружающую среду.

6. При оценке вредного воздействия горного предприятия на окружающую среду необходимо все источники загрязнения атмосферы разделить на четыре группы [3,4]:

I. Объемные, к которым относятся массовые взрывы.

II. Точечные, объединяющие источники с небольшими по площади размерами объектов пылегазовых выбросов (буровые станки, экскаваторы, грохотильно-дробильные узлы, устья различных труб и вентиляционных систем и т.п.).

III. Линейные источники, характеризующиеся большой протяженностью по длине (конвейерные подъемники, железнодорожные составы, автопоезда, автодороги, аэроционные фонари, группы сближенных и расположенных на одной линии точечных источников и т.п.).

IV. Площадные, отличающиеся тем, что вредные вещества выделяются с площадей с большими линейными размерами (отвалы, пляжи и дамбы гидроотвалов и хвостохранилищ, точечные источники, сконцентрированные на определенной площади с большой степенью плотности).

8. Каждый из вышеперечисленных источников необходимо также разделить на четыре класса, в зависимости от высоты (Н) устья выброса вредного вещества над уровнем земли [3]:

а) высокие источники ($H \geq 50$ м);

б) источники средней высоты (Н = 10 – 50 м);

в) низкие источники (Н = 2 – 10 м);

г) наземные источники (Н ≤ 2 м).

9. Расчеты выбросов вредных веществ в атмосферу производятся с учетом данной классификации источников и в порядке, предусмотренным выше.

10. В соответствии с рекомендациями [3, 4, 5] содержание пыли и вредных газов в атмосферном воздухе карьера от всех источников их выделения суммируются по группам (пыль, газы) и определяется средняя годовая запыленность и загазованность атмосферы в карьере относительно его бортов с подветренной стороны по расчетному румбу.

При определении общего загрязнения атмосферы вредными выбросами карьер рассматривается в дальнейших исследованиях (на стадии проектных проработок) как единый объект загрязнения атмосферы.

11. Расчеты загрязнения атмосферы пылегазовыми выбросами отдельных объектов горного предприятия осуществляются в соответствии с [2]. Разовые и годовые значения вредных примесей, а также усредненные показатели вредных выбросов на стадии предварительной оценки вариантов проектных схем развития карьера во времени и пространстве могут приниматься в соответствии с [4].

Конструктивные параметры отвалов на стадии проектирования определяются возможностью селективного складирования в них пород различного литологического состава без потери качества, как сырья для нужд народного хозяйства.

Запыленность воздуха района горных работ по всем вариантам схем размещения отвалов, гидроотвалов и хвостохранилищ определяют по методике[2]. Вариант с минимальными параметрами зоны загрязнения принимают для включения в проект.

Материалы данных исследований могут быть использованы на стадии предпроектных и проектных разработок горных предприятий.

Список литературы:

1. Афанасьева Г.Е. Методология размещения отходов горнопромышленного производства с минимальными негативными экологическими последствиями //Материалы тринадцатой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием.«Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство». – Старый Оскол: СТИ НИТУ МИСиС, 2016. С. 19 – 21.

2. Коваленко А.И., Иванченко А.М., Афанасьева Г.Е. Методические рекомендации по определению влияния горных работ на загрязнение атмосферы и прилегающих земель при формировании схемы размещения промышленных отходов (на стадии проектирования). – Губкин.: НИИКМА, 1990. – 100 с.

3. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД – 86. Госкомгидромет. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 95 с.

4. Методика расчета выбросов вредных веществ карьеров с учетом нестационарности их технологических процессов. – Кривой Рог: ВНИИБТГ, 1989. – 57 с.

5. Никитин В.С. Методика определения интенсивности пылевыделения различных источников непрерывного действия в карьерах. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1984. – 27с.

УДК 681.518.5

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ 110кВ.

Н.И. Белоусов, Д.В. Ермолаев

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС»

309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42

Impakt807@gmail.com, +7(951) 768-70-53,

walkman550@mail.ru, +7(919) 285-89-09

Аннотация. *В статье рассматриваются виды защит линий электропередач. А также предлагается усовершенствовать релейную защиту ЛЭП 110 кВ, создать две ступени дистанционной защиты и три ступени земляной защиты.*

Ключевые слова:линии электропередач;релейнаязащита; карьер;горное производство; короткое замыкание.

IMPROVEMENT OF RELAY PROTECTION OF POWER TRANSMISSION LINE 110KV.

N. Belousov, D. Ermolaev

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

Abstract.*In this article we take a look at protection types of power transmission lines. To improve relay protection of power lines 110 KV we offer to make two-stages distant protection with three-stage ground protection .*

Keywords:power transmission line; quarry; mining production; relay protection.

ОАО “ЛГОК” является первым энергоёмким потребителем электроэнергии в области. Средняя мощность, потребляемая комбинатом, составляет 300–320 МВт. Основными питающими линиями электропередач Лебединского ГОКа являются системные линии РАО «ЕЭС России»:

– **ЛЭП–330 кВ:** «Лебеди» – 330 кВ – «Губкин» – 330 кВ,

«Лебеди» – 330 кВ – «Белгород» – 330 кВ,

«Лебеди» – 330 кВ – «Металлургическая» – 750 кВ;

– ЛЭП–110 кВ: **«Лебеди» – 330 кВ – «Старый Оскол» – 500 кВ.**

80% электроснабжения ЛГОКа осуществляется по ЛЭП – 110 кВ подстанции **«Лебеди» – 330 кВ**. Все вышеперечисленные линии электропередач имеют по концам линии свой источник питания (закольцованы). Исходя из этого, на данных линиях применяются сложные защиты направленного действия.

На линиях электропередач 330 кВ установлены следующие защиты:

– дифференциально–фазовая защита (ДФЗ–504), она является основной защитой;
– дистанционная защита, является резервной;
– земляная защита, также является резервной.

Для ускорения действия всех этих защит по концам линий существует автоматика ускорения защит: ВЧТО (высокочастотное теле отключение) и АНКА–АВПА (аппаратура низкочастотная канальная – аппаратура высокочастотная противоаварийной автоматики). Она служит для ускорения резервных защит противоположного конца линии.

Защиты установленные на ЛЭП – 110 кВ:

– ДФЗ–201 (основная защита);
– ЭПЗ–1636 (резервная защита).

Отходящие линии 110 кВ от подстанции **«Лебеди» – 330 кВ** и **«Губкин» – 330 кВ**, из–за сложных переходных процессов в сети электроснабжения при коротких замыканиях, также снабжены направленными защитами.

При вводе ЛЭП–110 кВ, питающих ГПП, в эксплуатацию на подстанции **«Лебеди»–330 кВ** были спроектированы защиты, которые имели одну ступень дистанционной защиты (КРС–2) и земляной защиты.

При коротких замыканиях в сети электроснабжения Лебединского ГОКа, из–за сложных переходных процессов, происходили ложные срабатывания вышеперечисленных защит. Это происходило из–за того, что основной нагрузкой являются синхронные двигатели на фабриках и в момент короткого замыкания они являются генерирующими источниками. Но так как в момент короткого замыкания скорость их вращения уменьшается, уменьшается и частота напряжения которую они выдают. В результате этого происходит наложение частоты энергосистемы 50 Гц с частотой напряжения, которую выдают двигатели. И в сети электроснабжения Лебединского ГОКа начинают происходить колебания (вектор тока начинает вращаться относительно вектора напряжения), которые продолжаются несколько секунд. Этого времени хватает чтобы смогли ложно отключиться другие ЛЭП 110 кВ, на которых нет короткого замыкания. Это происходит из–за того, что была неправильно

спроектирована система релейной защиты ЛЭП 110 кВ, в которой дистанционная защита имеет одну ступень с малой выдержкой времени и маленькую уставку по сопротивлению срабатывания (из–за этой маленькой уставки защита срабатывает при качаниях в системе электроснабжения Лебединского ГОКа), тоже самое происходит и с земляной защитой.

Предлагается усовершенствовать релейную защиту ЛЭП 110 кВ, создать две ступени дистанционной защиты и три ступени земляной защиты. Где первые ступени будут иметь большую уставку срабатывания, чем в проектной схеме. Также предлагаю выполнить вторую ступень дистанционной защиты на КРС с нуль–индикатором, а не с МЭРом, как выполненно в первой ступени. Так как контакт МЭРа имеет свойство залипать, что может привести к ложному срабатыванию защиты после АПВ.

УДК 622.7.016

ВЗАИМОСВЯЗЬ СУЛЬФИДОВ И ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА В ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТАХ КМА

Гзогян С.Р.

НИУ «БелГУ» (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»), Россия, г. Белгород

mehanobr1@yandex.ru

Аннотация. *Приведены сравнительные результаты оптико-минералогического, электронно-микроскопического, химического анализов, мессбауэровской спектроскопии и измерения магнитных свойств оксидов и сульфидов железа. Показана сложная взаимосвязь между ними, которая оказывает существенное влияние на технологические свойства железистых кварцитов и получение рядового магнетитового концентрата.*

Ключевые слова:железистые кварциты, оксиды железа, сульфиды железа, сульфидный фактор, категория обогатимости.

THE RELATIONSHIP OF SULFIDES AND IRON OXIDES IN THE FERRUGINOUS QUARTZITES OF THE KMA

Gzogyan S.R.

BSU (Federal state Autonomous educational institution of higher professional education "Belgorod state national research University), Russia, Belgorod

mehanobr1@yandex.ru

Abstract. *The comparative results of optical Mineralogy, electron microscopy, chemical analyses, mössbauer spectroscopy and measurements of the magnetic properties of oxides and sulphides of iron. Demonstrates a complex relationship between them, which has a significant*

impact on the technological properties of ferruginous quartzites and receiving the average iron in magnetite concentrate

Key words: ferruginous quartzites, iron oxides, iron sulfides, the sulfide factor, the category of enrichment.

Для поддержания конкурентноспособности железорудной продукции горно-перерабатывающие предприятия модернизируют и совершенствуют существующие технологии с целью получения особо чистых продуктов с минимальными включениями вредных примесей, основными из которых являются диоксид кремния, сера и фосфор. Любой технологический процесс переработки минерального сырья зависит от состава и свойств компонентов рудной шихты. Как правило, в процессе изучения минерального сырья и продуктов его переработки основное внимание уделяется промышленно извлекаемым минералам и второстепенное остальным. Хотя при разделении минерального сырья следует подходить с учетом всех различий состава и свойств не только полезных, но и сопутствующих минералов. В повышении эффективности переработки железистых кварцитов особая роль принадлежит научному направлению – технологической минералогии. Переход от описательной методологии к методологии генетического анализа позволил дать научное толкование многих проблем связанных с технологией переработки железистых кварцитов. Считалось, что учитывая массовую долю серы в исходной руде, возможно прогнозировать ее массовую долю в магнетитовом концентрате. Однако, как показала практика, данная взаимосвязь отсутствовала. Объяснение этому позволили дать исследования «сульфидного фактора», в том числе генезиса и характера изменений в структуре и составе сульфидов и оксидов железа. «Сульфидный фактор» в свете актуальности задачи получения низкосернистых магнетитовых концентратов в качестве сырья для производства металлизованной продукции требует к себе более пристального внимания. Автором были проведены исследования распределения сульфидной минерализации железистых кварцитов месторождений КМА.

С этой целью с использованием химического, оптико-минералогического, рентгено-спектрального анализов и мессбауэровской спектроскопии были исследованы образцы керновых проб железистых кварцитов различных минералогических разновидностей. Результаты исследований показали, что силикат-магнетитовые кварциты (куммингтонит- и биотит-магнетитовые и малорудные) характеризуются весьма развитой сульфидизацией (табл.1).

Таблица 1 - Распределение сульфидных минералов в минеральных разновидностях железистых кварцитов.

Характерные минеральные разновидности железистых кварцитов	Массовая доля сульфидных минералов, %	
	пирит	пирротин
железнослюдко-магнетитовая	0,024	0,010
талько-магнетитовая	0,023	0,015
щелочноамфиболо-магнетитовая	0,133	0,031
куммингтонито-магнетитовая	0,206	0,041
биотито-магнетитовая	0,628	0,061
малорудная	0,803	0,102
безрудная	0,660	0,067
дайки	0,343	0,074
сланцы	1,103	0,108
полуокисленные и окисленные	0,294	0,051

Оптико-минералогические исследования образцов позволили установить, что характерной особенностью сульфидов железа является их наличие с одинаковой вероятностью, как в рудной фазе, так и в нерудной. Представлены сульфиды железа в основном пиритом (85-89%) и пирротином (10-14%), встречаются единичные зерна марказита и халькопирита (до 1%). Преобладание сульфидных минералов в рудных или нерудных составляющих не отмечается, что свидетельствует о том, что массовая доля серы в исходной руде не предопределяет ее количество в концентрате. Рентгено-спектральный анализ установил, что доля сульфидов в образцах железистых кварцитов весьма значительна (до 11,7%).

Формы выделений пирита весьма разнообразны: от округлых, изометричных, идиоморфных зерен с правильными гранями до игольчатых, вытянутых, коррозионных, скелетных, а также структур замещения по магнетиту и силикатам (рис.1,а). Границы срастания пирита с контактирующими минералами могут иметь глубоко проникающий характер, остроугольными, сильно извилистыми. Распределение зерен пирита в нерудной части произвольное, в рудной части пирит находится в срастании с магнетитом, образуя внешние и внутренние срастания, при этом границы срастания зачастую имеют сложный характер. Явных нарушений межзерновых контактов пирита с магнетитом не наблюдается.

Размеры пиритовых образований изменяются в широком диапазоне от 0,005 до 5,0 мм, довольно часты агрегаты размером до 1,5 мм. В некоторых образцах пирит формирует каемки вокруг зерен, как магнетита, так и силикатов. Доля пирротина в общем объеме не велика, мессбауэровской спектроскопией установлено, что в железистых кварцитах присутствует моноклинная разновидность пирротина с эмульсионной вкрапленностью пирита и сидерита. Пирротин этой разновидности, как известно [1], обладает магнитной восприимчивостью почти на порядок ниже по сравнению с магнетитом, коэрцитивной силой

в 2-3 раза большей, а остаточной намагниченностью в 2-4 раза меньшей, однако в процессе мокрой магнитной сепарации пирротин извлекается в концентрат вместе с магнетитом. Пирротин входит в виде пойкилитовых включений размером 0,001 – 0,05 мм не только в магнетит, но и в пирит, а также образуя с ними внешние срастания (рис. 1,б). Самостоятельные зерна неправильной формы и агрегаты размером от 0,005 до 0,5 мм образует редко. В магнетитовом концентрате сульфидные минералы присутствуют во всех классах крупности (табл.2).

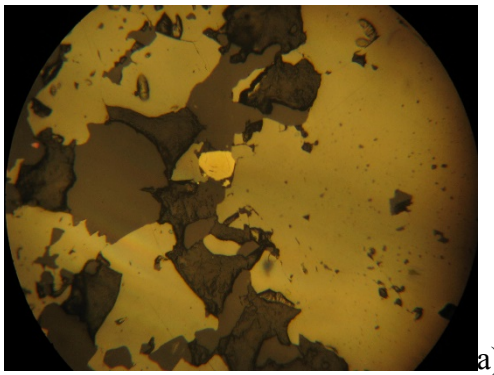
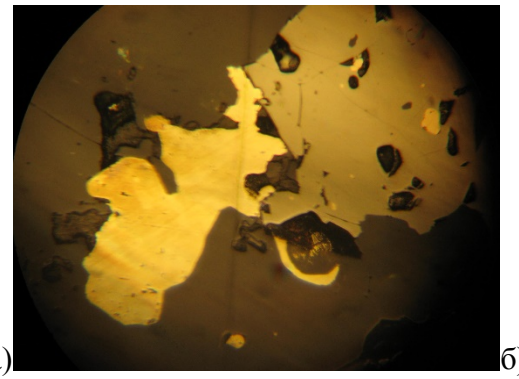

а)

б)

Рисунок 1 - Пирит в окнах среди магнетитовых агрегатов (а) и сросток магнетита с пиритом, пойкилитовые включения пирротина в магнетите, полированный аншлиф, увел.х 60,5

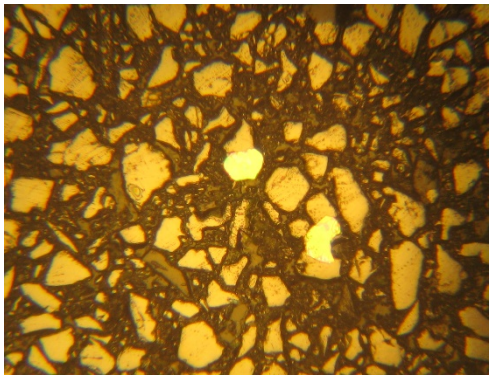
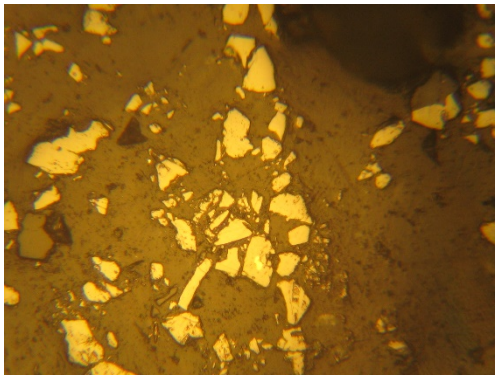
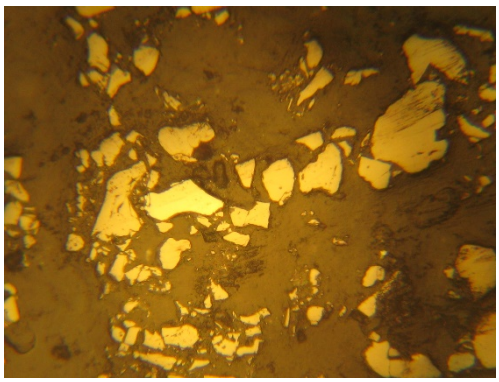

а)

б)

в)

Рисунок 2 – В магнетитовом концентрате на фоне свободных зерен магнетита выделяются сростки сульфидов железа с магнетитом (а), их пойкилитовые включения в магнетит (б) и отдельные зерна (в). Полированный брикет, увел.х 132.

Проведенные исследования показали, что засорение магнетитового концентрата серой происходит не только по причине ферромагнитных свойств моноклинной разновидности пирротина, но и за счет включения зерен пирита в зернах магнетита и пирротина и наоборот (табл.2). Сульфидные минералы в магнетитовом концентрате находятся как в виде сростков (рис.2, а) и вкраплений в зернах магнетита (рис.2, б), так и в виде отдельных зерен (рис. 2, в).

Известно [2], что кубическая симметрия кристаллических структур магнетита и пирита не вызывает ярко выраженной анизотропии упругих свойств их зерен. Поэтому зерна магнетита с включениями пирита в процессе измельчения не всегда могут раскрыться и высвободить сульфид железа. Сульфидные минералы в концентрате находятся как в виде отдельных зерен, так и в виде сростков и вкраплений в зернах магнетита (рис.2,б). Поэтому применение тонкого грохочения, как и магнитно-гравитационные методы обогащения не позволяют решить проблему.

На основании проведенных минералого-технологических исследований железистые кварциты по сульфидному фактору условно можно разделить на три категории: легко-, средне- и труднообогатимые (табл.3).

Таблица 2 - Гранулометрический состав и распределение химических компонент по классам крупности в магнетитовом концентрате

Класс крупности, мм	Выход, %	Массовая доля компонента, %			
		Fe		S	
		общ	магн	пирит	пирротин
+ 0,071	1,2	29,4	27,53	0,046	0,040
-0,071+0,045	4,2	55,29	33,37	0,024	0,018
-0,045+0,032	27,33	66,92	64,88	0,028	0,019
-0,032+0,020	45,03	71,05	66,55	0,023	0,016
-0,020	22,24	70,47	62,77	0,021	0,014
итого	100,00	68,57	63,39	0,0242	0,0168

Таблица 3 - Категории обогатимости железистых кварцитов по сере.

Категория обогатимости по сере	Массовая доля серы общей, %	
	в исходной руде	в концентрате
легкообогатимые	0,17 – 0,23	0,019 – 0,057
среднеобогатимые	0,18	0,09
труднообогатимые	0,42-0,47	0,42 – 0,78

К первой категории (легкообогатимые) отнесены кварциты, характеризующиеся простыми взаимоотношениями оксидов железа с сульфидами. Из железистых кварцитов с массовой долей серы общей 0,17 – 0,23 в лабораторном концентрате остается 0,02 – 0,06%, возможное в промышленном – 0,019 – 0,057%.

Ко второй категории (среднеобогатимые) отнесены железистые кварциты, структура взаимоотношений оксидов железа с сульфидами в которых более сложная, что способствует

переходу в магнетитовый концентрат как свободных зерен пирротина, так и сростков магнетита с пиритом. Из железистых кварцитов второй категории (массовая доля серы 0,18), в лабораторном концентрате остается 0,09 % (возможное промышленное – 0,085 %).

Третья категория кварцитов (труднообогатимые) представлена железистыми кварцитами с тесными структурными срастаниями сульфидных минералов с оксидами железа, пойкилитовыми включениями пирита в магнетит и пирротин и наоборот, что приводит к переходу и концентрации сульфидов в процессе мокрой магнитной сепарации в магнетитовый концентрат. При массовой доле серы общей в исходном сырье 0,42 – 0,47 в лабораторном магнетитовом концентрате ее величина достигает 0,42 – 0,78 % (возможное промышленное – 0,40 – 0,74%).

Так, проведенные оптико-минералогические исследования показали, что засорение магнетитового концентрата сульфидами железа происходит не только по причине ферромагнитных свойств моноклинной разновидности пирротина, но и за счет включения зерен пирита в зернах магнетита и пирротина и наоборот (табл.1). Оптико-минералогическими исследованиями установлено, что сульфидные минералы в концентрате находятся как в виде сростков и вкраплений в зернах магнетита, так и в виде отдельных зерен (рис.2).

Таким образом, применив методы технологической минералогии и основываясь на изученном характере изменчивости структурных преобразований, была разработана классификация кварцитов по обогатимости по «сульфидному фактору». Проблема удаления сульфидных минералов на стадии обогащения железистых кварцитов служит существенным фактором, определяющим металлургическую ценность готовой продукции.

Следующим немаловажным достижением технологической минералогии в рамках частной сульфидной проблемы является наглядно показанная миграция немагнитных сульфидов железа в магнетитовый концентрат, при использовании магнитных сепарационных процессов. Удаление сульфидов железа при переработке традиционными способами проблематично. В этом случае, по мнению автора, целесообразно применить методы энергетического вскрытия минеральных комплексов, внедрять новые технологические решения [3]. Разработка таких технологий может осуществляться только на основе глубокого изучения состава и свойств минерального сырья

Список литературы

1. Т. Нагата. Магнетизм горных пород, - М.: Мир, 1955, с.346.
2. Н. П. Юшкин. Механические свойства минералов, - Л.: Наука, 197, с.284.
3. В. А. Чантурия.Перспективы устойчивого развития горноперерабатывающей

индустрии России.// Прогрессивные технологии комплексной переработки минерального сырья. Под ред. В. А. Чантурия, – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2008, с.5-22.

УДК 622.361.1.

ОЦЕНКА СОСТАВА И СВОЙСТВ МИНЕРАЛОВ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД ВСКРЫШИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КМА

Гзогян С.Р.[1], Гришкина Е.В.[2]

[1]НИУ «БелГУ» (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»), Россия, г. Белгород

mehanobr1@yandex.ru

2 Старооскольский технологический институт им. А.А.Угарова (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Россия, г. Старый Оскол

izs@mail.ru

Аннотация. *Рассмотрены перспективы использования глинистых пород вскрышной толщи месторождений КМА в качестве связующего при производстве окатышей, что дает возможность замены дорогостоящего и дефицитного бентонита. На основании детальных исследований состава и свойств установлено, что в глинах преобладает смешанослойный минерал типа иллита. Выбор участков с наиболее качественной глиной, ее усреднение улучшают технологические свойства глины. Механо-химическая активация (совместное измельчение глины с содой) способствует дополнительной диспергации, возрастанию удельной поверхности, увеличению обменной емкости, что приводит к улучшению технологических свойств глин и расширяет возможности ее использования в производстве.*

Ключевые слова: Глинистые минералы, бентонит, монтмориллонит, кварц, кальцит, механоактивация, дифрактограмма.

A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE COMPOSITION AND PROPERTIES MINERALS CLAY OVERBURDEN DEPOSITS OF KMA

Gzogyan S.R.[1],Grishkina E. V.[2]

[1]BSU (Federal state Autonomous educational institution of higher professional education "Belgorod state national research University), Russia, Belgorod

mehanobr1@yandex.ru

[2] Stary Oskol technological Institute. A. A. Ugarov (branch) of Federal state Autonomous educational institution of higher professional education national research technological University «MISIS», Russia, Stary Oskol

Abstract. *Prospects of using clay overburden strata deposits of KMA as a binder during production of pellets, which gives the possibility of replacing the costly and scarce bentonite. On*

the basis of detailed studies of the composition and properties found that in the mixed-layer dominated clay mineral type illite. The choice of sites with the highest quality clay, its averaging improve the technological properties of clay. Mechano-chemical activation (co-grinding of clay and soda) contributes to additional dispersion, the increase in the specific surface, increase exchange capacity, which leads to improved technological properties of clays and expands the possibilities of its use in production.

Key words:Clay minerals, bentonite, montmorillonite, quartz, calcite, mechanical activation, the diffraction pattern.

Одной из приоритетных задач недропользования является решение проблемы комплексной переработки сырья и повышение полноты извлечения полезных компонентов с получением дополнительных видов продукции.

При отработке железорудных месторождений КМА добываются породы мощной вскрышной толщи: пески используются в строительстве и формовочном производстве, глины – в качестве связующего при окомковании и производстве кирпича. Традиционно используемые в качестве связующего при окомковании натриевые бентониты находятся в значительной удаленности от основных районов железорудной базы КМА и имеют высокую стоимость. Несомненно они являются наилучшим связующим, но для рентабельного развития производства возникает необходимость выбора наиболее дешевого компонента, обеспечение рационального и комплексного использования всего минерально-сырьевого потенциала месторождений, позволяющего сократить затраты на получение готовой продукции.

В решении выбора связующего компонента возможны два пути: поиск месторождений высококачественных бентонитов на территории России или использование подходящих по качеству их заменителей с предварительной активацией. Природными заменителями дефицитного бентонита в первую очередь могут служить породы вскрышной толщи. Авторами в качестве заменителя бентонита опробовались различные виды связующих: глины различного состава, комплексные органические добавки, торф, минеральные вяжущие вещества. Так, например, на ОАО «Полтавский ГОК» (Украина) используется органоминеральная связующая добавка – ОМДС [1]; в технологии производства окатышей на ПАО «Северный ГОК» (Украина) была апробирована комплексная органическая добавка (торф активированный), применение которой привело к улучшению гранулометрического состава окатышей с сохранением или увеличением их физико-механических свойств. Кроме того, использование активированной добавки позволило снизить расход газа за счет горения

в торфе углерода. После целого ряда экспериментов [2, 3] некоторые предприятия подобрали состав связующих добавок, позволяющих получать кондиционные окатыши.

Особый интерес в группе заменителей бентонита представляет келловейская глина, являющаяся одной из составляющих вскрышной толщи Михайловского месторождения. Успешная апробация на ПАО «Михайловский ГОК» этого оригинального и дешевого заменителя бентонита показала, что он является полноценным связующим.

Комплексной оценке состава и свойств глинистых минералов келловея авторами и посвящена данная работа.

Мощная толща юрских глин, перекрывающих железистые кварциты, отличается разнообразием состава и свойств, в окомковании же используют отложения только келловейского возраста. Келловейские глины отличаются невыдержанностью состава и свойств в различных участках месторождений, имеют невысокую набухаемость, примесь песчаных и известняковых включений, но все эти недостатки окупаются их низкой стоимостью.

В промышленной практике в качестве связующего при производстве окатышей используется сырье, отличающееся более качественным составом и свойствами.

Использование в технологии глин с наилучшими свойствами требует детального изучения их химического и минерального состава, что позволяет судить о качестве сырья и его технологических свойствах. Исследования выполнены с использованием: химического, рентгенофазового, спектрального, дериватографического, рентгеноспектрального анализов, комплекса методов электронной микроскопии, а также методов определения суммы обменных катионов, набухаемости и т.д.

Образцами сравнения были выбраны бентониты болгарские и греческие, основной составляющей которых является минерал – монтмориллонит.

Щелочные бентонитовые глины имеют свои особенности состава и свойств и характеризуются высоким содержанием монтмориллонита (не менее 70%), высокой набухаемостью (10-15 ед) и катионообменной емкостью (не менее 90), числом Энслин ~ 200-600, вязкостью 30-50 сП и т.д. [4].

К семейству монтмориллонита - каолинита относится большое число слоистых силикатов и алюмосиликатов, которые значительно отличаются по своему кристаллохимическому строению и некоторым, совершенно особенным, физическим свойствам. Для кристаллической структуры этих минералов, как и для всех слюдоподобных, характерно слоистое расположение катионов и анионов. Отличием монтмориллонита от минералов группы каолинита является то, что гиббситовые слои - $Al(OH)_3$ – располагаются между двумя слоями кремнекислородных тетраэдров, причем, одна из вершин тетраэдров

занята ионами кислорода гиббситовых слоев, а другие заняты ионами гидроксила, направленными наружу и способными удерживать молекулы воды.

Замечательной и чрезвычайно важной в практическом отношении особенностью минералов группы монтмориллонита является их свойство набухания в присутствии воды, в связи с этим значение параметра «с» кристаллической решетки может колебаться в значительных пределах - от 9,6 до 28,4Å в зависимости от количества молекул воды, входящих в структуру минерала. Вхождение молекул воды в межпакетное пространство происходит вдоль поверхностей, несущих одинаковые заряды, поэтому легкое раздвижение этих пакетов и возможность вмещать значительное количество воды вполне объяснимо. Другим очень важным свойством минералов этой группы является сильно выраженная способность к катионному обмену. В глинах с преобладанием монтмориллонита, на 100 г вещества содержится от 60 до 100 мг-экв. обменных катионов, главным образом Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}. Поскольку после тонкого измельчения обмен катионами увеличивается до трех раз, то они могут располагаться не только на поверхности частиц, но и внутри кристаллических фаз (очевидно, в пространствах между слоистыми пакетами). На увеличение возможности обмена катионами в результате активации измельчением указано в [5]. Эти положения были использованы на практике при активации глин содой при совместном измельчении с целью увеличения набухаемости [6].

При измельчении глинистых минералов происходят изменения кристаллической структуры вещества и увеличение активной поверхности. Механоактивация приводит к структурным изменениям не только смешанослойных минералов, но и такого распространенного компонента глин, как кварц, что подтверждено термо- и рентгенографическими исследованиями [7]. Измельчение вызывает аморфизацию кварца (или хотя бы возникновению поверхностного аморфного слоя), а это, в свою очередь, приводит к возможности удержания большего количества адсорбируемой воды. Следовательно, увеличение набухающей способности глин после комплексной механо- и химической активации обязано структурным изменениям глинистых минералов, кроме того, определенную роль в этом процессе, вероятно, играет аморфизация кварца.

Особенности минерального состава и кристаллического строения глин позволили успешно реализовать возможность активации. Этому способствовало не только наличие монтмориллонита в глинах келловея, но и других, «набухающих» минералов, в частности, так называемых «смешаннослойных» (иллит, смектит). Усиленное диспергирование глин, вызванное дополнительным измельчением (особенно вместе с содой) приводит к увеличению катионообменной емкости глин и замене части ионов кальция на ионы натрия. Эта особенность поведения глин при совместном измельчении позволяет использовать в

технологии бентонитоподобные глины, в состав которых входят так называемые смешаннослойные минералы, где соотношение иллита и смектита может варьировать в значительных пределах.

В группу смешаннослойных минералов отнесены тонкодисперсные слюды, обычно называемые иллитами. Рентгенодифрактометрические исследования позволяют установить их кристалличность и близость по структурным особенностям и составу к мусковиту и биотиту. Исследования с применением электронной микроскопии показывают, что иллиты имеют главным образом пластинчатую форму, такая морфология явно связана с кристаллической структурой слоистого типа. Термический анализ свидетельствует о наличии в их структуре некоторого количества воды, что позволяет судить о возможности существования его в гидратированной, набухающей форме, хотя присутствие воды обусловлено в данном случае поверхностной гидратацией, и только часть слоев способна к набуханию. Большинство тонкодисперсных слюд, по-видимому, относится к диоктаэдрическому типу.

Кроме этих минералов в состав глин входят и хлориты – преимущественно триоктаэдрические минералы, которые, так же как и иллиты и смектиты могут быть тонкодисперсными. Изменение состава и структуры хлоритов, их частичная дегидратация при нагревании, увеличение межплоскостных расстояний в присутствии глицерина позволило выделить так называемые «разбухающие хлориты» [8].

Причина высокой способности глин к активированию содой при совместном тонком измельчении этих компонентов заключается в наличии активных обменных центров в структуре глин. Часть активных центров принадлежит кремне-кислородным тетраэдрам и алюминий-кислородным октаэдрам. В этих структурах низковалентные ионные связи могут быть замещены более высоковалентными. Преобладающий отрицательный заряд активных центров способствует адсорбции катионов. Вторым активным центром в глинах может выступать кислород в структурах кремний-кислород и алюминий-кислород. При разрушении кристаллов на их поверхности также возникает избыток отрицательного заряда, который способствует присоединению положительно заряженных ионов.

Таким образом, кроме обменного катионного комплекса ($Ca^{2+} \leftrightarrow 2Na^{+}$) в тонкоизмельченных высокоактивированных глинах возможна и поверхностная адсорбция ионов натрия из состава соды. Вокруг катионов при увлажнении водой создаются гидратные оболочки, размеры которых и определяют набухающую способность глин.

Лабораторные исследования показали что, в состав природных глин, к которым относятся и глины келловея, входят различные типы смешанослойных силикатов с различной степенью правильности и неправильности последовательности слоев.

По химическому составу глины келловея отличает от бентонитов несколько более высокая массовая доля железа, кальция, фосфора, серы, диоксида углерода и изменчивость этих компонентов в пределах толщи месторождений (коэффициент вариации элементного состава достаточно высок) (табл.1). Изменчив и минеральный состав, колебания характерны практически для всех компонентов (табл.2). Сравнительные исследования образцов келловейской глины с бентонитами и другими глинами подтвердили, что основным компонентом в составе глин месторождений КМА являются смешанослойные минералы (табл. 1).

Рентгенофазовый анализ образцов глин келловея, снятых в ориентированных препаратах с предварительным прокаливанием и насыщением пробы глицерином, показал присутствие монтмориллонита, кварца, гидрослюды, хлорита, кальцита, пирита. Интенсивность базальных рефлексов монтмориллонита 1,2,3 порядков (17,6; 8,8; 5,86Å) значительно возрастает после насыщения пробы глицерином. Предварительное прокаливание пробы дало возможность увеличить интенсивность базальных рефлексов гидрослюды (9,93Å) и хлорита (13,81Å). Присутствие пиков, характерных для слоистых силикатов типа гидрослюды и хлорита, свидетельствует об их количественной доле в глинах в пределах 10-30% (рис. 1)

Таблица 1 – Сравнительный химический состав глины вскрыши (келловей) и греческого бентонита

Компонент \ Объект		Глина вскрыши: до/после активации	Бентонит греческий
Массовая доля компонента, %	$Fe_{общ.}$	3,98	3,26
	FeO	1,09	0,65
	Fe_2O_3	4,49	3,93
	CaO	7,32	4,39
	MgO	2,58	3,19
	SiO_2	49,54	53,60
	Al_2O_3	16,54	19,50
	MnO	0,03	0,09
	TiO_2	0,68	0,78
	P_2O_5	0,19	0,12
	S	1,52	0,18
	Co_2	6,49	3,30
	п.п.п.	11,44	9,17
	K_2O	3,32	1,12
	Na_2O	0,35	2,83
Обменные катионы, мг-экв на 100 г	Ca^{++}	19,0/4,04	22,01
	Mg^{++}	3,84/1,34	10,0
	Na^{+}	1,74/34,85	14,83
	K^{+}	4,04/3,45	0,21
	$\Sigma_{кат}$	28,62/43,56	47,05

Рентгенофазовый анализ образцов глин келловея, снятых в ориентированных препаратах с предварительным прокаливанием и насыщением пробы глицерином, показал присутствие монтмориллонита, кварца, гидрослюды, хлорита, кальцита, пирита. Интенсивность базальных рефлексов монтмориллонита 1,2,3 порядков (17,6; 8,8; 5,86Å) значительно возрастает после насыщения пробы глицерином. Предварительное прокаливание пробы дало возможность увеличить интенсивность базальных рефлексов гидрослюды (9,93Å) и хлорита (13,81Å). Присутствие пиков, характерных для слоистых силикатов типа гидрослюды и хлорита, свидетельствует об их количественной доле в глинах в пределах 10-30% (рис. 1)

Таблица 2 - Минеральный состав глин вскрыши (келловей)

Компоненты / Параметры	Минимальное	Максимальное	Среднее	Дисперсия	Коэф. вариац
Иллит	10,1	43,5	26,5	6,6	25
Монтмориллонит+ смешанослойные минералы	22,4	41,7	28,5	3,9	14
Каолинит	0	13,9	5,8	2,9	50
Сумма глинистых минералов	51,4	66,6	60,8	3,4	6
Мусковит	0,2	4,1	1,4	0,9	65
Кварц	13,2	28,8	21,0	2,0	13
Карбонаты	0	11,3	6,6	2,2	33
Сидерит	1,6	7,2	4,2	1,1	26
Гипс	0,6	3,8	2,2	0,7	33
Пирит	1,6	4,9	2,5	0,6	24
Лимонит	0	2,1	0,1	-	-
Ортоклаз	0	3,4	1,0	0,6	60
Апатит	0,1	0,5	0,2	0,1	53

Таблица 3 – Особенности минерального состава глин различных месторождений

Наименование продукта	Массовая доля минерала, %					
	монтмориллонит	смеш. слойные	каолинит	кварц	кальцит	цеолит
Глина вскрыши (месторождения КМА)	12	58	6	14	10	-
Бентонит (г. Нальчик)	86	5	-	5	4	-
Бентонит (г. Курган)	80	5	-	15	-	-
Бентонит дашуковский	70	12	-	16	2	-
Бентонит (Азербайджан)	70	21	-	2	4	3
Бентонит (Болгария)	60	20	-	2	8	-
Бентонит	92	-	-	3	5	-

(Греция)						

Положение рефлексов в области 17,18 - 18,03Å и 9,08 – 9,17Å отчетливо фиксируется после насыщения образцов глицерином и указывает на присутствие значительного количества смешанослойного минерала (рис. 2).

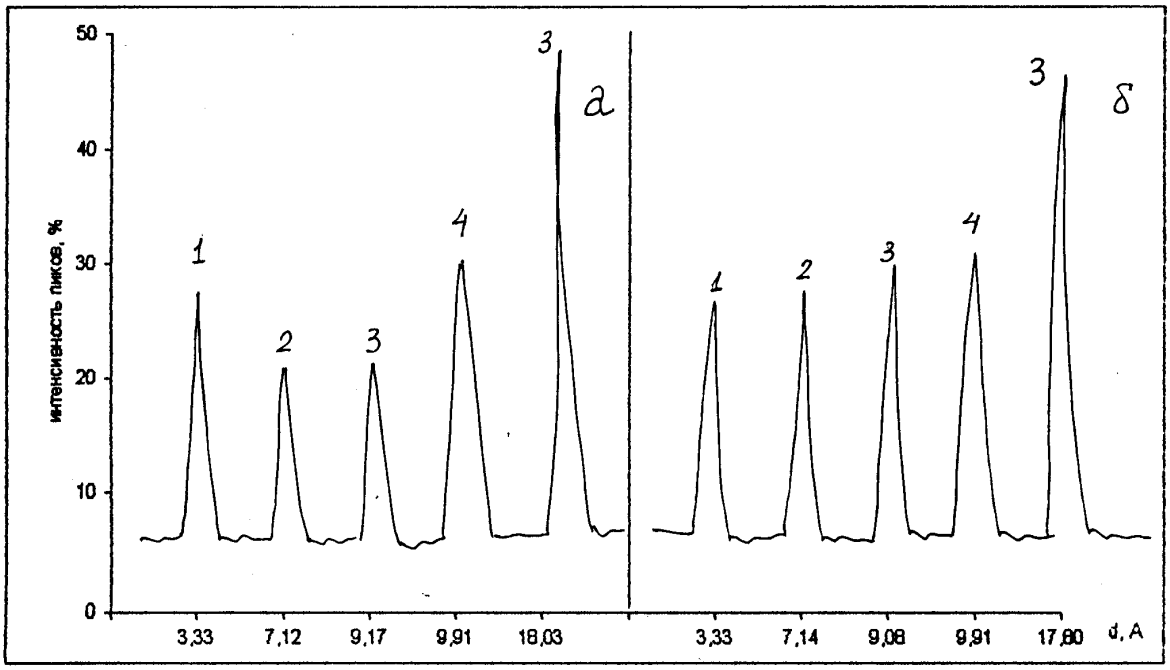


Рис. 1 - Положение рефлексов смешанослойного минерала (типа иллит-смектит) после насыщения пробы глицерином (а) и после прокаливания (б); рефлексы: 1 – кварца, 2 – хлорита, 3 – смешанослойного минерала, 4 – гидрослюды.

Среди минералов глинистой фракции смешанослойные образования являются преобладающей фазой, их массовая доля варьирует от 20 до 58%. Относятся они к типу иллит-смектит, это означает, что между двумя или тремя пакетами набухающего минерала монтмориллонита вклинивается пакет гидрослюды – слоистого минерала, обладающего ограниченной способностью к набуханию.

Дифрактограммы глин показали присутствие в них монтмориллонита Са –Mg-состава (пик 15,3Å), после насыщения пробы глицерином происходит набухание слоев и рефлекс смещается до 17,6Å. Смещение базальных рефлексов и нарушение периодичности в их расположении указывает на то, что в составе глин преобладает смешанослойная фаза (иллит-смектит).

Результаты термических исследований (ТГ, ДТГ, ДТА) позволили уточнить фазовый состав глин и оценить их термическую устойчивость, на кривых ДТА выделены четыре эндотермических и один экзотермический эффекты (рис. 3).

Наличие эндоэффекта в области 50-250°С свидетельствует о выделении межпакетной воды из монтмориллонитовых слоев, продолжение этого эффекта в области 250-350°С подтверждает присутствие гидрослюд как в виде самостоятельной фазы, так и в смешанослойном минерале (эффект связан с выделением воды из гидрослюдистых слоев). На большинстве термограмм глин фиксируется экзоэффект в области 380-550°С, связанный с распадом пирита и фазовом переходе его в гематит. В интервале 550-560°С эндоэффект объясняется выделением конституционной воды и связан с термической устойчивостью минералов; в области 800-880°С происходит диссоциация карбонатов (рис.3).

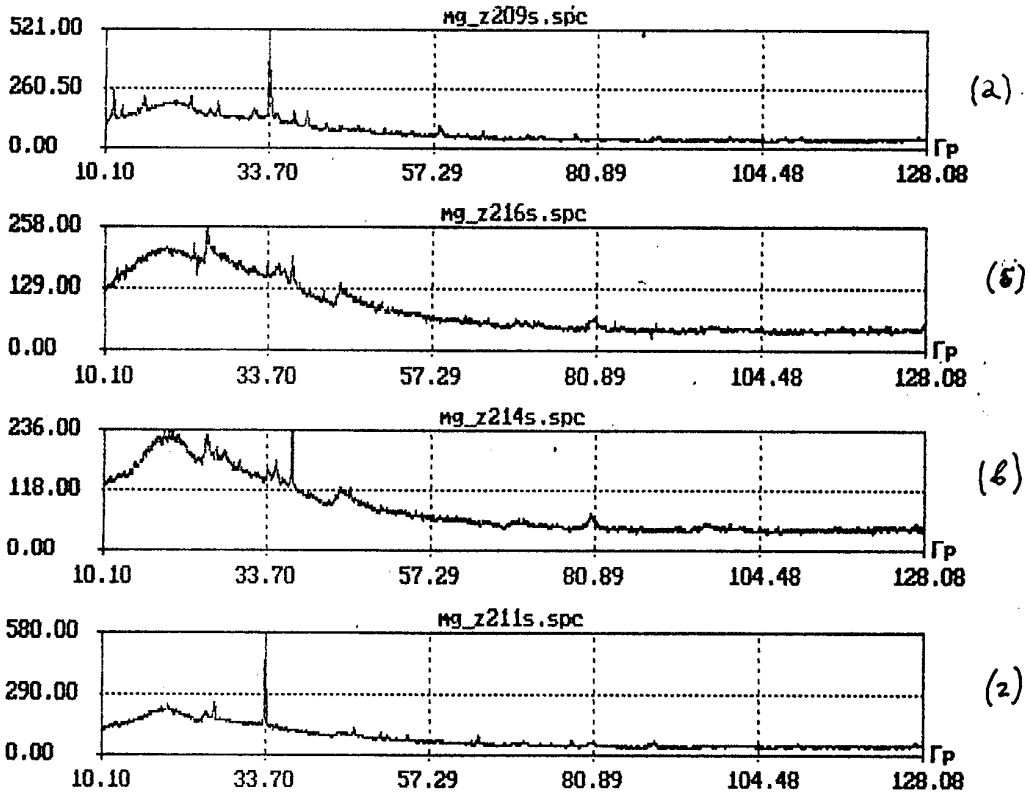


Рис. 2 – Сравнительные рентгенограммы глин вскрыши (а) и различных бентонитов (б – Греция, в – Болгария, г – Курган).

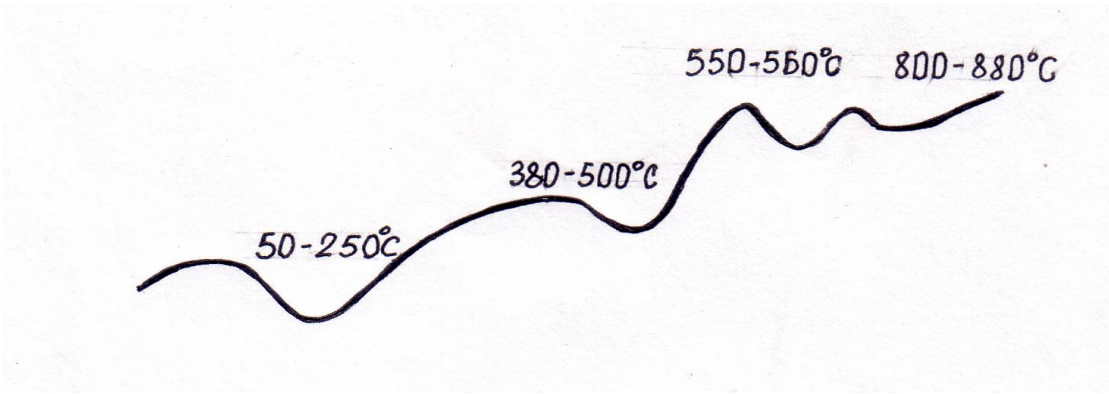


Рис. 3 - Термограмма глин вскрыши (келловей)

Таким образом, термическим анализом установлено, что потеря воды глинами происходит в два этапа (105-145 и 530-575°С), максимум температурной устойчивости соответствует 575°С, что отражается на температуре “шока’’ при обжиге окатышей.

Электронномикроскопические исследования глин позволили диагностировать в составе проб каолинит, монтмориллонит, гидрослюду, мусковит, пирит, смешанослойный минерал; последний фиксируется в виде тонких, бесформенных “облакообразных” частиц разных размеров.

Сочетанием седиментационного и рентгеноструктурного анализов выделены частицы менее 0,002, 0,002-0,006 и более 0,006 мм и установлено, что в более тонкую фракцию попадают в основном гидрослюдистые минералы, которые легко диспергируются. Смешанослойные минералы представлены в основном частицами размером 0,003-0,006 мм и диспергируются хуже гидрослюдистых.

Возможности использования глин в окомковании уже испытаны на практике и успешно реализуются, позволяя при совместном измельчении глины и соды увеличить набухаемость с 3 до 6-10 единиц [6]. Улучшение технологических свойств глин, их “облагораживание” представляет интерес для производства. Поиск и разработка участков глин, обладающих повышенными набухающими свойствами, возможно на основе детальных минералогических, химических и технологических исследований. Повышение набухающих свойств глин достигается механоактивацией с внесением соды в измельчаемый материал. Структурные и фазовые изменения, происходящие в минералах глин при механоактивации, подтверждены данными рентгеновских и термических анализов [9].

Вероятно, изменение тонкой структуры глинистых минералов способствует интенсивному катионному обмену, замене ионов кальция и магния на ионы натрия и тем самым - возрастанию набухающей способности глин, что улучшает их связующие свойства и дает возможность использования глин вскрыши в окомковании.

Таким образом вышесказанное позволяет сделать следующие выводы:

- сравнительное изучение глинистых бентонитоподобных продуктов и глин келловея показало, что последние отличает от типичных бентонитов химический и минеральный состав. Основным преобладающим компонентом глин является смешанослойный минерал типа иллита-смектита, массовая доля монтмориллонитовой составляющей незначительна и нестабильна как в различных участках, так и в отдельных горизонтах вскрышной толщи;

- механоактивация в присутствии соды способствует лучшей диспергации, “раскрытию” чешуек глинистых минералов, возрастанию удельной поверхности,

увеличению обменной емкости и тем самым – повышению набухаемости глин и улучшению их технологических свойств.

Список литературы

1. *Билоус В.Н.* Цех производства окатышей – история и перспектива развития// Горный журнал.2000.№ 4.
2. *Рыбкин В.С., Мартыненко В.М., Исаенко Г.Е. и др.* Использование пестроцветной глины Сарбайского месторождения в качестве связующей добавки при производстве железорудных окатышей // Бюллетень “Черная металлургия“1999. №9-10.
3. *Алтынбаев Р.А., Гзогян С.Р., Мельникова Н.Д.* Использование келловейских глин при производстве железорудных окатышей//Горный информ.-аналит.бюллетень. 20001. № 4.
4. *Наседкин В.В., Кваша Ф.С., Стаханов В.В.* Бентонит в промышленности России. М.:ГЕОС.2001.
5. *Хайнике Г.* Трибохимия. М.: Мир. 1987.
6. *Алтынбаев Р.А., Гзогян С.Р.* Применение келловейских глин Михайловского месторождения в окомковании // Бюллетень “Черная металлургия”. 2001. №9.
7. *Ходаков Г.С.* Физика измельчения. М.:Мир.1987.
8. Минералогическая энциклопедия (под. ред. К. Фрея). Л.: Недра, Ленинградское отделение.1985.
9. *Кулебякин В.Г., Шакора А.С.* Механическая активация глин как средство изменения их физико-химических и технологических свойств // Огнеупоры.1994. № 9.

УДК 622.7′017

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ МАГНЕТИТА МЕСТОРОЖДЕНИЙ КМА

Гзогян Т.Н.,Гзогян С. Р.

НИУ «БелГУ» (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»), Россия, г. Белгород

mehanobr1@yandex.ru

Аннотация. *Приведены результаты исследований кристаллохимических особенностей магнетитов, полученных из железистых кварцитов месторождений КМА, показано, что все магнетиты представлены катиондефицитными минеральными разностями. Установлены корреляционные зависимости между технологическими показателями (выход, извлечение) и концентрацией магнетита в кварцитах.*

Ключевые слова кристаллохимические особенности, железистые кварциты, магнетит, маггемит, мессбауэрские спектры, дефектность.

GENETIC HETEROGENEITY OF MAGNETITE DEPOSITS OF KMA

Gzogyan T.N., Gzogyan S.R.

BSU (Federal state Autonomous educational institution of higher professional education "Belgorod state national research University), Russia, Belgorod

mehanobr1@yandex.ru

Abstract *The results of investigations of crystal-chemical characteristics of the magnet obtained from the ferruginous quartzite deposits of KMA, it is shown that the magnet was presented kalingapatnam mineral differences. Correlation dependences between technological parameters (yield, extraction) and concentration of magnetite in quartzite.*

Keywords*crystallochemical features, ferruginous quartzites, magnetite, maghemite, messbauerovskie spectra, the deficiency*

В железистых кварцитах основным рудным минералом является магнетит, кристаллохимические особенности структуры которого определяют технологические свойства железистых кварцитов. Как правило, кристаллохимические особенности при исследовании технологических свойств не учитываются, а обусловлены они, в первую очередь, различным генезисом месторождений. Но именно по технологическим свойствам кварциты отличает большая изменчивость состава и свойств. В связи с чем, особое внимание приобретают вопросы геолого-технологического картирования месторождений. При этом проявляется и ряд трудностей, связанных с многообразием минерального состава, текстурно-структурных особенностей руд и, как следствие, широким спектром физико-механических и технологических свойств [1-3]. Как указывает проф. Б.И.Пирогов [3], процесс геолого-технологического картирования месторождений можно разделить на два основных этапа:

минералого-генетическое изучение руд и вмещающих пород и чисто технологические исследования. Первый – завершается составлением геолого-минералогической, второй – составлением геолого-технологической классификации месторождения.

В данной работе с использованием современных методов исследований (ядерная гамма-резонансная спектроскопия (эффект Мессбауэра), рентгеновского анализа и рентгеновской флюоресценции) исследованы кристаллохимические особенности основного рудного минерала (магнетита) месторождений КМА (рис.). Параллельно с мессбауэровской спектроскопией проводились измерения зависимости намагниченности от приложенного магнитного поля и намагниченности насыщения вибрационным методом.

Магнетит – типоморфный минерал, состав и свойства которого зависят от условий образования. Считается, что магнетит обладает структурой шпинели – пространственная группа ohFd3m, где катионы занимают 16 октаэдрических (B) и 8 тетраэдрических (A) позиций. Поэтому, для идеальных кристаллов $Fe_1^{3+}[Fe_1^{3+}F^{2+}_1]O_4$ – обращенная шпинель, отношение интенсивностей крайних левых линий мессбауэровских спектров поглощения с учетом различия вероятностей эффекта для окта- и тетраэдрической подрешеток, должно быть чуть меньше двух. Характерные линии полученных мессбауэровских спектров поглощения неокисленных и окисленных железистых кварцитов представляют суперпозицию ряда шестипиковых спектров. Отношение интенсивностей, отвечающих половине ионов в A- и B- позициях практически не выполняется, несмотря на то, что выделенный образец по содержанию примесей наиболее близок к «идеальной» (мономинеральной) разности (массовая доля примесей не более 0,6%). Кроме того, наблюдается и небольшое уширение крайней левой и крайней правой линий суммарного поглощения. Полученные мессбауэрские спектры железистых кварцитов и концентратов, полученных из них, свидетельствуют о том, что отношение интенсивностей 1:2 не выполняется и для всех исследованных проб. Нарушение этого соотношения может быть связано либо с изоморфным замещением ионов железа в B-позиции $Fe_1^{3+}[Fe^{3+}_{5/3-2/3x}F^{2+}_{x-y}Me^{2+}_{y}\square_{1/3-1/3x}]O_4$, либо с явлением нестехиометрии – наличие вакансий Fe^{2+} в той же позиции $Fe_1^{3+}[Fe^{3+}_{5/3-2/3x}Fe^{2+}_{x}\square_{1/3-1/3x}]O_4$. Очевидно, что при x = 1 мы имеем стехиометрический магнетит $Fe_1^{3+}[Fe^{3+}_1F^{2+}_1]O_4$, а при x=0 – γ – Fe_2O_3 ($Fe_1^{3+}[Fe^{3+}_{5/3}\square_{1/3}]O_4$. Появление изоморфно замещающих ионов в октаэдрической позиции шпинельной структуры магнетита приводит к частичному снятию электронного обмена в позиции B между ионами Fe^{2+} и Fe^{3+} и, как следствие, к изменению соотношения интенсивностей линий, отвечающих ионам железа в позициях A и B, с одновременным уширением не только крайней правой группы линий, но и всей совокупности линий суммарного резонансного спектра поглощения. Это уширение особенно ярко выражено с увеличением концентрации изоморфно замещающих

ионов. Появление катионной вакансии в позиции В шпинельной структуры магнетита не приводит к экспериментально наблюдаемым уширениям, а лишь к перераспределению интенсивностей линий, отвечающих Fe^{3+} и [Fe^{3+}, Fe^{2+}] в позициях А и В, за счет увеличения вклада ионов Fe^{3+}, не участвующих в электронном обмене с ионами Fe^{2+} в позиции В вследствие наличия вакансий. Однако, и в том, и в другом случае интегральная интенсивность остается постоянной. Но, наличие катионной вакансии в октаэдрической позиции В шпинельной структуры магнетита существенно отражается на технологических свойствах. Совокупность полученных экспериментальных данных позволяют записать кристаллохимическую формулу магнетитов в следующем виде

$$Fe_1^{3+}[Fe^{3+}_{5/3-2/3x}Fe^{2+}_{x}\square_{1/3-1/3x}]O_4,$$

где □ - катионная вакансия (в качестве изоморфно замещающих ионов в структуре магнетита могут быть Mg^{+2}, Mn^{+2}, Ni^{+2}, Ti^{+2} и др.), а x – нестехиометричность (дефектность (дефицит катионов Fe^{2+}), широко варьирующая по площади месторождений). При x = 0 мы имеем шестипиковый спектр поглощения, отвечающий маггемиту. Условие электронейтральности соблюдается за счет образования дефектов – электронных дырок. Соотношение между Fe^{3+} и [Fe^{3+},Fe^{2+}] и определяет характер поведения таких магнетитов в магнитных полях. Кроме того, на мессбауэровских спектрах магнетитов присутствуют линии мартита, что свидетельствует о том, что кристаллическая решетка магнетитов когерентно связана с решеткой «материнского» магнетита. Наличие когерентно связанной структуры $Fe_1^{3+}[Fe^{3+}_{5/3}\square_{1/3}]O_4$ существенно сказывается на степени извлечения магнетита при обогащении руд. Вместе с магнетитом присутствуют следы гематита и различных нерудных соединений.

Таким образом, магнетит является весьма чувствительным индикатором условий образования месторождений и его «жизнь», начатая в природе, проявляется, и порой существенно, в кинетике технологических процессов, так как быстротекущие технологические процессы интенсивно разрушают информационную структуру минерала и медленно передают ее образующимся в результате переработки продуктам [4,5].

Изучение вариации состава и свойств магнетита имеет важное значение для прогноза показателей обогащения при переработке железистых кварцитов. Особенности неоднородности состава и свойств магнетита влияют на изменчивость степени его окисления в процессе измельчения, эффективность флокуляции переизмельченных частиц и, как следствие, на технологические показатели обогащения [3-5].

Количественный рентгено-фазовый анализ (РФА) железистых кварцитов выявил присутствие в них, наряду с магнетитом и гематитом, также и маггемита, причем, наличие маггемита характерно для всех минеральных типов кварцитов. Установлено, что наибольшая

массовая доля маггемита (до 11%) характерна для магнетитовых кварцитов, несколько меньшее (около 8%) наблюдается в полуокисленных и самое низкое (до 4,5%) – в окисленных. Отмечающийся в природе в железистых кварцитах морфологический ряд:

$$Fe_4O_4 \rightarrow Fe^{2+}Fe_2^{3+}O_4 \rightarrow \gamma\ Fe_2O_3 \rightarrow \alpha Fe_2O_3 \rightarrow Fe_2O_3 \cdot H_2O \rightarrow \gamma FeO(OH) \rightarrow Fe_2O_3 \cdot xH_2O$$

вюстит магнетит магеммит гематит гетит лепидокрокит лимонит (мартит)

подчеркивает наличие сложных взаимосвязей между структурами оксидов железа. Причем, с переходом от одного структурного типа к другому, как правило, наследуются некоторые особенности исходного типа: вюстит имеет структуру галита, магнетит – дефектную структуру обращенной шпинели, маггемит – типа обращенной шпинели, а гематит – структуру типа корунда. Размер ребра элементарной ячейки в зависимости от состава в процессе окисления вюстита в магнетит и маггемит последовательно уменьшается с уменьшением числа ионов Fe^{2+}. Прямолинейная зависимость параметра решетки от состава подчеркивает сходство между структурами этих соединений. Уменьшение ребра элементарной ячейки магнетита при переходе в маггемит вызвано заменой Fe^{2+} с ионным радиусом 0,80 Á на Fe^{3+} с ионным радиусом 0,67 Á с одновременным выносом одной трети ионов Fe^{2+} из структуры магнетита [3-5]. Следует отметить, что весьма неоднородными являются магнетиты, связанные с незавершенными процессами мартитизации, что связано с проявлением морфотропных преобразований в указанном выше ряду, массовая доля железа в котором падает с 72,4 (магнетит) до 62,0 % (лимонит). Средний размер ребра элементарной ячейки магнетитов месторождений КМА составил: для Михайловского – 8,395; для Лебединского – 8,371; Стойленского – 8,381; Коробковского – 8,384; Приоскольского – 8,373Á и это несколько меньше, чем у магнетита стехиометрического состава (8,396 Á). Оценка деформаций магнетита рентгеновскими исследованиями позволяет сделать вывод о том, что изменение главных межплоскостных расстояний изученных образцов магнетита в большей степени характерно для Лебединского и Приоскольского месторождений.

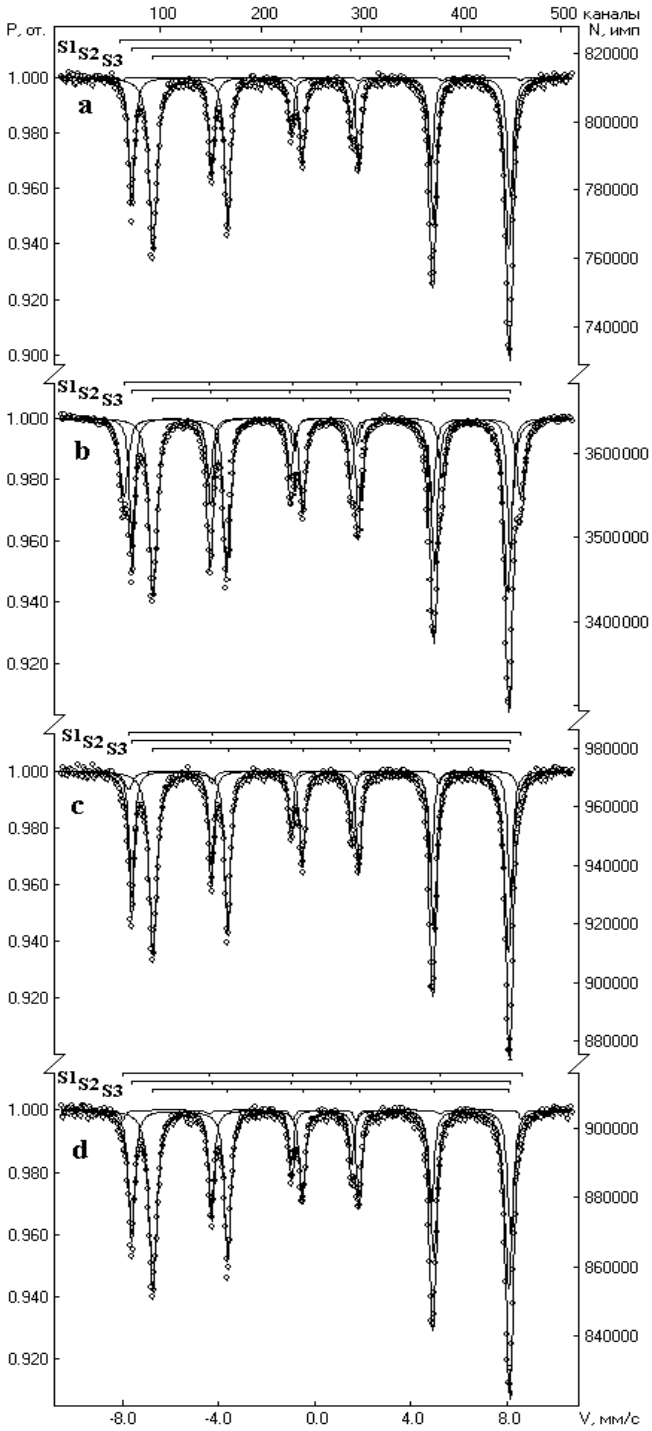


Рис 1. Мессбауэровские спектры некоторых образцов магнетита

Микрозондовым анализом выявлен дефицит железа в зернах магнетита различных генераций Михайловского месторождения, массовая доля которого колеблется от 66,89 до 72,38% и для месторождений Старооскольского рудного узла, где массовая доля железа колеблется от 67,8 до 71,79 на Коробковском, от 68,9 до 72,39 – на Лебединском, от 69,1 до 72,40 – на Стойленском, от 67,3 до 72,37 % – на Приоскольском месторождениях.

Термомагнитный анализ практически во всех магнетитах месторождений КМА при температуре 340 – 350°С показывает слабый экзотермический эффект, соответствующий

маггемиту. Присутствие маггемита подтверждают и электронограммы, снятые с частиц магнетита. По данным микродифракции, отсутствие периодичности в расположении некоторых рефлексах свидетельствует о наличии дефектов и дислокаций в решетке магнетита (рис). Наибольшее количество маггемита фиксируется на Михайловском (до 11%) и Приоскольском (до 10%) месторождениях, наименьшее – на Коробковском (до 6%), Лебединское и Стойленское занимают промежуточное положение (5 – 8%). Данные высокотемпературной магнитометрии подтверждают недостаток ионов Fe^{+2} у магнетитов месторождений КМА и отличие их от стехиометрического: точка Кюри для магнетита Лебединского месторождения в среднем составила 573,3; для Стойленского – 571,8; для Коробковского – 574,2; для Приоскольского – 578,3; для Михайловского – 576,0°С.

Изменение соотношения Fe^{3+} и Fe^{2+} обуславливает и невыдержанность магнитных свойств магнетита, которые являются одним из важнейших факторов, влияющих на обогатимость железистых кварцитов.

Известно [6], что месторождения КМА характеризуются очень сложным ритмично-тонкослоистым строением и неоднородным вещественным составом и где «условно» выделены четыре типа железистых кварцитов: магнетитовые, гематито-магнетитовые, полуокисленные и окисленные. Проведенные исследования магнетитов из четырех типов кварцитов месторождений, отсутствие достаточного количества изоморфных примесей позволяет утверждать, что мы имеем дело с альтернативным поведением в двухфазной системе $Fe_2O_3 \div Fe_3O_4$ – образованием метастабильных переходных фаз со структурой, более близкой к структуре матрицы, чем у равновесной фазы. Переходные структуры могут быть когерентными или полукогерентными по отношению к матрице, что снижает энергию активации для их нуклеации. Это подтверждается результатами определения концентраций изоморфно замещающих примесей Mg^{2+}, Mn^{2+}, Ti^{2+} и Ni^{2+}, которые не превышали 0,2% NiO; 0,25% MnO_2 и 0,4% MgO.

Следует отметить, что на всех измеренных мессбауэровских спектрах поглощения присутствуют линии маггемита. Следовательно, на месторождениях строго прослеживается образование твердых растворов $FeO:Fe_2O_3$, когерентно связанных γ- Fe_2O_3 и полукогерентно связанных Fe_2O_3. Это привело к широкому развитию разнохарактерности кварцитов по их технологическим свойствам. Образовавшиеся таким путем когерентные фазы могут представлять собой кластеры растворенных атомов в решетке материнского вещества, что часто и наблюдается. Наличие «нестехиометрических» катиондефицитных разностей магнетитов привело к необходимости разработки способа нахождения величины, определяющей дефектность магнетитов. Кристаллохимическую формулу таких магнетитов следует записать в виде: Fe_1^{3+} $[Fe^{3+}_{5/3-2/3x}Fe^{2+}_{x}Fe^{2+}_{1/3-1/3x}]O_4$, где x – дефектность (дефицит

катионов Fe^{2+} в октаэдрической позиции шпинельной структуры). При x = 1 мы имеем дело с идеальными магнетитами $Fe^{3+}[Fe^{3+}_1Fe^{2+}_1]O_4$ (массовая доля железа 72,4%), а при $x \to 0$ мы наблюдаем полный переход вплоть до γ- Fe_2O_3 (кристаллографическая симметрия) $Fe_1^{3+}[Fe^{3+}_{5/3}Fe^{2+}_{1/3}]O_4$, когда часть ионов железа перезаряжается до состояния Fe^{3+} и массовая доля железа падает до 69,9%.

Таким образом, в качестве одного мультипликативного признака железистых кварцитов принята дефектность x, определенная по данным мессбауэровской спектроскопии. Статистическая обработка результатов определения взаимосвязи между массовой долей магнитного железа (первый мультипликативный признак) и извлечением (а также выходом) выполнена путем получения регрессивных функциональных соотношений, с оценкой параметров a, b…, входящих в устанавливаемое функциональное соотношение F(a, b …x). Полученные выражения динамического ряда по результатам диагностической проверки представляют следующий вид: $\gamma_1 = 1{,}428C^o_{Mgt} + 1{,}427$ (1)

$$\gamma_2 = 1{,}354C^1_{Mgt} + 3{,}087 \qquad (2)$$

(коэффициенты корреляции 0,94 и 0,89 соответственно).

$$\varepsilon_1 = 2{,}629C^o_{Mgt} - 0{,}182 \qquad (3)$$

$$\varepsilon_2 = 1{,}940C^1_{Mgt} + 14{,}227 \qquad (4)$$

(коэффициентами корреляции 0,91 и 0,72 соответственно).

Выражения (1) и (3) получены по суммарным результатам диагностической проверки полного набора данных, а динамические ряды (2) и (4) – по набору данных с низкой массовой долей магнетита в исходных окисленных кварцитах (с учетом наличия гидрооксидов железа). Стандартное отклонение выборки не превышает 0,42 (F-критерий) и не является значимым с учетом погрешности в определении величин γ и ε диагностической проверки. Реализация выборки по среднему значению β, нормированному на средние значения γ_1 и γ_2, а также ε_1 и ε_2 дает величины β^o и $\beta^{(1)}$ соответственно.

Магнетит – это хорошо известный ферримагнетик, прототип спиновых ферритов. Исследования зависимости магнитных свойств железистых кварцитов от состава и кристаллохимических особенностей магнетитов, входящих в рудную ассоциацию проводились на установке на основе вибрационного магнитометра. Вибрационный метод позволяет измерять магнитные характеристики в однородном магнитном поле с напряженностью до 71,62 кА/м с записью термомагнитных кривых в диапазоне температур от 20 до 800ºС.

Полученные кривые имеют вид, типичный для ферримагнитных веществ с резким ростом намагниченности в полях напряженности до 4,5 кЭ. При дальнейшем увеличении магнитного поля для всех образцов железистых кварцитов наступает насыщение намагниченности. Зависимость удельной намагниченности насыщения имеет точку перегиба, которая, по-видимому, связана с влиянием достаточно большой весовой доли $Fe_1^{3+}[Fe^{3+}_{5/3}\,Fe^{2+}_{1/3}]O_4$. Дальнейшее снижение концентрации ферримагнитной фазы связано с различной магнитной структурой исходных фаз и с «нестехимиометричностью» магнетита. Кроме того, магнитная восприимчивость ферримагнитных минералов зависит от размера зерен минерала и снижается с уменьшением размера нелинейно. Наличие когерентно связанной γ-Fe_2O_3 полукогерентной Fe_2O_3, как результат окислительных процессов, приводит к тому, что в процессе рекристаллизации образуются новые домены, моменты которых ориентированы внешним полем исходной матрицы. Эта новая намагниченность, также как и остаточная термическая намагниченность, может иметь величину коэрцитивной силы, значительно превышающую намагничивающее поле. Это свидетельствует о том, что окисление в железистых кварцитах проходило при температурах, ниже соответствующей точки Кюри. Невыдержанность магнитных свойств магнетита обусловлена изменением соотношения Fe^{3+} и Fe^{2+}, которые являются одним из важнейших факторов, влияющих на обогатимость железистых кварцитов.

Таблица 1- Магнитные характеристики магнетита

Месторождение	$\alpha_{магн.}$	χ, 10^{-6}	Нс,10^3	Кн, д.ед.
Лебединское	26,2	23,8	102,1	0,683
Стойленское	28,1	34,9	105,1	0,704
Коробковское	26,7	44,3	96,2	0,688
Михайловское	19,8	36,9	111,2	0,715
Приоскольское	26,0	34,5	110,4	0,681

Примечание. $\alpha_{магн.}$ *– массовая доля железа магнетита, %,* χ *- магнитная восприимчивость, м*^{3}*/кг, Нс - коэрцитивная сила, А/м, Кн – коэффициент неоднородности, д.ед.*

Анализ таблицы показывает, что магнетиты являются магнитожесткими и при переработке таких руд в схемы обогащения необходимо вводить операции дефлокуляции и селективной флокуляции. Отличия в удельной магнитной восприимчивости свидетельствуют о различном петрографическом составе руд и размеров вкрапленности зерен магнетита и еще раз свидетельствуют о значительной неоднородности состава и

свойств магнетитов месторождений КМА, которая является следствием протекания процессов щелочного метасоматоза и рекристаллизации и выражается в различии их технологических свойств. А в обогатительном переделе при измельчении рудной шихты, особенно шаровом, возможны фазовые превращения за счет окисления части магнетита и могут обуславливать дебаланс магнетита [4,5].

Кроме того, отдельные пробы кварцитов содержат гидрооксиды железа в тесном прорастании ферромагнитных минералов. В этом случае может возникать сложная намагниченность, так как минералы с более низкой точкой Кюри могут намагничиваться в условиях первичного внешнего поля и размагничивающего поля минералов с более высокой точкой Кюри. Неель показал, что магнитостатическое взаимодействие такого рода может способствовать самообращению в породах.

Таким образом, намагниченность насыщения оказывается для железистых кварцитов многопараметрической функцией. В связи с этим, получены зависимости выхода концентрата и извлечения, как функции приведенной величины ($\sigma_s/\sigma_s^{ид}$), где σ_s – полученные значения удельной намагниченности данного образца; $\sigma_s^{ид}$ – удельная намагниченность выделенной мономинеральной фракции магнетита (массовая доля Fe 72,2 %, SiO_2 менее 0,2%):

$$\gamma_1 = 70{,}947\left(\frac{\sigma_s}{\sigma_s^{ид}}\right) + 13{,}279 \quad (5)$$

$$\gamma_2 = 30{,}56\left(\frac{\sigma_s}{\sigma_s^{ид}}\right) + 20{,}74 \quad (6)$$

$$\varepsilon_1 = 131{,}68\left(\frac{\sigma_s}{\sigma_s^{ид}}\right) + 21{,}03 \quad (7)$$

$$\varepsilon_2 = 63{,}55\left(\frac{\sigma_s}{\sigma_s^{ид}}\right) + 36{,}11 \quad (8)$$

Выражения (5) и (7) получены с использованием полного набора данных, а зависимости (6) и (8) получены для набора данных, в который вошли лишь значения с низкой массовой долей магнетита в окисленных кварцитов $\sigma_s^{ид}$ = 85,6 А·м^2/кг. С использованием полученных регрессионных зависимостей рассчитаны значения γ_1 и γ_2 (ε_1 и ε_2), соответственно, для всей совокупности исследованных проб. Необходимо подчеркнуть, что поскольку мы имеем дело с антиферромагнитными материалами и нестехиометрические магнетиты оказываются вкраплениями в композитной матрице, характер поведения таких руд в неоднородном магнитном поле окажется сложным из-за явлений, связанных с паразитным ферромагнетизмом [7]. Поэтому изучение технологических свойств железистых

кварцитов должно учитывать кристаллохимические особенности исходного сырья как фазовых составляющих, несущих определенные сведения о физических свойствах основных минералов.

Таким образом, установлено:

- магнетиты из железистых кварцитов месторождений КМА представлены катиондефицитными минеральными разностями с широким варьированием величины дефектности (х) по площади залегания;

- определено наличие когерентно связанной γ-Fe_2O_3 и полукогерентно связанной α-Fe_2O_3 в зависимости от степени окисленности, претерпевающей спинодальный распад и внутрикристаллитный распад вплоть до гематита;

- установлены зависимости выхода концентрата и извлечения от кристаллохимических и магнитных свойств железистых кварцитов. Эти зависимости позволяют выбирать оптимальные условия для получения концентратов из кварцитов, т.е. активно осуществлять «геологическое» управление производственным процессом обогащения.

Приведенные исследования полностью согласуются с высказываниями А.И.Гинзбурга «…Методы исследования строения вещества на электронномикроскопическом уровне позволяют раскрыть «внутренний мир» минералов, выявить все сложности состава и строения, установить различные формы вхождения в них элементов- примесей и те нарушения идеальной структуры, которые происходят на протяжении всей длительной истории их существования».

Список литературы

1.Гусельников В.Н. Генетические проблемы железорудных формаций КМА. – М.: Наука, 1972, с.227 .

2. Гзогян Т.Н., Мельникова Н.Д. Структурное состояние породы – дополнительный критерий оценки технологических свойств железистых кварцитов//Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, №6, 2000, с.94-101.

3.Пирогов Б.И., Поротов Г.С., Холошин В.Н. и др**.** Технологическая минералогия железных руд.- Л.: Наука, 1988, с.304.

4. Гзогян Т.Н. Генетическая дефектность магнетита КМА//, X международного симпозиума «Вопросы осушения, геологии, горных работ, геомеханики, промышленной гидротехники, геоинформатики и экологии», Сборник материалов, Белгород, 2009, с.306-317.

5. Гзогян Т.Н. К вопросу неоднородности магнетита месторождений КМА//Горный информационно-аналитический бюллетень, № 5, 2010, с.256-259.

6.Железные руды КМА (под ред. Орлова В.П., Шевырева И.А., Соколова Н.А.). – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001, с.616.
7.Кудрявцева Г.П., Гаранин В.К., Жиляева В.А.Магнетизм и минералогия природных ферроматнетиков.- М., 1982, с.291.

УДК 622.23.05

МОБИЛЬНЫЕ ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫЕ УСТАНОВКИС КОНУСНЫМИ ДРОБИЛКАМИ

В.К. Дородный, В.Н. Климов

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Россия, г. Старый Оскол

Аннотация. *В статье приведена информация о мобильных дробильно-сортировочных установках с конусными дробилками компании MetsoMinerals, об их экономической эффективности, а так же рекомендации по области применения данных установок.*

Ключевые слова:мобильные дробильно-сортировочные установки; MetsoMinerals; экономическая эффективность;область применения;

MOBILE CRUSHING AND SCREENING PLANTS WITH CONE CRUSHERS

V. Dorodnyi, V.N. Klimov

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

Abstract.*The article provides information about mobile crushing and screening units with cone crushers company MetsoMinerals, their economic performance, as well as recommendations on applications of these systems.*

Keywords:mobile crushing and screening plants; MetsoMinerals; economic efficiency; scope;

Цель исследования. Изучить предлагаемую технологию переработки рудных и нерудных материалов с помощью мобильных дробильно-сортировочных установок с конусными дробилками компании MetsoMinerals серии Lokotrack и выявить преимущества использования данных установок по сравнению со стационарными ДСК и рекомендовать для применения на открытых горных выработках.

Постановка задачи. В настоящее время большую популярность обретают мобильные дробилки и дробильные комплексы, имеющие ряд существенных преимуществ перед

стационарными. Основное их достоинство - мобильность, позволяющая быстро устанавливать дробильный комплекс в наиболее удобное место для обработки породы.

Мобильность позволяет осуществлять дробление "на ходу", что снижает затраты на транспортировку породы и продукции, а так же устранить необходимость в карьерных самосвалах и снизить потребности в рабочей силе. Важным преимуществом является и то, что мобильные дробилки не нуждаются в дорогостоящих массивных фундаментах, на возведение которых затрачивается много времени и средств. В совокупности эти факторы дают снижение общих затрат на тонну продукции по сравнению с использованием стационарных ДСУ (рис. 1).

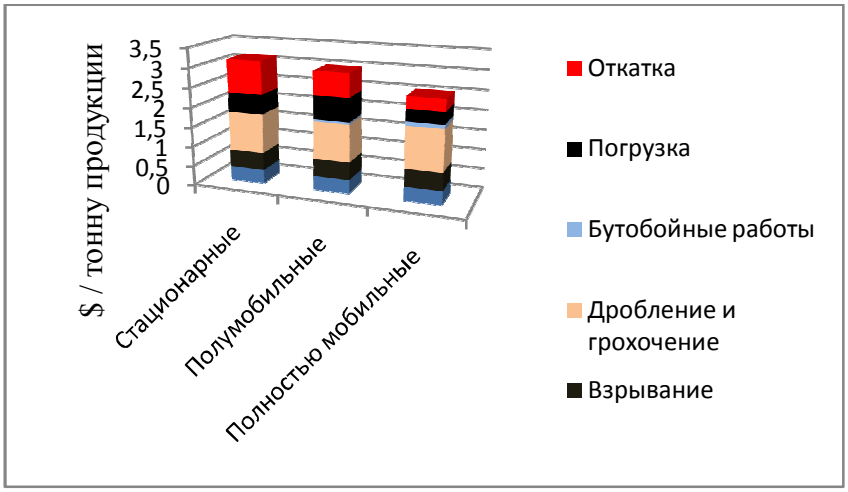


Рисунок 1.Общие затраты на тонну продукции

Инновации и модернизация. В настоящее время мобильные установки объединяют процессы дробления и грохочения. В результате проведения данной операции, формируются дробильно-сортировочные комплексы.

Объект исследования. Одним из фаворитов в данной области выступает компания MetsoMinerals. Данная компания использует технологию SmartScreen^{TM}, которая с помощью интеллектуального контроллера автоматически контролирует и управляет установкой для достижения оптимальных и стабильных результатов грохочения.

Применяется данная технология в мобильных дробильных установках серии Lokotrack (рис. 2). Их особенностью является возможность установки в непосредственной близости от рабочего забоя, а так же перемещения в случае необходимости на различные отрезки времени.

Одним из преимуществ является использование конвейера для транспортировки руды или материала на последующие этапы переработки. Плюс состоит в том, что использование самосвалов весьма неэффективно, так как они используют до 60% энергии для перемещения собственного веса и лишь 40% на перемещение взорванной породы, к тому же половину

рабочего времени самосвал движется пустым. Вторым плюсом является экономичность как в эксплуатации, так и в ремонте: мобильные конвейера содержат меньшее количество деталей, чем карьерные самосвалы, а следовательно, требуют меньшую потребность в запчастях.

Рисунок 2. Установки LokotrackLT200HP и Lokotrack 1100

Конвейер Lokolink обеспечивает главное преимущество мобильным дробилкам – быстрое перемещение. Он связывает главный конвейер с дробильной установкой Lokotrack. В следствие этого снижается время простоев во время взрывных работ и перемещения забоя по карьеру.

Мобильные конусные дробилки работают совместно с мобильными щековыми дробилками, образуя небольшой комплекс (рис. 3). Дополнительно присутствует мобильный грохот и мобильный конвейер. Принцип дробления в данных установках ничем не отличается от принципа дробления стационарных дробилок (рис. 4). С той лишь разницей, что сам процесс происходит непосредственно у забоя.

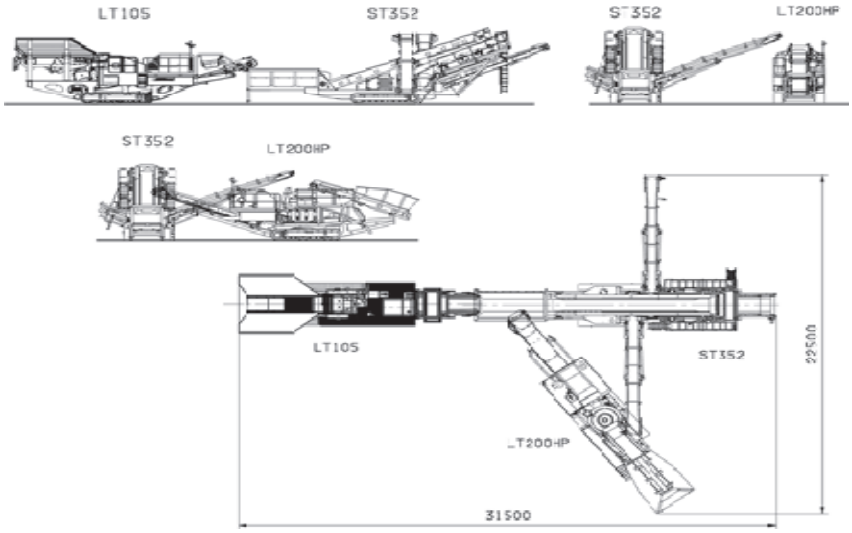


Рисунок 3. Установки со щековой и конусной дробилкой и мобильные грохоты

В таблице 1 приведены технические параметры мобильных установок дробления с конусной дробилкой с монтированным грохотом. В них подающаяся руда сначала проходит операцию грохочения, в результате чего продукт питания сразу классифицируется. Это

позволяет избежать попадания мелочи в дробилку, из-за чего повышается производительность, а так же срок эксплуатации.

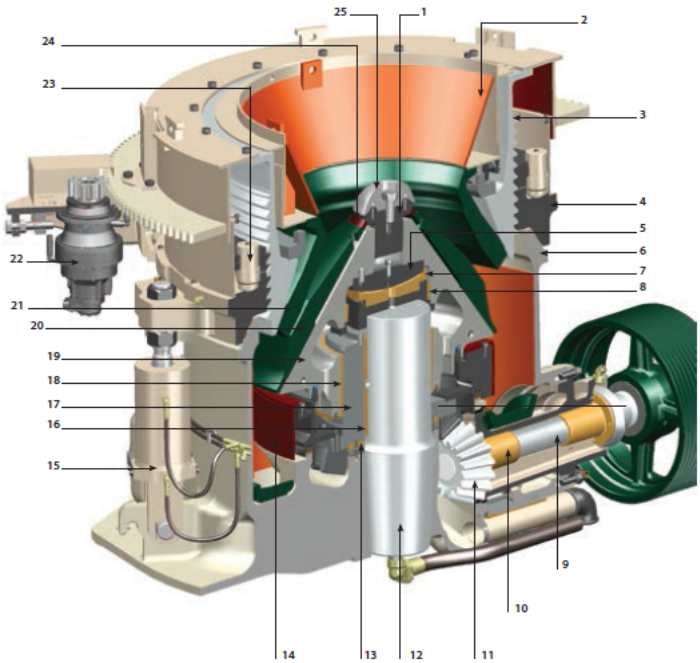


Рисунок 4. Устройство конусной дробилки, использующейся в мобильных ДСУ

1 - Стопорный болт; 2 - Бункер питания чаши; 3 – Чаша; 4 - Регулировочное кольцо; 5 - Шаровая опора;
6 - Главная рама; 7 - Вкладыш гнезда шаровой опоры; 8 - Верхний вкладыш дробящего конуса; 9 - Приводной вал; 10 - Вкладыши приводного вала; 11 - Зубчатая пара; 12 - Главный вал; 13 - Упорный подшипник эксцентрика; 14 - Защита противовеса; 15 - Узел выгрузки недробимых кусков; 16 - Вкладыш эксцентрика; 17 – Эксцентрик; 18 - Нижний вкладыш дробящего конуса; 19 - Дробящий конус; 20 - Футеровка дробящего конуса; 21 - Футеровка чаши; 22 - Гидропривод регулировки; 23 - Зажимные цилиндры; 24 - Отрезное кольцо; 25 - Плита распределения питания.

Таблица 1. Технические характеристики мобильных установок с конусной дробилкой

	Lokotrack LT200HP	**Lokotrack LT1100**
Конусная дробилка	NordbergHP200: Загрузочное отверстие: 210 мм Разгрузочная шель: 14-19 мм	NordbergGP11F Загрузочное отверстие: 200 мм Разгрузочная щель: 75 мм
Грохот	Nordberg TK11-30-S	B380T
Производительность	250 т/ч	350 т/ч
Габариты	Длина: 16750 мм Ширина: 3000 мм Высота: 3400 мм Вес: 30000 кг	Длина: 18500 мм Ширина: 3500 мм Высота: 3800 мм Вес: 51200 кг

Рекомендации по использованию МДСУ. Комплекс МДСУ рационально использовать непосредственно в карьере горно-транспортного комплекса.

Данные комплексы могут использоваться для дробления рудных и нерудных материалов. Исходя из производительности, их можно использовать для производства щебня кубовидной формы (рис. 5).

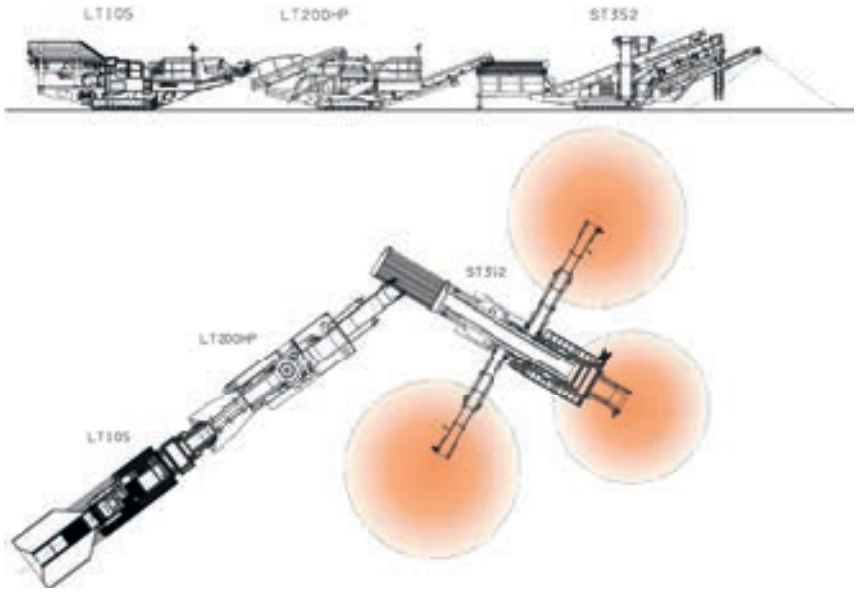


Рисунок 5. Схема комплекса мобильных щековой и конусной дробилок для производства щебня

Такой продукт можно использовать для покрытия внутрикарьерных дорог. Вследствие этого уменьшается износ протекторов шин внутрикарьерных самосвалов. Эта же форма щебня пользуется спросом у производителей строительных материалов.

На большинстве карьеров в настоящее время используются ДСК старых конструкционных моделей для производства такого щебня. Хотя они и выполняют необходимые задачи, их эксплуатационные затраты велики.

Использование МДСУ обеспечивает годовой объем получаемого щебня в 2190000 - 3066000 т. Это вполне покрывает внутренние потребности для содержания карьерных дорог.

Заключение. Использование МДСУ обеспечит экономическую эффективность в результате сокращения расходов на эксплуатацию карьерных самосвалов, а так же повысит качество получаемой продукции и обезопасит ведение работ в области первичного и вторичного дробления руды.

Список литературы

1. URL: http://www.metso.com/products/lokotrack-mobile-plants/mobile-cone-crusher-screen-lokotrack-lt220d/

2. URL: http://www.metso.com/globalassets/saleshub/documents---episerver/lokotrack-mobile-crusher-screen-plants-ru-2975.pdf

УДК 622.235:622.34

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ РУДНЫХ КАРЬЕРОВ

Р.Ю. Ернеев

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42

e-mail: ***erneev@mail.ru***

Аннотация*: выполнен анализ методов расчета устойчивости рудных карьеров. На основе научных исследований установлены критерии оценки устойчивости откосов и других сооружений в вероятностных методах, которые позволяют оценить только случайные изменения основных геологических факторов, влияющих на устойчивость откосов, и не оценивают систематических ошибок.*

Ключевые слова:*руда; борт карьера; устойчивость откоса; критерий оценки устойчивости*

METHODS FOR ASSESSING THE SUSTAINABILITY OF THE BOARDS ORE QUARRIES

R. Erneev

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS»

Russia, Stary Oskol

Abstract: *the analysis of methods of calculation of stability of the ore pits. On the basis of research, set criteria for the stability assessment of slopes and other structures in probabilistic methods that allow to estimate only the random changes of the basic geological factors affecting the stability of slopes, and does not evaluate systematic errors.*

Keywords:*ore; open pit; slope stability; evaluation criterion sustainability*

Актуальность проблемы. Начало XXI века в мире характеризуется крупными проявлениями природных и природно-техногенных катастроф, которые происходят в результате антропогенной деятельности и вызывают негативные производственно-технические последствия, по объему соизмеримые с природными. Так, например, в 2012 году в Кыргызстане произошло крупное обрушение борта карьера золоторудного месторождения Кумтор. При этом участок обрушения находился между уступами 4298-4018, высота обрушившихся участка составила 280 м. Ширина развала обрушившихся пород 270 м. Общий объем обрушившихся пород на участке составил 2,0-2,5 млн. м^3.

Следует отметить, что до настоящего времени ученые не могут с достаточной степенью достоверности прогнозировать время и место природных и природно-техногенных

катастроф. Основная трудность прогноза таких катастроф заключается в том, что эти процессы многофакторные и выделить доминирующий и оценить его количественно во многих случаях не представляется возможным. Все это свидетельствует об острой необходимости выявления основных факторов, установления характера их влияния на устойчивость оползнеопасных склонов и бортов карьеров и в конечном счете, разработки методов оценки и повышения устойчивости оползнеопасных склонов и бортов разрабатываемых карьеров.

Особая проблема обеспечения безопасности работ на карьере возникает при решении задачи устойчивости при наличии двух плоскостей, ориентированных в сторону падения массива, сложенного скальными и полускальными породами (рис. 1).

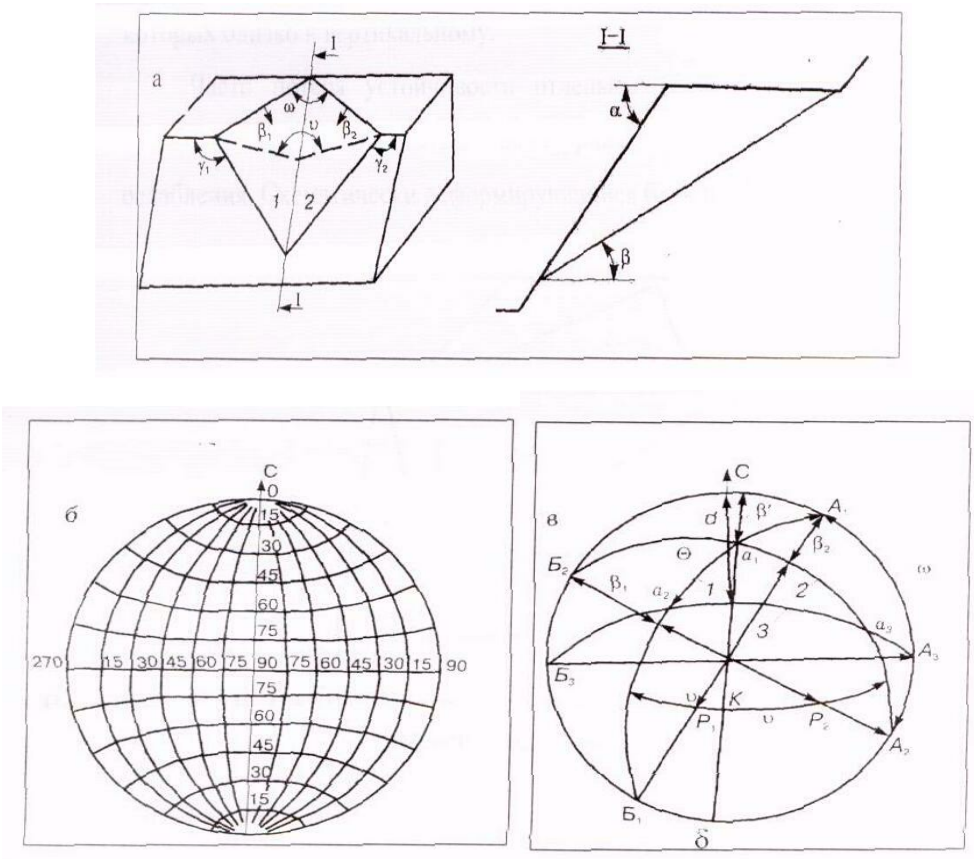


Рис. 1. Схема для решения объемной задачи устойчивости ослабленного двумя сопряженными трещинами

а - модель откоса и расчетный профиль; б - азимутальная сетка;
в - определение параметров объемной поверхности скольжения

При отработке рудных месторождений, сложенных скальными породами, углы откосов бортов карьера на момент погашения карьера в предельном положении допускается назначать до 48-50°. Однако увеличение углов наклона бортов влечет за собой проявление опасных геодинамических явлений, таких как обрушения уступов бортов и вывалы породной массы. В большей своей массе эти деформации связаны с наличием в массиве

неблагоприятных естественных поверхностей ослабления: систем тектонических трещин, контактом между слабыми прослойками и т.п.

В настоящее время существует ряд расчетных схем по оценке устойчивости, обеспечивающих получение неплохих результатов, но, как правило, они не в полной мере отображают условия равновесия скального массива, при вертикальной слоистости. Авторами [1,2,4] при решении задачи устойчивости борта карьера рассмотрены три геомеханические схемы деформирования уступов в зависимости от ориентировки поверхностей ослабления относительно забоя и склонности пород к выветриванию:

- Крутопадающие поверхности ослабления пересекают фронт горных работ под углами 51- 52^0.
- В крупноблочном монолитном массиве залегают слои склонных к выветриванию мергелей с наличием слабого слоя в основании.
- Заоткоска уступа произведена по системе сплошных трещин, падение которых близко к вертикальному.

Часто потеря устойчивости отдельных блоков происходит в виде смещения вдоль полностью оконтуривающих его 2-х поверхностей ослабления. Схематически деформирующийся блок изображен на рис. 2.

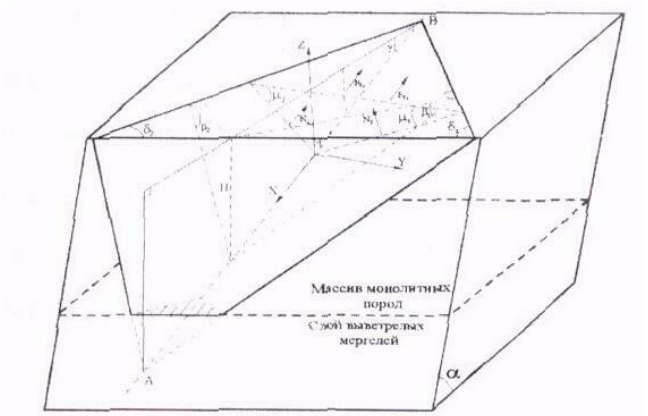


Рис. 2. Схема к определению предельной высоты блока пород,подсеченного трещинами

Основным условием возникновения такого вида локальных деформаций откосов является падение в сторону выработанного пространства, по крайней мере, одной из боковых поверхностей блока. Этот случай деформирования наиболее изучен [3,4]. Критерием устойчивости блока с известными геометрическими параметрами могут быть коэффициент запаса или разность удерживающих и сдвигающих усилий.

Оценка устойчивости блока в рассматриваемом случае основывается на условии, что его смещение происходит вдоль линии пересечения его боковых граней (на рис. 2. линия АВ). В большинстве случаев параметры устойчивого блока определяются из условия

предельного равновесия, то есть равенства удерживающих и сдвигающих усилий действующих по граням блока в проекции на направление смещения (OX) и плоскости, перпендикулярной ему (по оси OY, OZ):

$$(OX): P\sin\gamma = F_{T_1} + F_{T_2} = N_1 tg\varphi_1 + N_2 tg\varphi_2 + C_1 S_1 + C_2 S_2; \quad (1)$$

$$(OY): N_1 \sin\mu_1 = N_2 \sin\mu_2; \quad (2)$$

$$(OZ): P\cos\gamma = N_1 \cos\mu_1 + N_2 \cos\mu_2; \quad (3)$$

где P — вес рассматриваемого блока,

$$F_{T_1} = N_1 tg\varphi_1 + C_1 S_1;\ F_{T_2} = N_2 tg\varphi_2 + C_2 S_2 \quad (4)$$

N_1., N_2. - нормальные усилия на гранях блока,

S_1,S_2 - углы трения по граням блока,

F – объемная сила для элементарного блока,

C_1, C_2 - силы сцепления по граням блока.

Решение приведенной системы уравнений предельного равновесия позволяет определить предельную высоту потенциально опасного блока (H) или коэффициент запаса устойчивости блока определённых габаритов (п).

Точность оценки устойчивости откосов, а также надежность выбора необходимых мероприятий, направленных на ее обеспечение, зависят от полноты и надежности исходной геологической информации и от того, насколько полно и точно применяемая расчетная схема соответствует реальному механизму деформирования и разрушения откоса. В применяемых методах расчета устойчивости откосов открытых горных выработок это отражается на величине необходимого коэффициента запаса устойчивости.

Необходимый коэффициент запаса устойчивости должен учитывать возможные ошибки, возникающие при оценке устойчивости откоса. По своему характеру возможные ошибки делятся на случайные и систематические. Учет отдельных ошибок, имеющих систематический характер осуществляется соответствующим коэффициентом запаса n'. При этом, общий коэффициент запаса учитывающий систематические ошибки n' является произведением частных значений n_i':

$$n' = \prod_i^n n_i' \quad (5)$$

Систематические ошибки должны быть максимально учтены в применяемых для оценки устойчивости методах и схемах расчета.

Случайный характер ряда ошибок, возникающих при оценке устойчивости откосов, определяет вероятностный подход к их учету [6].

Необходимо отметить, что вероятностные методы позволяют оценить только случайные изменения основных геологических факторов, влияющих на устойчивость откосов, и не оценивают систематических ошибок, возникающих, например, из-за несовершенства расчетных схем.

Критерием оценки устойчивости откосов и других сооружений в вероятностных методах является их надежность, то есть вероятность того, что данное сооружение (откос) будет устойчиво. Требуемый уровень надежности зависит от ответственности сооружения и определяется в основном из опыта или методом экспертных оценок.

В соответствии с требуемым уровнем надежности рассматриваемого откоса вероятностными методами может быть определена допустимая разность удерживающих и сдвигающих усилий по наиболее напряженной поверхности скольжения, а следовательно и коэффициент запаса устойчивости, учитывающий вариации основных геологических факторов.

Выводы

1. Рудные месторождения, разрабатываемые открытым способом, характеризуются сложными горно-геологическими, тектоническими и гидрогеологическими условиями. Вмещающие породы представлены как правило интрузивными и эффузивными породами, подвергнутыми гидротермально-метасоматическим изменениям. Породы сильно трещиноватые, причем интенсивность трещиноватости возрастает на контактах разновидностей пород и тектонических нарушений.

2. При развитии необратимых деформаций бортов карьера в процесс смещения вовлекаются породы непосредственно склона и объемы смещенных пород достигают миллионов метров кубических. Борт карьера на склоне в условиях высокогорья расположен в породном массиве с низкими прочностными характеристиками. При вскрытии обнажаются естественные трещины, что способствует интенсивному проникновению воды по трещинам вглубь массива.

3. Проведенный анализ методов расчета устойчивости рудных карьеров показал, что в основном применяются методы для равнинных карьеров и не учитывается влияние нагорной части склона на общую устойчивость геотехнической системы “гора-карьер”.

Литература

1. Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ. – М.: МГГУ, 2003. – 470 с.

2. Панюков П.Н. Инженерная геология. – М.: Недра, 1978. – 295 с.

3. Указания по методам гидрогеомеханического обоснования оптимальных параметров гидроотвалов и отвалов на слабых основаниях.- Л.: ВНИМИ, 1989. – 55 с.

4. Словарь по гидрогеологии и инженерной геологии. – М.: Недра, 1971. – 216 с.

5. Зайцев В.С., Кириченко Ю.В., Щекина М.В. Учебное пособие «Задачник по геомеханике» для студентов горных специальностей. – М.: МГГУ, 2005.

6. Турчанинов И.А. Иофис М.А. Каспарьян Э.В. Основы механики горных пород. М.: Недра, 1977.

УДК 622.274; 622.33

АНАЛИЗ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СЛОЖНО-СТРУКТУРНЫХ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Р.Ю. Ернеев, Д.И. Лопатин

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42

e-mail: ***erneev@mail.ru***

Аннотация*: выполнен анализ выполненных исследований в области разработки сложно-структурных угольных месторождений. Установлено, что к числу перспективных направлений повышения эффективности открытой разработки высокогорных месторождений относятся: увеличение высоты отрабатываемого уступа и результирующих углов наклона бортов карьера; подготовка горных пород к выемке без использования буровзрывных; применение в качестве основного горно-транспортного оборудования мобильных машин и механизмов и создание на их основе циклично-поточной и поточной технологии.*

Ключевые слова:угольные месторождения; открытая разработка; борт карьера

THERE IS AN ANALYSIS OF SCIENTIFIC RESEARCHES IN AREA OF DEVELOPMENT OF DIFFICULT-STRUCTURAL COAL DEPOSITS

R. Erneev, D. Lopatin

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS»

Russia, Stary Oskol

Abstract: *The analysis of the executed researches is executed in area of development of difficult-structural coal deposits. It is set that to the number of perspective directions of increase of efficiency of openwork of alpine deposits behave: increase of height of the worked off ledge and resulting angles of slope of sides of quarry; preparation of mountain breeds to the coulisse without the use of drillings; application as a basic equipment of mobile machines and mechanisms and creation on their basis of technology.*

Keywords: *coal deposits; openwork; side of quarry*

Актуальностьтемыпроекта. Одним из важных стратегических направлений развития Российской Федерации является решение топливно-энергетической проблемы. Это обстоятельство, а также ухудшение горно-геологических и горнотехнических условий отработки угольных месторождений с увеличением глубины ведениягорных работ, отсутствие достаточно эффективных методов разработки и недостаток средств механизации выемки угля требуют изыскания новых технологическихрешений, обеспечивающих более полную выемку угля из недр, улучшения экологической обстановки и повышение основных технико-экономических показателей угледобычи.

1. Научные исследования, направленные на повышение эффективности открытой разработки угольных пластов

С увеличением объемов открытой добычи, усложнения горно-геологических и горнотехнических условий, вовлечения в разработку сложно-структурных угольных месторождений расширяются исследования в области интенсификации открытых горных работ, приобретая все более целенаправленный характер. В их числе можно выделить следующие *основные направления: обоснование рациональных параметров систем разработки, создание прогрессивных средств и методов ведения горных работ и установление областей их применения.*

С понижением глубины горных работ и объемов вскрыши эти исследования приобретают все большую актуальность. Общей особенностью всех тех исследований является то, что с увеличением высоты отрабатываемых уступов себестоимость 1м^3 вскрыши снижается.

Отличительной чертой современного этапа исследований является использование в качестве критерия оптимизации при определении высоты уступа минимума приведенных затрат на разработку месторождения. В работах В.И. Куценко и др.отмечается, что увеличение приведенных затрат на разработку уступов большой высоты при автомобильном транспорте объясняется увеличением расходов на приобретение горно-транспортной техники, которые оказывают решающее значение при определении суммарных затрат. С учетом критерия минимальных приведенных затрат результаты исследований по обоснованию увеличения высоты уступа можно свести к следующему:

- ✓ при использовании одного типа оборудования затраты на разработку снижаются, а оптимальной является максимально возможная высота уступа;
- ✓ при использовании соответствующего типа оборудования затраты на разработку имеют экстремальные значения – существует оптимальный диапазон высоты уступа;

- ✓ при использовании экскаваторов соответствующих линейных параметров, но постоянной производительности, затраты повышаются, что делает не экономичным увеличение высоты уступа.

Следует отметить, увеличение высоты уступа считается одним из прогрессивных направлений повышения эффективности разработки высокогорных месторождений, т.к. при этом уменьшается число рабочих горизонтов, сокращается протяженность транспортных коммуникаций, повышается производительность выемочно-погрузочной техники, появляется использования более мощного оборудования, снижается число рабочих берм, сокращаются объемы вскрышных работ. Вместе с тем при этом несколько возрастают приведенные затраты на использование автотранспорта, также существуют ограничения на высоту уступа, обусловленные размерами основного оборудования и требованиями безопасности ведения горных работ.

На современном этапе большое внимание уделяется разработке и совершенствованию циклично-поточной технологии, как основы технического прогресса при транспортной системе разработки с оборудованием цикличного действия. Проведены значительные объемы теоретических, лабораторных, экспериментальных и опытно-промышленных работ по исследованию технологии для условий горнодобывающих предприятий в странах СНГ.

Повышение эффективности открытого способа разработки угольных месторождений в ближайшие годы можно достичь за счет совершенствования существующей техники и технологии (прежде всего на вскрышных работах) – увеличение высоты отрабатываемых уступов, совершенствования системы отвалообразования и организации горных работ, что позволит компенсировать ухудшающиеся условия разработки разрезов.

В целом анализ исследований в рассматриваемой области показывает, что к числу перспективных направлений повышения эффективности открытой разработки высокогорных месторождений относятся:

- увеличение высоты отрабатываемого уступа и результирующих углов наклона бортов карьера;
- подготовка горных пород к выемке без использования бурозврывных работ (механические способы разрушения и управляемое обрушение уступов);
- использование сил гравитации для разрушения и транспортирования горной массы;
- применение в качестве основного горно-транспортного оборудования мобильных машин и механизмов и создание на их основе циклично-поточной и поточной технологии.

Исходя из горно-геологических и горнотехнических условий угольных месторождений (горный рельеф местности, удаленность от средств коммуникаций, наличие вскрышных пород, ограниченность рабочих площадок и фронта работ, высокие коэффициенты вскрыши, отсутствие удобных площадок под отвалы, сложные по структуре и условиям залегания пласты) нами определена направленность исследований. Это обоснование и разработка технологических схем и средств по повышению эффективности открытых горных работ при отработке угольных месторождений России.

2. Установление основных факторов, определяющих выбор способов разработки сложно-структурных угольных месторождений

На эффективность открытой разработки угольных месторождений оказывает целый комплекс тесно взаимосвязанных факторов: горно-геологических, горнотехнических, экономико-географических и социально-экономических.

К горно-геологическим факторам относятся: запасы месторождения; морфологический тип месторождения; состав и структура угольных пластов; параметры, элементы залегания и пространственное положение угольных пластов; гидрогеологические условия.

Горнотехнические факторы, в свою очередь, можно подразделить на природные, технические и организационно-технологические.

К природным факторам относятся: физико-механические свойства угля и пород; степень нарушенности массива; технологические свойства угля и пород.

Технические факторы включают в себя: глубину и способ разработки месторождения; производственную мощность угледобывающего предприятия; параметры основного и вспомогательного оборудования; средства получения горно-геологических данных.

Организационно-технологические факторы тесно связаны с техническими и включают: технологию вскрышных и добычных работ; систему разработки и ее параметры; комплексность освоения месторождения и использования добываемого сырья, как основного, так и попутного; методы получения горно-геологических данных.

К экономико-географическим факторам относятся: природные и экономические условия района месторождения; удаленность от потребителей добываемого сырья; географические и климатические условия; освоенность района, источники энергоснабжения, водоснабжения и т. д.; возможность взаимодействия с другими предприятиями и отраслями народного хозяйства.

Социально-экономические факторы включают: потребность в угольном топливе, добываемом в данном экономическом регионе; увязку добычи со схемами размещения и перспективами развития соответствующих районов и отраслей народного хозяйства; степень

удовлетворенности запасами и их достоверность; уровень культуры труда и квалификации трудящихся, состав населения и обеспеченность трудовыми ресурсами; соблюдение законодательства по охране недр и окружающей среды.

Общие выводы

1. В связи с неуклонным ростом потребностей народного хозяйства Российской Федерации в угольном топливе, важное значение имеет проблема увеличения добычи угля и, следовательно, повышения эффективности освоения угольных месторождений, имеющих сложные горно-геологические, горнотехнические и социально-экономические условия.

2. Установлено, что увеличение объемов добычи угля в РФ и повышение эффективности угледобычи возможно за счет преимущественного роста удельного веса открытого способа с доведением его уровня до 70-75% при поэтапном повышении его технико-экономических показателей.

3. Повышение эффективности открытого способа разработки угольных месторождений можно достичь за счет совершенствования техники и технологии (прежде всего на вскрышных работах) – увеличение высоты отрабатываемых уступов, совершенствования системы отвалообразования и организации горных работ, что позволит компенсировать ухудшающиеся условия разработки разрезов.

Литература

1. Тропко Л.А Стратегия развития угольной отрасли. Проблемы и пути их решения. Уголь, №3, март, 2003, с.9-15.

2. Методы разработки угля в Австралии. Coal mining methods in Australia, “Word Coal”, 5, №9, 2015.

3. Абрамова О.В. Направления совершенствования разработки угольных месторождений Кузбасса. Перспективы развития технологии угольных месторождений. МГИ, М., 2009, с. 5-6.

4. Кузьмин А.П., Артюшкова Р.М., Осипова Л.М. Проблемы развития угольной промышленности Кузбасса. Кузбасс: проблемы развития региона. Новосибирск, 1990, с. 78-88.

5. Лебедев А.В. Создание новых прогрессивных технологических схем отработки угольных пластов крутого и крутонаклонного падения. Технология отработки мощных пластов / СО АН СССР. Новосибирск, 1990, с. 8-12.

6. Лелеко А.И., Худин Ю.Л., Устинов М.И. Перспективы развития добычи угля Средней Азии. Минск. БелГЕО, 1993, 22 с.

УДК 620.9

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РЕМОНТА ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ТЯГОВЫХ АГРЕГАТАХ

А.М.Жилин, Д.В.Ермолаев

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС»

309181, Россия, г. Губкин, ул. Комсомольская, 16

zhilinmelavoe1994@mail.ru, +7(951) 139-77-43

Аннотация. *Статья посвящена вопросу разработки методики ремонта трансформаторов на тяговых агрегатах, что повышает эффективность электроснабжения комбината.*

Ключевые слова:*трансформатор, тяговый агрегат, магнитопровод, ремонт.*

DEVELOPMENT OF AN EFFECTIVE METHODOLOGY FOR REPAIR OF TRACTION TRANSFORMERS

A. M. Zhilin, D. V. Ermolaev

Stary Oskol institute of technology of A.A. Ugarov FGAOU VPO'S (branch) "National research institute of technology of MISIS

309181, Russia, Gubkin, Komsomolskaya St., 16

zhilinmelavoe1994@mail.ru, +7(951) 139-77-43

Abstract. *This article concerns development of a rational methodology for repair of traction transformers which is intended to create an effective power supply for our mining plant.*

Key words:*transformer, traction unit, magnetic core, repair.*

Постановка задачи. Предлагается методика ремонта трансформаторов на тяговых агрегатах. Лебединский ГОК – ведущее горнорудное предприятие России. Транспортирование сырья производится автомобильным и железнодорожным транспортом. Из-за несовершенства методики ремонта трансформаторов на тяговых агрегатах возможны длительные простои оборудования, перерасход энергии, что в целом снизит эффективность электроснабжения предприятия. Предлагаемая методика позволит быстро и эффективно производить ремонт, а так же повысит производительность комбината.

Анализ последних исследований и публикаций. Информация о существующих в настоящее время методах ремонта трансформаторов на тяговых агрегатах изложена во многих учебниках и эти методы используют на многих предприятиях. Методы эффективны, но не достаточны и об этом говорит статистика о выходах из строя трансформаторов на тяговых агрегатах.

Публикации в научных журналах информируют о большом разнообразии современных методах ремонта трансформаторов на тяговых агрегатах. Это статьи о плановых ремонтах, о ремонтах по фактическому состоянию. Хорошую информацию дает учебное пособие «Электропоезда переменного тока» автор Шеремет Д.М. Москва: Транспорт 2006 год.[1]

Достаточную информацию дает «Справочник технолога по ремонту электроподвижного состава железнодорожного транспорта» автор Д.А., Эльперин В.И.. - 1989. [2].

Учитывая, что в последние годы строится много новых веток железных дорог, методика ремонта трансформаторов на тяговых подстанциях – одна из актуальных проблем. О способах ее решения информирует «Технологическая инструкция по ремонту трансформаторов ОЦР-5000/25В, ОДЦЭ-5000/25Б, ОДЦЭ-5000/25Б-02, ОДЦЭ-5000/25АМ-02» [3].

Хорошую информацию дает учебное пособие Гиоева З.Г. «Электрические машины и привод». – Ростов н/Д, 2008. – 104 с. [4].

Обоснованы методы ремонты трансформаторов, приведены их характеристики. Рассмотрен ряд стратегий, применение которых, повысит эффективность электроснабжения карьера.

Объект исследования. Объектом исследования является горное предприятие АО «Лебединский ГОК». Рассматриваемые вопросы о методах ремонта трансформаторов на тяговых подстанциях АО «Лебединский ГОК» являются актуальными для действующего предприятия, как объекта исследования.

Цель исследования. Повышение эффективности электроснабжения карьера АО «Лебединский ГОК» путем разработки методики ремонта трансформаторов на тяговых агрегатах.

Основная часть. Одной из важных составляющих, повышения эксплуатационной надежности трансформаторов, является объективная оценка их технического и эксплуатационного состояния и, в дальнейшем, переход от проведения ремонтов по методу «*наработка ресурсов*» на метод проведения ремонтов «*по состоянию*».

Такой переход может быть реализован при наличии возможностей достоверного определения технического состояния оборудования в процессе его комплексного обследования.

Основным и решающим профилактическим мероприятием, обеспечения надежной работы оборудования, между плановыми ремонтами и сокращения объема ремонтных работ, является техническое обслуживание (ТО), которое предусматривает:

-надзор за работой оборудования,

-уход за оборудованием и содержание его в исправном состоянии,

-проведение плановых технических осмотров.

Техническое обслуживание проводится в процессе работы оборудования в соответствии с инструкциями завода-изготовителя, проектно-технической документацией или по, специально разработанным, инструкциям.

Основным видом управления, техническим состоянием и восстановления ресурса оборудования, являются плановые ремонты. Они реализуются в виде текущих и капитальных ремонтов оборудования [5].

Текущий ремонт- ремонт, осуществляемый для восстановления работоспособности оборудования, и заключается в замене и/или восстановлении его отдельных составных частей.

Для силовых трансформаторов ОДЦЭ-8000/10А, установленных на электровозах ОПЭ-2, текущие ремонты делятся на виды:

- *малый периодический ремонт* - выполняются работы в объемах, предусмотренных техническим осмотром, а также выполняют дополнительно следующие работы: замена фарфоровых изоляторов, имеющих сколы или повреждения глазури, а также трещины или ослабления армировки; замер сопротивления изоляции всех обмоток по отношению к корпусу и между собой;

-*большой периодический ремонт* – выполняются работы: подъем активной части трансформатора; проверка состояния обмоток и их запрессовку; проверка сопротивления изоляции обмоток по отношению к магнитопроводу, проверка заземления активной части; проверка отсутствия обрывов в обмотках; установка активной части и заливка трансформатора просушенным маслом; взятие пробы масла и проверка его химического состава и электрической прочности; замер сопротивления изоляции всех обмоток по отношению к корпусу и между обмотками, мегаомметром напряжением
2500 В.

Капитальный ремонт- выполняется для обеспечения исправности и

полного восстановления ресурса оборудования с заменой или восстановлением любых его элементов, включая базовые.

При капитальном ремонте выполняются все операции технического обслуживания, а так же следующие виды работ: слив масла со взятием пробы на химический анализ; демонтаж трансформатора; выемка из бака и осмотр активной части; демонтаж охлаждающей системы; чистка бака; замена или ремонт обмоток; ремонт расширительного бачка, радиаторов, запорной арматуры, прокладок и т.п.; ремонт (замена) изоляторов

(вводов) и т.п.

С проведением капитального ремонта может быть выполнена модернизация оборудования, которая решает задачи: увеличение мощности оборудования, удешевление и упрощение эксплуатации, повышение надежности, удешевление ремонтов, а так же улучшение условий труда, техники безопасности и охраны окружающей среды.

Различают следующие стратегии ремонтов: регламентированная, смешанная, по техническому состоянию, по потребности.

Регламентированная стратегия - ремонты всех видов выполняются с периодичностью и в объемах, установленных в нормативно-технической документации, независимо от технического состояния оборудования на момент начала ремонта.

Смешанная стратегия - выполнение ремонтов с периодичностью, установленной в нормативно-технической документации, объем ремонтов формируется на основе требований эксплуатационной документации, а также с учетом технического состояния оборудования.

*Стратегия по техническому состоянию*отличаются тем, что контроль состояния оборудования выполняется с периодичностью и в объеме нормативно-технической документации, а начало и объем ремонтов определяется техническим состоянием оборудования.

Стратегия по потребности - ремонты производятся только при отказе или повреждении оборудования. Это перспективный путь, но он будет успешным только при наличии возможностей достоверного инструментального определения технического состояния оборудования, в том числе в процессе его комплексного обследования.

Ремонты оборудования, по месту их проведения, делятся на: рассредоточенные, фирменные и централизованные.

Централизованная форма ремонта наиболее эффективна, так как при этом текущие и капитальные ремонты осуществляют специализированные подразделения самого предприятия или подрядные организации.

Наиболее перспективным методом является агрегатный (агрегатно-узловой), при котором неисправные агрегаты и узлы заменяются новыми или отремонтированными с использованием деталей заводского изготовления, так как качество деталей, изготовленных в ремонтных цехах предприятия в 1,5 - 2 раза ниже, чем на машиностроительных заводах. Проведение качественного и в полном объеме, технического обслуживания, позволяет продлить ресурс оборудования, уменьшить вероятность выхода его из строя, снизить объем ремонтов. Следует стремиться к увеличению сроков между ремонтами, основанного на показателях надежности оборудования, определяемых сроками

его службы и техническим состоянием. Наиболее перспективным и эффективным является переход на ремонты «по состоянию».

Предлагаем принять рассредоточенную форму ремонтов электрооборудования подвижного состава. При этом, малый периодический ремонт производить силами персонала УЖДТ в депо, а большой периодический ремонт, подъемочный - производить на базе специализированного участка ремонта трансформаторов ЭЭРЗ.

Один раз в три месяца необходимо проверять электрическую прочность масла и, не реже одного раза в 6 месяцев, производить полный анализ трансформаторного масла на соответствие требованиям ГОСТ 982-68.

Заключение. Статья посвящена вопросу разработки методики ремонта трансформаторов на тяговых агрегатах. Предложено рациональное решение данной проблемы, в результате которого повысится эффективность электроснабжения предприятия.

Список литературы

1. Шеремет Д.М. Электропоезда переменного тока, Москва: Транспорт 2006.

2. Д.А., Эльперин В.И. Справочник технолога по ремонту электроподвижного состава железнодорожного транспорта. -1989..

3. Технологическая инструкция по ремонту трансформаторов ОЦР-5000/25В, ОДЦЭ-5000/25Б, ОДЦЭ-5000/25Б-02, ОДЦЭ-5000/25АМ-02

4. Гиоев З.Г. Электрические машины и привод. – Ростов н/Д, 2008. – 104 с.

5. Шеховцов, В.П. Электрическое и электромеханическое оборудование: учеб. пособие / В.П. Шеховцов.- М.: Академия, 2008.- 260с.

УДК 622.23.05

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ МЕЛКОМ ДРОБЛЕНИИ РУДНЫХ И НЕРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

С.А. Ледовских, В.Н. Климов

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Россия, г. Старый Оскол

Аннотация. *В статье приведена информация о центробежных дробилках, об их устройстве, о внедрении их в технологическую схему 4 стадии дообогащения.*

Ключевые слова:*центробежные дробилки; экономическая эффективность; область применения*

NEW TECHNICAL SOLUTIONS FOR THE FINE CRUSHING OF ORE AND NONMETALLIC MATERIALS

S. Ledovskikh, V. Klimov

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

Abstract.*The article provides information on centrifugal crushers, their device, their introduction in the technological scheme stage 4 beneficiation.*

Keywords:*centrifugal crusher; economic efficiency; scope;*

Цель исследования. Изучить технологические процессы дообогащения руды. Исследовать технические возможности современных центробежных дробилок. Рекомендовать конкретные дробилки в технологию дообогащения руды для получения содржания железа 68,6%.

Постановка задачи. Дробилки центробежного дробления(ДЦ) – это современные высокоэффективные дробилки центробежно-ударного действия, позволяющие с высокой эффективностью дробить, измельчать, гранулировать рудные и нерудные материалы. Применение центробежных дробилок ДЦ наиболее эффективно на *последней* стадии дробления, где происходит формирование основных качественных показателей материалов. На абсолютном большинстве руд и материалов, дробилки ДЦ позволяют получать продукцию высокого качества и заданных параметров с показателями эффективности и экономичности, недостижимыми при применении других способов дробления. Особенностью эксплуатации дробилок ДЦ является: высокий коэффициент использования, простота и низкая стоимость обслуживания. Работа дробилки ДЦ и качество продукта

дробления не зависят от состояния изнашиваемых элементов. Отсутствуют требования к работе «под завалом».

Инновации и модернизация.Конструктивные особенности ДЦ – наддув и шлицевое соединение дробящего конуса, позволяют получать широкий диапазон рабочих режимов и получение различного класса продуктов дробления.

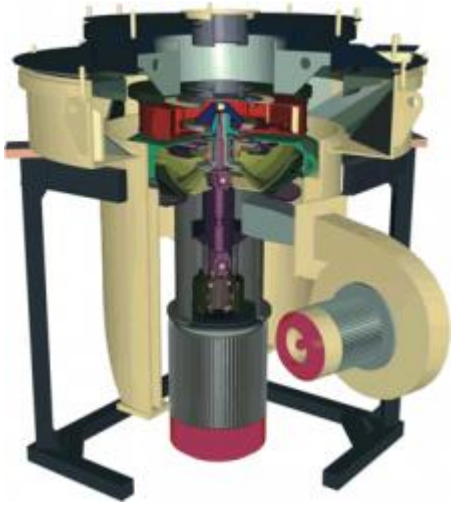


Рисунок 1 - Центробежная дробилка (ДЦ)

Объект исследования. Применение центробежных дробилокДЦв процессах подготовкиматериалов и руд к обогащению позволяет: разрушать рудную массу по ослабленным связям и спайкам, позволяют максимально *раскрыть и поднять степень выделения свободных рудных включений* и минералов в процессах обогащения.

В основе конструкции дробилки ДЦ лежит ударный способ дробления. Частицы исходного материала разгоняются центробежными силами и с высокой скоростью выбрасываются в камеру дробления. Высокая кинетическая энергия частиц обеспечивает их разрушение при ударе о статичную поверхность: футеровку дробилки, которая может быть выполнена в виде брони (разрушение “камень о металл”) или самофутеровки материала (разрушение “камень о камень”).

Примущества:

Надежность

- Отсутствие элементов трения и контакта рабочих органов в процесседробления, в том числе, и через дробимый материал. Низкий уровеньвибрации, отсутствие механически нагруженных элементов и систем.
- Недробимые включения, соизмеримые с крупностью питания, не ведут кроломкам и не требуют остановки работы.
- устойчивая работа принеравномерном распределении материала и высоких дисбалансах.

- Дробилки в базовой комплектации оснащаются механическими иавтоматическими электронными системами защиты работы.

Экономичность

- Низкие эксплуатационные затраты.
- Высокая надежность, низкая периодичность и время обслуживаниядробилки позволяет эффективно эксплуатировать оборудование с КИ= 0,9.
- Низкая энергоемкость: дробилки ДЦ имеют один из самых низких показателей энергоемкости (в сравнении с роторными, конуснымиинерционными и другими дробилками 3-4ой стадии дробления).

Простота обслуживания

- Отсутствие маслостанции и систем гидравлики.
- Высокая ремонтопригодность оборудования.
- Не требуют регулировки после очередной остановки.
- Все работы по обслуживанию и замене изнашиваемых деталейпроизводятся в течение не более 1.5 часов (1-2 сотрудника) и не требуетвысококвалифицированного персонала.

Мобильность

- Не требуют специальных фундаментов и могут быть установлены на грунт.
- Легко перемонтируются и встраиваются в существующие производства безсущественных капиталовложений.

Важным аспектом применения дробилок ДЦ является возможность переработки материалов мелких классов и ПГС (песчано-гравийная смесь). При дроблении класса 5-20мм на ДЦ, количество дробленых зерен составляет 95-98%. Данная особенность может использоваться в технологиях дообогащения для получения концентрата уровня 68,6%.

Конструктивной особенностью ДЦ является возможность использования при дроблении нерудной массы (см.рис.2). На традиционной дробильно-сортировочной линии, состоящей из щековых и конусных дробилок, не представляется возможным получить дробленый щебень фракции менее 20мм. Зерна материала классом менее 20мм проходят через щели таких дробилок не подвергаясь разрушению

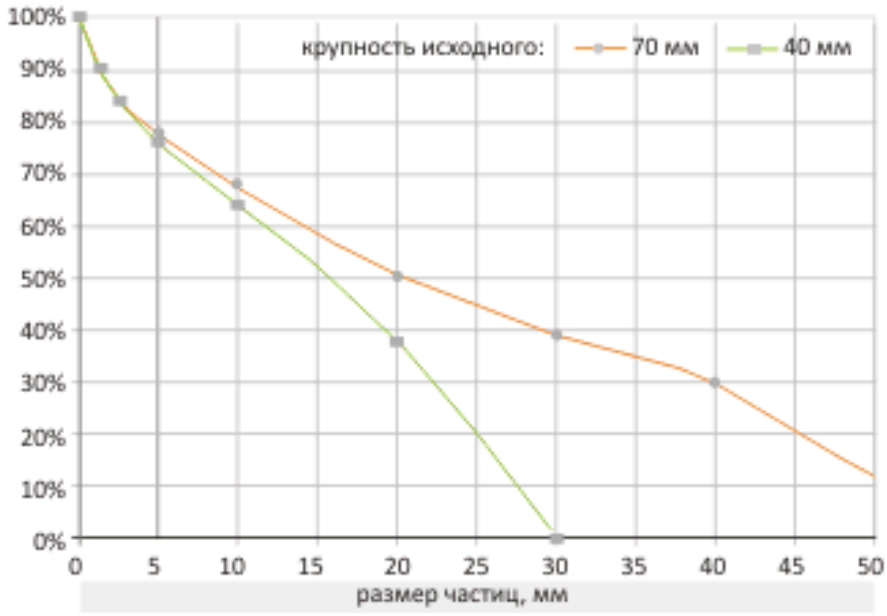


Рисунок 2 - Типовая характеристика дробления

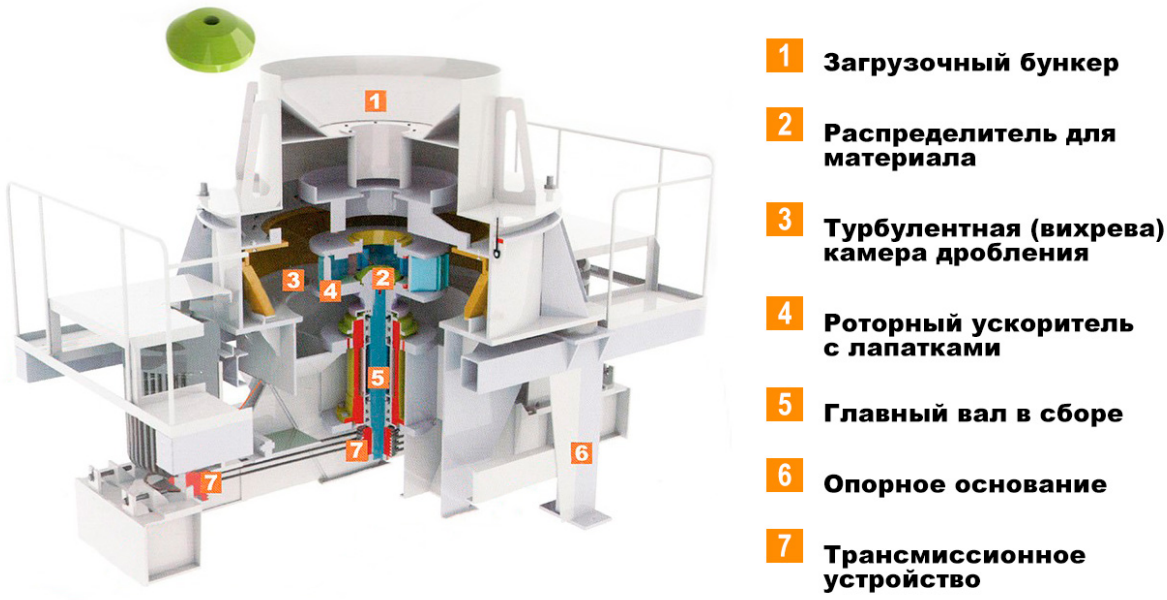


Рисунок 3 - Устройство ДЦ

Таблица 1. Модели и технические характеристики

Модель	ДЦ-0,63	ДЦ-1,0	ДЦ-1,25	ДЦ-1,6
Пропускная способность, т/ч до	5-20	15-60	60-150	150-300
Крупность питания*, мм	до 25	до 40	до 60	до 70
Установленная мощность, кВт	22-55	45-132	110-200	160-315
Габаритные размеры, LxBxH, м	2,1x1,6x2,2	2,7x2,2x2,4	3,2x2,8x3,0	3,7x3,2x3,6
Масса, т	2,5	5,0	9,0	13,0
Двигатель, обор/мин	1500-2000	1500	1000	1000

* - максимальный линейный размер куска

Рекомендации. На основании рассмотренных технических возможностей ДЦ эту машину можно рекомендовать в технологию дообогащения руд. Схематично это может выглядеть следующим образом (см.рис.4).

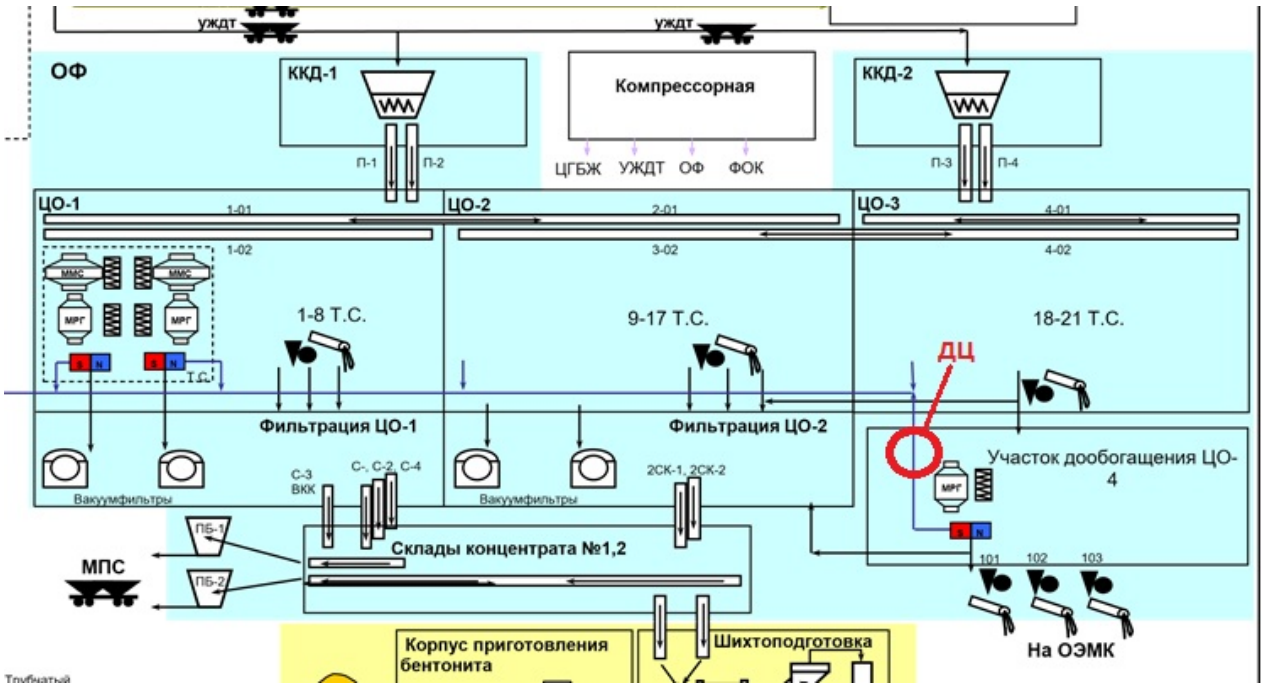


Рисунок 4 - Технологическая схема производства Лебединского ГОКа

Заключение. В ходе проведенной работы было установлено, что применение дробилок центробежного действия в технологической схеме дообогащения руды может способствовать достижения содержания железа до 68,6%.

Список литературы

1. URL: http://uralomega.ru/files/katalog.pdf

УДК 622.232

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОМУФТ НА МЕХАНИЗМАХ ГОРНЫХ МАШИН ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ АО “ЛГОК”

В.Ю. Мещерин, Д.В. Ермолаев

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС»

309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42

en_smirnov@i.ua, +7(980) 387-17-24

Аннотация. *Данная статья посвящена вопросу модернизации механизма привода ленточного конвейера, путём установки гидромуфты, с целью повышения срока эксплуатации.*

Ключевые слова:*повышение срока эксплуатации; гидромуфты; снижение затрат на ремонт.*

THE USE OF HYDRAULIC COUPLINGS ON THE MECHANISMS OF MINING MACHINES TO INCREASE THE EFFICIENCY OF PRODUCTIVITY IN THE CONDITIONS OF JSC “LEBEDINSKY GOK”

V. Meshcherin[1], D. Ermolaev[2]

[2]Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

Abstract*This article focuses on the issue of modernization of the mechanism of drive of a belt conveyor by installation of fluid coupling, with the aim of improving life.*

Keywords:enhancing the lifetime; fluid couplings; reduction of repair costs.

Постановка задачи.В сложившейся на сегодняшний день экономической ситуации в горно-металлургической отрасли с учётом неблагоприятной конъюнктуры мирового рынка железорудного сырья в долгосрочной перспективе особую актуальность приобретают производство железорудной продукции повышенного качества и снижение её себестоимости.

Оснащенный современным горным оборудованием, технологическими комплексами он обеспечивает добычу и переработку железистых кварцитов в концентрат и железистые окатыши. Высокопроизводительная и надежная работа всего горного предприятия зависит от внедрения в производство и поддержания в работоспособном состоянии горного оборудования. Работая в условиях значительных перегрузок горные машины, а также их отдельные узлы нуждаются в постоянном их совершенствовании и модернизации. Внедрение

в производство новых разработок и модернизация узлов машин в конечном итоге приводит к повышению производительности труда, повышается надежность работы горных машин, улучшается их ремонтопригодность, уменьшается материальные затраты, существенно улучшаются и облегчаются условия труда работающих в данной отрасли.

Проведя анализ работы приводов ленточного конвейера, я пришел к выводу, что конструкцию возможно модернизировать путем установки гидромуфты, тем самым увеличив максимальный срок службы.

Объект исследования. В качестве объекта исследования было выбрано ОАО «ЛГОК» (г. Губкин, Белгородская область, Россия), карьер комбината относится к карьерам большой мощности. Общая производительность карьера составляет 49 миллиона тонн руды в год. Годовая производительность по скальной вскрыше 6 миллионов кубометров, по рыхлой вскрыше – 6 миллионов кубометров и по гидровскрыше – 3 миллиона кубометров.

Цель исследования.Повышение эффективности производительности работы механизмов горных машин является одной из важнейших производственных задач.Одной из причин, вызывающих снижение производительности комбината, является износ рабочего оборудования, в том числе муфт приводов, редукторов и электродвигателей ленточных конвейеров.

По итогам анализов в среднем выход в ремонт приводов ленточных конвейеров составляет 4 раза в год. Из этого следует, что необходимо модернизировать привод ленточного конвейера с целью снижения негативных воздействий на редуктор и электродвигатель и тем самым продления его срока эксплуатации.

Основные функциональные особенности гидромуфт.При использовании гидромуфт привод машин приобретает целый ряд положительных свойств, из которых наиболее важными являются:

-страгивание с места с нулевыми значениями начального момента и ускорения, а также плавный разгон машин до рабочей скорости,

-предохранение приводного двигателя и механической трансмиссии от недопустимых перегрузок при резком торможении и пуске,

-возможность замены сложных электродвигателей с фазным ротором на простые и более надежные короткозамкнутые двигатели с обеспечением благоприятных условий их пуска под нагрузкой, в том числе и при большом моменте инерции машины,

-суммирование мощности нескольких двигателей, работающих на общий исполнительный орган при равномерном распределении нагрузки на эти двигатели, и возможность их поочередного запуска,

-стабильность и автоматичность срабатывания при заданном значении предельного

момента и самовосстанавливаемость рабочего режима при устранении перегрузки,

-возможность гидродинамического и генераторного торможения машины, а также ее торможения противовращением при реверсировании двигателя,

-демпфирование и гашение крутильных колебаний крутящего момента и скорости вращения широкого спектра частот, имеющих место при работе многих машин.

К этому целесообразно добавить также такие особенности как высокий К.П.Д. гидромуфты (0,96-0,98), простота конструкции и настройки, отсутствие силовых пар трения, передающих крутящий момент. Изменение наполнения РЖ и введение в полость гидромуфты простого дросселирующего диска позволяют расширить диапазон передаваемой мощности.

Пример применяемой гидромуфты. Гидромуфта ГПВ-400У

Гидромуфта предохранительная водоэмульсионная унифицированная ГПВ-400У предназначена:

• для передачи крутящего момента от электродвигателя к редуктору в приводах разборных и передвижных скребковых конвейеров;

• для обеспечения ограничения передаваемого крутящего момента;

• для улучшения пусковых и тяговых характеристик привода;

• для защиты двигателя от перегрузки;

• для снижения динамических усилий в приводе и тяговом органе при его резком стопорении.

Рис. 1. Гидромуфта ГПВ-400У общий вид

ГПВ-400У - Г - гидромуфта; П - пусковая; В - водоэмульсионная; 400 - активный диаметр; У - унифицированная.

Область применения

• в подземных выработках угольных и сланцевых шахт всех категорий, опасных по газу (метану) и угольной пыли (ленточные, цепные скребковые и пластинчатые конвейеры);

• общепромышленное (элеваторы, осевые вентиляторы и дымососы, питательные насосы, газовые турбины, ленточные, цепные скребковые и пластинчатые конвейеры, дробилки и мельницы различных типов, роторные экскаваторы, дорожные катки, бетоносмесители, барабанные сушилки, центрифуги, автомобили, трактора и железнодорожные локомотивы).

Конструкция

Гидромуфты состоят из корпуса турбины, насосного колеса и турбинного колеса. Соединение гидромуфты с валом электродвигателя осуществляется полумуфтой и кулаками насосного колеса через резиновый вкладыш. Турбинное колесо жестко соединено со шлицевой ступицей и центрируется относительно насосной части с помощью радиальных шарикоподшипников. Соединение с валом редуктора производится через ступицу. Уплотнение подшипников от рабочей и окружающей среды осуществляется манжетами. Уплотнение неподвижных соединений осуществляется специальными резиновыми кольцами. Для ограничения крутящего момента при перегрузках в гидромуфтах имеются местные сопротивления, выполненные в виде порога. В гидромуфтах применена трехступенчатая тепловая защита. Первая и вторая ступени выполнены в виде защитных пробок с плавкими вставками. Третья ступень защиты (аварийная) в гидромуфте ГПВ-400 выполнена в виде местного ослабления, предусмотренного в корпусе турбины и предназначенного для безопасной разгерметизации гидромуфт при отказе или загрублении первых двух ступеней защиты. В гидромуфте ГПП-400У аварийная защита по давлению выполнена в виде разрывной мембраны, установленной на втулке. Место соединения втулки и мембраны уплотнено кольцом. Аварийная защита служит для предотвращения от механического разрушения корпусных деталей гидромуфты при образовании в полости высокого давления.

Таблица 1. Технические характеристики гидромуфты ГПВ-400У

Наименование параметров и размеров	Норма
Активный диаметр, мм	400
Частота вращения входного вала, обмин	1480
Номинальное скольжение. %	3.0
Номинальная передаваемая мощность.кВт	45-55
Перегрузочная способность	2,8
Отношение момента при скольжении S=100% к номинальному моменту	2,6
Превышение температуры рабочей жидкости над температурой окружающей среды, при номинальном скольжении. С	40
Температура срабатывания рабочей, тепловой защиты. С	120-Г-5
Температура срабатывания аварийной защиты. С	160+-20
Рекомендуемая рабочая жидкость	эмульсия на водной основе
Объем рабочей жидкости 45-5 5кВт. л	7,5-8,0

Габаритные размеры, мм	D456*302
Масса без рабочей жидкости, кг	39
Размер вала электродвигателя, мм	60
Размер ступицы для вала редуктора, мм	D8*52*60

Функции

• передача крутящего момента от электродвигателя к редуктору в приводах различных конвейеров, дробилок и мельниц;

• обеспечение защиты редуктора, тяговой цепи, приводного электродвигателя от перегрузок;

• плавный запуск и согласование работы электродвигателей многоприводных систем;

• снижение динамических усилий в приводе и тяговом органе при его резком стопорении.

Экономический эффект

Таблица 2.Затраты по заработной плате на техническое обслуживание и текущие ремонты без использования гидромуфты

Человеко часы	разряд	Тарифная ставка руб/ч	з/п	премия	Итого
320	6	95	30400	30400	60 800
Общая заработная плата					60 800
Дополнительная заработная плата (20%)					12 160
Всего заработная плата					72 960
Отчисления в соц. Страхование (31,7%)					23 128
Общие затраты по заработной плате					96 088
4 раза в год					384 353

Норма на технический осмотр и текущие ремонты привода конвейерной ленты 320 человеко-часов. С применением гидромуфты ремонт проводится 2 раза в год.

Таблица 3.Затраты по заработной плате на техническое обслуживание и текущие ремонты с использованием гидромуфты

Человекочасы	разряд	тарифная ставка руб/ч	з/п	премия	итого
320	6	95	30400	30400	60 800
Общая заработная плата					60 800
Дополнительная заработная плата (20%)					12 160
Всего заработная плата					72 960
Отчисления в соц. Страхование (31,7%)					23 128
Общие затраты по заработной плате					96 088
2 раза в год					192 177

Условный экономический эффект составит:

ЭУЭ = (384 353 - 192 177) = 192 176 руб.

Применение данного технического решения приводит к более плавному пуску конвейерной ленты, что позволяет увеличить срок службы редуктора в процессе эксплуатации

Следовательно, применение данного изобретения приводит к увеличению межремонтного периода путём снижения износа привода ленточного конвейера.

Экономическую эффективность данного технического решения можно проследить в затратах на обслуживания персоналом конвейерных установок в частности затрат на заработную плату рабочих.

Норма на технический осмотр и текущие ремонты привода конвейерной ленты 320 человеко-часов. Без применения гидромуфты ремонт проводится 4 раза в год.

Заключение. Данная работа посвящена вопросу модернизации привода ленточного конвейера путем замены быстроходной муфты на гидромуфту. Для модернизации была выбрана унифицированная гидромуфта ГПВ-400У. Что обеспечит более надежное и долговечное использование, и снизит затраты на ремонт.

Списоклитературы

1.Титиевский А.В., Красномовец А.В. «Слесарь по ремонту оборудования обогатительной фабрики».

2.Донченко А.С Донченко В.А. «Справочник механика рудообогатительной фабрики».

3.Моршинин В.М. «Устройство и эксплуатация обогатительных машин».

4.Чуянов Г.Г. «Машинист обогатительных машин для черных и цветных металлов».УДК 622.23.05

МОБИЛЬНЫЕ ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫЕ УСТАНОВКИ СО ЩЕКОВЫМИ ДРОБИЛКАМИ

Е.В. Некрасов, В.Н. Климов

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42

Аннотация. *В статье приведена информация о мобильных дробильно-сортировочных установках со щековыми дробилками компании MetsoMinerals, об их экономической эффективности, а так же рекомендации по области применения данных установок.*

Ключевые слова: *мобильные дробильно-сортировочные установки; MetsoMinerals; экономическая эффективность; область применения*

MOBILE CRUSHING AND SCREENING PLANTS WITH JAW CRUSHERS

E.V. Nekrasov[1], V.N. Klimov[1]

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS»

309516, Russia, the city of Stary Oskol, microdistrict them. Makarenko, 42

Abstract. *The article provides information about mobile crushing and screening units withjaw crushers company Metso Minerals, their economic performance, as well as recommendations on applications of these systems.*

Keywords: *mobile crushing and screening plants; Metso Minerals; economic efficiency; scope;*

Цель исследования. Рассмотреть возможность применения технологии переработки рудных и нерудных материалов с помощью мобильных дробильно-сортировочных установок со щековымидробилками компании MetsoMinerals серии Lokotrack и сравнить со стационарными ДСК, рекомендовать для применения на открытых горных работах.

Постановка задачи. На сегодняшний день существуют мобильное дробильное оборудование, которое может не только заменить стационарные системы, но и в значительной степени удешевить процесс добычи руды. Мобильные установки способны устранить необходимость в карьерных самосвалах и снизить потребность в рабочей силе.

В последнее время в области открытых горных работ применение мобильных дробильных установок проявляется в полной мере. Связано это с тем, что сейчас существует достаточное количество производителей такой техники, которые могу составить конкуренцию стационарным машинам. Не смотря на все плюсы стационарных машин дробления, они же являются и минусом, так как зачастую находятся на достаточном расстоянии от забоя. Поэтому значительную часть расходов составляют транспортные затраты.

Главным достоинством мобильной первичной дробильной установки, смонтированной на гусеничном ходу, является то, что она максимально увеличивает производительность и снижает эксплуатационные затраты, одновременно повышая безопасность и снижая воздействия на окружающую среду.

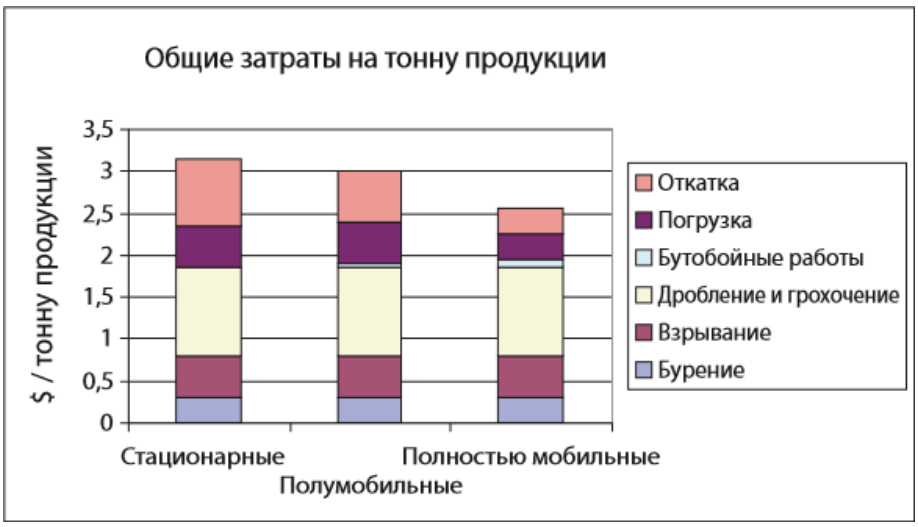


Рисунок 1. Общие затраты на тонну продукции

Экономия при использовании мобильных дробильных и конвейерных систем весьма значительна: исследования показали экономию в 31% по сравнению с полумобильными установками в одинаковых условиях.

Рисунок 2. Пример распределения составляющих себестоимости

Экономия по сравнению с использованием автотранспорта еще больше, поскольку для питания дробилки используются экскаваторы меньших размеров; расходы на зарплату так же снижаются, поскольку устраняется штат водителей самосвалов. Так же значительно снижается расход топлива и необходимость в строительстве и обслуживании откаточных автодорог. Мобильные установки имеют преимущество, так как способны перемещаться за технологическим полем работ.Недавно начали появляться установки имеющие небольшой вес. Основными узлами мобильной дробильной установки являются те же, что и у стационарной,(щековая или ударная дробилка, силовой агрегат, вибрационный колосниковый питатель, питающий бункер и т.д.), но с дополнительными преимуществами,

обеспечиваемыми полной мобильностью – например, возможностью установки на уклоне до 1:10.

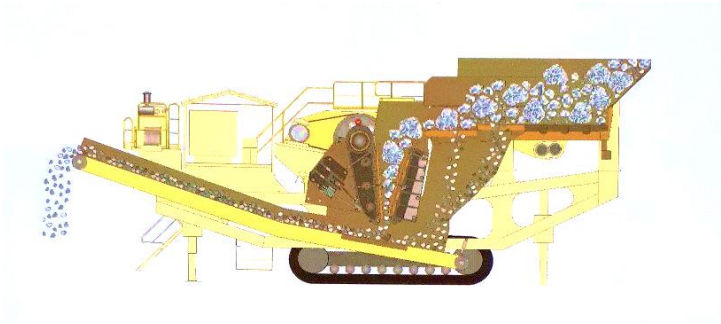


Рисунок 3. Общий вид установки.

Инновации и модернизация. На данный момент мобильные установки способны осуществлять технологии процессов дробления и грохочения. В результате проведения данной операции, из установок получили ***дробильно-сортировочные комплексы.***

Объект исследования. На сегодняшний день одним из лидеров по производству таких комплексов является компания Metso Minerals. Так же эта компания является первым производителем, внедрившим революционную технологию SmartScreen на последнем поколении мобильных грохотов (Lokotrack ST171, ST348,ST52 и ST358).

С помощью интеллектуального контроллера система автоматически контролирует и управляет установкой для достижения оптимальных и стабильных результатов грохочения.

В паре с мобильными дробилками и грохотами можно использовать конвейеры. Конвейеры являются более экономичными чем автотранспорт (при 80 % эффективности), и не существует ограничений по их длине. Мобильные конвейеры могут сыграть свою роль, обеспечивая гибкую связь между мобильной дробильной установкой и стационарным конвейером.

Компания Metso Minerals предлагает достаточно большое количество мобильных установок, некоторые характеристики моделей представлены на рис. 4 и 5.

В компоновке с дробилками могут быть использованы мобильные грохоты и конвейеры , что весьма упростит и удешевит производство. Та же компания Metso Minerals представляет такие экземпляры конвейеров серии LL как LL12 и LL16.

Конвейер Lokolink обеспечивает главное преимущество мобильным дробилкам – быстрое перемещение. Он связывает главный конвейер с дробильной установкой Lokotrack. В следствие этого снижается время простоев во время взрывных работ и перемещения забоя по карьеру.

Таблица 1. Характеристики LokotrackLT16

Состав установки

Дробилка
Щековая дробилка Nordberg C160
– Питающее отверстие 1600x1200 мм (47x63 in)

Питатель
Питающий бункер
– Объем 20 м³ (27 yd³)

– Ширина 3800 мм (12' 6")

Колосниковый питатель Nordberg B20-66-2V
– Длина 6 600 мм (21' 8")
– Ширина 2 000 мм (79")

Главный разгрузочный конвейер H18-13
– Ширина ленты 1 800 мм (71")

Боковой конвейер
– Ширина бокового конвейера 4000 мм (13' 2")

Двигатель
– Caterpillar C-16
– Мощность 445 кВт (605 л.с.)

Размеры

(В транспортном положении для стандартного исполнения)

Длина:	19 500 мм	63' 1"
Ширина:	3 500 мм	11' 6"
Высота:	3 800 мм	12' 6"
Вес:	215 000 кг	473.000 фнт.

Таблица 2. Характеристики LokotrackLT125

Состав установки

Дробилка
Щековая дробилка Nordberg C160
– Питающее отверстие 1600x1200 мм (47x63 in)

Питатель
Питающий бункер
– Объем 20 м³ (27 yd³)

– Ширина 3800 мм (12' 6")

Колосниковый питатель Nordberg B20-66-2V
– Длина 6 600 мм (21' 8")
– Ширина 2 000 мм (79")

Главный разгрузочный конвейер H18-13
– Ширина ленты 1 800 мм (71")

Боковой конвейер
– Ширина бокового конвейера 4000 мм (13' 2")

Двигатель
– Caterpillar C-16
– Мощность 445 кВт (605 л.с.)

Размеры

(В транспортном положении для стандартного исполнения)

Длина:	19 500 мм	63' 1"
Ширина:	3 500 мм	11' 6"
Высота:	3 800 мм	12' 6"
Вес:	215 000 кг	473.000 фнт.

Рисунок 4. Установки Lokotrack LT160 и Lokotrack LT125.

Таблица 3.Характеристики конвейеров серии LL.

Модель	Ширина ленты	Длина (по центрам барабанов)	Мощность	Вес	Производительность	Максимальный размер питания	Совместимость
LL12	1200 мм (48")	24 и 36 м (80 и 120 ft)	37 кВт (50 л.с.)	16 т (35.000 фнт)	1200 т/час	300 мм (12")	LT125, LT140, LT1415(LL)
LL16	1600 мм (63")	24 и 36 м (80 и 120 ft)	2 x 37 кВт (2 x 50 л.с.)	28 т (60.000 фнт)	2000 т/час	350 мм (14")	LT160

Рекомендации по использованию. Такие установки рационально использовать непосредственно в карьере горно-транспортного комплекаса.

Эти комплексы могут использоваться как для дробления рудных так и нерудных материалов. Исходя из производительности, их можно использовать для производства щебня кубовидной формы.

Полученный продукт можно будет использовать для покрытия внутрикарьерных дорог, за счет чего уменьшается износ протекторов шин внутрикарьерных самосвалов.

Данный комплекс по дроблению в щековых дробилках рационально использовать как головную машину в процессе дробления рудных и нерудных материалов, в зависимости от объемов производства.

Заключение. Использование МДСУ обеспечит экономическую эффективность в результате сокращения расходов на эксплуатацию карьерных самосвалов. Повысит качество получаемой продукции за счет получения кубовидности и пригодности данного продукта для содержания внутрикарьерных дорог и в производстве строительных материалов.

Список литературы

1. URL: http://www.metso.com/products/lokotrack-mobile-plants/mobile-cone-crusher-screen-lokotrack-lt220d/

2. URL: http://www.metso.com/globalassets/saleshub/documents---episerver/lokotrack-mobile-crusher-screen-plants-ru-2975.pdf

УДК 620.9

ВНЕДРЕНИЕ УСТАНОВКИ ПЛАВКИ ГОЛОЛЁДА НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В УСЛОВИЯХ АО “ЛГОК” С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНАТА

Ю.С. Плахотник, Д.В. Ермолаев

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС»

309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42

en_smirnov@i.ua, +7(980) 387-17-24

Аннотация. *Данная статья посвящена вопросу применения различных методов плавки гололеда на воздушных ЛЭП-110кВ, питающих понижающие подстанции обогатительной фабрики, а также подбору схем, способов и установки плавки гололёда.*

Ключевые слова: *повышение энергоэффективности; воздушные линии; плавка гололёда; электроснабжение; оптимизация.*

INTRODUCTION OF GOLOLEUM MELTING INSTALLATION ON AIR TRANSMISSION LINES UNDER THE CONDITIONS OF "LGOK" AS TO ENHANCE THE ENERGY EFFICIENCY OF THE COMBINE

Y. Plakhotnik[2], D. Ermolaev[1]

[1]Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

Abstract*This article is devoted to the application of various methods of melting ice on air LEP-110kV, supplying the reducing substations of the concentrating factory, as well as the selection of schemes, methods and installation of melting ice.*

Keywords: improving energy efficiency; air lines; melting of ice; power supply; optimization.

Постановка задачи. Повышение надежности и качества электроснабжения, является важнейшей из производственных задач. Одной из причин, вызывающих нарушение электроснабжения комбината, является отключение воздушных линий электропередачи (ВЛ) из-за отложения льда, снега и изморози на проводах, тросах и изоляции. По итогам анализов аварийности гололедные аварии составляют около 30% и при этом занимают первое место по продолжительности отключения ВЛ.

Средняя продолжительность отключений в два и более раз превышает аналогичные, что зачастую обусловлено тяжестью ремонтных работ в приведших к аварии сложнейших погодных условиях. Аварии, возникающие по причине гололёда, носят, как правило, довольно тяжелый характер для производства – остановка оборудования, недоотпуск конечной продукции, возможность аварийного затопления объектов комбината, снижение надежности электроснабжения цехов комбината, увеличение затрат на аварийно-ремонтные работы, что ведет к потере прибыли предприятия.

Наиболее эффективное средство предупреждения гололедных аварий - плавка гололеда на проводах и тросах ВЛ. Она позволяет удалить гололед на десятках километров линии в течение нескольких минут, предупредить опасную перегрузку и ликвидировать пляску проводов.

Соответственно - установка плавки гололеда существенно повысит надежность электроснабжения, поэтому данная тема является актуальной на сегодняшний день.

Объект исследования. В качестве объекта исследования было выбрано ОАО «ЛГОК» (г. Губкин, Белгородская область, Россия), карьер комбината относится к карьерам большой мощности. Общая производительность карьера составляет 49 миллиона тонн руды в год. Годовая производительность по скальной вскрыше 6 миллионов кубометров, по рыхлой вскрыше – 6 миллионов кубометров и по гидровскрыше – 3 миллиона кубометров.

Цель исследования. Повышение надежности и качества электроснабжения является важнейшей из производственных задач. Одной из причин, вызывающих нарушение электроснабжения комбината, является отключение воздушных линий электропередачи (ВЛ) из-за отложения льда, снега и изморози на проводах, тросах и изоляции.

По итогам анализов аварийности гололедные аварии составляют около 30% и при этом занимают первое место по продолжительности отключения ВЛ. Из этого следует, что очень важно правильно подобрать способ, схему и установку плавки гололёда.

Выбор способа и схемы плавки гололёда. Плавка гололёда должна производиться максимально возможными токами, что позволит быстрее завершить её и восстановить нормальную работу сети. Одновременно это способствует уменьшению затрат электроэнергии на плавку, поскольку энергия, отдаваемая в окружающую среду, непосредственно зависит от длительности обогрева.

Допустимая температура проводов и тросов при плавке принимается 90°С [1]. Температура воздуха, скорость ветра принимаются по наблюдениям метеорологических станций.

Схемы плавки гололёда должны быть простыми и надёжными. Они должны лишь в минимальной степени нарушать режим работы сети и не снижать качество электроэнергии, подаваемой потребителю. Необходимо обеспечить быструю сборку схемы и восстановление нормальной работы сети.

Существуют различные способы плавки гололёда. Плавка гололёда может производиться как переменным, так и постоянным током. В свою очередь, методы плавки гололёда переменным током включают в себя:

- плавку по способу короткого замыкания
- плавку по способу встречного включения фаз
- плавку по способу перераспределения нагрузок
- плавку по способу наложения токов

Так как нагрузками отходящих от ПС «Лебеди-330» ЛЭП-110 кВ являются различные потребители, питающиеся от разных подстанций, и связанные между собой технологической цепочкой, перераспределить нагрузки ЛЭП-110 кВ (по способу перераспределения нагрузок плавки) невозможно.

Плавка по способу встречного включения фаз и по способу наложения токов способу в условиях ПС «Лебеди-330» также невозможна из-за возникающих при этих режимах перекосов фаз, ведущих к неправильному действию релейной защиты, а также необходимостью применения дополнительных источников ЭДС.

Учитывая выше приведенные условия, принимаем для плавки гололёда плавку по способу короткого замыкания.

При плавке гололёда по способу короткого замыкания обогреваемая линия закорачивается с одного конца, а с другого к ней подводится напряжение достаточное, чтобы обеспечить протекание по проводам требуемого для плавки тока (рисунок 1).

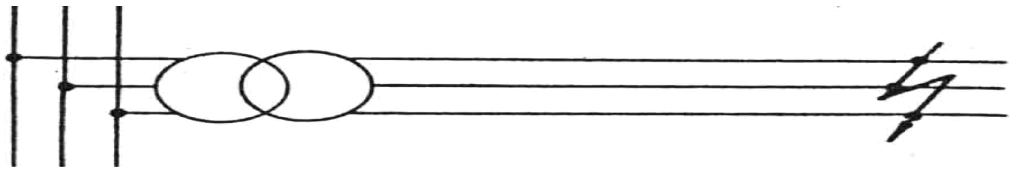


Рисунок 1. Подключение обогреваемой линии к шинам системы через трансформатор и трёхфазное короткое замыкание

Ток плавки соответственно определяется по формуле:

$$I_{П} = \frac{U_{Л}}{\sqrt{3} z_0}, \qquad (1.1)$$

где, $U_{Л}$ – линейное напряжение;

z_0 – сопротивление обогреваемой линии;

Плавка гололёда по способу короткого замыкания очень проста, делает маловероятными ошибки при производстве переключений и позволяет быстро собрать схему. Она может применяться для линий напряжением до 500 кВ [2].

Установка плавки гололёда. Установка плавки гололеда располагается непосредственно подстанции на «Лебеди-330» (рисунок 3), но для обеспечения стабильной и автономной работы питается напряжением 35 кВ от другой подстанции ЛГОКа – ГПП-8.

Приходящий ток поступает через линейный разъединитель (OS1) (с заземляющими ножами) и выключатель 35 кВ (QF1) на трансформатор тока (T1)–35/6кВ с полной мощностью 10000 кВА. Преобразовавшись в напряжение 6 кВ и приобретя огромную силу тока, электроэнергия переходит на секцию сборных шин 6 кВ.

Далее (для увеличения пропускного тока) по трем отходящим фидерам с выключателями, через разъединитель напряжение подается на обходную шину подстанции, а с нее, через систему разъединителей, на необходимую ЛЭП [3]. В конце линии, на линейном разъединителе включается заземляющий нож и делается трехфазное КЗ. Ток короткого замыкания, ограниченный по времени, нагревает ЛЭП, имеющую некоторое сопротивление.

Расчет плавки гололёда. Плавку гололёда производим на линии ВЛ-110 кВ от подстанции «Лебеди-330» до подстанции ГПП-8 (рисунок 2). Марка провода АС-240/39. Характеристики провода определяем по справочнику [6].

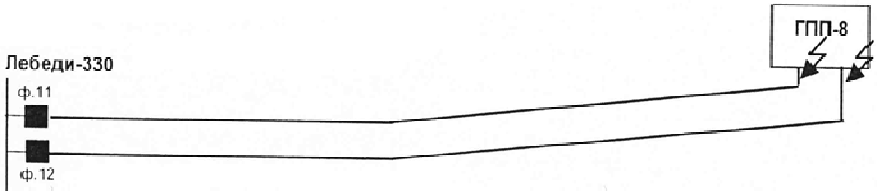


Рисунок 2. Расчетная схема линии ВЛ-110 кВ от подстанции «Лебеди-330» до подстанции ГПП-8

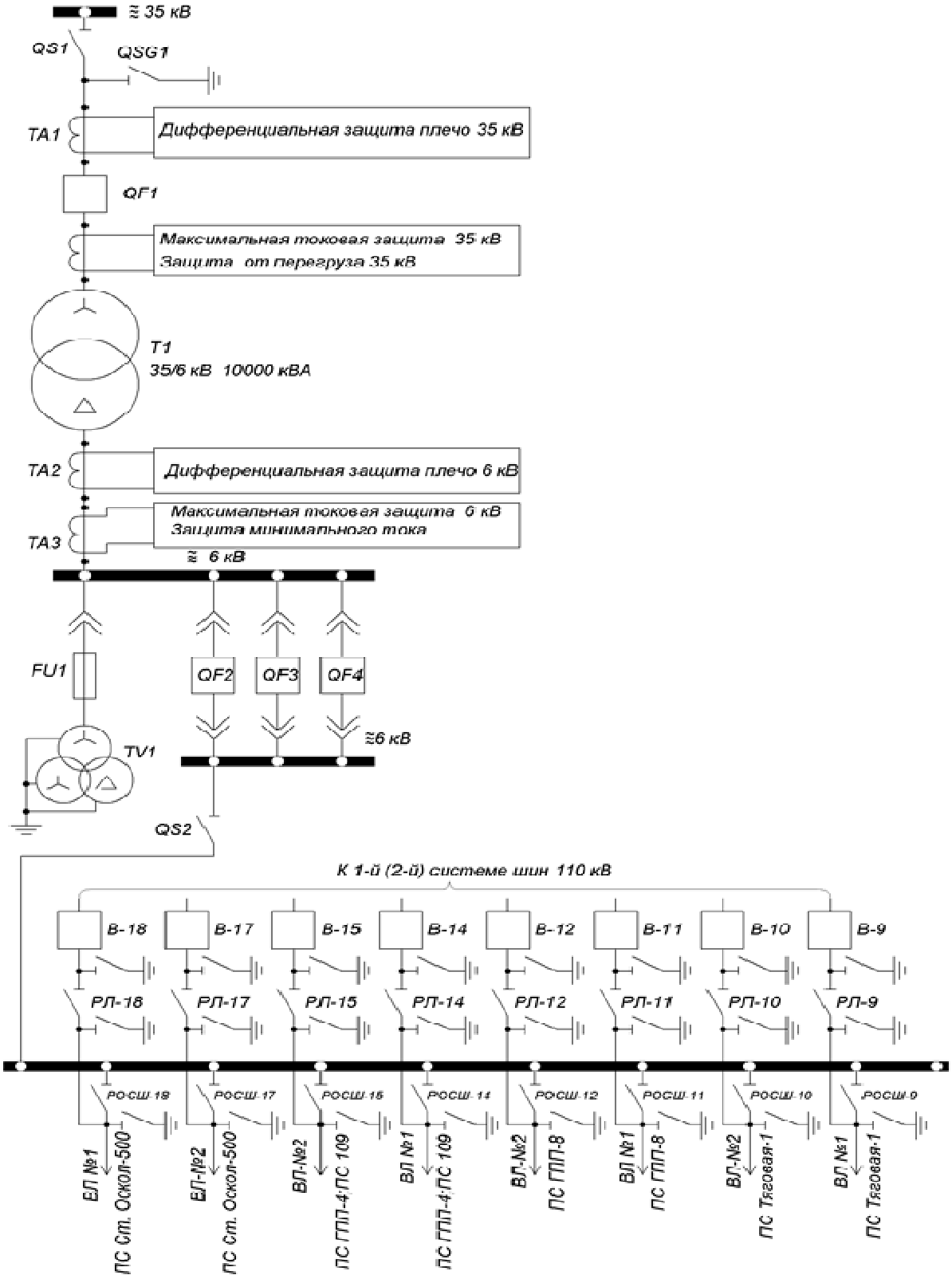


Рисунок 3. Установка плавки гололеда.

После проведения всех необходимых расчетов, строим график зависимости тока плавки гололёда от времени плавки (рисунок 4).

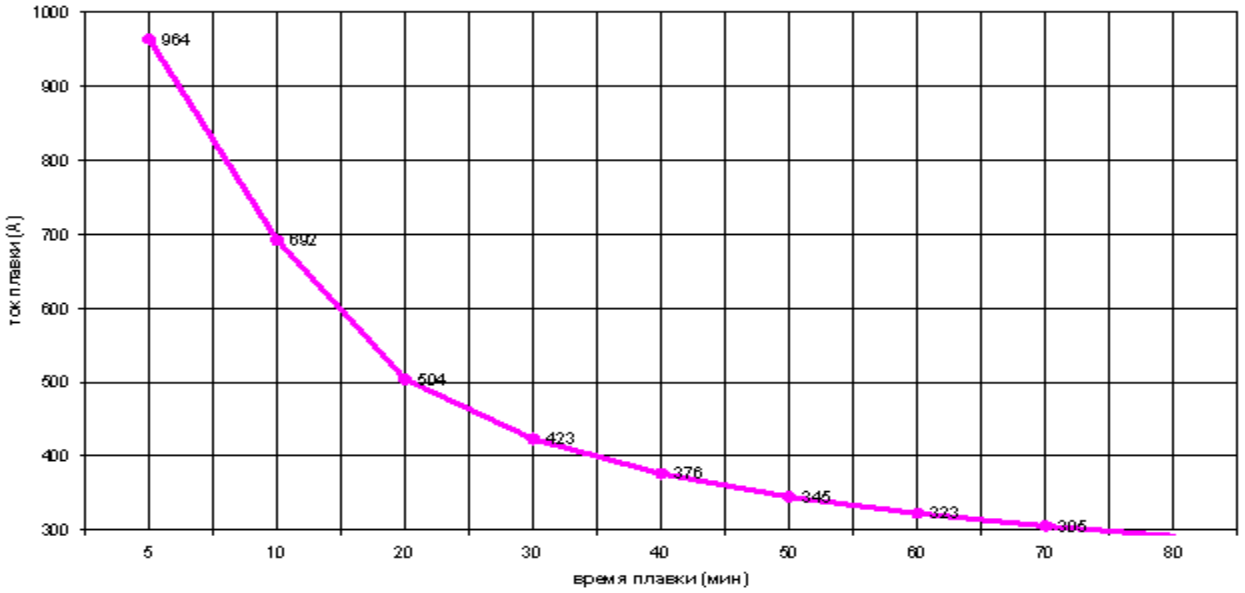


Рисунок 4. График зависимости тока плавки гололёда от времени плавки.

Полученные исходные и расчетные данные сводим в таблицы 1 и 2.

Таблица 1. Данные для расчёта требуемого времени плавки.

Параметры	Обозначение	Единица измерения	Величина	
			(гололед)	(изморозь)
1	2	3	4	5
Ток плавки	IП	А	1217	1217
Время плавки	tЧ	мин	3,10	0,69
температура воздуха (минусовая)	t2	град	1	1
Скорость ветра	V	м/сек	3	3
Сечение провода (троса)	S	мм2	240	240
Активное сопротивление провода	R0	Ом/км	0,124	0,124
Реактивное сопротивление провода	X0	Ом/км	0,4	0,4
Диаметр провода или троса	d	см	2,16	2,16
Внешний диаметр провода с гололедом	D	см	3	3
Толщина стенки гололеда	b	см	0,42	0,42
Сопротивление 1м провода	Ri0	Ом/м	0,0001138	0,0001138
Коэффициент теплоотдачи	λ	вт/см·град	0,0227	0,0012228
Тепловое сопротивление при переходе 1м (пров-воздух)	Rт1	Ом	0,280112	0,280112
Тепловое сопротивление при переходе 1м (гол.цилиндр)	Rт0	Ом	0,0230217	0,4273729
Объемный вес гололеда	γ	г/см3	0,9	0,2
Длина линии	L	км	6,805	6,805

Таблица 2. Расчет требуемого тока и времени плавки.

Параметры	Обозначение	Единица измерения	Величина			
Время плавки		мин	5	10	20	30
Ток плавки	IП	А	964	692	504	423
Время плавки	tЧ	час	0,083	0,167	0,33	0,5
температура воздуха (минусовая)	t2	град	1	1	1	1
Скорость ветра	V	м/сек	3	3	3	3
Сечение провода (троса)	S	мм2	240	240	240	240
Активное сопротивление провода	Ro	Ом/км	0,124	0,124	0,124	0,124
Реактивное сопротивление провода	Xo	Ом/км	0,4	0,4	0,4	0,4
Внешний диаметр провода с гололедом	D	см	3	3	3	3
Толщина стенки гололеда (b)	b	см	0,42	0,42	0,42	0,42
Диаметр провода или троса	d	см	2,16	2,16	2,16	2,16
Сопротивление 1м провода	Ri0	Ом/м	0,000113832	0,000114	0,000114	0,000114
Коэфф. теплоотдачи	λ	вт/см·град	0,0227	0,0227	0,0227	0,0227
Тепловое сопротивл. при перех 1м (пров-воздух)	Rт1	Ом	0,280112045	0,280112	0,280112	0,280112
Тепловое сопротивл. при перех 1м (гол.цилиндр)	Rто	Ом	0,023021656	0,023022	0,023022	0,023022
Объемный вес гололеда	γ	г/см3	0,9	0,9	0,9	0,9
Постоянная лучеиспускания	EL		0,6	0,6	0,6	0,6
Сопротивление 1м провода при 90 град.	Ri90	Ом/м	0,000159588	0,00016	0,00016	0,00016
Длина линии	L	км	6,805	6,805	6,805	6,805

Автоматизированная система контроля гололедных нагрузок. Правилами устройства электроустановок [7] предписывается: "На ВЛ с плавкой гололеда должно быть организовано наблюдение за гололедом, при этом предпочтительно применение сигнализаторов появления гололеда и устройств контроля окончания плавки гололеда".

Указанный минимум функций, наряду с другими, выполняет предлагаемая информационная система контроля гололедных нагрузок (ИСКГН) на ВЛ (рисунок 5).

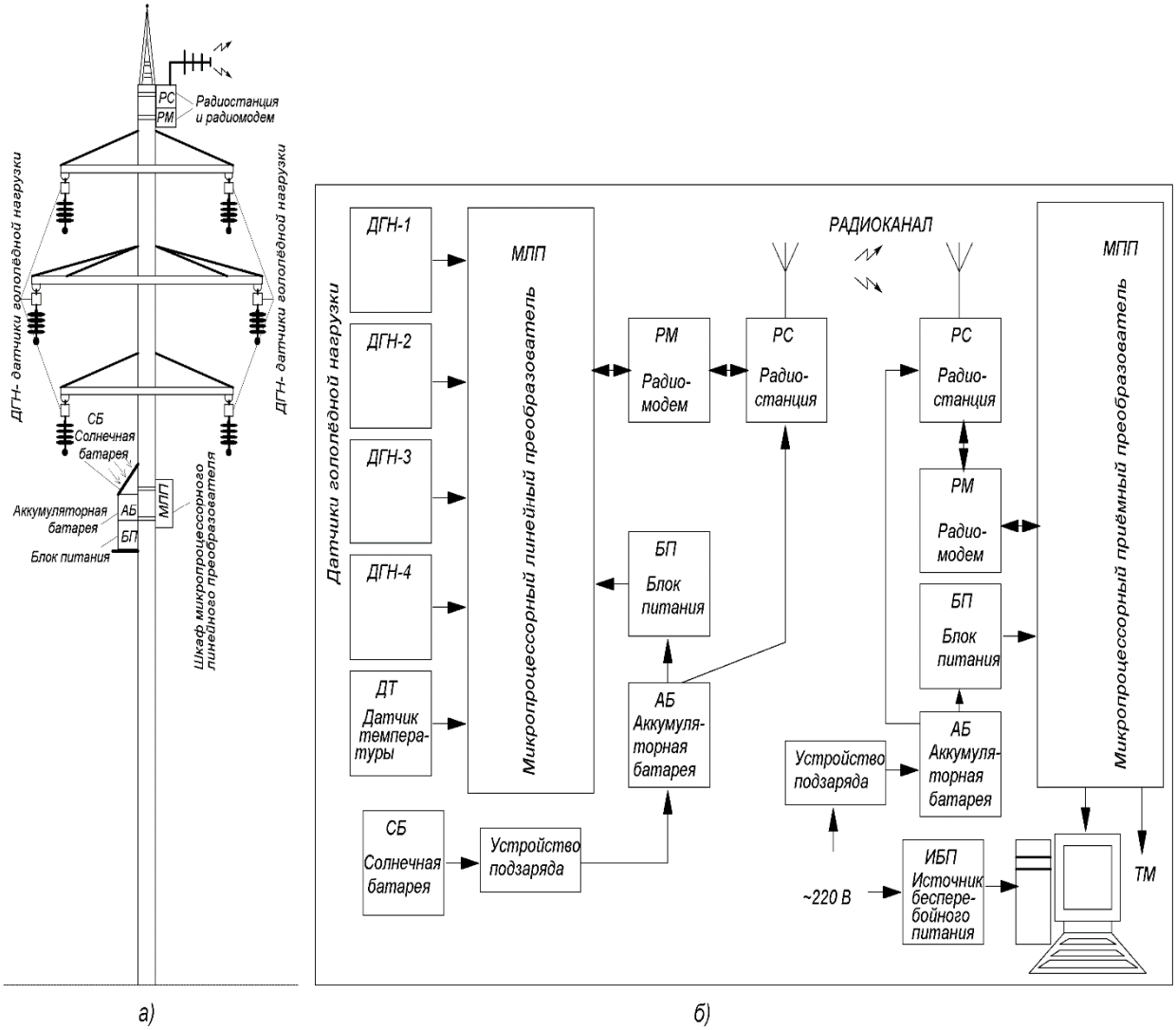


Рисунок 5. а) Компоновка пункта контроля;

б) Функциональная схема радиотелемеханической ИСКГ

Основными элементами ИСКГН являются датчики гололедной нагрузки, автоматические метеопосты, устройства передачи и приема данных. Важным объединяющим фактором служит программное обеспечение названных элементов, построенное на микропроцессорной базе, которое необходимо дли централизованного сбора, обработки данных о гололедно-ветровой ситуации и формирования оптимальной стратегии борьбы с гололедом [5].

Данная система, получившая название ИСКГН – информационная система контроля гололёдных нагрузок работает в режиме советчика диспетчера. Это значит, что диспетчер может запросить любую информацию, касающуюся состояния линии, то есть массу

гололёдной нагрузки на проводах, увидеть по графику скорость нарастания гололёдных отложений и температуру окружающего воздуха в режиме реального времени [4].

Эта система включает в себя:

- Датчики гололёдной нагрузки (ДГН).
- Датчик температуры (ДТ).
- Микропроцессорный линейный преобразователь (МЛП).
- Радиомодемы (РМ) и Радиостанции (РС).
- Блок питания (БП).
- Аккумуляторную батарею (АБ) с устройством подзаряда в пункте контроля от солнечной батареи (СБ).
- Микропроцессорный приёмный преобразователь (МПП).
- Компьютер в пункте приёма с источником бесперебойного питания.
- Телемодем (ТМ).

Заключение. В данной работе были рассчитан, подобран и обоснован способ, схема, а также установка плавки гололёда на высоковольтную воздушную ЛЭП мощностью 110кВ, питающую понижающие подстанции обогатительной фабрики. Применение данной установки позволит повысить надежность распределения электрической энергии на открытых горных работах, снизить немалый процент аварий, и в целом положительно повлиять на экономику и производительность предприятия.

Список литературы

1. Герасеменко А.А. Передача и распределение электрической энергии // Учебное пособие – Феникс, 2009

2. Плащанский Л.А.Основы электроснабжения горных предприятий // МГГУ. - 2007. - С. 27-29.

3. Пивняк Г.Г. Электрификация горных работ // М. Недра. - 2012. - С. 45-48.

4. Пучков Л.А. Электрификация горного производства // МГГУ. – 2007. – С.58-61.

5. Шеховцов В.П. Электрическое и электромеханическое оборудование // Инфра – М. – 2009 – С. 42.

6. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей // ООО Альтернативная полиграфия – 2015.

7. ПУЭ электроустановок, 7-е издание // ООО Альтернативная полиграфия. - 2015.

УДК 620.9

ВНЕДРЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО МЕТОДА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГОРНОЙ ПОРОДЫ АО «ЛЕБЕДИНСКИЙ ГОК»

А.В.Смоляков, Д.В.Ермолаев

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС»

309181, Россия, г. Губкин, ул. Комсомольская, 16

smoliakov1995@mail.ru, +7(919) 174 -58-25

Аннотация. *Статья посвящена вопросу усовершенствования транспортной системы предприятия АО «Лебединский ГОК», в связи с перспективой увеличения производительности и уменьшения финансовых затрат на транспортировку руды.*

Ключевые слова:*разрядники, грозоустойчивость, ограничитель перенапряжения нелинейный (ОПН),воздушные линии (ВЛ).*

INTRODUCTION OF THE ALTERNATIVE METHOD OF TRANSPORTATION OF ROCK OF JSC «Лебединский ГОК»

A. V. Smolyakov[1], D. V. Ermolaev[1]

[1]Stary Oskol institute of technology of A.A. Ugarov FGAOU VPO'S (branch) "National research institute of technology of MISIS

309181, Russia, Gubkin, Komsomolskaya St., 16

smoliakov1995@mail.ru, +7(919) 174-58-25

Abstract. *The article is devoted to the improvement of the transport system of the enterprise JSC «Лебединский ГОК» , at the prospect of increasing the productivity and reducing the financial costs of transporting the ore.*

Key words:*gaps, surge protector nonlinear (ARF),overhead lines (VL).*

Постановка задачи. История развития открытых горных разработок в современном их представлении как комплексно- механизированных карьеров, методов их проектирования и научных исследований различных проблем и аспектов ведения горных работ позволяет утверждать, что в связи с разнообразием месторождений полезных ископаемых по составу, характеристике и запасам минерального сырья, географическим, природно-климатическим, социально-экономическим и иным особенностям регионов расположения месторождений, единых подходов и типовых решений проблем не существует.

Специалисты в области открытых горных работ знают, что по мере развития рабочей зоны карьера, роста его глубины, как правило, усложняются условия производства горных работ, необходимо менять технические средства, схему вскрытия глубоких горизонтов,

параметры системы разработки и транспортной системы карьера, особенно это относится к сложноструктурным месторождениям. А вот почему, когда и как переходить на новые параметры основных технологических процессов, можно ответить только в результате исследования влияния изменившихся условий на эффективность применяемых и инновационных технологий добычи, рудоподготовки и обогащения полезных ископаемых с целью получения необходимого товарного продукта минерального сырья, что является основной методологической и организационно-технической задачей исследования переходных процессов, что в значительной мере связано с формированием грузопотоков и транспортной системы карьера вцелом.

Анализ последних исследований и публикаций. Основными факторами, определяющими развитие карьерного транспорта, являются систематически ухудшающиеся горно-геологические и горно-технические условия разработки. Известно, что развитие открытого способа разработки сопровождается ростом концентрации производства, увеличением глубины и пространственных размеров карьеров, расстояния и сложности транспортирования горной массы. Определяющим при этом является показатель глубины карьеров.

Основным видом технологического транспорта при добыче полезных ископаемых открытым способом остается автомобильный. Он используется для перевозки примерно 80% всей горной массы во всем мире, в т.ч. в США и Канаде – 85%, в Южной Америке – 85%, в Австралии – почти 100%, в Южной Африке – более 90%. В России и странах СНГ удельный вес карьерного автотранспорта с учетом всех подотраслей горно-добывающей промышленности приблизился к 75% и в ближайшей перспективе будет расти за счет расширения открытого способа добычи угля.

Объемы транспортирования горной массы с использованием конвейерного транспорта на предприятиях Канады, США, Австралии, Чили и других стран в настоящее время составляют до 50% от общего объема добычи минерального сырья. Эффективность применения конвейерного транспорта доказана многочисленными научными и проектными разработками и, отчасти, опытом эксплуатации на карьерах России, Украины, Узбекистана. Вместе с тем, доля конвейерного транспорта не превышает 10% в общих объемах перевозки скальной горной массы на карьерах стран СНГ. Проблема заключается в различии технологических подходов.

Совершенствование транспортной системы разработки ведётся в направлении создания технологических схем и оборудования, обеспечивающих уменьшение расстояния транспортирования. Предполагается возрастание использования схем гравитационного транспорта, комбинированного применения различных видов транспорта с увеличенными

углами подъёма, а также мощного горнотранспортного оборудования при максимальной автоматизации производства.

Объект исследования. Объектом исследования является действующее горное предприятие. Рассматривается транспортная система карьера АО «Лебединский ГОК».

Цель исследования. Модернизация транспортной системы предприятия, в связи с увеличением параметров карьера.

Основная часть. В этой статье представлена конвейерная система скипового подъема горной массы с канатным приводом на рельсовом ходу, которая позволяет транспортировать груз равный по весу большегрузному самосвалу с погрузочной станции на дне карьера до дробилки первичного дробления, расположенной на борту карьера. За счет угла наклона подъема до 75º, расстояние транспортировки может быть минимально возможным. Подобно грузовому подъемнику, один нагруженный скип движется вверх, а другой порожний параллельно движется вниз ко дну карьера. Два скипа взаимосвязаны посредством системы канатов, барабанов и лебедки с канатоведущим шкивом на погрузочной площадке карьера, таким образом, что собственная масса скипа постоянно полностью сбалансирована, и не требуется дополнительной мощности для его подъема.

В процессе транспортировки руды со дна карьера до дробилки первичного дробления, а также вскрыши на отвалы, находящиеся за пределами карьера, большегрузные самосвалы движутся на подъем по щебеночным дорогам с уклоном до 9% до места разгрузки за пределами карьера. После разгрузки в бункер дробилки или на отвале порожние самосвалы возвращаются по отдельной трассе, при этом один цикл транспортировки обычно занимает 20–40 мин. (Рис 1)

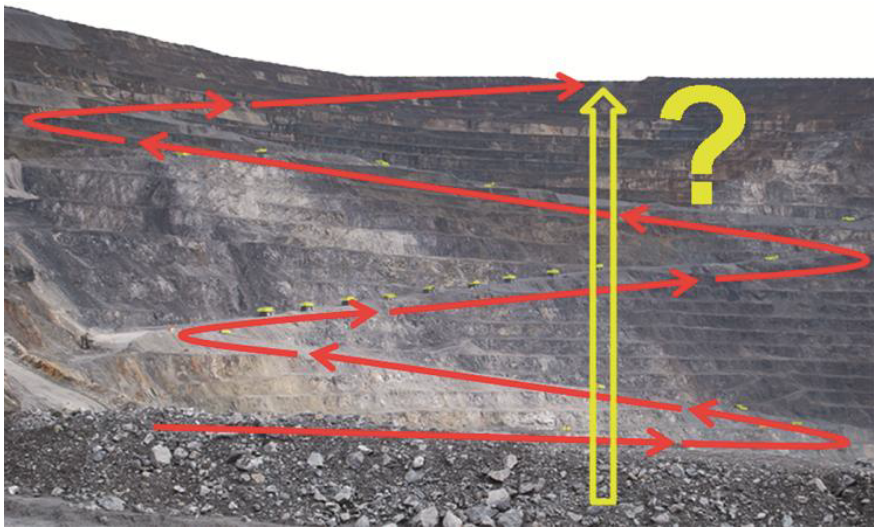


Рисунок 1. - Крутой кольцевой путь, проходимый карьерными самосвалами.

Для технического и экономического сравнения предположим, что у нас имеется борт с вертикальной высотой 200 м и генеральным углом наклона 45–50°, по которому

производится транспортировка вскрыши и руды со дна карьера (или промежуточного горизонта) до дробильного комплекса на поверхности.

Система транспортировки и первичной переработки состоит из разгрузочной площадки для большегрузных самосвалов в карьере, двух скипов грузоподъемностью 136 т, движущихся в противоположных направлениях по канатно-подвесной конструкции, а также рельсового пути для двух скипов (рис. 2). Дробильная установка вместе с головной частью и разгрузочным оборудованием для дробленого продукта находится в верхней части борта карьера. электромеханическая система канатного привода размещается отдельно от оборудования для разгрузки скипов и дробилки.

В комбинации с действующей экскаваторно-самосвальной технологией конвейерно-скиповая система обеспечивает значительные преимущества по сравнению с традиционной системой, в том числе: экономия затрат на внутрикарьерный транспорт – до 50 %; максимальное сокращение расстояния перевозки за счет применения круто-наклонной системы подъема; экономия энергии, за счет перевозки только непосредственно груза, так как собственный вес транспортных средств в системе уравновешен; дробилку можно устанавливать либо на борту карьера, либо на промежуточном горизонте эмиссию CO2 в карьере можно значительно снизить за счет сокращения парка самосвалов, обеспечивающего тот же объем перемещения груза при меньших расстояниях движения карьерного автотранспорта.

Рисунок 2. Схема скиповой канатно-рельсовой транспортной системы

Конвейерно-скиповая система транспорта представляет собой экологически щадящую технологию с минимальными уровнями шума и объемами пылеобразования. Она обеспечивает также высокую готовность транспортировки, так как сохраняет полностью свою работоспособность в условиях снегопада, тумана или дождя. Кроме того, горное предприятие может сократить свои затраты на содержание транспортных дорог и

техническое обслуживание самосвалов за счет сокращения числа машин для перевозки руды от экскаватора до пункта загрузки скипов, что влечет также снижение эксплуатационных затрат, в т. ч. затрат на заработную плату. И последнее, но не менее важное, это сокращение инвестиционных расходов за счет сокращения парка машин.

Заключение. Статья посвящена вопросу усовершенствования системы транспортирования руды внутри карьера. Рассмотрены проблемы разработки месторождений и пути их решения. Так же получен экономический эффект, в результате теоретической модернизации горно-транспортного комплекса.

Список литературы

1. Выбор вида карьерного транспорта (методика). М., “Недра”, 1973. 192 с. (М-во чёрной металлургии СССР. Ин-т горного дела)
2. Астафьев Ю.П., Полищук Г.К., Горлов Н.И. Планирование и организация погрузочно-транспортных работ на карьерах. – М.: НЕДРА, 1986. – 168 с.
3. Современное состояние карьерного транспорта - источник: http://library.stroit.ru/articles/carier/index.html
4. Черненко В.Д. Теория и расчёт крутонаклонных конвейеров. – Л.: Изд-во Ленингр. унта, 1985.-292 с.
5. Буткевич Г.Р. Комбинированный транспорт на карьерах промышленности строительных материалов. Промышленный транспорт. – 1987. -№1 – с.28-30

УДК 621.926.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ БРОНЕЙ ДРОБИЛОК КМД

Е.П. Терехин, Д.Г. Петров

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС»

309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42

teryekhin50@mail.ru, +7(910) 369-75-33

Аннотация. *Статья посвящена теоретическому определению ресурса работы броней дробилок КМД по уточненной зависимости. Величина расчетного удельного расхода металла брони показала хорошую сходимость результатов с фактической на ОФ Стойленского ГОКа.*

Ключевые слова:*футеровочные брони дробилок КСД и КМД; расчет удельного расхода металла брони при эксплуатации; испытание экспериментальной партии броней.*

DEFINITION OF THE RESOURCE OF WORK OF KMD CRUSHERS AS ARMOR

E. Teryekhin, D.Petrov

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

Abstract*.Article is devoted to theoretical definition of a resource of work of KMD crushers as armor on the specified dependence. The size of a rated specific consumption of metal of armor showed good convergence of results with actual on OF of Stoylensky GOKa.*

***Keywords*:** futerovochny armor of KSD and KMD crushers; calculation of a specific consumption of metal of armor at operation; testing of pilot lot armor.

Работы по снижению затрат на ремонты и увеличению срока службы футеровочных броней дробилок КСД и КМД ведутся на горнорудных предприятиях постоянно, однако даже на таком современном производстве как Стойленский ГОК ресурс работы футеровок КМД Sandvik не паревышает одного месяца, а стоимость комплекта броней EEF/EF доходит до 1 млн.руб. При проектировании новых конструкций футеровочной защиты дробилок или рассмотрении предложений от поставщиков быстроизнашивающихся деталей теоретическое определение их ресурса является актуальной задачей.

Многофакторность процесса дробления затрудняет разработку математической модели, анализ которой позволил бы установить зависимость ресурса футеровочной брони от свойств ее износостойкого материала, твердости руды, конструктивных и режимных параметров дробилки. В то же время рядом авторов предлагаются методики для расчета удельного расхода металла футеровок, одна из которых [1], на наш взгляд, наиболее полно увязывает все параметры процесса дробления. Эта методика основана на применении гипотезы усталостной теории изнашивания о независимости повреждений, вызываемых частицами абразива и выступами кусков, и линейном их суммировании. Выражение для определения удельного расхода p имеет вид:

$$p = \frac{52{,}8\cdot 10^6\cdot\pi\cdot K_1\cdot R^3\cdot\sigma_{сж}^{2,5}\cdot D_к^2\cdot b_p\cdot n\cdot f_к\cdot\gamma_м\cdot ctg\gamma_к}{K_и\cdot(10\cdot НВ)^{2,5}\cdot d_{св}^2\cdot Q\cdot n_р\cdot(b_p+2\cdot e\cdot cos\gamma_к)},$$

где K_1– поправочный коэффициент, характеризующий отношение фактического расхода к расчетному;

R- радиус пятна деформации брони частицей дробильного материала;

$\sigma_{сж}$ - предел прочности на сжатие, для железистых кварцито;

$D_к$ - диаметр основания дробящего конуса;

b_p – размер разгрузочной щели;

e – эксцентриситет (расстояние между точками осей дробящего конуса и конуса дробилки);

n – частота вращения конуса;

$f_к$ – коэффициент трения породы о сталь;

$\gamma_м$ – плотность стали;

$\gamma_к$ – угол у основания конуса;

$K_и$ – коэффициент использования дробилок, по эксплуатационным данным;

НВ – твердость брони по Бринеллю;

$d_{св}$ - средневзвешенный размер продукта дробления;

Q – производительность дробилки;

$n_р$ – число циклов, вызывающих разрушение металла броней.

Определение значения поправочного коэффициента K_1 выполнено на основенаблюдений за износом в реальных условиях эксплуатации дробилок и обработки статистических материалов по срокам службы броней [1].Для стадии мелкого дробления железистых кварцитов КМА интерполированием получено значение $K_1 = 1{,}32$.

С целью повышения срока службы футеровочных броней дробилок КМД по предложению ОАО «Стойленский ГОК» компанией Sandvik была изготовлена новая экспериментальная футеровка HR/HCвзамен EEF/EF для конусных дробилок SandvikCH8800 с измененной геометрией и повышенной твердостью. Для изготовления

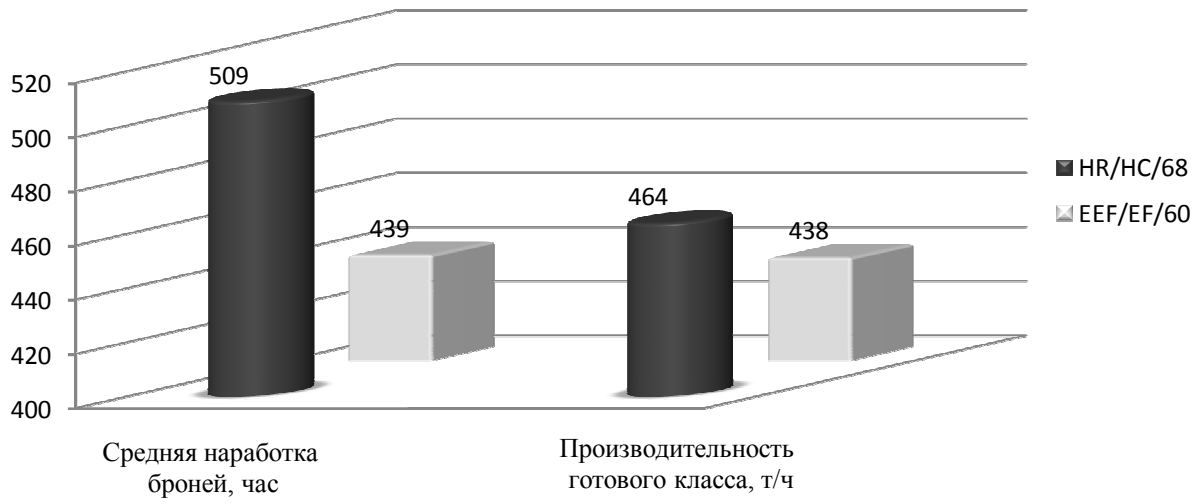


Рисунок 1. Эксплуатационные показатели испытаний

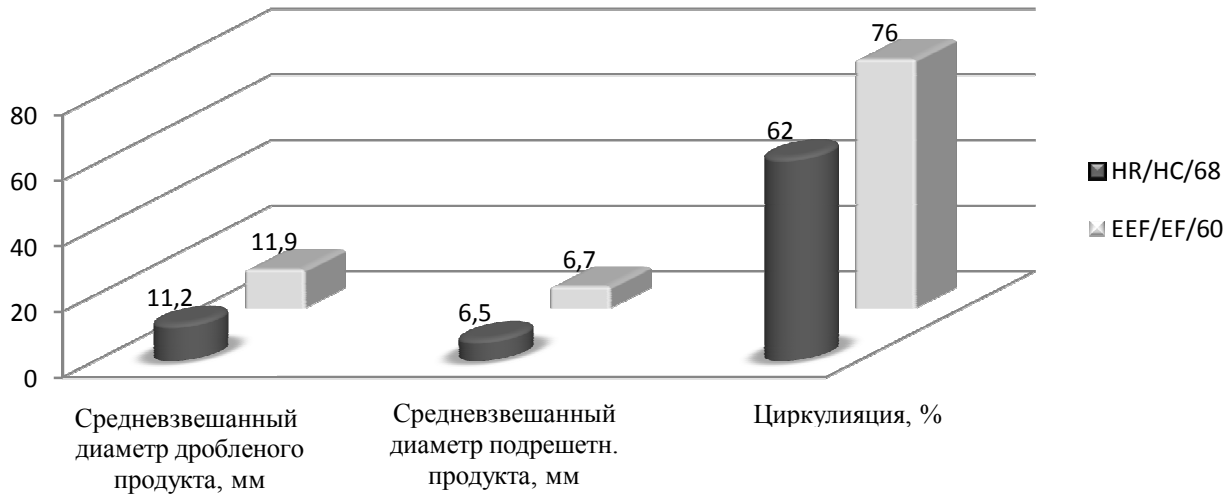


Рисунок 2. Качественные показатели испытаний

экспериментальных броней HR/HC решено было использовать высокомарганцовистую сталь 110Г18, которая имеет большую твердость – 230-240 НВ чему EEF/EF из стали 110Г14 с твердостью 200-220 НВ.

Технологические испытания экспериментальной партии (15 комплектов)проводились в режиме «Автонагрузка» при максимально выставленном задании по давлению в системе Hydroset 5,8 MPa и максимальной мощности привода 600 кВт.Сравнительный анализ эксплуатационных показателей (рисунок 1) определил, что среднее время работы броней EEF/EF/60 под нагрузкой составляет 439 часов с производительностью по готовому классу 438 т/ч, при этом эксплуатация дробилки с наработкой брони более 400 часов, как правило, производилась с замечаниями по техническому состоянию (разрушение болтов крепления броней). В то же время средняя наработка броней HR/HC/68 под нагрузкой повысилась до 509 часов, а производительность до 464 т/ч.

Вместе с улучшением эксплуатационных показателей повысилось и качество продукта (рисунок 2). Крупность дробленого продукта дробилок CH8800 HR/HC/68 составила 11,2 мм, что на 5,9% ниже рядового показателя, акрупность подрешетного продукта линии

была 6,5 мм, что на 3,0 % ниже рядового показателя. Циркулирующая нагрузка линии составила 62%, что на 18,4% ниже, чем с дробилками CH8800 EEF/EF/60.

Расчет удельного расхода бронейEEF/EF/60 дробилки SandvikCH8800 с твердостью НВ=220 и производительностью Q=438 т/ч на тонну дробленного продукта по предложенной формуле показал значение $p = 13$ г/т, а броней HR/HC/68 с твердостью НВ=240 и производительностью Q=465 т/ч - $p = 9{,}8$ г/т.

Опыт эксплуатации этих дробилок показывает, что брони при выработке ресурса изнашиваются в среднем на 30% от изначальной массы. Зная первоначальную массу комплекта броней, удельный расход металла и производительность можно определить ресурс футеровки. Так расчет ресурса работы старой и новой футеровокдробилки КМД SandvikCH8800 показывают соответственно 427 и 533 часа. Сравнивая эти значения с фактическими показателями ресурса (439 и 509 часов) можно определить отклонения, величина которых составит соответственно 2,7 и 4,7%.

Уточненная зависимость для расчетного определения удельного расхода брони показала хорошую сходимость результатов с фактическим расходом на дробилках SandvikCH8800 участка дробления ОФ Стойленского ГОКа и может быть использована при проектировании и эксплуатации дробильного оборудования.

Список литературы

1. Каржавин В. В., Зимин А И. Трение, износ, смазочные материалы:Учеб. Пособие/ В.В.Каржавин, А.И.Зимин - Екатеринбург, 2003, 83с.

УДК 620.9

ВНЕДРЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

А.В.Тулин, Д.В.Ермолаев

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС»

309181, Россия, г. Губкин, ул. Комсомольская, 16

tylin_andrei@mail.ru, +7(904) 094-48-02

Аннотация. *Статья посвящена вопросу усовершенствования защиты высоковольтных линий электропередачи от атмосферных перенапряжений, что повышает надежность электроснабжения всех структурных подразделений комбината.*

Ключевые слова:*разрядники, грозоустойчивость, ограничитель перенапряжения нелинейный (ОПН),воздушные линии (ВЛ).*

THE IMPLEMENTATINON OF EFFECTIVE PROTECTION OF TRANSMISSION LINES AGAINST OVERVOLTAGE

V. A. Tulin, D. V. Ermolaev

Stary Oskol institute of technology of A.A. Ugarov FGAOU VPO'S (branch) "National research institute of technology of MISIS

309181, Russia, Gubkin, Komsomolskaya St., 16

tylin_andrei@mail.ru, +7(904) 094-48-02

Abstract. *The article is devoted to the issue of the protection of high-voltage power lines against atmospheric overvoltage, which increases the reliability of power supply of all structural subdivisions of the enterprise.*

Key words: gaps, surge protector nonlinear (ARF),overhead lines (VL).

Постановка задачи. предложено модернизацию защиты линий электропередачи от перенапряжений, вызванных грозовыми разрядами. Лебединский ГОК занимает большую территорию, схема его внутреннего электроснабжения очень разветвлена и простирается по площади на десятки квадратных километров. Грозовая активность в районе расположения предприятия высокая и вероятность ударов молнии в воздушные линии электропередачи не исключена. Существующие до настоящего времени аппараты и средства защиты (это грозозащитные тросы и разрядники серии РТВ) не всегда эффективны. Грозозащитные тросы оставляем в эксплуатации, а вместо трубчатых разрядников предлагаю использовать

современные средства защиты от атмосферных перенапряжений, которые выпускают отечественные электроаппаратные заводы.

Анализ последних исследований и публикаций. Информация о существующих в настоящее время способах защиты воздушных линий электропередачи от грозовых разрядов изложена во многих учебниках и эти способы внедрены в эксплуатации сетей. Меры защиты эффективны, но не достаточны и об этом говорит статистика об отключениях линий в результате ударов молнии.

Публикации в научных журналах информируют о большом разнообразии современных электрических аппаратах и разработках, применение которых может повысит защиту воздушных линий. Это статьи о подвеской полимерной изоляции, о натяжной полимерной изоляции, разработанной АОА «НТИ Электроэнергия»[1]. Хорошую информацию дает учебное пособие Молниезащита электроустановок систем электроснабжения, автор А.В. Кабышев издательства ТПУ г. Томск.[2] Информация научных журналах об искровых разрядниках мультикамерной системы (ИРМК) и их применение может даже исключить натяжение грозозащитного троса.

Достаточную информацию дает Руководство по защите электрических сетей 6-1150кВ от грозовых и внутренних перенапряжений РД 153-34.3 – 35.125 – 99 часть 3 Грозозащита линий и подстанций [5]. В эксплуатации электрических сетей часто пользуются Типовой инструкцией по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи с неизолированными проводами автор П.А.Юриков.[3]

Учитывая, что в последние годы строится много воздушных линий с самонесущим изолированным проводом, то на них тоже надо выполнять грозозащиту. О способах ее выполнения информирует Типовая инструкция по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 0,38кВ с самонесущим изолированным проводом, издано РАО «ЕЭС России». Хорошую информацию дает Пособие по проектированию ВЛ 0,38 – 20кВ с самонесущим изолированным проводом: книга 1, второе издание РАО «ЕЭС России»[4].

При анализе вопросов защиты линий рассмотрены вопросы мониторинга состояния изоляции на ЛЭП и состояния самих проводов, как средства, которое предугадывает возможные повреждения линий в момент удара молнии.

Объект исследования. Объектом исследования является действующее горное предприятие. Рассматриваемые вопросы проектирования электроснабжения карьера и повышения надежности работы системы электроснабжения карьера АО «Лебединский ГОК» являются актуальными для действующего предприятия, как объекта исследования.

Цель исследования. Модернизация защиты линий электропередачи от перенапряжений, вызванных грозовыми разрядами.

Основная часть. Провода ВЛ высокого напряжения являются оголенными и здесь подход к грозозащите другой, чем для линий с защищенными проводами. Вследствие значительной высоты опоры ВЛ 35 -110 кВ подвержены частым прямым ударам молнии (ПУМ). Тросовая грозозащита в этом случае неэффективна, так как при ПУМ в трос происходит обратное перекрытие с опоры на провод из-за относительно низкого уровня линейной изоляции, что приводит к отключению ВЛ.

Для обеспечения необходимой грозоустойчивости возможно применение трубчатых разрядников однако стоимость такого технического решения достаточно велика, поскольку при отсутствии грозозащитного троса для обеспечения надежной защиты необходимо устанавливать ОПН параллельно каждой гирлянде ВЛ, т.е. по три аппарата на опору. При этом ОПН должен обеспечивать пропускание грозового тока порядка 100 кА. Поэтому стоимость такого аппарата оказывается весьма высокой, и вся система грозозащиты является исключительно дорогой.

Существующий опыт применения разрядников и ОПН для защиты ВЛ от грозовых перенапряжений и теоретические исследования показывают, что их технические возможности не могут в полной мере удовлетворить предъявляемым к ним требованиям в соответствии с условиями работы. Так, даже самые совершенные из успешно применяемых для грозозащиты подстанционного оборудования ОПН не способны без разрушения выдерживать реально возможные токи разряда молнии, которые будут через них протекать.

Искровые воздушные промежутки приводят только к увеличению числа отключений ВЛ, поскольку не способны гасить сопровождающую грозовое перекрытие дугу.

Единственным средством, которое хотя и не защищает непосредственно от грозовых перенапряжений, но сокращает степень их последствий, служит АПВ, эффективность которого для распределительных сетей составляет не более 50%. Но при этом оно негативным образом отражается на коммутирующем и другом высоковольтном оборудовании.

Грозозащита ВЛ 35 - 110 кВ может быть выполнена более надежно и гораздо дешевле, чем в случае применения ОПН, при помощи разработанных в последние годы мульти-камерных разрядников (РМК) и мульти-камерных изоляторов-разрядников (ИРМК). Хорошо зарекомендовали себя разрядники длинно импульсные с магнитным гашением дуги (РДИМ) и разрядники длинно импульсные петлевые (РДИП).

Традиционные аппараты и устройства защиты от перенапряжений такие как трубчатые и вентильные разрядники, а также грозозащитные тросы и аппараты последних

разработок такие как ИРМК, РДИМ, РДИП и др. в сочетании с успешной работой схем автоматического повторного включения (АПВ) линий повышают надежность питания потребителей.

Надежность обеспечения потребителей электрической энергии на крупном горном предприятии, имеющем разветвленные сети воздушных линий, еще более повысится, если внедрить системы мониторинга состояния изоляции и состояния проводов воздушных линии. Статистика показывает, что при ударах молнии в линию специальные аппараты достаточно надежно обеспечивают защиту. Но не следует забывать, что пробои происходят в местах с ослабленной изоляцией и изношенным проводом.

Заключение. Статья посвящена вопросу усовершенствования защиты высоковольтных линий электропередачи от атмосферных перенапряжений, что повышает надежность электроснабжения всех структурных подразделений комбината. Первоначально в качестве таких мер предложено вести мониторинг состояния изоляции воздушных линий, которые на комбинате являются довольно протяженными и разбросаны по территории предприятия размером сорок на тридцать километров. Своевременное выявление мест на линиях с ослабленной изоляцией позволяет снизить отключений ЛЭП при ударах молнии в линию.

Список литературы

1.Журнал «Электрооборудование: эксплуатация и ремонт» №4 2015 год. Статья: Эффективные средства защиты эл. оборудования от высокочастотных перенапряжений, стр.18.

2.Кабышев А.В. Молниезащита электроустановок систем электроснабжения.:учеб.пособ. А.В. Кабышев-М.: Томск,2006.

3. Юриков П.А. Защита электростанций и подстанций 3-500 кВ от прямых ударов молний.:учебник.П.А. Юриков-М.: Энергия, 1982.

4. Проектирование воздушных линий электропередачи напряжением 0,38–20 кВ с самонесущими изолированными и защищенными проводами. справ.пособ./М.: Санкт-Петербург,2017.

5. Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений. О.В.Бритвиным. 12 июля 1999 года.

УДК620.9

ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ

И.С. Швыгин, Д.В. Ермолаев

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС»

309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42

Анотация.*В статье мы делаем обоснование и выбор АСУ для повышения оперативности переключений электрических нагрузок сети 6 кВ в карьере РУ ЛГОКа.*

Ключевые слова:*АСУ, микроЭВМ, электроснабжение.*

IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED POWER SUPPLY MANAGEMENT SYSTEM

I.S. Shvygin, D.V. Ermolaev

Starooskolsky Technological Institute. A.A. Ugarova (branch) FGAOU HPE "National Research Technological Institute" MISiS "

309516, Russia, the city of Stary Oskol, microdistrict them. Makarenko, 42

The abstract. *In the article we make the justification and the choice of the automated control system for increasing the efficiency of switching the electrical loads of the 6 kV network in the career of the RU LGOK.*

Key words: *ACS, microcomputer, power supply.*

Постановка задачи Ввод в эксплуатацию все большего количества линий электропередач высокого напряжения, интенсивное развитие основных и распределительных сетей чрезвычайно усложнили проблему управления и контроля.

В связи с этим идет непрерывный процесс развития и совершенствования техники релейной защиты и АСУ. Создаются и вводятся в эксплуатацию новые защиты для дальних ЛЭП, трансформаторов.

Автоматизация производства на основе микроэлектронной техники для развития и совершенствования существующих и создающихся технологических производств, является одним из важных направлений.

Особенностью современного этапа развития автоматизации производства является появление и массовое применение качественно новых технических средств, изготовление сетей на базе микроэлектроники.

Основными техническими повышения оперативности переключений эл. нагрузок сети 6 кВ являются:

a) внедрение автоматического секционирования в распределительных сетях карьеров (максимальное сокращение ущерба, причиняемого производству перерывами снабжения);

b) внедрение подсистем АСУЭ (более эффективное управление системой электроснабжения карьера);

c) использование устройств телемеханического управления объектами горного электроснабжения;

Принимаем в качестве системы АСУЭ телемеханическую систему «Гранит».

Объект исследования

Выбранная система телемеханизации электроснабжения РУ по своему классу относится к организационно-технологической АСУ и решает задачи в реальном масштабе времени.

Основным функциональным назначением АСУ является:

a) Измерение текущих и аварийных параметров тока, напряжения, мощности;

b) сбор данных, управление и контроль, обработка событий и аварийных сигналов, архивирование и статистическая обработка, прогнозирование, диагностика отказов;

c) осуществление автоматических управляющих воздействий, в аварийных ситуациях.

Внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) приобретает особое значение в связи с ростом требований к скорости вычисления, переработки и выдачи информации. Поэтому разработка и исследование структур и режимов функционирования АСУ ТП на основе микроЭВМ является актуальной задачей. Использование микроЭВМ позволяет на порядок снизить затраты, обеспечивает повышение эффективности и расширение функциональных возможностей.

Одно из основных положений автоматизации процессов организационного управления заключается в создании безбумажной технологии обработки информации.

Программное обеспечение систем с персональными микроЭВМ выгодно отличается своей простотой, проблемной направленностью.

Основной, определяющей целью управления оборудованием, технологическими и производственными процессами с помощью АСУ ТП является повышение производительности труда, улучшение качества продукции и использования материально-сырьевых и топливно-энергетических ресурсов.

Дальнейшее совершенствование АСУ ТП связано с повышением их экономической эффективности путем индустриального создания автоматизированных технологических комплексов с АСУ ТП.

Одним из существенных препятствий на пути индустриализации создания АСУ ТП являются традиционные методы (трудоемкие) программирования ЭВМ и недостаточная адаптивность типовых АСУ ТП к более широкому кругу условий работы объектов управления.

Преодолеть эти препятствия для предприятий, самостоятельно внедряющих АСУ ТП можно, во-первых, передачей задач традиционного программирования в область массового производства устройств электронной техники; во-вторых, развитием специализированных операционных систем АСУ ТП, обладающих широкими возможностями к адаптации и работающими с микропроцессорными функциональными блоками; в-третьих, созданием программно-аппаратурных средств реализации диалоговых режимов настройки и работы АСУ ТП.

Уровень автоматизации производственных процессов, производительность труда и качество выпускаемой продукции определяется силовой электровооруженностью труда, основу которой составляют регулируемые электрические машины.

Рекомендации использованию результатов исследования. Проведенные в работе исследования показали актуальность применениязлектронного регистратора аварийных режимов типа ЭР-2, разработанного для использования совместно с системой телемеханики «Гранит-SYSTEL».

Программное обеспечение позволяет выводить на экран и распечатку сразу, 50 точек измерения на период тока (длительность 0,001 с.). Имеется возможность контролировать ток, напряжение, мощность.

Устройство полностью адаптировано к применению в составе комплекса и не требует дополнительных мер по установке и наладке (вставляется в блок каркас КП).

Для измерений используются действующие сигналы и преобразователи тока и напряжения.

Вся информация собирается на видеотерминал системы «Гранит» размещаемого в здании диспетчерского пункта энергодиспетчера рудоуправления.

Дистанционные терминалы **(КП)** с устройством ЭР-2, располагаются непосредственно на подстанциях питающих технологическое оборудование.

Все это позволит осуществлять:

Контроль за электрическими нагрузками, существующие или ожидаемые задачи выводятся на экран монитора с учетом предпочтений диспетчера, в виде однолинейных схем ,в виде таблиц, списков, графиков или их совмещения.

Заключение. Широкое внедрение автоматизации, компьютеризации и новых технологий позволят снизить стоимость ремонтов, повысить качество, уменьшить их продолжительность и трудоемкость.

Список литературы

1. Ф.И.Самохин,А.М.Маврицин,В.Ф.Бухтояров. Электрооборудование и электроснабжение открытых горных работ. Москва "Недра" , 1976 г.
2. Справочник по проектированию электроснабжения. Под редакцией Ю.Г.Барыбина, Л.Е.Федорова, МХ.Зиминкова, А.Г.Смирнова. Москва. "Энергоатомиздат", 1990 г.

3.А.А.Ермилов. Основы элекроснабжения промышленных предприятий. Москва. "Энергоатомиздат", 1983г.

4.Правила устройства электроустановок под редакцией С.Г.Королева, А.Ф.Акимкина и др. Москва. Энергоатомиздат, 1985г.

5.М. С. Ломакин. Автоматическое управление технологическими процессами карьеров. Москва "Недра", 1978 г.

СЕКЦИЯ:
ГОРНОЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.9.048.6

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ МАЯТНИКОВАЯ ВИБРОМАШИНА КАК КОЛЕБАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

Александров А.В.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова

(филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС»

309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42

tomm_sti_misis@mail.ru

Аннотация.В статье рассматриваются вопросы динамики маятниковых вибромашин.
Ключевые слова:вибромашина; колебания; динамика.

PENDULUMVIBROMACHINEASOSCILLATIONSYSTEM

AlexandrovA.V.

StaryOskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS», Russia, StaryOskol

Abstract. The article deals with the dynamics of pendulum vibromachines.
Keywords:vibromachine;oscillation;dynamics.

В существующих конструкциях маятниковых вибрационных машин имеется ряд параметров, оказывающих на динамику системы значительное влияние (масса и форма подвижных частей системы, жёсткость элементов упругой подвески, масса, а также взаимное расположение частей всей системы).

Сочетание данных параметров определяет собственную частоту колебаний системы, которая представляет собой важнейшую динамическую характеристику вибромашины. Изменяя конструктивные параметры можно существенно изменить закон движения вибромашины. Прежде всего, большое значение имеет выявление основных источников нелинейности и определение условий потери устойчивости системой при определённых сочетаниях конструктивных параметров.

Вопросы динамической балансировки маятниковых и центробежных машин для отделочной обработки рассматривались в частности в работах [1-6]. Источником неустойчивости в вибромашинах может служить периодическое возмущающее воздействие массы технологической загрузки на рабочую камеру.

Для упрощения расчётов предлагается действие загрузки на систему представить в виде одной результирующей силы. Если сыпучее тело состоит приблизительно из 10^4 частиц и отсутствует виброкипящий слой, то сыпучее тело можно считать замкнутой системой и не принимать в расчёты силы взаимодействия между частицами. А действие сыпучего тела заменить одной силой [6].

Так как в кинематическую схему установки заложены пространственные маятниковые колебания неуравновешенных масс, возникает необходимость введения балансирующих элементов [3, 4].

Схема динамического уравновешивания пространственной маятниковой вибромашины представлена на рисунок 1. Понятно, что такая конструкция не является оптимальной. В частности, верхнее расположение динамического балансира в процессе эксплуатации может сделать неудобной загрузку и выгрузку деталей и абразива.

Динамическое уравновешивание осуществлялось путём передвижения нижнего и верхнего противовесов (рис. 1), имеющих соответственно массы $m_{пр1}$ и $m_{пр2}$. Когда рабочая камера, массой $m_к$, совершает пространственные маятниковые колебания с помещённой в неё массой загрузки, на установку действуют следующие силы, приложенные к центру тяжести масс:

в направлении оси *OX*-

$$F_к = m_к \omega^2 r_к, \tag{1}$$

где $m_к$ – масса камеры;

$r_к$– радиус вращения центра тяжести камеры вокруг вертикальной оси OZ;

$$F_{кор} = m_{кор} \omega^2 r_{кор}, \tag{2}$$

где $m_{кор}$ – масса корзины;

$r_{кор}$– радиус вращения центра тяжести корзины вокруг вертикальной оси *OZ*;

$$F_{пр1} = m_{пр1} \omega^2 r_{пр1}, \tag{3}$$

где $m_{пр1}$ – масса первого противовеса;

$r_{пр1}$– радиус вращения центра тяжести первого противовеса вокруг вертикальной оси *OZ*;

$$F_{винт} = m_{винт} \omega^2 r_{винт}, \tag{4}$$

где $m_{винт}$ – масса регулировочного винта;

$r_{винт}$– радиус вращения центра тяжести регулировочного винта вокруг вертикальной оси *OZ*;

$$F_{пр2} = m_{пр2} \omega^2 r_{пр2}, \tag{5}$$

где $m_{пр2}$ – масса второго противовеса;

$r_{пр2}$– радиус вращения центра тяжести второго противовеса вокруг вертикальной оси *OZ*;

$$F_{ППУ} = m_{ППУ}\omega^2 R, \tag{6}$$

где $m_{ППУ}$ – масса поворотно-перемещающего узла;

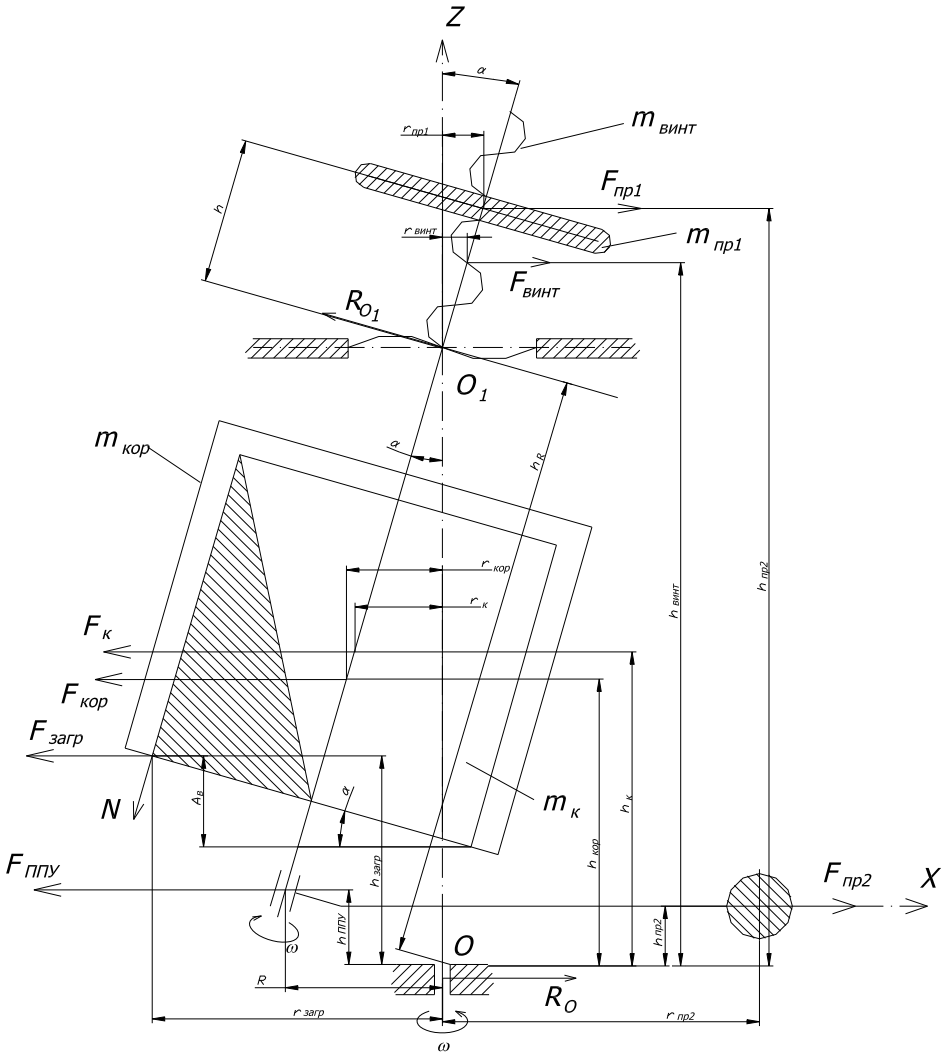


Рисунок 1. Схема динамического уравновешивания установки с верхним расположением динамического балансира

$$F_{пр1} = m_{пр1}\omega^2 r_{пр1}, \tag{3}$$

где $m_{пр1}$ – масса первого противовеса;

$r_{пр1}$– радиус вращения центра тяжести первого противовеса вокруг вертикальной оси *OZ*;

$$F_{винт} = m_{винт}\omega^2 r_{винт}, \tag{4}$$

где $m_{винт}$ – масса регулировочного винта;

$r_{винт}$– радиус вращения центра тяжести регулировочного винта вокруг вертикальной оси *OZ*;

$$F_{пр2} = m_{пр2}\omega^2 r_{пр2}, \tag{5}$$

где $m_{пр2}$ – масса второго противовеса;

$r_{пр2}$– радиус вращения центра тяжести второго противовеса вокруг вертикальной оси *OZ*;

$$F_{ППУ} = m_{ППУ}\omega^2 R, \tag{6}$$

где $m_{ППУ}$ – масса поворотно-перемещающего узла;

R– вылет водила.

Силы R_{O_1} и R_O реакции верхней и нижней опоры соответственно.

Также в системе присутствует сила $F_з$, вызванная действием на систему технологической загрузки.

Для динамического уравновешивания установки необходимо, чтобы геометрическая сумма моментов, создаваемых этими силами относительно любой точки системы (например, точки *O*) была равна нулю:

$$\begin{cases} \vec{F}_з + \vec{F}_к + \vec{F}_{пр1} + \vec{F}_{пр2} + \vec{F}_{кор} + \vec{F}_{винт} + \vec{F}_{ППУ} + \vec{R}_O + \vec{R}_{O_1} = 0 \\ F_з l_{цтз} + F_к h_к + F_{пр1} h_{пр1} + F_{пр2} h_{пр2} + F_{кор} h_{кор} + F_{винт} h_{винт} \\ + F_{ППУ} h_{ППУ} + R_{O_1} h_R = 0 \end{cases} \tag{7}$$

Из уравнения (7) следует:

- изменяя расстояние*h* от постоянной массы верхнего противовеса до точки O_1, изменяется величина центробежной силы $F_{пр1}$, и расстояние от точки *O*до центра тяжести верхнего балансира $h_{пр1}$;
- изменяя расстояние $r_{пр2}$ от центра тяжести постоянной массы нижнего противовеса, изменяется величина центробежной силы $F_{пр2}$.

Так как направление силы $F_з$не известно, разложим её на составляющие (рис. 1).

Этими силами будут:

в направлении оси *OX* –

$$F_{загр} = m_{загр}\omega^2 r \ , \tag{8}$$

где *r* – расстояние от точки приложения силы до вертикальной оси Oz, мм;

m– масса загрузки, кг;

ω – угловая скорость, рад/с;

в направлении оси *OZ*–

$$N = m_{загр} A_в \omega^2, \tag{9}$$

где $A_в$ – вертикальная амплитуда колебаний, мм.

Местом приложения сил примем самую удалённую от оси вращения *OZ* точку камеры. Следует отметить, что сила *N* будет действовать не параллельно оси *Oz*, а под углом α (для цилиндрической камеры). Это объясняется тем, что загрузка под действием

виброускорения$A_в\omega^2$, перемещается не строго вертикально, а вдоль стенки камеры. Следовательно, реакция от действия загрузки будет направлена под таким же углом, но в противоположную сторону.

Из вышеизложенного следует, что на динамическую балансировку будет влиять также форма камеры. Например, при использовании конических камер сила N будет действовать под углом равным сумме угла α и угла наклона стенок камеры.

Из схемы (рисунок 1) видно, что изменение массы загрузки приводит к существенному изменению сил N и$F_{загр}$.

Точкой, относительно которой рассчитывались моменты сил, была принята точка О. Это объясняется тем, что она наиболее приближена к центру тяжести системы. Исходя из конструкции экспериментальной установки, можно заключить, что расстояние $r_{пр2}$ до противовеса не будет изменяться. Таким образом динамическое уравновешивание системы будет достигаться путём перемещения верхнего противовеса.

Однако проведённые исследования [6] показали, что предложенная схема, учитывающая влияние массы загрузки, несмотря на то, что более точно описывает поведение системы, не гарантирует полного динамического уравновешивания системы. Это означает, что на систему влияет также динамический параметр, действующий в плоскости перпендикулярной плоскости балансировки. Таким параметром является момент прецессии (гироскопический момент).

В работе [6] была определена зависимость для гироскопического момента пространственной маятниковой вибромашины:

$$M_r = \left[J_{z1}\omega + \left(J_{z1} - J_{x1}\right)\omega\left(-\cos\alpha\right)\right]\omega\sin\alpha, \qquad (10)$$

где J_{z1} и J_{x1} - моменты инерции колебательной системы относительно главных осей инерции колебательной системы;

ω – угловая скорость вращения;

α – угол нутации.

Из формулы (10) следует, что при определённом значении угловой скорости ω на величину гироскопического момента будут влиять угол нутации α и момент инерции относительно оси O_1X_1.

Угол нутации будет изменяться при изменении вылета водила и высоты подвеса маятниковой вибромашины. Момент инерции J_{x1} относительно оси O_1X_1будет изменяться при изменении формы камеры и изменении положения балансира. Таким образом, при компенсации центробежных сил инерции колебательной системы перемещением балансира происходит изменение гироскопического момента. Гироскопический момент действует в

плоскости перпендикулярной плоскости балансировки, поэтому его уравновешивание требует применения иных схем балансировки, которые учитывают изменение ряда конструктивных параметров.

Для того, чтобы снизить влияние на динамику системы, и, как следствие, на шероховатость поверхности обработанных деталей, величины гироскопического момента было решено изменить конструкцию динамического балансира. В отличие от базовой установки (см. 1), в которой динамический балансир был поднят на высоту h, в разработанной установке [5] динамический балансир выполнен в нижней части установки в виде планшайбы с концентрическими проточками, сечения которых соответствует диаметрам стальных полированных шариков, количество которых, а, следовательно, и их суммарная масса, определяется расчетом динамической балансировки [1, 2].

Принцип действия данного динамического балансира основан на стремлении любой системы занять такое положение, в котором она характеризуется минимумом потенциальной энергии. В рассматриваемой системе действуют две группы сил, определяющих потенциальную энергию положения. К первой группе относятся силы, определяющие поведение рабочей среды внутри камеры. Другую группу сил составляют шарики, которые под воздействием центробежной силы $F_ц$ и силы тяжести F_m, занимают определенные сектора, при этом суммарный центр тяжести шариков располагается в зависимости от местонахождения неуравновешенной массы системы и числа оборотов рабочей камеры.

Список литературы

1. Сергиев А.П., Медведев Р.В., Макаров А.В., Александров А.В., Марченко Ю.В., Шаповалов А.И. Динамическая балансировка центробежной машины // Сборник трудов международной научно-технической конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы технологии машиностроения «Технология – 2000». – Орел, 2000. – С. 194-198.
2. Сергиев А.П., Медведев Р.В., Макаров А.В., Александров А.В., Марченко Ю.В., Шаповалов А.И. Особенности динамических центробежных машин для отделочно-зачистной обработки // Вестник машиностроения. – 2001. – №12.– С. 11-13.
3. Сергиев А.П., Шаповалов А.И., Александров А.В., Медведев Р.В., Макаров А.В., Марченко Ю.В. Расчет динамической балансировки установок для отделочно-зачистной обработки, использующих закон конического маятника. // Вестник машиностроения.– 2002. – №1. – С. 10-11.
4. Сергиев А.П., Марченко Ю.В., Шаповалов А.И., Александров А.В. Исследование динамики маятниковой вибрационной машины. // Вестник машиностроения. – 2002. – №9. – С. 17-19.
5. Александров А.В. Определение параметров пространственных маятниковых вибромашин, обеспечивающих снижение шероховатости поверхности при высокопроизводительной виброабразивной обработке: Дис. к.т.н.: 05.03.01. – Старый Оскол, 2004. - 227 с.
6. Шаповалов А.И. Повышение производительности и динамической уравновешенности вибромашин для виброабразивной обработки, реализующих колебания по закону конического маятника: Дис. к.т.н. 05.03.01 и 01.02.06. – Орел, 2004. - 177 с.

ВЫБОР ФОРМЫ ПРОФИЛЯ ВЫСТУПОВ ПРИ ГЕТЕРОГЕННОМ УПРОЧНЕНИИ РЕЖУЩЕ-ДЕФОРМИРУЮЩЕЙ ОБРАБОТКОЙ ОВЕРХНОСТНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

Афонин А.Н., Ларин А.И.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова

(филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС»

309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42

tomm_sti_misis@mail.ru

Аннотация.В статье рассмотрено получение гетерогенных структур при упрочнении точных и нежестких деталей комбинированной режуще-деформирующей обработкой поверхностным пластическим деформированием.

Ключевые слова:статико-импульсная обработка; поверхностно-пластическое деформирование; режуще-деформирующая обработка.

THE SELECTION OF THE FORM OF THE PROFILE OF THE SHAPES AT THE HETEROGENEOUS STRENGTHENING OF THE CUTTING-DEFORMING TREATMENT OF THE SUPERSTRUCTIVE PLASTIC DEFORMATION

Afonin A.N., Larin A.I.

StaryOskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS», Russia, StaryOskol

Annotation. The article considers the preparation of heterogeneous structures for hardening of precise and nonrigid details by combined cutting-deforming treatment by surface plastic deformation.

Keywords: static-pulse processing; surface-plastic deformation; cutting-deforming treatment.

Значительное повышение эксплуатационных свойств деталей машин может быть достигнуто путем формирования на их рабочих поверхностях гетерогенной структуры в виде чередующихся участков высокой и низкой твердости [2, 3, 4]. Чередование в гетерогенном слое упрочненных твердых участков с менее упрочненными вязкими способствует торможению развития микротрещин и повышению усталостной прочности материала [2]. При абразивном изнашивании поверхности твердые включения в пластичной основе затрудняют контакт абразивных частиц с материалом основы, что позволяет многократно увеличить износостойкость по сравнению с равномерно упрочненным поверхностным слоем [4].

Для получения гетерогенных структур при упрочнении точных и нежестких деталей можно использовать комбинированную режуще-деформирующую обработку поверхностным пластическим деформированием (ППД) [1].

При реализации режуще-деформирующей обработки ППД на упрочняемой поверхности детали формируется волнистый рельеф (рисунок 1) в направлении, перпендикулярном направлению главного движения. Затем деталь подвергается пластическому деформированию гладким цилиндрическим роликом с целью формирования гладкой поверхности. При деформировании металл перемещается роликом из выступов нарезанного рельефа во впадины. Рельеф при этом располагается относительно номинального размера таким образом, чтобы объем выступов был равен объему впадин. Степень и равномерность упрочнения будут зависеть от параметров волнистого рельефа: его формы, шага P, высоты h и формы. Влияние формы и размеров инструмента менее значительно.

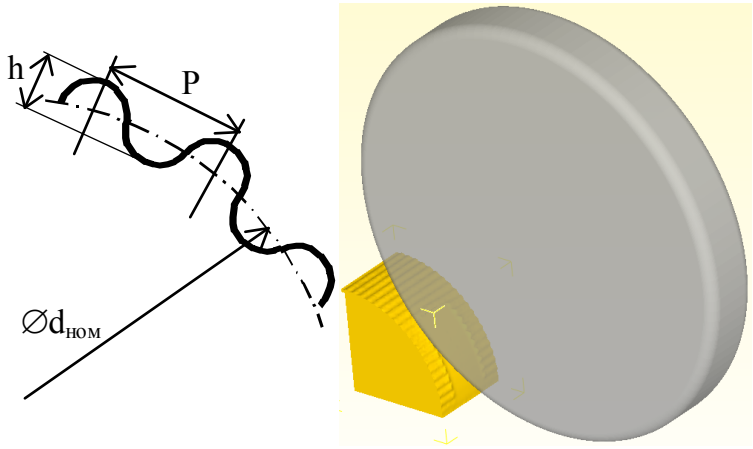
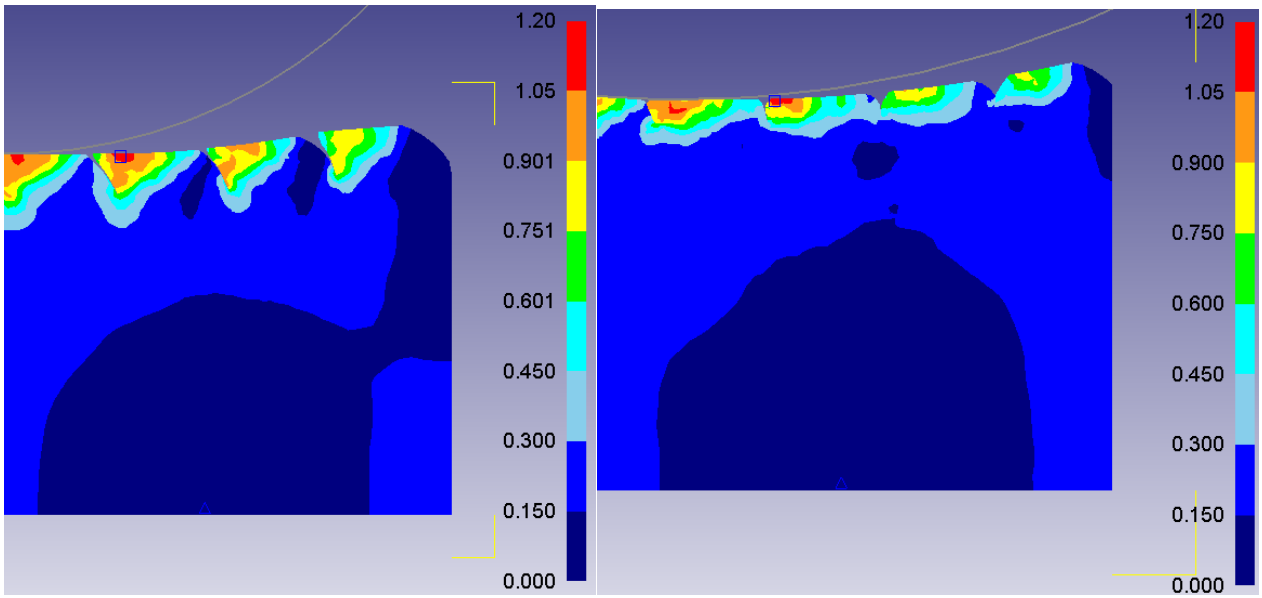


Рисунок 1. Гетерогенное упрочнение режуще-деформирующей обработкой ППД.

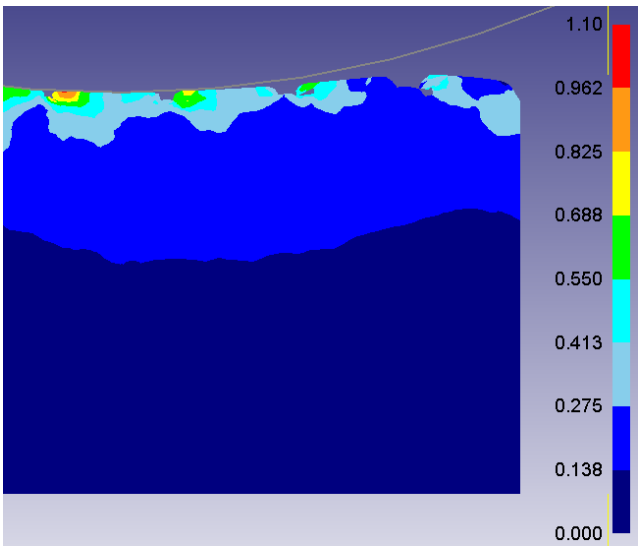
С точки зрения технологии изготовления наиболее предпочтительным является профиль треугольной и круглой формы. Для сравнения результатов ППД профилей различной формы проведено моделирование процесса методом конечных элементов (МКЭ) [1, 5, 6]. Для моделирования ППД использовалась программа DEFORM 2D. Механические свойства материала (сталь 45) задавались из встроенной базы DEFORM. Скорость деформации составляла 5 мм/с.

Эквивалентные деформации при ППД волнистого рельефа шагом 1 мм с различной формой профиля, полученные при моделировании с помощью МКЭ, приведены на рисунке 2.

Из рисунка 2 видно, что более остроконечный профиль позволяет получить большую степень деформации и, следовательно, степень упрочнения. Однако при обкатывании острого профиля возможно образование складок–закатов. В связи с этим, наиболее предпочтительным для гетерогенного упрочнения режуще-деформирующей обработкой ППД представляется использование треугольного профиля с углом 90°. Шаг рельефа при ППД не должен превышать 1 мм, а высота 0,5 мм.



треугольный 60° треугольный 90°



круглый

Рис. 2. Эквивалентные деформации при ППД волнистого рельефа с различной формой профиля

Выполнение приведенных рекомендаций позволит обеспечить существенное (до полутора раз) повышение усталостной прочности тяжелонагруженных поверхностей.

Список литературы

1. Афонин А.Н., Ларин А.И., Макаров А.В. Гетерогенное упрочнение деталей горно-металлургических машин поверхностным пластическим деформированием // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2015. – Т. 58. – № 11. – С. 823-827.

2. ИвановГ.П., КартоноваЛ.В., Худошин А.А. Повышение износостойкости деталей созданием регулярной гетерогенной макроструктуры // Строительные и дорожные машины. – 1997. – № 1. – С. 33-34.

2. КиричекА.В., Соловьев Д.Л. Создание гетерогенной структуры материала статико-импульсной обработкой // СТИН. – 2007. – №12. – С. 28-31.

3. СмелянскийВ.М., Земсков В.А. Технологическое повышение износостойкости деталей методом электроэрозионного синтеза покрытий // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2005.– № 1. – С. 27-35.

4. СтепановЮ.С., АфонинА.Н., КатунинА.А., Харламов А.А. Моделирование ротационной обкатки неполных сферических поверхностей// Известия ОрелГТУ. Машиностроение. Приборостроение. – 2008. – № 2-3/270 (545). – С. 58-61.

5. MohammadiF., SedaghatiR.,BonakdarA. Finite element analysis and design optimization of low plasticity burnishing process // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology,

February 2014, Volume 70, Issue 5-8, Pp 1337-1354.

УДК 624.01

ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ДИНАМИКИ РАБОТЫ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ МУФТЫ С ЗУБЧАТЫМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ ПЕРЕДАТОЧНЫМ МЕХАНИЗМОМ

Бородина М.Б.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова
(филиал) ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС»
309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42
borodina_marina@mail.ru, +7(910) 369-71-21

Аннотация. В статье рассматриваются подходы создания математической модели динамических процессов гидромеханической муфты с зубчатым дифференциальным передаточным механизмом. Теоретические исследования, проведённые на базе представленных подходов решения уравнений математической модели, позволят выбрать рациональные параметры муфты.

Ключевые слова:гидромеханическая муфта; динамические нагрузки; защита привода; зубчатый дифференциальный передаточный механизм; математическая модель.

APPROACHES TO MODELING OF DYNAMICS OF THE HYDROMECHANICAL COUPLING WITH A DIFFERENTIAL MECHANISM

Borodina M.B.

StaryOskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS»,
Russia, StaryOskol

Abstract. The report discuses the approaches of creation of mathematical model of dynamic processes of hydromechanicalcoupling with a differential gear mechanism. Theoretical studies carried on the basis of the presented approaches to solving the equations of the mathematical model will make it possible to choose the rational parameters of the coupling.

Key words:hydromechanical coupling; dynamic loads; the protection of the actuator; planetary differential gear; mathematical model.

В металлургической и горной промышленности высокая динамика, обусловленная технологией производства, либо нарушением режимов работы оборудования весьма часто приводит к появлению в системе механизмов таких нагрузок, которые негативно отражаются

на надежности оборудования. Поэтому проблема демпфирования высокоинтенсивных нагрузок импульсного характера тяжело нагруженных машин в настоящее время является актуальной.

Одной из наиболее перспективных упругих муфт, способных решить эту проблему является гидромеханическая муфта с планетарным дифференциальным передаточным механизмом [1]. Гидромеханическая муфта с одним из вариантов зубчатого дифференциального механизма (рисунок1) передаёт момент от ведущего вала 1, связанного с валом двигателя, валу 2, связанному с технологической машиной. Вал 3 связан с гидромашиной 4. Принцип действия муфты подробно представлен в патенте [1].

Потенциальные возможности гидромеханических муфт с зубчатым дифференциальным передаточным механизмом достаточно велики, так как муфта может работать как пускозащитная, упруго-демпфирующая и предохранительная.

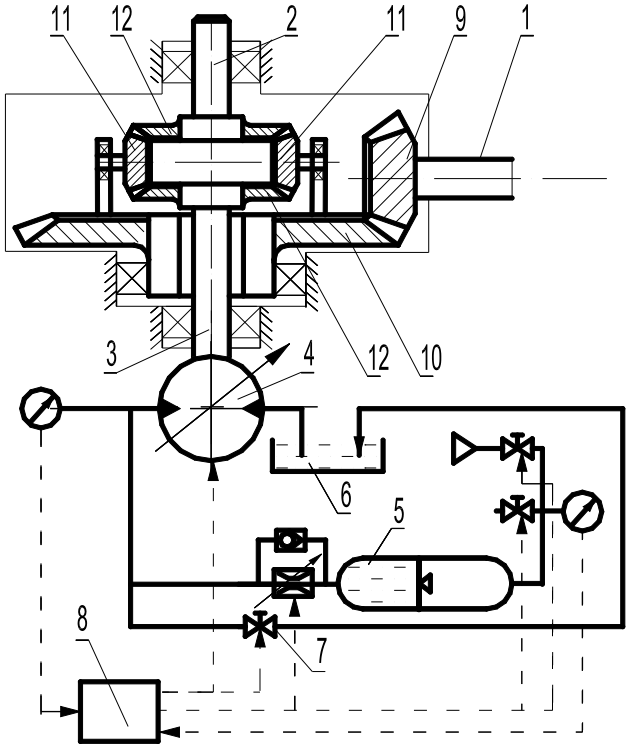


Рисунок 1. Гидромеханическая муфта с дифференциальным зубчатым передаточным механизмом:

1, 2 – ведущий и ведомый валы; 3 – вал гидросистемы; 4 – гидромашина; 5 - гидроаккумулятор; 6 – сливная ёмкость; 7 – управляемый кран; 8 – система управления; 9 – коническая шестерня; 10 – коническое колесо с водилом; 11 – сателлиты; 12 – конические колёса

При проведении исследований динамики работы муфты была разработана

математическая модель на базе уравнений Лагранжа 2-го рода с учетом механической характеристики привода и процессов, проходящих в гидросистеме муфты [2]

$$\begin{cases}\left(J_{\text{пр1}}+J_{пр2}\right)\cdot\ddot{\varphi}_{\text{ГС}}+J'_{\text{пр}}\cdot\ddot{\varphi}_2=M_{\text{Д}}-M_{\text{Г}}-M^{T}_{жид}\\ \left(J_{\text{пр1}}+J_{пр3}\right)\cdot\ddot{\varphi}_2+J'_{\text{пр}}\cdot\ddot{\varphi}_{\text{ГС}}=M_{\text{Д}}-M_{\text{С}}\end{cases} \quad (1)$$

где $J_{пр1}$, $J_{пр2}$, $J_{пр3}$ - приведённые моменты к валам 1,2 и 3 (рис.1) соответственно; $M_{Д}$ - момент на валу 1 со стороны электродвигателя, который определяется из механической характеристики двигателя [3]; M_{C} - момент сопротивления на валу 2 со стороны технологической машины, который задаётся исходя из исследуемого режима работы; $M_{Г}=M_{Г0}+c\cdot\varphi_{\text{ГС}}$ - момент, действующий на вал гидромашины; $M_{Г0}=p_0\cdot\omega$ - момент, создаваемый начальным давлением в гидросистеме; $c=\dfrac{p_0\cdot\omega^2}{V_0-\omega\cdot\varphi_{ГС}}$ - коэффициент жёсткости гидроупругого элемента гидросистемы [2]; $M^{T}_{жид}=\mu\cdot\dot{\varphi}_{ГС}\pm\nu\cdot\dot{\varphi}^2_{ГС}$ - момент жидкостного трения при дросселировании рабочей жидкости; μ и ν -параметры демпфера, характеризующие соответственно трение при ламинарном и турбулентном течении жидкости через дроссельное отверстие и определяемые в зависимости от величины числа Рейнольдса [4].

Так как полученная модель содержит в себе нелинейные дифференциальные уравнения с непостоянными коэффициентами, то для решения полученной системы уравнений можно использовать два подхода: 1) линеаризовать полученные уравнения и решить систему линейных дифференциальных уравнений второго порядка аналитически, 2) решить систему полученных нелинейных дифференциальных уравнений численными методами, используя пакет прикладных программ Matlab.

Первый подход позволяет вывести аналитические зависимости, определяющие рациональные параметры, и разработать методику расчета параметров гидромеханической муфты. Но при составлении линеаризованной математической модели и при получении аналитических зависимостей были приняты определенные допущения, снижающие точность полученных расчётов.

Второй подход значительно точнее первого и позволяет получить графические зависимости для определения параметров муфты.

Для исследования работы муфты на этапе аварийного срабатывания первым методом были получены аналитические зависимости, а второй метод позволил проверить величину погрешности расчётов, проведённых первым методом.

Рассмотрим случай, когда в начальный момент времени момент сил сопротивления,

воспринимаемый валом 2 (рисунок 1) со стороны исполнительного органа механизма, резко изменяется от номинального значения до значения, значительно превышающего предельно допустимое, тогда вал 2 резко останавливается и его можно принять как заблокированный [5]. В этом случае механизм перестаёт быть дифференциальным (остаётся только одна степень свободы – вращение вала 3).

При линеаризации математической модели на этапе срабатывания были приняты допущения:

1. Процессы, происходящие при работе гидропневматического демпфера, являются изотермическими, в связи с чем, можно принять, что гидропневматический демпфер работает как упругий элемент с линейной характеристикой;

2. Коэффициент трения сопрягаемых поверхностей принимается постоянным;

3. Предполагаем работу электродвигателя на линейном участке его механической характеристики ($M_{ЭД} < 0{,}8 \cdot M_{ЭД\,К}$, где $M_{ЭД}$ - значение рабочего момента на валу электродвигателя, $M_{ЭД\,К}$ - критическое значение момента на валу электродвигателя);

4. Трением жидкости в гидросистеме пренебрегаем;

5. В аварийном случае величина момента сопротивления со стороны технологической машины увеличивается до бесконечности за бесконечно малый промежуток времени.

С учетом принятых допущений, на этапе аварийного срабатывания преобразуем систему (1) в уравнение [5]:

$$a \cdot \ddot{\varphi}_{ГС} + b \cdot \dot{\varphi}_{ГС} - c \cdot \dot{\varphi}_{ГС} = d \qquad (2)$$

где: $a = J_{пр1} + J_{пр2}$, $b = \beta \cdot k^2$, $d = \omega_0 \cdot \beta \cdot k \cdot (1 - f \cdot k_1) - M_{Г0}$ - постоянные коэффициенты линеаризованного дифференциального уравнения; β - модуль жёсткости линеаризованной механической характеристики ; k - передаточное отношение зубчатого механизма, ω_0 - угловая скорость холостого хода вала электродвигателя; k_1 – передаточное число конической передачи, f – коэффициент трения в опорном подшипнике.

В результате решения дифференциального уравнения по методу Эйлера, определили закон вращательного движения вала гидромашины [5], а также получили зависимость изменения момента на валу двигателя при срабатывании и определили время срабатывания муфты.

$$M_Д = \beta \cdot (\omega_0 - k(C_1 \cdot \lambda_1 \cdot e^{\lambda_1 \cdot t} + C_2 \cdot \lambda_2 \cdot e^{\lambda_2 \cdot t})) \qquad (3)$$

$$t_{\text{ср}} = p_0 + \frac{1}{\lambda_1}\ln\left(\frac{(p - p_0 - d)\cdot S_{\text{г}}\cdot \text{r}}{c\cdot C_1}\right) \qquad (4)$$

где $\lambda_{1,2} = \dfrac{-\beta\cdot k^2 \pm \sqrt{\beta^4\cdot k^4 - 4\cdot(J'_{\text{пр}} + J_2)\cdot c}}{2\cdot(J'_{\text{пр}} + J_2)}$ - корни характеристического уравнения; C_1, C_2 - постоянные интегрирования.

Было установлено, что $C_2 \to 0$, а первая постоянная интегрирования выражается согласно формуле $C_1 = \dfrac{\beta\cdot\omega_0 - M_{\text{Д}}}{\beta\cdot k\cdot(\lambda_1 - \lambda_2)}$.

Анализируя полученные зависимости, пришли к выводу, что на время срабатывания муфты влияет начальное давление в гидросистеме, которое можно изменять, настраивая муфту на оптимальный режим работы.

При исследовании математической модели численными методами, получили зависимости момента срабатывания от времени при разных значениях начального давления (рисунок 2). Эти зависимости позволяют определить максимальный момент при срабатывании и время срабатывания муфты.

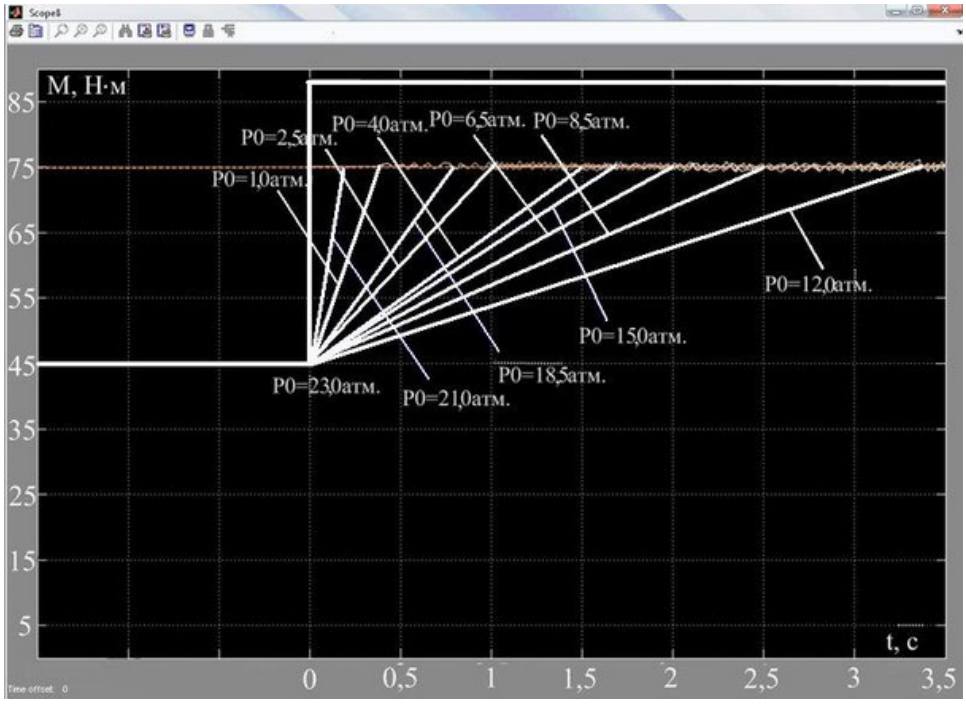


Рисунок 2. Зависимость момента срабатывания муфты от времени при различных начальных давлениях в гидропневмодемпфере $p \in [1{,}0\text{атм}; 23{,}0\text{атм}]$ и фиксированном расходе $Q = 40\text{л/мин}$

При начальном давлении $p_0 = 1{,}2\text{МПа}$ и расходе жидкости $\text{Q} = 16\cdot 10^{-4}\,\text{м}^3/\text{с}$ время срабатывания $t_{\text{ср}} = 2{,}65\text{с})$, что полностью совпадает со значением времени срабатывания,

полученным из аналитической зависимости. Момент срабатывания при этом равен $M_{д} = 75{,}5 \text{Н} \cdot \text{м}$, что менее чем на 1% (0,67%) отличается от теоретического значения, полученного в результате решения уравнений математической модели, построенной на базе уравнения Лагранжа 2 рода. Это говорит о высокой точности величин, рассчитанных по аналитическим зависимостям, что позволяет использовать эти зависимости при расчете рациональных параметров муфты.

Список литературы

1. Бородина М.Б., Савин Л.А., Шевченко А.Г., Шевченко Б.А. Гидромеханическая муфта. Патент РФ № 2536035 на изобретение. МПК F16D 25/06, F16D 3/34, F16D 31/00. Бюл. № 35. Опубл. 20.12.2014.

2. Бородина М.Б., Мироненко С.В., Шевченко Б.А. Моделирование динамики работы гидромеханической муфты с планетарным дифференциальным передаточным механизмом // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2014. – № 2 (304). – С. 44-50.

3. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для ВУЗов. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – С.205-212.

4. Свешников В.К., Усов А.А. Станочные гидроприводы. Справочник. — 2-е изд ,перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1988. – 512 с.

5. Мироненко С.В. Обоснование параметров гидромеханических муфт с дифференциальным зубчатым передаточным механизмом – диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Тульский государственный университет. Тула, 2016. – 137с.

УДК 631.3004.67

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РЕНОИЗДЕЛИЙ В АВТОРЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Лебедев В.А., Марченко Ю.В., Попов С.И., Марченко Э.В., Донцов Н.С.

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены показатели качества реноизделий, критерии работоспособности деталей и методы достижения показателей качества.

Ключевые слова:ремонт и восстановление изделий; показатели качества реноизделий.

METHODS TO ENSURE QUALITY PRODUCTS IN CAR REPAIR PRODUCTION

Lebedev V.A., MarchenkoYu.V., Popov S.I., Marchenko E.V., Dontsov N.S.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract. The article describes the indicators of the quality of products, criteria of efficiency of parts and methods to achieve quality indicators.

Key words: repair and restoration products; quality of products.

Известно, что работоспособное состояние изделия – это такое состояние, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданную функцию, соответствуют требованиям нормативной документации. Если хотя бы один из этих параметров не отвечает требованиям нормативной документации, то это изделие признается неработоспособным. Как показывает опыт, ресурс любого изделия ограничивается 2…3 десятками деталей, которые наиболее интенсивно изнашиваются.

Предельное состояние деталей определяется тем, что ее дальнейшее применение по назначению технически невозможно или экономически нецелесообразно. При достижении предельного состояния деталь может обладать или нет остаточной долговечностью. В первом случае деталь может быть восстановлена, а во втором она отправлена в утиль. Примером состояния детали, при которых ее восстановление невозможно, может служить:

- необратимые явления усталости;
- межкристаллитная коррозия металлических материалов;
- потеря прочности деталей из полимерных материалов в результате старения.

Одним из основных показателей качества машин, механизмов и деталей является технологичность их конструкции. Технологичность изделийпроявляется в процессе их производства (производственная технологичность) и в процессе их эксплуатации (эксплуатационная технологичность).

При обеспечении эксплуатационной технологичности изделия решаются следующие основные вопросы:

- приспособленность ренопригодного изделия к применению (управлению) на новом уровне;
- удобство проведения профилактических работ технического обслуживания и сокращения их трудоемкости;
- удобство проведения ремонтно-восстановительных работ и сокращение их трудоемкости;
- удобство разборки при ремонте;
- сокращение расходов запасных частей.

Требования к ренодетали должны обеспечить максимальное соответствие ее конкретным условиям применения:

- основными требованиями к любой ренодетали независимо от области его применения являются соответствие своему назначению и высокая производительность; обеспечение высокого качества, надежности и дальнейшей ремонтопригодности. Этими требованиями обеспечивается сохранение функциональных свойств восстановленной детали на расчетный (гарантийный) срок годности, а также на межремонтный период после проведения плановых восстановительных ремонтов;

- ренодеталь должна иметь конкретное целевое назначение и обладать: удобством применения; функциональными свойствами, необходимыми для выполнения нужных действий. Условия применения восстановленной детали оговариваются в паспорте или инструкции по эксплуатации;

- конструкция ренодетали и конструкторская документация на ее восстановление разрабатываются с учетом изготовления этой детали конкретными технологическими способами на конкретном реновационном производстве. Производственная база предприятия-изготовителя должна обеспечить возможность изготовления ренодетали с наименьшими затратами. Конструктор должен считаться с существующим на соответствующем предприятии оборудованием и оснасткой, необходимыми для изготовления детали. Необходимо также учитывать квалификацию персонала, изготовляющего ренодеталь и состояние технологической дисциплины на предприятии. В то же время конструкция ренодетали и конструкторская документация на нее не должны препятствовать внедрению более прогрессивной технологии и ее непрерывному улучшению;

- разрабатываемая ренодеталь должна соответствовать конкретным условиям технической подготовки производства и быть согласованным со службами, предприятиями и организациями, участвующими в ее изготовлении. Разрабатывая ренодеталь, конструктор должен считаться с поставками по кооперации материалов, вложения, составов покрытий, используемых в разработке, с дефицитностью и возможностью их получения в необходимом количестве;

- ренодеталь должна соответствовать требованиям стандартов, технических условий, правил, инструкций, норм. Изготовление ренодетали в соответствии с действующими нормативно-техническими материалами будет способствовать охране труда обслуживающего персонала и охране окружающей среды.

Качество восстановленной продукции – это совокупность новых свойств, которые свидетельствуют о её пригодности удовлетворять в дальнейшем определенные потребности в соответствии с её назначением.

Восстанавливаемые ренодетали относятся к продукции, которая расходует свой ресурс при использовании, в отличие от продукции, которая расходуется во время использования сама.

Восстановление изделия представляет собой сложный комплекс по восстановлению показателей их качества до требований нормативно-технической документации.

Качество восстановления в значительной степени определяет качество отремонтированного изделия. Оно будет, тем выше, чем ближе уровень качества восстановленной продукции к уровню качества продукции не бывшей в эксплуатации. Оно зависит от качества технологии и ремонтной документации, ремонтного оборудования и инструмента, запасных частей, а также качества труда работников, ремонтирующих реноизделие.

Оценка качества восстановления является одним из основных мероприятий по управлению качеством; она должна выполняться систематически, согласно графика планово-предупредительного ремонта.

Наиболее критичными показателями качества являются: показатели назначения изделия и надежность.

Показатели назначения характеризуют способность восстановленной ренодетали выполнять функции, ради которых она создавалась (передавать движения, моменты или усилия, ориентировать другие детали в узлах и агрегатах и т.д.), характеризуют полезный эффект от использования восстановленной продукции по назначению. Оценка показателей назначения ренодеталей входит в программу их функциональных испытаний.

Надёжность – одно из основных эксплуатационных свойств машин и их частей. Согласно ГОСТ 27.002-80 под надёжностью понимают свойство объекта сохранять во времени и в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Надёжность – это комплексное свойство, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применение включает: безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость или сочетание этих свойств. Надежность восстанавливаемой детали зависит в основном то качества восстановления и условий эксплуатации. Для оценки надёжности восстановленных деталей применяют в качестве показателя работоспособность.

Критерии работоспособности и причины выхода деталей машин из строя можно

разбить на 3 группы.

К первой группе относятся ренодетали, работоспособность которых лимитируется износостойкостью трущихся поверхностей. В зависимости от вида износа следует применять различные методы упрочнения:

- при абразивном износе эффективны упрочнения поверхностей закалкой, химико-термической обработкой (цементация, азотирование, цианирование, сульфидирование, наплавкой, гальваническая обработка поверхностного слоя, хромирование, борирование и др.);
- при коррозионно- и молекулярно-механическом износе кроме перечисленных методов можно применять упрочнение поверхностно-пластическим деформированием с созданием большой глубины наклепа, упрочнение поверхности закалкой и химико-термической обработкой, а также комбинацию последних методов с последующим наклепом.

Ко второй группе относятся детали, выходящие из строя в результате трущихся поверхностей и разрушения поверхностей контакта. По характеру работы они являются средненагруженными и подвержены переменным напряжениям. Явления усталости у этих деталей наблюдаются главным образом в поверхностном слое. Рекомендуемые методы упрочнения:

- поверхностно-пластическое деформирование (глубина наклепа 0,5 мм и более);
- поверхностная закалка;
- химико-термическая обработка, в том числе и наклеп.

К третьей группе относят тяжелонагруженные детали, так как их материал подвержен переменным напряжением, величина, которая может быть выше предела выносливости. Детали этой группы выходят из строя от действия различных явлений усталости, вызывающих разрежение по всему сечению детали. Методы их упрочнения: поверхностно-пластическое деформирование, поверхностная закалка, химико- термическая обработка, в сочетание двух последних методов с последующим наклепом. Применение методов упрочняющей технологии повышает долговечность деталей машин, сокращает потребность в материалах и запасных частях, позволяет уменьшить габаритные размеры и массу деталей вследствие повышения допускаемых напряжений, а также снижает расходы на изготовление и восстановление машины в целом.

Оценка показателей надежности деталей входит в задачу испытаний их на надёжность. Следует вместе с тем признавать, что фактическая наработка техники, прошедшей реновацию, с восстановленными деталями несколько уступает нормативным показателям и наработкам новых изделий.

Безотказность – свойство детали сохранять работоспособность состояние в течение некоторого времени или наработки. Свойство оценивают, например, вероятностью безотказной работы или средней наработкой до отказа.

Долговечность – свойство детали сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для восстановления. Показателями долговечности служат ресурс и срок службы. Ресурс-это наработка детали до предельного состояния, а срок службы – календарная продолжительность ее эксплуатация ресурса.

Ремонтопригодность – свойство объекта или его элемента заключающееся в их способности поддерживать и восстанавливать работоспособное состояние путем технического обслуживания и ремонта. Ремонтопригодность - это приспособленность ренодетали или её элементов к предупреждению, обнаружению и устранения отказов путем восстановления. К показателям ремонтопригодности относят вероятность и среднее время восстановления, удельную и среднюю трудоёмкости технического обслуживания и ремонта.

Сохраняемость – свойство восстановленной детали непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течении срока использования.

Экономические показатели применяются для сопоставления эффекта от изменения технических решений по восстановлению изделия и затрат на их реализацию.

Ряд значений восстанавливаемых свойств деталей определен нормативной документацией; они являются ограничениями, которые обеспечивают не менее 80%-ную послеремонтную наработку детали от наработки нового изделия.

При восстановлении деталей следует довести до нормативных значений следующие показатели:

- промышленную чистоту поверхностей ренодетали (очистка от накипи, загрязнений);
- износостойкость трущихся поверхностей (нанесение покрытий);
- сплошность, прочность, структуру и строениематериала (покрытие, использование дополнительных элементов с помощью сварки);
- прочность и усталостную прочность;
- жестокость упругих деталей (восстанавливают поверхностным и объемным ППД);
- форма, размеры, взаимное расположение поверхностей детали;
- шероховатость рабочих поверхностей;
- значение массы детали и ее распределение относительно осей вращения и инерции;
- коррозионную стойкость (гальванические и лакокрасочные).

Промышленную чистоту поверхности детали восстанавливают путем их очистки от эксплуатационных и технологических загрязнений. Наибольшую трудность представляет очистка поверхностей от прочных эксплуатационных загрязнений (накипи, нагара и

асфальтосмолистых загрязнений) во внутренних полостях и каналах.

Износостойкость трущихсяповерхностей восстанавливают нанесением восстановительных покрытий необходимого состава, термической (химико-термической) обработкой и поверхностным пластическим деформированием.

Необходимые, химический состав материала поверхностного слоя и его структура достигаются нанесением покрытий из соответствующих материалов в защитных или активных средах в заданных температурных условиях. Большое значение при этом имеет последующая термическая или химико-термическая обработка.

Прочность детали восстанавливают установкой и закреплениемдополнительных элементов, и сваркой. Сплошность и герметичность стенок деталей восстанавливают наложением сварочных швов (валиков) и пропиткой герметизирующими составами.

Усталостную прочность элементов и жесткость детали восстанавливают соответственно поверхностным и объемным пластическим деформированием материала.

При черновой механической обработке снимают основную часть операционного припуска. Если условно разделить этот вид обработки на две части, то в первой обеспечивают нужное взаимное расположение поверхностей детали, а во второй – форму ее геометрических элементов. Точности взаимного расположения поверхностей достигают выбором технологических баз и ориентированием детали относительно движущегося инструмента, а точность формы – жесткостью и точностью оборудования, выбором инструмента и режимами обработки.

Черновая обработка обычно лезвийная, выполняется на токарных, расточных и фрезерных станках. Реже она бывает абразивной.

В результате чистовой обработки получают заданную точность размеров и шероховатость поверхностей, близкую к нормативной. Чистовая обработка для шеек валов – это в большинстве случаев абразивная обработка, а для отверстий – тонкое растачивание и их хонингование.

Детали, воспринимающие знакопеременную нагрузку, проходят после чистовой обработки операцию поверхностного пластического деформирования, назначение которого – закрыть микротрещины и создать наклепанный слой с внутренними напряжениями сжатия. Поверхностное пластическое деформирование реализуется механическими или термомеханическими способами.

Назначение отделочных операций (полирование, суперфиниширования, хонингования) заключается в снятии разупрочненного в результате механической обработки слоя и обеспечении требуемой шероховатости поверхности.

Взаимное расположение, форму, размеры и шероховатость рабочих поверхностей

восстанавливают механической обработкой этих поверхностей, в большинстве случаев после нанесения восстановительных покрытий. Взаимное расположение рабочих поверхностей можно восстанавливать и пластическим деформированием материала ренодетали путем ее правки.

Обеспечение заданной шероховатости является одним из важнейших параметров качества восстановленного реноизделия.

Необходимого значения массы ренодетали и ее распределения относительно осей вращения и инерции достигают установкой уравновешивающих грузов требуемой массы в определённых местах детали или соответствующим удалением части ее материала.

Коррозионную стойкость ренодетали восстанавливают нанесением защитных покрытий (гальванических, механохимических или лакокрасочных).

На обработанных деталях находятся технологические загрязнения (стружка, зерна абразивного инструмента, оснастки СОТС, полировальные пасты и др.), которые способны в течение нескольких часов работы изделия вызывать отказ системы смазки отремонтированного агрегата или агрегата в целом. Восстановленные детали, направляемые на сборку, должны быть очищены от этих загрязнений. Особое внимание следует уделять очистке масляных каналов и внутренних полостей в деталях.

В процессе контроля устанавливают соответствие фактических значений свойств восстанавливаемой детали значениям, которые установлены нормативной документацией. На основании этого сопоставления принимают решение о годности детали.

Операция контроля заключается в установлении соответствия состояния восстановленной детали требованиям технической документации (чертежа или карты технического контроля). Контрольная операция должна быть оснащена средствами для измерения геометрических параметров, значений физико-геометрических свойств и других характеристик. С помощью приборов должна быть оценена:

- промышленная чистота обработанных поверхностей;
- точность выполнения изделий в целом.

Для реализации поставленных задач необходимо регламентировать и ввести в нормативную документацию на восстановление ренодеталей параметры структуры и строения материала ренодетали, значения величин износостойкости, прочности и усталостной выносливости элементов и коррозионной стойкости поверхностей.

На операциях создания ренозаготовки в основном формируют состав материала рабочих поверхностей детали путем выбора материала наносимого слоя или покрытия и условий его нанесения, что в значительной мере определяет в дальнейшем надежность детали. Необходимая совокупность структуры и свойств восстановленных поверхностей

может быть обеспечена термической, химико-термической и механической обработкой. Вид и свойства восстанавливаемого покрытия, с одной стороны, и способ его обработки, с другой, должен быть совместимы между собой.

Численные значения свойств по толщине восстанавливаемого покрытия и материала детали должны изменяться не скачкообразно, а плавно по установленному закону. Слой покрытия ближе к основе обеспечивает прочное соединение покрытия с материалом ренодетали, в том числе и гарантирует усталостную прочность.

Список литературы

1. Лебедев В.А., Самодумский Ю.М., Марченко Ю.В., Гончаров В.А., Иванов В.В. Технология и организация восстановления деталей и сборочных единиц: учеб. пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2012. – 269 с.

2. Попов С.И., Валявин В.Ю., Подуст С.Ф., Линькова Е.Ф., Юрьева В.В. Диагностирование и испытание электрооборудования транспортных машин: учеб. пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2010. – 115 с.

3. Марченко Э.В., Попов С.И., Марченко Ю.В., Донцов Н.С., Иванов В.В., Скудина А.А. Технические измерения на транспорте: учеб. пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2017. – 81 с.

4. Иванов В.В., Попов С.И., Марченко Э.В., Марченко Ю.В. Продолжительность нанесения вибрационного механохимического твердосмазочного покрытия MOS_2// Международная научно-техническая конференция «Полимерные композиты и трибология» (ПИЛИКОМТРИБ - 2015), 23-26 июня. – Гомель, 2015. – С. 165.

5. Марченко Э.В., Попов С.И., Марченко Ю.В., Донцов Н.С.Метод нанесения твердосмазочных материалов на стальной канат в процессе его производства // Виброволновые процессы в технологии обработки деталей высокотехнологичных изделий: Сборник трудов международного научного симпозиума технологов-машиностроителей, 3-6 октября. – Ростов н/Д, 2017. – С. 131-134.

УДК 621.787; 621.99

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИКО-ИМПУЛЬСНОГО УПРОЧНЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ РЕЗЬБ В СИСТЕМЕ САПР DEFORM-3D

Мартынов Е.М.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова

(филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС»

309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42

tomm_sti_misis@mail.ru

Аннотация. Рассмотрено моделирование операции статико-импульсной обработки с использованием метода конечных элементов для оценки напряженно–деформационного состояния поверхностного слоя детали.

Ключевые слова**:** поверхностно-пластическое деформирование; статико-импульсное упрочнение; ударное упрочнение.

MODELING STATIC-PULSE HARDENING OF LARGE THREADS IN THE CAD SYSTEM DEFORM-3D

Martynov E.M.

StaryOskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS», Russia, StaryOskol

Annotation. The simulation of the operation of static-impulse processing using the finite element method for estimating the stress-strain state of the surface layer of a part is considered.

Keywords: surface-plastic deformation; static-pulse hardening; hardening of shock.

Одной из актуальных проблем восстановления и ремонта оборудования деталей горнодобывающей и транспортной отрасли является увеличение надёжности и долговечности оборудования, что позволит сократить простои и убытки производства.Основная причина выхода из строя узлов и механизмов технологического оборудования предприятий горно-обогатительного передела, работающих в тяжёлых эксплуатационных условиях, является усталостное изнашивание. Усталостная прочность машин и механизмов в значительной степени определяются показателями качества поверхностного слоя их рабочих поверхностей. В настоящее время используется множество способов повышения прочности деталей: объёмный наклёп, поверхностный наклёп, термообработка и т.д.

Такой вид упрочнения как поверхностное пластическое деформирование (ППД) является одним из наиболее эффективных. ППД обеспечивает значительное повышение усталостной прочности при разнообразных условиях нагружения. Данный метод заключается в следующем – под давлением инструмента микронеровности поверхности детали пластически деформируются, заполняя микровпадины обрабатываемой поверхности, что способствует повышению твердости поверхностного слоя. При этом в поверхностном слое возникают напряжения, способствующие повышению износостойкости от 50 до 100 % и повышение усталостной прочности на 35-70 % [4, 5].

Известно, что значительное повышение эксплуатационных свойств деталей машин может быть достигнуто путем формирования на их рабочих поверхностях чередующихся участков высокой и низкой твердости – гетерогенной структуры. Чередование в гетерогенном слое упрочненных твердых участков с менее упрочненными вязкими способствует торможению развития микротрещин и повышению усталостной прочности материала [2].

Одной из актуальных задач на сегодня является повышение прочности и износостойкости резьбовых соединений. Традиционные методы упрочнения ППД не способны обеспечить крупные тяжелонагруженные резьбы должной степенью и глубиной упрочнения. Исправить возникшие проблемы возможно с применением ударных методов поверхностного пластического деформирования, в частности статико-импульсной обработкой (СИО) [1, 3]. СИО осуществляется в условиях сочетания периодического динамического и постоянного статического воздействия деформирующего инструмента на обрабатываемую поверхность. Данное воздействие позволяет создавать большие напряжения в пятне контакта инструмента и заготовки. Глубина упрочнения при СИО может достигать 10 мм и более при степени упрочнения до 100%. Проводимые экспериментальные исследования на плоских поверхностях показали, что в ряде случаев рационально выбранное гетерогенное упрочнение может повысить усталостную прочность в 2 и более раза.

Для реализации СИО крупногабаритных резьб может быть использовано различное оборудование: гидравлическое, пневматическое, электрическое и т.д. [3]. Для упрочнения резьб на деталях горно-металлургического оборудования представляется целесообразным использование электрических ударников. Электрические ударники имеют достаточно высокую энергию удара (более 40 Дж), обеспечивая при этом высокую стабильность параметров ударного импульса на всем протяжении обработки, простоту обслуживания, имея при этом самую низкую стоимость из всего возможного оборудования [7].

Широкое применение статико-импульсной обработки для упрочнения крупногабаритных резьбовых деталей сдерживается отсутствием научно-обоснованных

требований к режимам обработки, оптимальному распределению упрочненных участков по объему рабочей поверхности для различных условий эксплуатации и материалов детали. Выявление характера влияния параметров гетерогенно упрочненного слоя и режимов СИО на эксплуатационные характеристики деталей машин является сложной научной задачей, решение которой позволит существенно повысить качество изделий машиностроительного производства [6].

Для оценки напряженно–деформационного состояния целесообразно произвести моделирование операции СИО с использованием метода конечных элементов. Моделирование будет осуществляться в программном комплексе DEFORM–3D [1]. Моделирование процесса необходимо осуществить следующим образом: в редакторе Kompas-3D будут созданы трёхмерные модели рабочего инструмента (упрочняющий ролик) и резьбовой заготовки, которые совмещаются в сборку. Далее полученная сборка импортируется в DEFORM, где модель с разбивается на конечно–элементную сетку, состоящую из 100000 элементов. Модели упрочняющих роликов на КЭ сетку не разбивались. Модели задаются параметры взаимного расположения, выбирается материал изготовления ролика и упрочняемой заготовки. Исходными данными материала будет являться аналог стали по реологическим свойствам, т.к. база материалов DEFORM не содержит отечественных марок, поэтому сталь выбирают как наиболее близкий аналог. Далее модели задаютсяперемещения (рисунок 1).

Затем изменяем такие свойства материала как: деформирование, температура и твердость. Во вкладке настройки задачи необходимо выбрать режим моделирования, тип и единицы измерения, число шагов расчета и интервал сохранения шагов. После того, как мы учли и установили все необходимые параметры для расчёта генерируем базу данных (рисунок 2).

Сгенерировав базу данных переходим к расчёту нашей задачи. После расчёта задачи необходимо использовать POSTPROCESSORDEFORM-3Dдля анализа, обработки и использования данных расчёта нашей задачи. Результатом моделирования будут являться возникшие напряжения и деформации.

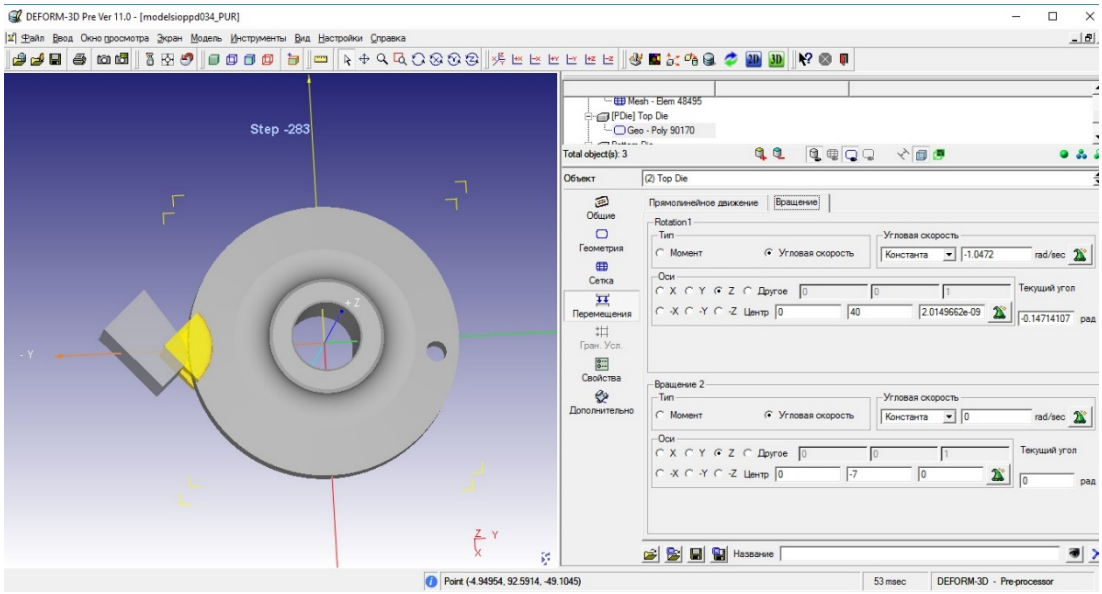


Рисунок 1.

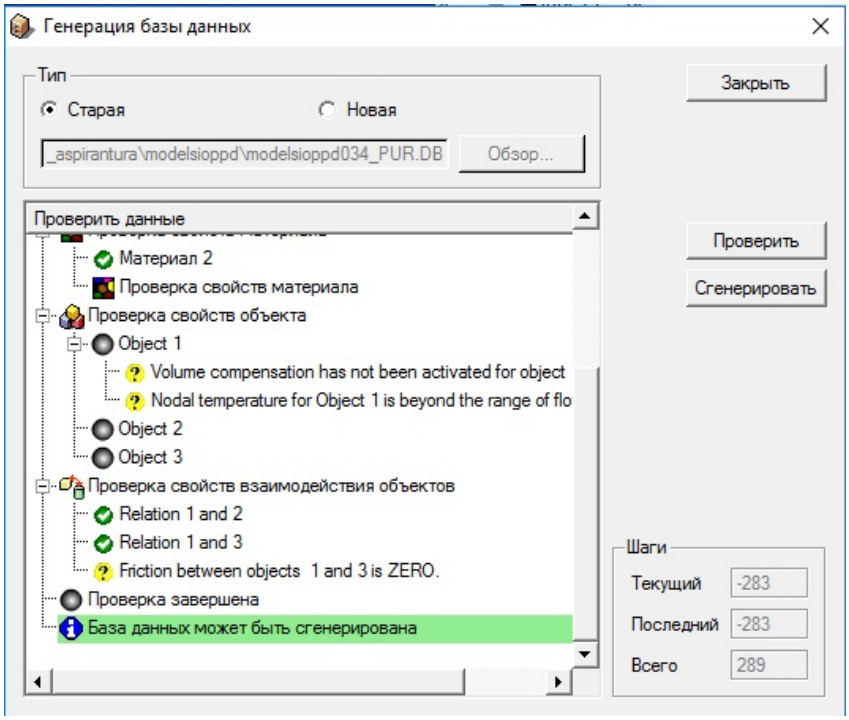


Рисунок 2.

Моделирование СИО резьбв системе DEFORM-3D позволит подбирать энергию и частоту деформирующих импульсов, и скорость подачи, обеспечивающие требуемую степень, глубину и равномерность упрочнения, без проведения дорогостоящих натурных экспериментов.

Список литературы

1. Киричек А.В., Афонин А.Н. Исследование контактного взаимодействия при накатывании резьб и профилей с динамическим нагружением инструмента // Известия ОрелГТУ. Серия

«Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии». – 2009. – № 2-2/274(560). – С. 72-77.

2.Афонин А.Н., Ларин А.И., Макаров А.В. Гетерогенное упрочнение деталей горно-металлургических машин поверхностным пластическим деформированием // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2015. – Т. 58. – № 11. – С. 823-827.

3. Киричек А.В., Соловьев Д.Л., Лазуткин А.Г. Технология и оборудование статико-импульсной обработки поверхностным пластическим деформированием. Библиотека технолога. – М.: Машиностроение, 2004. – 288 с.

4. Технология и инструменты отделочно-упрочняющей обработки деталей поверхностным пластическим деформированием: Справочник. В 2-х томах / С.К. Амбросимов, А.Н. Афонин, А.П. Бабичев и др. Под общ. ред. А.Г. Суслова. – М.: Машиностроение, 2014.

5. Мартынов Е.М. Статико-импульсное упрочнение крупногабаритных резьб. Вестник научных конференций. – 2016. – № 4-5 (8). – С. 130-132.

6. Мартынов Е.М., Афонин А.Н. Упрочнение крупногабаритных резьб деталей машин горно-металлургического оборудования.//Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: материалы Двенадцатой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Старый Оскол: СТИ НИТУ «МИСиС», 2015. – Т. II. – С. 79.

УДК 631.3004.67

ФАКТОРЫ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ ИЗДЕЛИЙ В АВТОРЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Марченко Ю.В., Лебедев В.А., Попов С.И., Марченко Э.В.

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы ремонтно-восстановительного производства, жизненный цикл изделий, критерии оценки ремонтопригодности.

Ключевые слова: ремонт и восстановление изделий; жизненный цикл изделий.

FACTORS OF MAINTAINABILITY PRODUCTS IN CAR REPAIR PRODUCTION

MarchenkoYu.V., Lebedev V.A., Popov S.I., Marchenko E.V.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract. In the article the questions of the repair of production, the life cycle of products, the evaluation criteria maintainability.
Key words:repair and recovery of products; life cycle products.

Первичное изготовление средств и объектов материального производства из материалов и сырьевых полуфабрикатов осуществляют на машиностроительных заводах. Однако отрасли машиностроения в дальнейшем не ремонтируют свои изделия. Сложившаяся практика использования техники показывает, что функции ее восстановления при выходе из строя выполняют отрасли, потребляющие изделия, организуя для этого ремонтно-восстановительные производства. Реноизделие, как и любое изделие является целенаправленным объектом производства.

Ремонтно-восстановительное производство включает в себя заводы и специализированные предприятия, цеха или участки по ремонту автомобилей, тракторов, бронетехники, самолетов, судов, тепловозов. По своей мощности, функциям и задачам это производство является крупной отраслью хозяйства, которая, по сути, осуществляет вторичное производство изделий. В настоящее время в эксплуатации находится больше отремонтированных машин, чем новых.

Технологическая составляющая в жизненном цикле изделия является основой и в его производстве, где реализуются разработанные технологические процессы, производятся их корректировка, совершенствование и контроль.

Это говорит о целесообразности объединения технологических аспектов всех этапов жизненного цикла изделия в единый технологический процесс.

Жизненный цикл изделия машиностроения представлен на рисунке 1. Он включает в себя производство заготовок, изготовление деталей, сборку и испытание готовых изделий, и их реновацию.

Ремонтопригодность – свойство изделия, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, отысканию и устранению причин и последствий повреждений (отказов) путем проведения технического обслуживания и ремонтно-восстановительных работ.

Качественно и количественно ремонтопригодность изделия можно оценивать по следующим факторам:

- конструктивная законченность и достаточно легкая отделяемость агрегатов, узлов и деталей, позволяющая организовывать сменно-узловой реновационный метод восстановления;

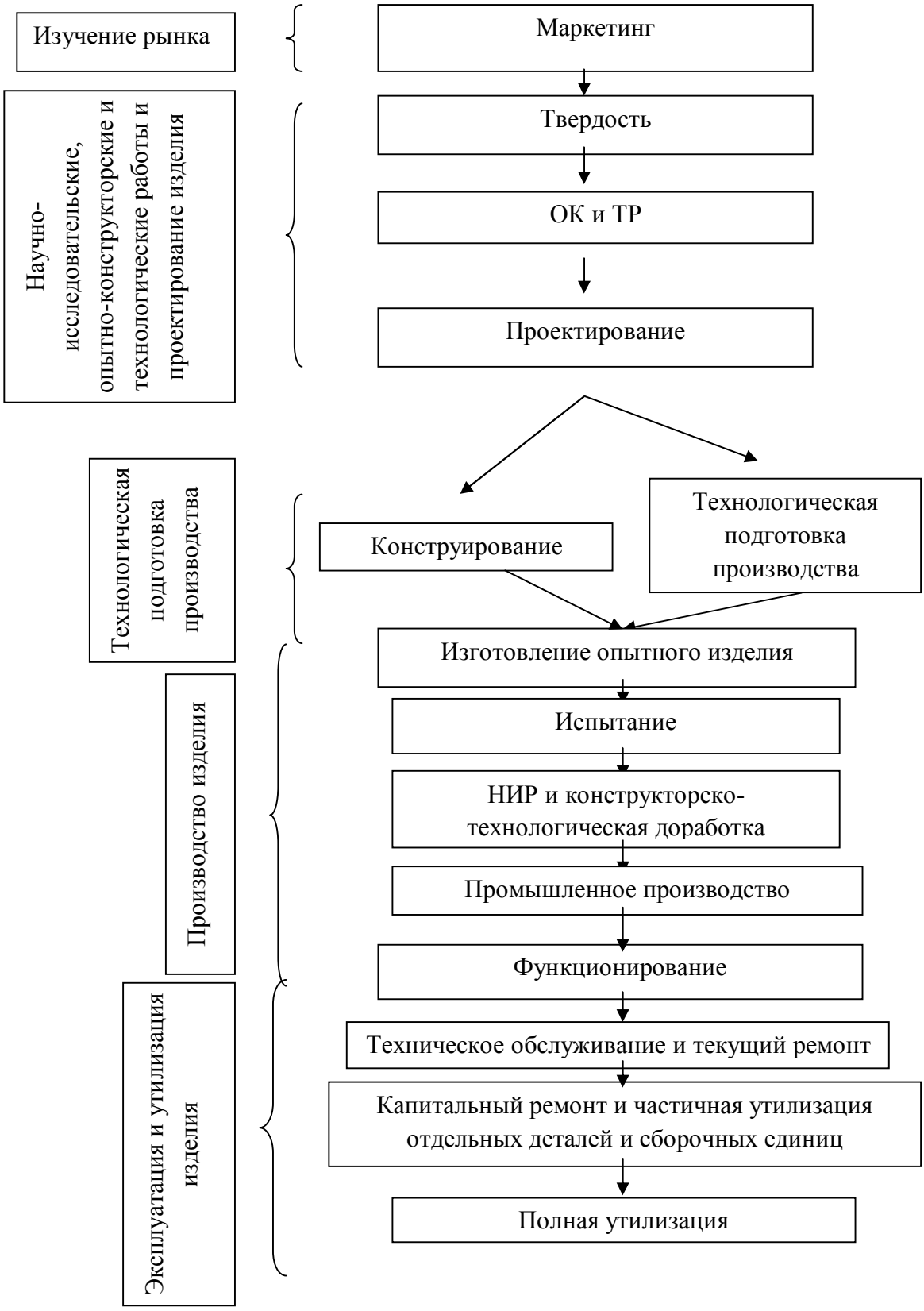


Рисунок 1. Жизненный цикл машиностроительного изделия

- унификация, типизация и нормализация узлов и деталей различных моделей машин в

пределах одной марки;

- обеспеченность замены быстро изнашиваемых сопряжений: компенсаторами, регулировочными устройствами и легкосменными деталями (втулками, кольцами, вкладышами и т.д.), позволяющими свести работы по техническому обслуживанию и периодическим ремонтам и монтажам, регулировочным и доводочным работам;
- несложность проведения разборно-сборочных и регулировочных работ;
- достаточная прочность и износостойкость деталей, обеспечивающих весь расчетный срок службы;

Чем технологичнее конструкция, тем выше ее ремонтопригодность.

При оценке технологичности конструкции ренопригодных машин, узлов, деталей, очень важно учитывать:

- форму детали, обеспечивающую применение прогрессивных методов восстановления заготовок с наименьшими припусками и минимальным числом обрабатываемых поверхностей;
- число наименований материалов, покрытий, применяемых при восстановлении деталей;
- массу деталей и машины в целом;
- взаимозаменяемость деталей и узлов с оптимальными значениями полей допусков;
- доступность поверхностей для проведения ремонтно-восстановительных работ, а также для наблюдения и контроля в процессе обработки;
- наличие поверхностей ренодетали, которые могут служить удобными и надежными базами и исключают необходимость использования вспомогательных баз;
- степень точности и шероховатости подвергаемых восстановлению поверхностей, отвечающих требованиям эксплуатации;
- жесткость конструкций деталей, обеспечивающих устойчивость при обработке (без вибрации) и позволяющая использовать высокие режимы резания;
- степень нормализации и унификации как деталей, так и ее отдельных элементов (посадок, резьб т.д.).

Список литературы

1. Лебедев В.А., Самодумский Ю.М., Марченко Ю.В., Гончаров В.А., Иванов В.В. Технология и организация восстановления деталей и сборочных единиц: учеб. пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2012.– 269 с.

2. Попов С.И., Рункевич Ю.П., Марченко Ю.В., Валявин В.Ю., Донцов Н.С., Иванов В.В. Технические средства диагностирования транспортных машин: учеб. пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2016. – 199 с.

3. Попов С.И., Марченко Ю.В., Донцов Н.С., Иванов В.В., Марченко Э.В. Исследование возможности восстановления стенок цилиндра двигателей внутреннего сгорания (ДВС) за счет применения твердосмазочных материалов на основе дисульфида молибдена // Наукоемкие технологии на современном этапе развития машиностроения: Материалы VIII международной научно-технической конференции, 19-21 мая. – М., 2016. – С. 179-181.
4. Марченко Ю.В., Попов С.И., Марченко Э.В. Технологическая схема восстановления ренодетали // Аспекты развития науки, образования и модернизации промышленности: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 20-21 апреля, Таганрог. – Ростов-на-Дону, 2017. – С. 55-57.
5. Марченко Э.В., Попов С.И., Марченко Ю.В. Устройство по нанесению твердосмазочных материалов на стальной канат в процессе его производства // Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего: Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции,18 августа, Том II. – Кемерово: ЗапСибНЦ, 2017.– С. 111-114.

УДК 621.9.048

ПОИСК ОБЛАСТИ ОПТИМИЗАЦИИ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ВИБРАЦИОННОМ РЕЗАНИИ

Сергиев А.П.,Владимиров А.А.,Макаров А.В.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова

(филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС»

309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42

tomm_sti_misis@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу математической модели в виде обобщенной функции вибрационного воздействия. Представлены расчетная и экспериментальная зависимости шероховатости от амплитудно-частотных параметров колебаний. Проведена оценка экспериментальных значений по критерию Стьюдента. Представлены фотографии полученной стружки при резании.

Ключевые слова: вибрационное резание; виброскорость; виброускорение; энергия рассеивания; обобщенная функция вибрационного воздействия; амплитуда колебаний; частота колебаний; шероховатость поверхности.

SEARCH FOR THE FIELD OF OPTIMIZATION OF AMPLITUDE-FREQUENCY PARAMETERS AT VIBRATION CUTTING

SergievA.P., VladimirovA.A., MakarovA.V.

StaryOskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS», Russia, StaryOskol

Annotation. The article is devoted to the analysis of the mathematical model in the form of a generalized function of the vibrational effect. The calculated and experimental dependences of the roughness on the amplitude-frequency parameters of the oscillations are presented. The experimental values are estimated by the Student's criterion. Photos of the obtained shavings are shown during cutting.

Keywords: cutting vibration; vibratory speed; vibratory acceleration; dissipating energy; generalized function of vibration exposure; the amplitude of the oscillation; co-frequency oscillations; surface roughness.

Оптимизация параметров вибрационного резания заключается в нахождении таких значений амплитуд и частот колебаний, которые обеспечивают получение дробленой стружки и минимальной шероховатости поверхности. По результатам исследований [2, 3, 4] было установлено, что оптимальной для обеспечения надежного стружкодробления и получения минимальной шероховатости поверхности, является амплитуда 100 мкм. Поиск области оптимальных значений осуществлялся методом движения по градиенту для разработаннойматематической модели обобщенной функции вибрационного воздействия при амплитуде 100 мкм, при изменении частоты колебаний от 0 до 50 Гц с шагом 5 Гц.

Математическая модель обобщенной функции вибрационного воздействия была получена методом полинома при исследовании в диапазоне амплитуд от 10 до 100 мкм

$$Ra = 3{,}393 + 0{,}000786(A\omega) - 0{,}0000000312(A^2\omega^2) + \\ + 0{,}000000641(A\omega^2). \quad (1)$$

Из графика, представленного на рисунке 1, очевидно, что значительное влияние на шероховатость поверхности оказывают две составляющие функции. Вибрационная скорость $B_1A\omega$, способствует увеличению шероховатости, а энергия рассеивания$B_2A^2\omega^2$, наоборот, снижению. При этом численная величина энергетической составляющей преобладает над вибрационной скоростью и ускорением$B_3A\omega^2$. Анализируя кривую, соответствующую расчетным значениям шероховатости, очевидно, что с увеличением частоты колебаний шероховатость снижается.

Для подтверждения найденной зависимости шероховатости от частоты колебаний при амплитуде А = 100 мкм, было принято решение о проведении контрольных экспериментов в области оптимизации.

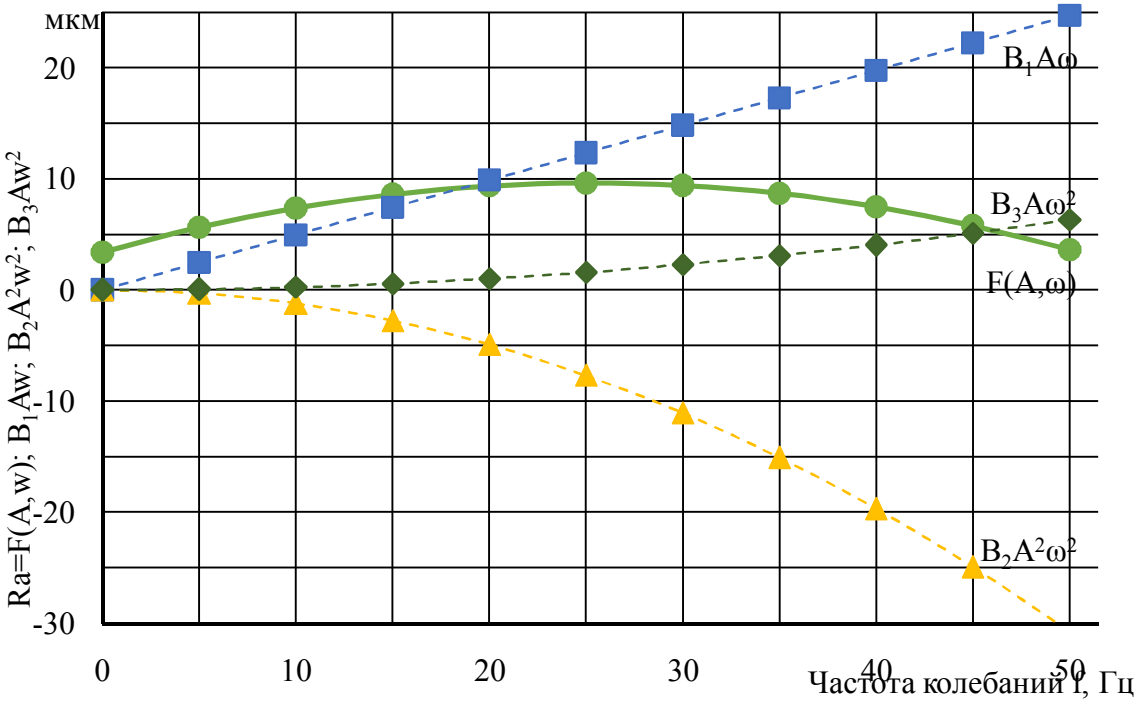


Рисунок 1. Расчетная зависимость функции вибрационного воздействияот частоты колебаний при А = 100 мкм

Результаты экспериментальных исследований, проведенных при амплитуде колебаний А = 100 мкм в области оптимизации, подтвердили адекватность математической модели. Результаты измерений шероховатости поверхности представлены на рисунке 2.

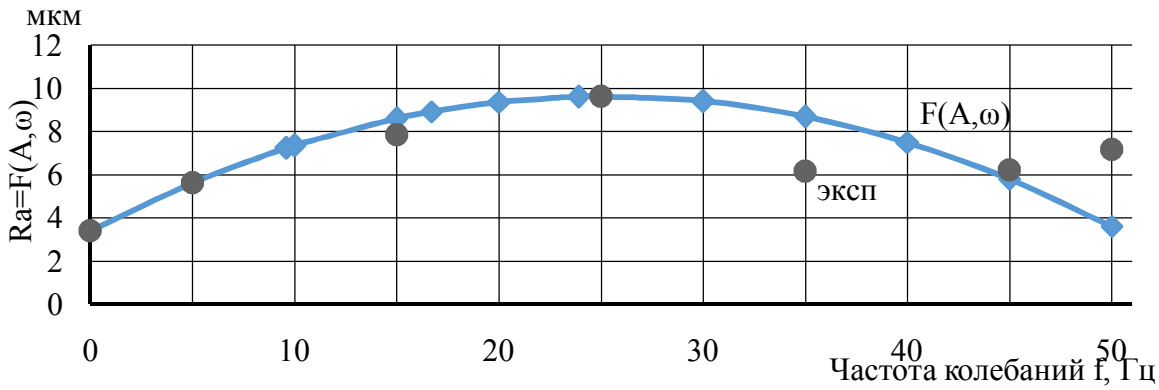


Рисунок 2. Зависимость функции вибрационного воздействия и экспериментальной шероховатости от частоты колебаний при А = 100 мкм

Значения шероховатости, рассчитанные по разработанной математической модели для амплитуды А = 100 мкм и полученные в результате проведенных опытов в области оптимизации, подтвердили адекватность разработанной математической модели для А = 100 мкм. Экспериментальные значения шероховатости поверхности, полученные в

области оптимизации были оценены по критерию Стьюдента для 5%-ти уровня значимости. Все значения входят в доверительный интервал. При этом обеспечивалось надежное стружкодробление (рисунок 3).

а) б) в)

Рисунок 3. Типы стружек при обработке стали 12Х18Н10Тс амплитудой А = 100 мкм:
а – f = 35 Гц; б – f = 45 Гц; в – f = 50 Гц

Таким образом, разработанная математическая модель в виде обобщенной функции вибрационного воздействия для амплитуды А = 100 мкм, по методу полинома, учитывающая влияние трех основных факторов воздействия вибраций в зоне резания, позволяет описывать зависимость шероховатости поверхности от амплитудно-частотных параметров при вибрационном резании и раскрывает физические основы процесса вибрационного резания.

Список литературы

1. Сергиев А.П., Владимиров А.А., Швачкин Е.Г. Установка для вибрационного резания с возможностью крепления в резцедержателе станка резании //Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: материалыдвенадцатой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Старый Оскол: СТИ НИТУ «МИСиС», 2015. – Т. II. – С. 93-96.

2. Сергиев А.П., Владимиров А.А., Макаров А.В., Швачкин Е.Г. Особенности стружкообразования при чистовом вибрационном точении стали 12Х18Н10Т // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: материалытринадцатойВсероссийской научно-практической конференции с международным участием.– Старый Оскол: СТИ НИТУ «МИСиС», 2016. – Т. 1. – С. 285-288.

3. Сергиев А.П., Владимиров А.А., Макаров А. В., Швачкин Е.Г. Физические основы процесса вибрационного резания при точении // Научно-теоретический журнал Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2017. – № 3. – С. 94-102.

4. Сергиев А.П., Владимиров А.А., Швачкин Е.Г. Оптимизация технологических параметров при вибрационном резании // Вестник машиностроения. – 2017. – № 3. – С. 79 – 82.

5. Владимиров А.А. Математическая модель зависимости шероховатости от параметров виброрезания при чистовом точении // Молодежь и научно-технический прогресс: Сборник докладов X международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4 т. Т. 1. / Сост.: В.Н. Рощупкина, В.М. Уваров [и др.]. – Губкин; Старый Оскол: ООО «Ассистент плюс», 2017. – С. 43-47.

УДК 621.9.048

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННОГО РЕЗАНИЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ

Сергиев А.П.,Владимиров А.А.,Швачкин Е.Г.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова

(филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС»

309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42

tomm_sti_misis@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена разработке математической модели вибрационного резания.Модель включает в себя три основных фактора воздействия вибраций в зоне резания. Позволяет описывать параметры шероховатости поверхности при постоянной амплитуде изменением частоты колебаний.

Ключевые слова: вибрационное резание; виброскорость; виброускорение; энергия рассеивания; обобщенная функция вибрационного воздействия; амплитуда колебаний; частота колебаний; шероховатость поверхности.

ESTIMATION OF STABILITY OF VIBRATION CUTTING PARAMETERS WHEN CHANGING THE FREQUENCY OF VIBRATIONS

SergievA.P., VladimirovA.A., ShvachkinE.G.

StaryOskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS», Russia, StaryOskol

Annotation. The article is devoted to the development of a mathematical model of vibrational cutting. The model includes three main factors influencing the vibrations in the cutting zone. It allows describing parameters of the surface roughness at a constant amplitude by changing the frequency of oscillations.

Keywords: cutting vibration; vibratory speed; vibratory acceleration; dissipating energy; generalized function of vibration exposure; the amplitude of the oscillation; co-frequency

oscillations; surface roughness.

На основании проведенного анализа физических явлений, протекающих в зоне резания, и полученных результатов экспериментов [1, 2] по точению стали 12Х18Н10Т с применением вибраций режущего инструмента, можно считать установленным, что в основу разработки математической модели обобщенной функции вибрационного воздействия целесообразно заложить влияние трех основных факторов воздействия вибраций в зоне резания: виброскорости ($A\omega$), вибрационного ускорения ($A\omega^2$) , определяющего силу резания, и энергии рассеивания за период колебания ($A^2\omega^2$).

Стоит отметить, что наличие в полиноме таких факторов как вибрационное ускорение и энергия рассеивания, имеющих степенные составляющие, преобразует полином из первой степени во вторую. Таким образом, поиск решения производился в виде полинома второй степени, представленного выражением

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_1^2 + B_3X_2; \quad (1)$$

где $X_1 = A\omega; X_2 = A\omega^2$.

После подстановки соответствующих факторов получим выражение в окончательном виде

$$Y = B_0 + B_1(A\omega) + B_2(A^2\omega^2) + B_3(A\omega^2); \quad (2)$$

где $A\omega$ – вибрационная скорость;$A^2\omega^2$ – параметр, характеризующий влияние на энергию рассеяния в зоне резания; $A\omega^2$ – вибрационное ускорение, характеризует силовое воздействие.

Для получения полной оценки стабильности параметров, построения адекватной математической модели и по техническим соображениям, целесообразным будет поиск коэффициентов при факторах, если амплитуда колебаний будет оставаться постоянной при изменении частоты.

Исходные данные для вычисления коэффициентов математической модели при A = 100 мкм и f = 5; 15; 25 Гц, представлены таблицей 1.

Таблица 1.Экспериментальные значения входящих параметров

№ п/п	f	$A\omega$	$A\omega^2$	$A^2\omega^2$	$Y(Ra)$
1	0	0	0	0	3,393
2	5	3140,0	98596,0	9859600,0	5,617
3	15	9420,0	887364,0	88736400,0	7,838
4	25	15700,0	2464900,0	246490000,0	9,618

По исходным данным составили систему из четырех уравнений

1) $B_0 = 3{,}393$;

2) $B_0 + 3140{,}0B_1 + 9859600{,}0B_2 + 98596{,}0B_3 - 5{,}617 = \varepsilon_1$;

3) $B_0 + 9420{,}0B_1 + 88736400{,}0B_2 + 887364{,}0B_3 - 7{,}838 = \varepsilon_2$;

4) $B_0 + 15700{,}0B_1 + 246490000{,}0B_2 + 2464900{,}0B_3 - 9{,}618 = \varepsilon_3$.

Из условия $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = 0$, вычисляем значения$B_1$, B_2, B_3:

$$B_1 = 0{,}000786;\ B_2 = -0{,}0000000312;\ B_3 = 0{,}000000641.$$

Таким образом, формула обобщенной функции вибрационного воздействия при А = 100 мкм, примет вид

$$Ra = 3{,}393 + 0{,}000786(A\omega) - 0{,}0000000312(A^2\omega^2) + \\ +0{,}000000641(A\omega^2). \qquad (3)$$

Анализ полученной математической модели показал, что энергия рассеивания в зоне резания способствует улучшению шероховатости поверхности, уменьшая высоту микронеровностей на обрабатываемой поверхности.

Порционное влияние составляющих обобщенной функции вибрационного воздействия и шероховатости поверхности от частоты колебаний представлено на рисунке 1.

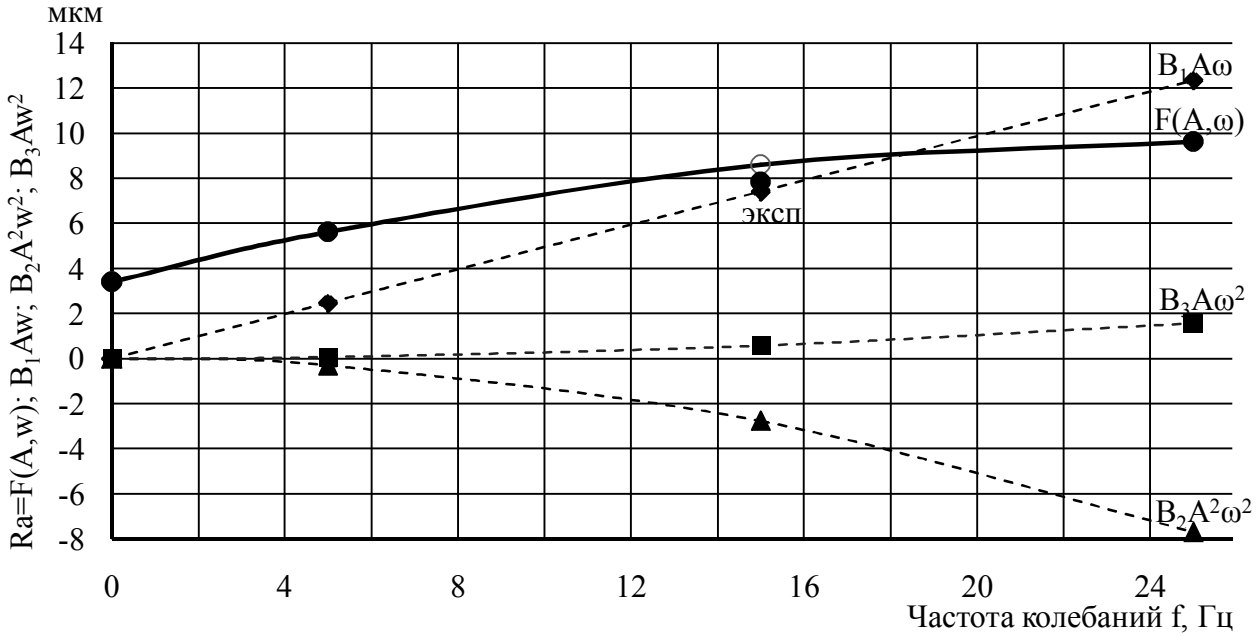


Рисунок 1. Экспериментальная зависимость функции вибрационного воздействияот частоты колебаний при А = 100 мкм

Таблица 2. Проверка адекватности модели

№ п/п	f	$\overline{Ra}_{\text{эксп}}$	$Ra_{\text{расч}}$	ΔRa	$S^2_{\text{ад}\,i}$
1	0	3,393	3,393	0	0
2	5	5,617	5,617	0	0
3	15	7,838	8,597	0,759	0,575
4	25	9,618	9,618	0	0

В результате вычислений, была получена математическая модель, в которой совокупное влияние ее составляющих, в виде обобщенной функции вибрационного воздействия, позволяет описывать параметры шероховатости поверхности при постоянной амплитуде, путем изменения частоты колебаний.

Список литературы

1. Сергиев А.П., Владимиров А.А., Швачкин Е.Г. К вопросу о виброрезании // Научно-теоретический журнал Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2015. – № 4. – С. 60-65.
2. Сергиев А.П., Владимиров А.А., Швачкин Е.Г. Исследование влияния амплитудно-частотных характеристик вибрационного точения на параметры шероховатости // Вибрационные технологии, мехатроника и управляемые машины: сб. науч. ст.: в 2 ч. – Ч. 2 / редкол.: С.Ф. Яцун (отв. ред.) [и др.]; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2016. – С. 14-17.
3. Сергиев А.П., Владимиров А.А., Макаров А.В., Швачкин Е.Г. Особенности стружкообразования при чистовом вибрационном точении стали 12Х18Н10Т // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: материалытринадцатойВсероссийской научно-практической конференции с международным участием.– Старый Оскол: СТИ НИТУ «МИСиС», 2016. – Т. 1. – С. 285-288.
4. Сергиев А.П., Владимиров А.А., Швачкин Е.Г. Оптимизация технологических параметров при вибрационном резании // Вестник машиностроения. – 2017. – № 3. – С. 79-82.
5. Владимиров А.А. Математическая модель зависимости шероховатости от параметров виброрезания при чистовом точении // Молодежь и научно-технический прогресс: Сборник докладов X международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4 т. Т. 1. / Сост.: В. Н. Рощупкина, В. М. Уваров [и др.]. – Губкин; Старый Оскол: ООО «Ассистент плюс», 2017. – С. 43-47.
6. Сергиев А.П., Владимиров А.А., Макаров А.В., Швачкин Е.Г. Физические основы процесса вибрационного резания при точении // Научно-теоретический журнал Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 3. – С. 94-102.

УДК 621.9.048.6

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОТДЕЛОЧНО-ЗАЧИСТНОЙ ОБРАБОТКИ В ВИБРОМАШИНАХ МАЯТНИКОГО ТИПА

Титова А.П.,Сергиев А.П.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова

(филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС»

309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон Макаренко, 42

tomm_sti_misis@mail.ru

Аннотация. Изложен специфический характер движения технологической загрузки в различных зонах рабочего контейнера вибромашины, позволяющий повысить производительность и качество обработки при одновременном снятии динамических нагрузок в подвижных соединениях и снижении уровня шума.

Ключевые слова: отделочно-зачистная обработка; вибромашина; жидкостно-абразивная среда; маятниковые колебания.

INNOVATIVE TECHNOLOGY OF FINISHING AND CLEANING PROCESSING IN VIBRATING MACHINE PENDULAR TYPE

TitovaA.P.,SergievA.P.

StaryOskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, StaryOskol

Abstract. The specific character of the movement of technological loading in various zones of the working container of the vibrating machine is stated, allowing to raise productivity and quality of processing at simultaneous removal of dynamic loads in movable connections and decrease of the noise level.

Keywords: finishing-cleansing processing; vibrating machine; liquid-abrasive Wednesday; pendulum oscillation.

Одним из наиболее распространенных способов отделочно-зачистной обработки является виброабразивная обработка, которая отличается широкими технологическими возможностями, высокой производительностью, стабильностью качественных показателей поверхностного слоя деталей, равномерностью обработки и, что особенно важно, хорошо выраженной избирательностью по отношению к поверхностям перехода. Это определяет широкое применение виброабразивной обработки в процессах, связанных со скруглением острых кромок и удалением заусенцев как на наружных, так и на внутренних кромках, к которым имеется доступ абразивных частиц.

Известно, что при вибрационной обработке на производительность и качество влияет не столько интенсивность перемешивания технологической массы загрузки, сколько характер ее движения в различных зонах рабочего контейнера [1]. В связи с этим ставится задача добиться расширения возможностей воздействия на характер движения рабочей среды в различных зонах рабочего контейнера.

Повышение производительности и качества обработки в жидкостно-абразивных средах в виброустановках достигается созданием маятниковых колебаний по закону конического маятника при движении технологической среды по замкнутой траектории с чередующимися зонами сжатия и разряжения. Конструктивные особенности вибромашины обеспечивают повышение надежности подвижных соединений путем исключения больших динамических нагрузок и снижение уровня шума.

Конструктивное решение профиля поверхности камеры позволяет осуществлять обработку в режиме стоячей или бегущей волны.

При постоянстве угловой скорости колебаний возникает градиент скорости перемещения технологической среды от наружного диаметра к центру камеры, что способствует перемешиванию компонентов технологической среды и обеспечивает равномерность обработки изделий[2].

Стабильность параметров волновых процессов сжатия–разряжения, генерируемых в технологической среде, обеспечивается конструктивными особенностями камеры, что позволяет оптимизировать режимы обработки [3].

Список литературы

1. Долгих А.С., Еременко А.Ю., Макаров А.В., Сергиев А.П., Секирин Р.Ю.Оптимизация технологических параметров отделочной обработки в абразивных средах // Вестник машиностроения. – 2013. – № 9. – С. 51-55.

2. Сергиев А.П., Журавлев А.В., Макаров А.В., Долгих В.С. Влияние технологической

загрузки вибрационной абразивной машины на динамику колебательной системы // Научно-технический вестник Поволжья. – 2016. – № 2. – С. 60-63.

3. Сергиев А.П., Проскурин Д.А., Макаров А.В. К вопросу о волновой природе механизма съема металла при виброабразивной обработке // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2014. – № 8 (61). – С. 12-15.

4. Сергиев А.П., Проскурин Д.А., Макаров А.В., Еременко А.Ю., Долгих А.С.Оптимизация режимов вибрационной обработки // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2014. – № 3 (305). – С. 59-64.

УДК 62-713

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПОВОРОТНОГО ПРОПУСКА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ РОЛИКОВ ПРИВОДНОГО ПРАВИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА МНЛЗ

Швачкин Е.Г., Макаров А.В.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова

(филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС»

309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42

Аннотация. В статье описано техническое решение по совершенствованию конструкции поворотного пропуска для охлаждения роликов приводного правильного устройства МНЛЗ.

Ключевые слова: приводное правильное устройство МНЛЗ; ролик; водяное охлаждение; поворотный пропуск; кольцевое уплотнение; шевронная манжета.

NEW CONSTRUCTION OF A ROTARY PASS FOR COOLING ROLLERS OF DRIVING CORRECT DEVICE OF CONTINUOUS CASTING MACHINE

ShvachkinE.G., MakarovA.V.

StaryOskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, StaryOskol

Annotation. The article describes a technical solution for improving the design of the pivot skip for cooling the rollers of the correct drive of the continuous casting machine.

Keywords: drive correct device CCM; roller; water cooling; rotary pass; O-ring seal; chevron cuff.

Одним из основных ответственных узлов в машинах непрерывной разливки стали (МНЛЗ) является приводное правильное устройство (ППУ), которре расположено в конце зоны вторичного охлаждения МНЛЗ. ППУ предназначена для вытягивания литой заготовки из кристаллизатора с одновременным выпрямлением дугообразной заготовки в

прямолинейную и подачи непрерывнолитой заготовки. На рисунке 1 изображена конструкция ППУ, применяемая в мелкосортной шести ручьевой МНЛЗ фирмы CONCAST, смонтированная в электросталеплавильном цехе АО «ОЭМК».

ППУ состоит из пяти роликов: три нижних ролика установлены на опорной раме, причем первый ролик по ходу движения заготовки (со стороны разливочной дуги) выполнен приводным. Остальные два нижних ролика холостые. Два верхних ролика установлены на качающихся рычагах верхней стойки, закрепленной на опорной раме. Первый по ходу движения заготовки верхний ролик выполнен приводным. Качание рычагов и прижатие верхних роликов к движущейся литой заготовке осуществляется гидроцилиндрами.

Расположение роликов выбрано таким образом, что первая пара роликов контактирует с заготовкой, имеющей кривизну базового радиуса, а вторая - с прямолинейной заготовкой.

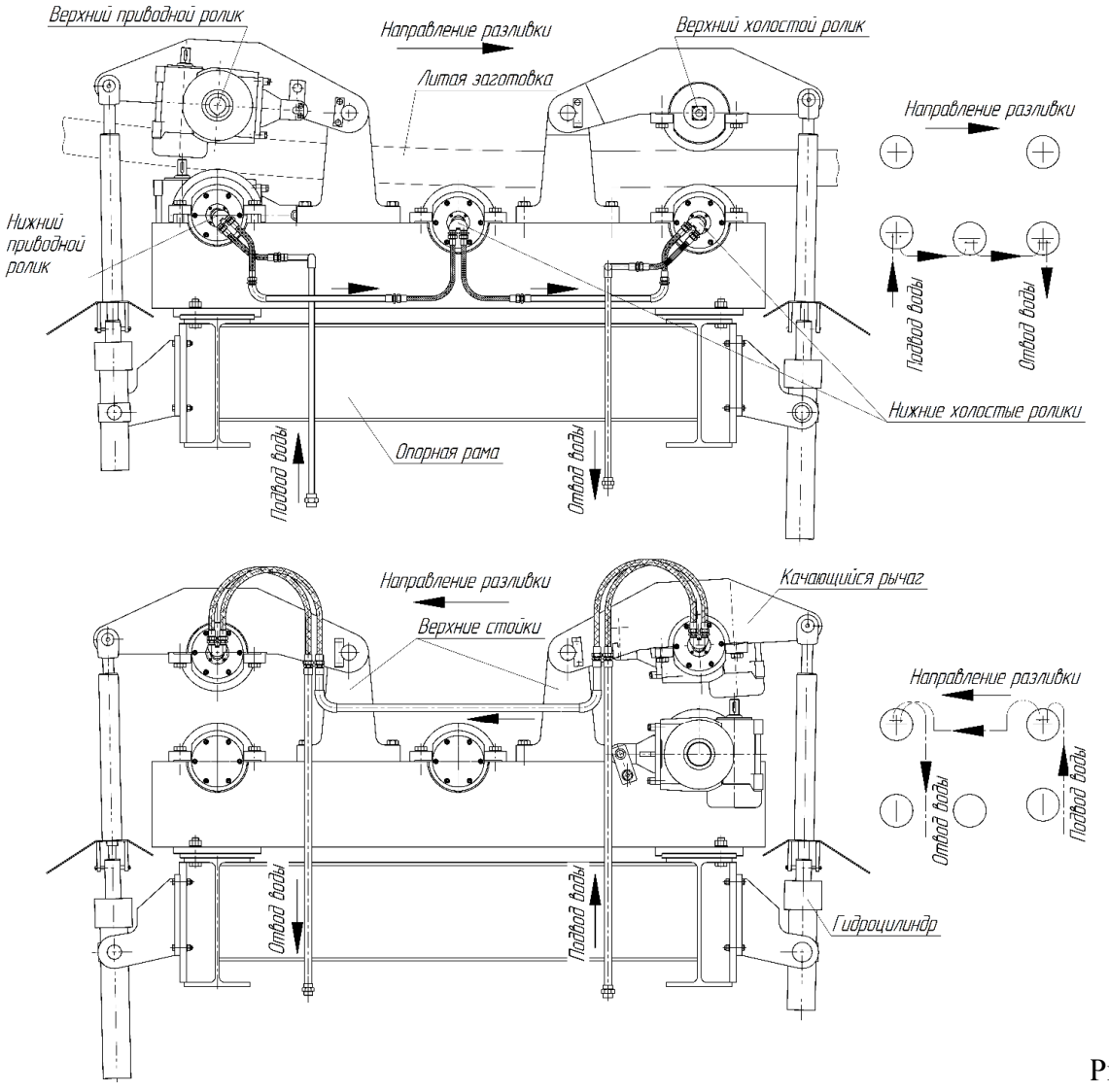


Рисунок 1.

Схема водяного охлаждения роликов ТПМ

В металлургическом производстве технологическое оборудование подвергается неблагоприятному воздействию высоких температур. Поэтому для снижения температурного воздействия на оборудование широко применяется водяное охлаждение. В ТПМ реализована система водяного охлаждения роликов последовательно-параллельного типа, т.е. в виде двух независимых контуров. В первом контуре происходит последовательное охлаждение трех нижних роликов: начиная с первого приводного ролика вода последовательно поступает во внутренние полости двух других холостых роликов. Во втором контуре происходит охлаждение двух верхних роликов: первоначально вода попадает в верхний приводной ролик, а затем в верхний холостой.

Для подвода охлаждающей воды к роликам используют поворотные пропуски, или как их иначе называют, вертлюги. В рассматриваемой конструкции ППУ используется вертлюг фирмы GeorgSpringmann (рисунок 2), состоящий из основных узлов: корпус, ротационный узел и узел подвода-отвода воды [1].

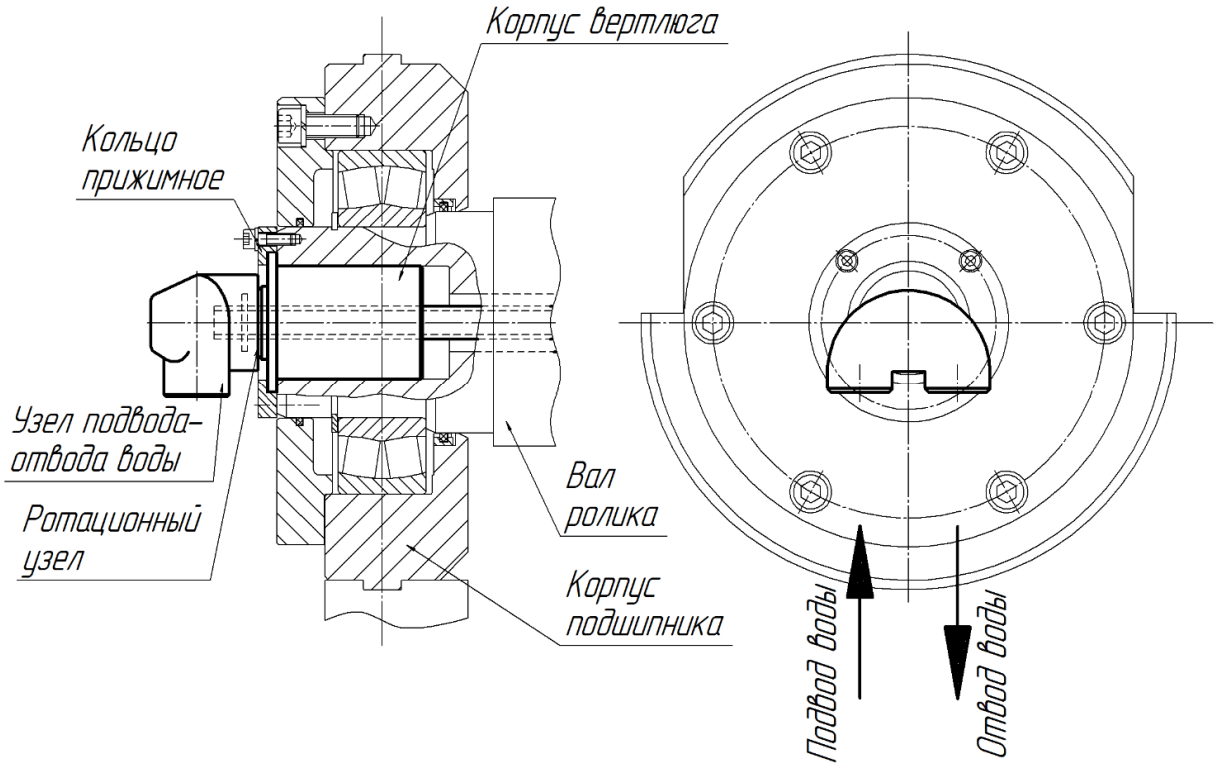


Рисунок 2. Схема вертлюга фирмы GeorgSpringmann

Корпус вертлюга устанавливается в торцовое отверстие вала ролика и надежно закрепляется прижимным кольцом. Узел подвода-отвода воды служит для подвода воды во внутреннюю полость ролика и в дальнейшем для ее отвода. В виду того, что корпус вертлюга вращается с валом ролика, а узел подвода-отвода воды неподвижен, в конструкцию

вертлюга введен ротационный узел, обеспечивающий антизакручивание. Эксплуатация вертлюга данной конструкции выявила следующие недостатки:

1. Отсутствие возможности оперативно устранить протечку воды при износе уплотнений в ротационном узле.

2. При загрязнении ротационного узла карбонатными отложениями возможно его заклинивание, что ведет к перекручиванию рукавов с подводящей и отводящей водой.

3. Из-за температурных воздействий и износа корпус узла подвода-отвода воды разрушается. В ремонтных условиях отсутствует возможность его изготовления, т.к. корпус имеет сложную форму, получаемую литьем.

На основании указанных недостатков возникла необходимость разработки поворотного пропуска новой конструкции, удовлетворяющей следующим требованиям: простота изготовления, обслуживания и ремонта. Совместно со специалистами мехслужбы ЭСПЦ была разработана новая конструкция, состоящая из основных деталей: корпус поз. 1, комплект манжетных уплотнений поз. 2, 3 и 4, бронзового кольца поз. 5 и бронзовой втулки поз. 6 с резиновым кольцом круглого сечения поз. 8 (рисунок 3).

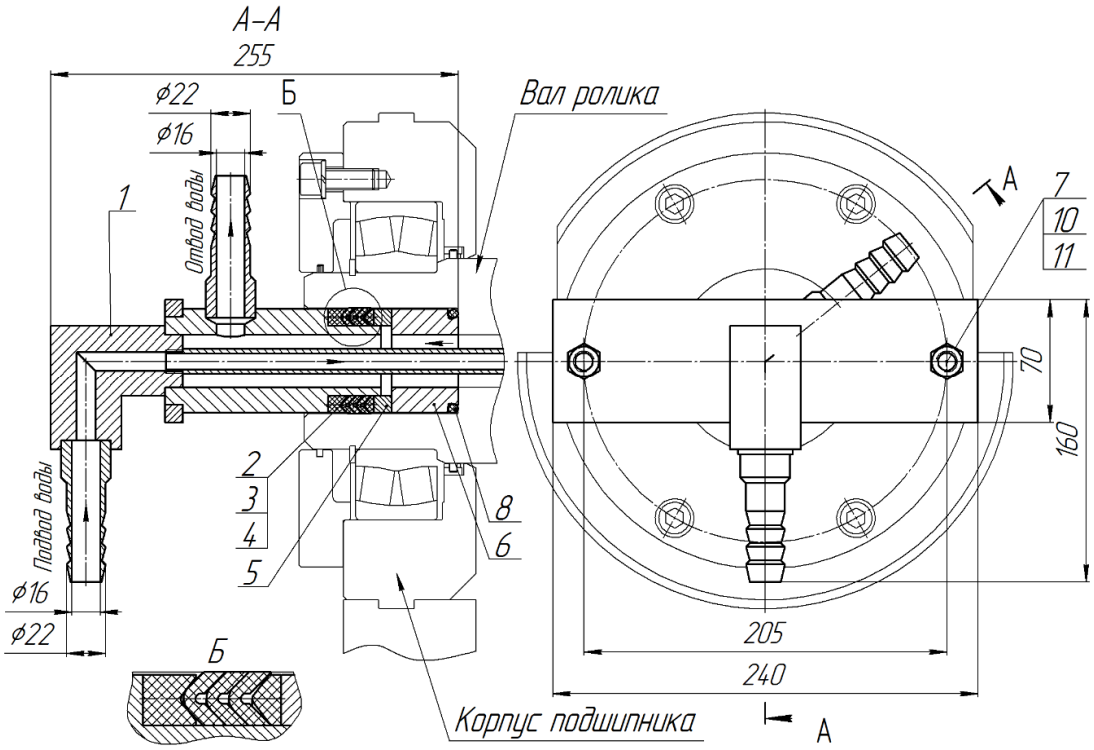
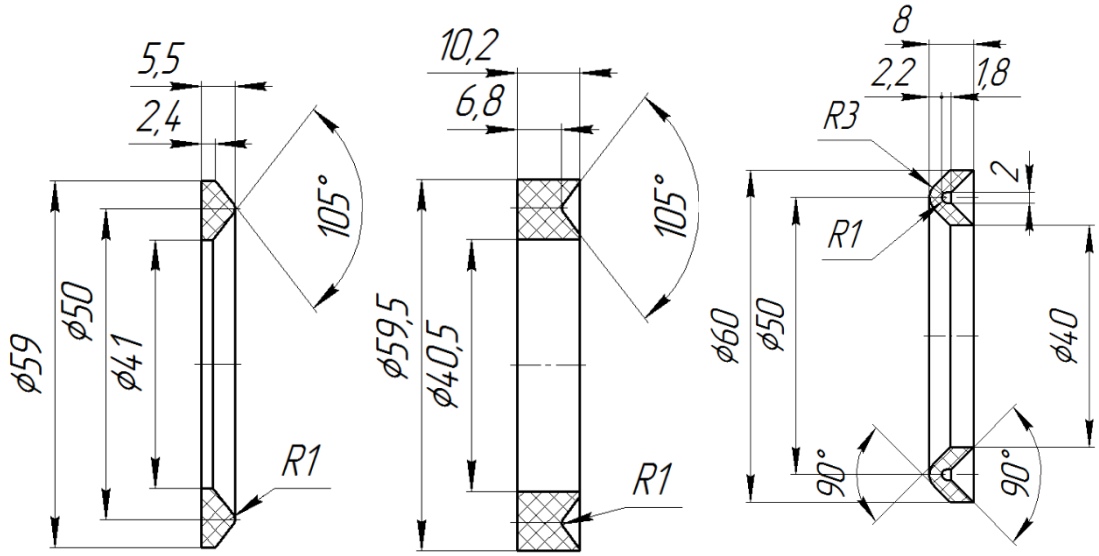


Рисунок 3. Поворотный пропуск новой конструкции

Поворотный пропуск имеет аналогичные посадочные размеры, устанавливается в торцовое отверстие вала ролика и неподвижно крепится шпильками поз. 7 в корпусе подшипника. Таким образом, корпус вертлюга поз. 1 с комплектом манжет и кольцом поз. 5 не вращается, а втулка поз. 6 вращается вместе с валом ролика. Кольцо поз. 5 и втулка поз. 6

изготовлены из бронзы и во время вращения вала ролика выполняют функцию подшипника скольжения.

Для исключения протечек между втулкой поз. 6 и валом ролика установлено кольцевое уплотнение из термостойкой резины поз. 8. Для исключения протечки воды между неподвижным корпусом поз. 1 и вращающимся валом ролика используется комплект манжет, состоящий из нажимного (рисунок 4, а) и опорного (рисунок 4, б) колец и трех шевронных манжет (рисунок 4в) [2]. Нажимное и опорное кольца по торцу имеют кольцевой гребень с углом 105°, а манжета имеет проточку с углом 90°. Нажимное и опорное кольца выполнены из более твердого материала (например, фторопласт Ф-4), чем шевронная манжета (например, H-ECOPUR). Вследствие этого при подтягивании гаек поз. 10 накрученных на шпильки поз. 7 происходит деформация манжет, то есть так называемое раскрытие, обеспечивая одновременное уплотнение по двум диаметрам. При установке усики манжеты необходимо располагать в сторону воды (рисунок 3, вид Б).



а) б) в)

Рисунок 4. Комплект манжетных уплотнений:
а – нажимное кольцо; б – опорное кольцо; в – манжета шевронная

Простота предложенной конструкции вертлюга позволяет удобно обслуживать, быстро ремонтировать и изготавливать новые поворотные пропуска в условиях единичного производства.

В настоящее время поворотные пропуски предложенной конструкциипроходят производственные испытания в электросталеплавильном цехе АО «ОЭМК»(рисунок 5).

Рисунок 5. Поворотный пропуск новой конструкции, установленный в верхний холостой ролик ППУ МНЛЗ-6

Список литературы

1. GeorgSpringmann: [Сайт]. URL: http// Springmann.de.

2. ГОСТ 22704-77 Уплотнения шевронные резинотканевые для гидравлических устройств. Технические условия. М., 1977. – 60 с.

УДК 62-713

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПОВОРОТНОГО ПРОПУСКА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ РОЛИКОВ РОЛЬГАНГА МНЛЗ

Швачкин Е.Г., Макаров А.В.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова

(филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС»

309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42

Аннотация. В статье описано техническое решение по совершенствованию конструкции поворотного пропуска для охлаждения роликов рольганга в МНЛЗ.

Ключевые слова: рольганг; водяное охлаждение; поворотный пропуск; шайба расхода.

NEW CONSTRUCTION OF A ROTARY PASS FOR COOLING ROLLANG MACHINES FOR CONTINUOUS CASTING

Shvachkin E.G., Makarov A.V.

StaryOskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, StaryOskol

Abstract. The article describes a technical solution to improve the construction of rotary passes for cooling the rollers of the roller conveyor in the casting machine.

Keywords: roller table; cooling; rotary badge; the puck flow.

В машине непрерывной разливки стали (МНЛЗ) за тянуще-правильной машиной (ТПМ) располагается рольганг, служащий для транспортировки горизонтальной заготовки к машине газовой резки, а затем на склад.

На рисунке 1 изображен фрагмент рольганга со схемой водяного охлаждения роликов, применяемый в мелкосортной шести ручьевой МНЛЗ фирмы CONCAST, смонтированный в электросталеплавильном цехе АО «ОЭМК».

Охлаждение роликов рольганга осуществляется следующим образом. В каждом ручье выделены группы из трех последовательно расположенных роликов. Вдоль этих трех роликов на раму рольганга смонтированы две трубы: по одной подается охлаждающая вода (Dy65), а по второй осуществляется отвод охлаждающей воды (Dy32). В каждой трубе выполнено три врезки для подвода воды к каждому ролику и затем для ее отвода.

Проектом фирмы CONCAST для подачи охлаждающей воды в ролик предусмотрено использование поворотного пропуска фирмы GeorgSpringmann [1]. Производственные испытания поворотного пропуска этого производителя выявили его низкую эксплуатационную надежность, сложность изготовления и ремонта. Поэтому совместно со специалистами мехслужбы ЭСПЦ была разработана новая конструкция поворотного пропуска, состоящего из корпуса поз. 1 и подводящей трубки поз. 3 (рисунок 2).

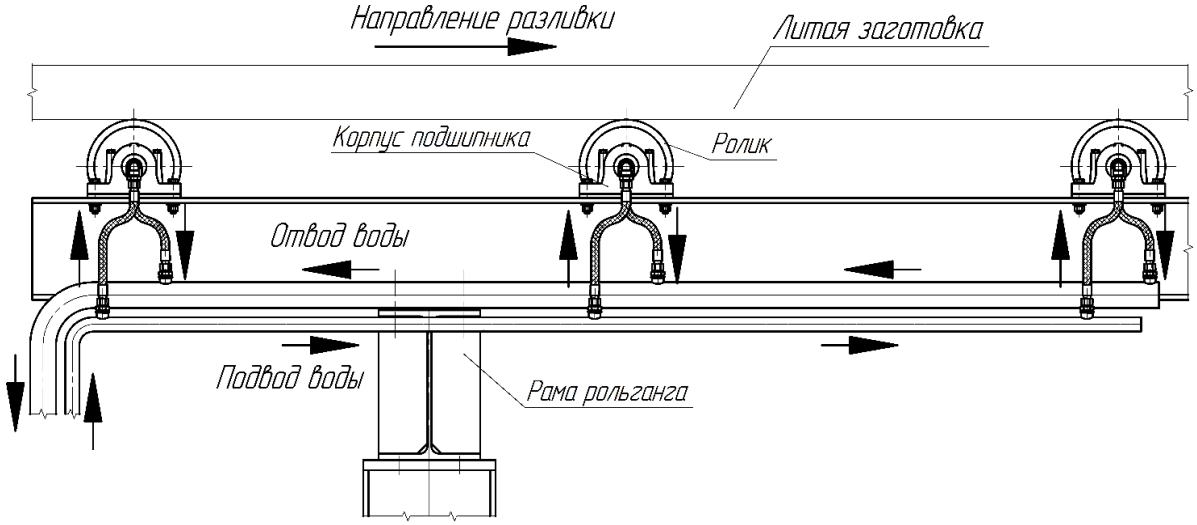


Рисунок 1. Схема водяного охлаждения роликов ТПМ

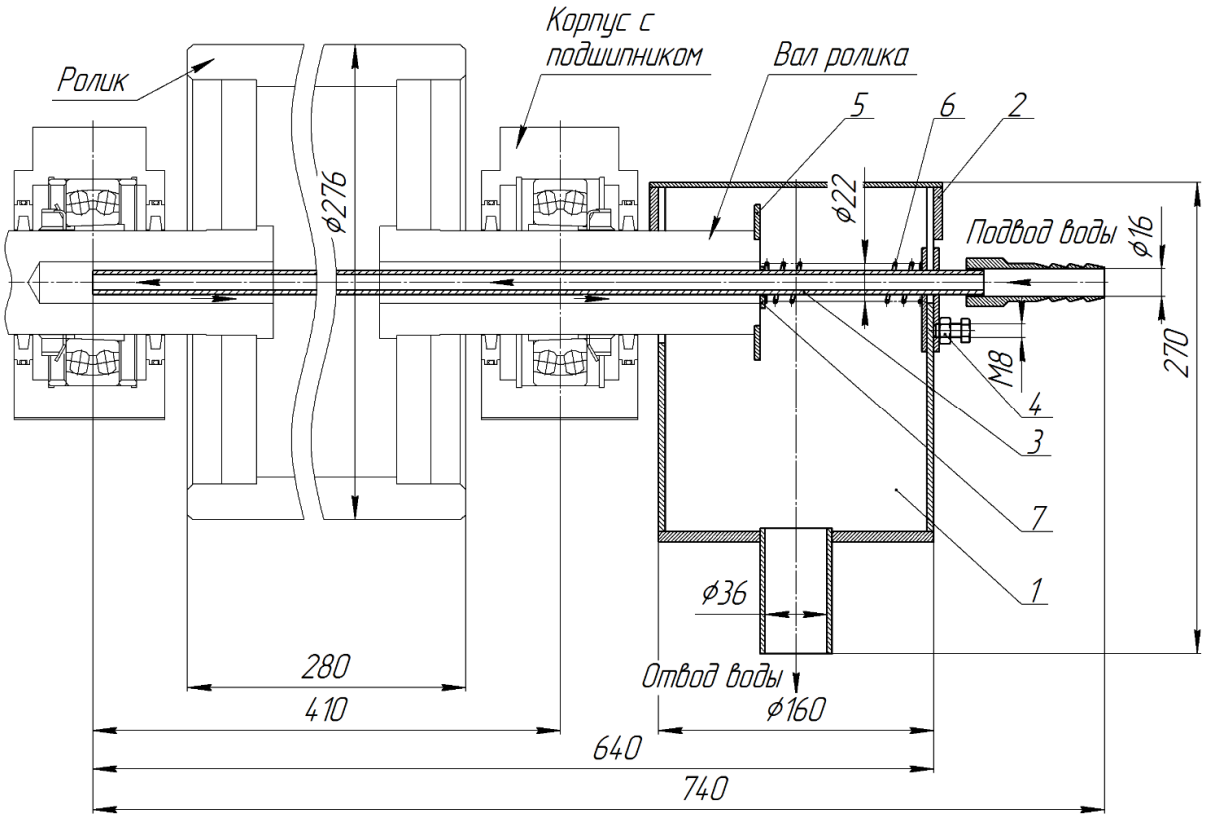


Рисунок 2. Поворотный пропуск новой конструкции

Корпус представляет собой цилиндрический стакан с закрывающейся крышкой поз. 2 для исключения разбрызгивания воды. С помощью фиксатора поз. 4 подводящая трубка крепится к цилиндрической поверхности корпуса. На подводящую трубку установлена пружина сжатия поз. 6, которая одним концом упирается во внутреннюю стенку корпуса, а вторым концом поджимает шайбу расхода поз. 7 к торцу вала ролика. Охлаждающая вода в ролик подается от трубопровода подачи охлаждающей воды по центральному отверстию подводящей трубки. Конструкция внутренней полости ролика не позволяет его полностью заполнить охлаждающей водой. Однако шайбой расхода можно поднять уровень охлаждающей воды во внутренней полости ролика до максимального значения. Это возможно в случае, если площадь сечения подводящей трубки больше площади сечения отверстия в шайбе расхода, служащее для отвода охлаждающей воды из внутренней полости ролика. В этом случае давление воды в полости ролика увеличивается и при достижении определенной величины вода отжимает шайбу расхода от торца вала ролика, тем самым увеличивая сечение отвода воды. Как только давление воды снизится, пружина снова подожмет шайбу расхода к торцу ролика до момента повторения следующего цикла. Для исключения стекания воды по валу ролика и ее попадания в корпус с подшипником, на вал ролика установлена шайба поз. 5.

Таким образом, простота спроектированной конструкции поворотного пропуска позволяет удобно обслуживать, быстро ремонтировать и изготавливать новые поворотные пропуска в условиях единичного производства.

В настоящее время поворотные пропуски предложенной конструкции проходят производственные испытания в электросталеплавильном цехе АО «ОЭМК»(рисунок 3).

Рисунок 3. Поворотный пропуск новой конструкции, установленный ролик рольганга

Список литературы

1. GeorgSpringmann: [Сайт]. URL: http//Springmann.de.

УДК 621.9

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИБРОУДАРНОГО УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ.

MODELING OF VIBRO-IMPACT HARDENING OF PARTS OF COMPLEX SHAPE.

Верзилина Ольга Александровна.

Verzilina Olga

СТИ НИТУ «МИСиС», Старый Оскол, Россия staglo@mail.ru

Аннотация. *Рассматриваются основные этапы моделирования процесса виброударного упрочнения деталей сложной формы методом дискретных элементов. Показаны результаты сокращения времени моделирования с распараллеливанием при помощи программной платформы NVIDIA CUDA.*

Abstract. The main stages of the modeling process vibroimpact hardening of parts of complex shape using discrete element method. Shows the results of a shortened simulation time with parallelization using NVIDIA CUDA platform.

Вопросы повышения износостойкости, надежности, устойчивости к переменным условиям внешней среды различных элементов конструкций машин и агрегатов представляют значительный практический интерес, особенно если механизмы эксплуатируются в интенсивных режимах. Поверхностное упрочение отлитых, отштампованных или полученных механической обработкой деталей позволяет существенно улучшить эти характеристики. Широко применяются для этих целей вибрационные методы, основанные на технологии виброударного упрочнения. Полученная при предварительной обработке деталь (элемент конструкции) помещается в контейнер, заполняемый инструментальной средой из достаточно мелких твердых частиц(шариков) и промывочной технологической жидкостью. Внешние вибраторы вызывают колебания контейнера, вследствие чего, в результате общего циркуляционного перемещения рабочей среды, относительных виброперемещений шариков и их упруго-ударных контактов с деталью, её поверхности придаются необходимые квазиупругие и вязкопластические свойства.

Особенно эффективно использование технологии виброударного упрочнения для деталей с криволинейными поверхностями сложной пространственной геометрии, недоступным для закрепленного лезвийного и абразивного инструментов расположением обрабатываемых поверхностей (рис. 1)**[2].**

а) б) в)

Рис 1. *Корпусные типовые детали: втулка винта (а) (после упрочнения), корпуса турбонасосных агрегатов, до упрочнения(б) и после упрочнения(в).*

В основу компьютерного моделирования рассматриваемого процесса виброупрочнения положен метод дискретных элементов(МДЭ), сочетающий методы молекулярной динамики с теорией упругопластических деформаций при ударе [2, 5]. Суть МДЭ в том, что дискретный материал представляется совокупностью из N обособленных упругих частиц сферической

формы диаметра D_i . Движение i-той частицы, согласно законам классической Ньютоновской механики, полностью определяется координатами ее центра тяжести r_i и углом поворота ϕ_i вокруг центра тяжести как жесткого целого (i=1,…,N). Пространственное моделирование виброударного упрочнения деталей с закреплением в контейнере, проведённое в [4], предполагает подробное рассмотрение процесса в плоскостях, совпадающих с траекторией колебаний. В поперечных сечениях выполняется моделирование периодических перемещений контейнера, детали и центров частиц инструментальной среды, определяются энергии периодических соударений между частицами и детали с частицами. Определяются съем металла, шероховатость, остаточные напряжения и т.д. Выявляется расположение недостаточно упрочненных участков. Затем методом интерполяции строится пространственное распределение технологических параметров [3].

Отметим основные этапы процесса моделирования (каждый сопровождается программной реализацией), выбрав объектом исследования (деталь) (рис. 2) сложной формы, жестко закреплённой в цилиндрическом контейнере:

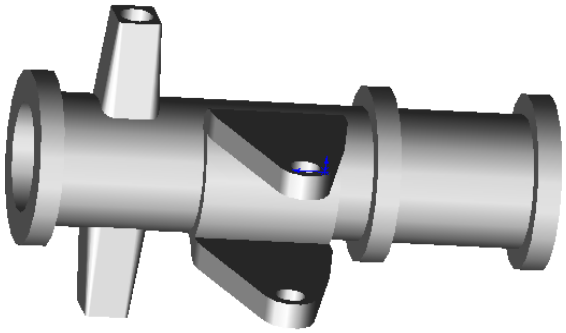


Рис. 2. Объект исследования динамической системы (деталь).

Этап 1. Построение трехмерной геометрической модели системы контейнер-деталь-инструментальная среда (рис. 3) с погрешностью 0,25 мм.

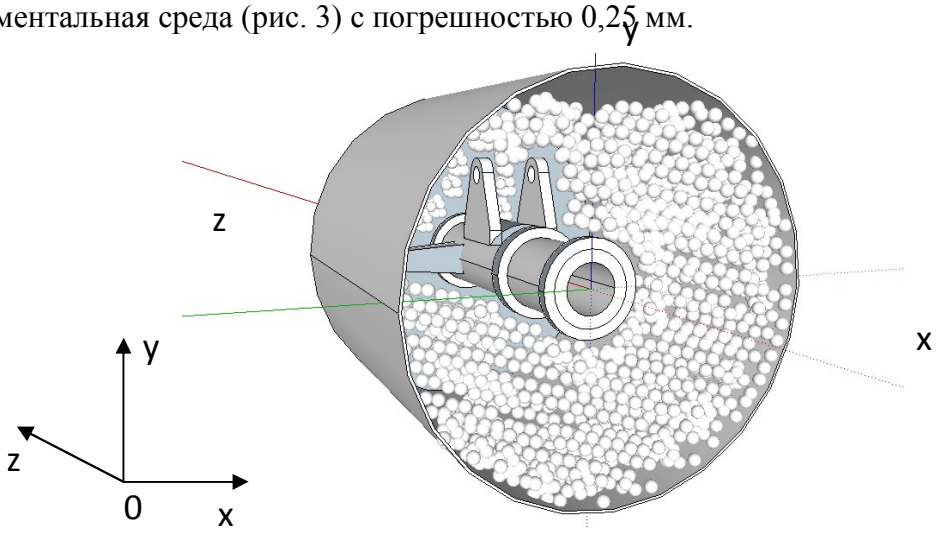


Рис. 3 Трехмерная геометрическая модель.

Этап 2. Построение набора характерных поперечных (рис. 4) сечений в плоскости, совпадающей с траекторией колебаний и продольных (рис. 5) сечений модели системы.

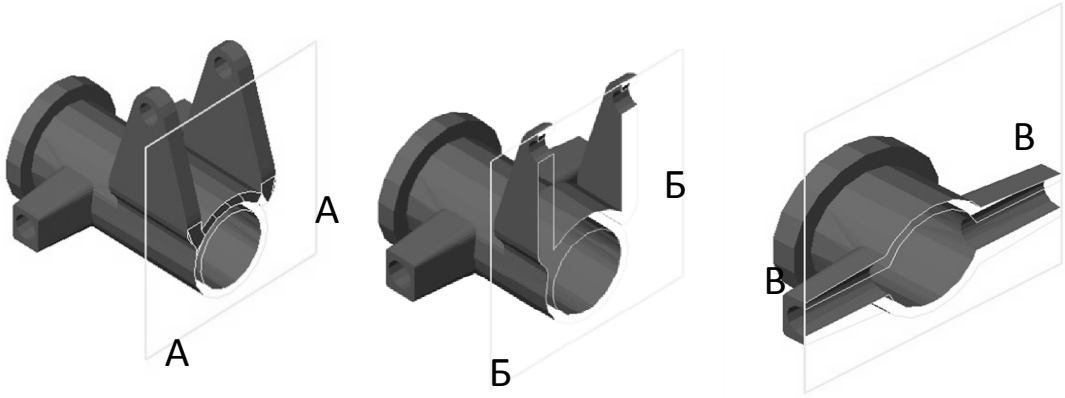


Рис. 4. Поперечные сечения геометрической модели.

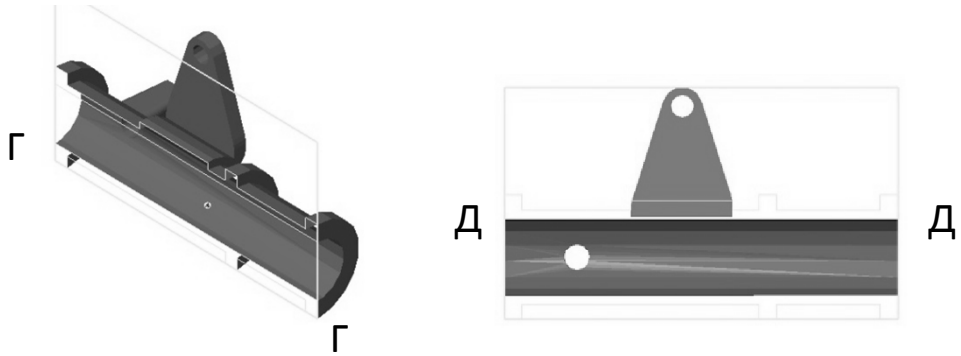


Рис. 5. Продольные сечения геометрической модели.

Этап 3. Аппроксимация границы. Контуры сечений (рис. 6) и контейнера разбиваются на малые криволинейные отрезки, по величине приближенно равные радиусу частиц инструментальной среды. Каждый из них аппроксимируется линейной, квадратичной или более подходящей функцией - сплайном. В нашем понимании, сплайн – это отрезок моделируемой границы детали и контейнера, описываемый некоторой функцией и приближенно равный радиусу частицы инструментальной среды.

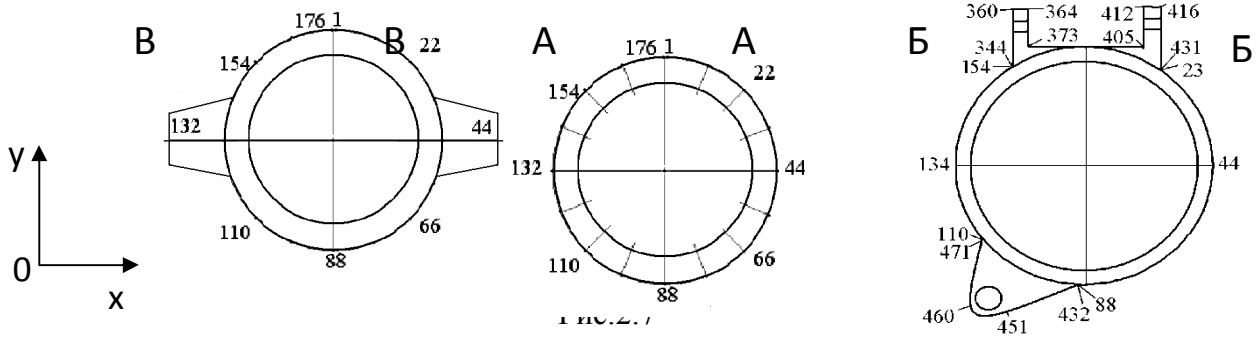


Рис. 6. Контуры поперечных сечений объектов.

Этап 4. Загрузка контейнера. Контейнер заполняется инструментальной средой (рис. 7.), согласно выбранным параметрам загрузки и зазорами между частицами ИС, а также между частицами и контейнером, а также согласно выбранному коэффициенту загрузки $k_з$.

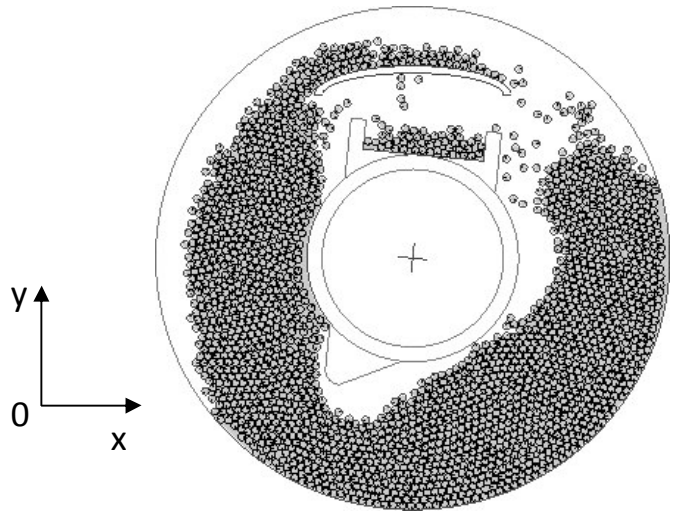


Рис. 7. Заполнение контейнера инструментальной средой.

Этап 5. Моделирование и численный расчёт характеристик вибропроцесса на основе метода дискретных элементов (МДЭ).

При моделировании принимаются следующие допущения:

1. Все участки детали совершают плоские (0,4-1,0 см) и угловые (0,01-0,2 рад) колебания;
2. Скорости соударений не превышают 2-3 м/с;
3. Ударные контактные взаимодействия описываются теорией Герца;
4. Процесс соударений описывается коэффициентом восстановления R;
5. Соударения не влияют на закономерность стационарных колебаний объектов;
6. Косые соударения инструментальной среды с деталью описываются гипотезой сухого ударного трения, а частиц инструментальной среды между собой - вязкого ударного трения [1];
7. Модуль Юнга E, коэффициент Пуассона ν, плотность ρ и твердость HB материала детали в процессе моделирования – постоянны.

Этап 6. Для каждого сплайна поперченного(продольного) сечения детали определяются динамические и технологические параметры: скорость соударения $\overline{v}_\tau$, сила контакта $\overline{F}_c$, угол соударения ε, продолжительность соударения t_τ, кинетическая энергия

периодических соударений $Э_{\tau_{ij}}$, среднеарифметическая высота микронеровностей(шероховатость) *Rz* , величина сжимающих остаточных напряжений первого рода σ_{-oj} ,

Этап 7. Осуществляется построение сетки и интерполяция технологических результатов по участкам на трехмерном макете детали[3].

Этап 8. Осуществляется визуализация трехмерного распределения динамических и технологических параметров процесса на конечном множестве участков, анализ и статистическая оценка формирования шероховатости и остаточных напряжений, с выявлением проблемных участков и указанием точных координат их расположения[3].

Автор статьи разработал метод моделирования наиболее трудозатратных этапов(3-5 этап) , который при помощи распараллеливания вычислений с технологией NVIDIA CUDA приводит к значительному уменьшению времени моделирования. Время моделирования стыкового профиля нервюры крыла ИЛ-96-300М содержащего 35 сегментов сплайна, 1795 отрезков сегментов сплайна и 10000 частиц инструментальной среды представлено в табл.1.

Таблица 1 Время моделирования стыкового профиля нервюры крыла.

Тип вычислительного устройства	Время моделирования(мин)	Сокращение времени моделирования
ЦП Intel Core i5 4200U, 1.6ГГц,	660	
Nvidia GeForce 740m	86	7.67
Nvidia GeForce 970	26	25.38

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Копылов Ю.Р. Виброударное упрочнение. Воронеж. ВИМВД. 1999. – 386с.
2. Копылов Ю.Р. Динамика процессов виброударного упрочнения : монография / Ю.Р. Копылов – Воронеж : ИПЦ «Научная книга», 2011. – 568 с.
3. Копылов Ю.Р., Попов А.А. Численное моделирование динамических параметров процесса виброударного упрочнения деталей сложной формы. Вестник Орловского государственного технического университета. Серия: Машиностроение. Приборостроение. 2004.
4. Попов А.А. Влияние процесса виброударного упрочнения на деформации крупногабаритных деталей. Воронеж, 2007. – 180 с.

5. Шевцов С.Н. Моделирование динамики гранулированных сред при вибрационной отделочно-упрочняющей обработке. Ростов-на-Дону, 2001. – 287 с.

УДК62-932.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДОВ ИЗ СТРОЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ГОТОВНОСТИ В УСЛОВИЯХ РУДНИКА «МИР»

RESEARCH OUTAGES AND DETERMINATION OF THE COEFFICIENT OF READINESS IN THE CONDITIONS OF THE MINE "MIR"

Александров Егор Александрович,
AlexandrovEgorAlexandrovich

НИТУ «МИСиС», Россия, Москва
NUST «MISiS», Russia,Moskow
swat94@inbox.ru
119049, Ленинский проспект, д. 4
студент НИТУ «МИСиС»

Аннотация. В статье говорится о повышении производительности труда на выемочных машинах подземных рудников алмазодобывающей компании «Алроса». Проведен статистический анализ поломок основного выемочного агрегата – комбайна избирательного действия МН-620. Была произведена выборка выходов из строя по времени ремонта и количество отказов, а также определены количественные показатели надежности данной горной машины на основании эксплуатационных данных. Даны рекомендации по направлениям исследования и модернизации различных узлов комбайна.

Ключевые слова: производительность работ; АК «Алроса» (ПАО), надежность, комбайн избирательного действия, отказы, ремонт, коэффициент готовности.

The article talks about improving productivity in mining machines underground mines diamond mining company "ALROSA". The statistical analysis of the breakdowns of the main excavation units combine selective action MH-620. Was produced the sample outputs from the system at the time of repair and number of failures, as well as the quantitative indicators of the reliability of the mining machines based on the operational data. The recommendations for directions of research and modernization of various components of the harvester.

Key words: productivity; AK "ALROSA" (JSC), reliability, processor polling operation, failures, repair and availability.

Компания «Алроса» является одним из мировых лидеров в отрасли добычи и переработки алмазного сырья. Компания делает большую ставку на разработку новых технологий (в т.ч. и по импортозамещению) и проведение НИОКР с целью модернизацию и переоснащения своих предприятий, о чём написано в Программе инновационного развития и технологической модернизации АК «Алроса»(ПАО).

В начале в 2000-х годов с истощением основных месторождений, разрабатываемых открытым способом, компании пришлось перейти на отработку кимберлитовых рудников подземными выработками. Из-за сравнительно невысокой крепости кимберлита (f=6÷8) и породных солевых прослоев, основным методом разрушения горных пород принят механический – с помощью импортных тяжелых комбайнов избирательного действия – MR360 и MH620 (АМ-75 и АМ-105), используемые соответственно при проходке подготовительных и очистных выработок.

В данной статье будут проанализированы основные узлы комбайна, их основные отказы за период январь-июль 2016 на руднике «Мир», время наработки на отказ, время восстановления работоспособности машины и в результате будет найден коэффициент готовности. За основу для расчета будет взят комбайн № 7 МН-620.

Для облегчения классификации проведенных ремонтных работ, их относят к определенным частям машины. Эти узлы являются слабыми местами и наиболее часто приходят в негодность. К основным выделяемым узлам относятся: зарубной бар и редуктор режущего органа(1), ходовая часть (2), конвейер(3), питатель(4), турель(5), гидро-(6) и электросистема и в общем выделяемая оставшаяся механическая часть комбайна.

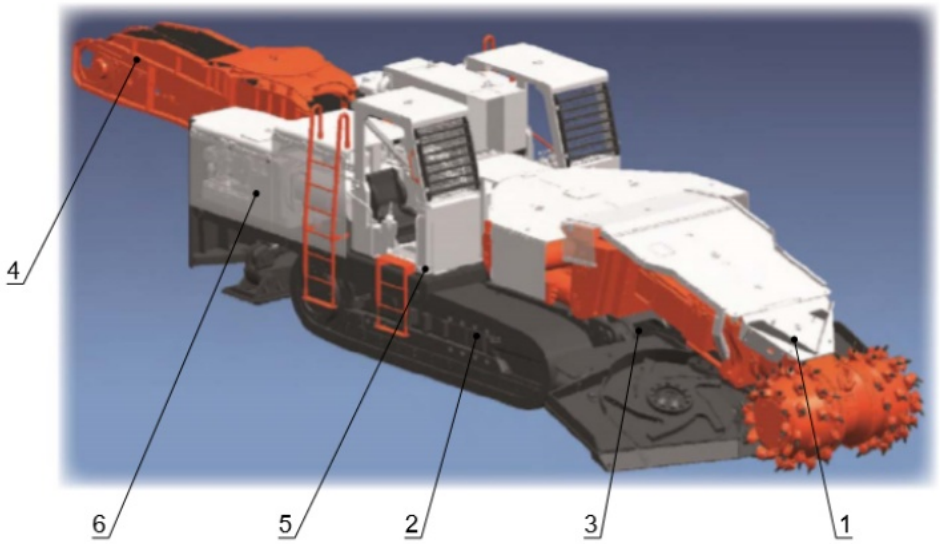


Рисунок 1 - Комбайн МН-620 и его основные ремонтируемые узлы

Также часто встречаются случаи поломок упругой втулочной муфты редуктора режущего органа и нагребной звездочки конвейера, которые относят к поломкам редуктора зарубного бара и конвейера соответственно.

Была проанализирована суммарная наработка комбайна с января по июль 2016 года, в сумме свыше 4000 часов. За этот срок случилось 70 отказов различных элементов комбайна. Каждый выход из строя был отнесен к определенной группе узлов машины, и поломки были разбиты также по времени ремонта различных сгруппированных частей машины (рис.2) и по количеству выходов из строя каждого вида узлов (рис.3).

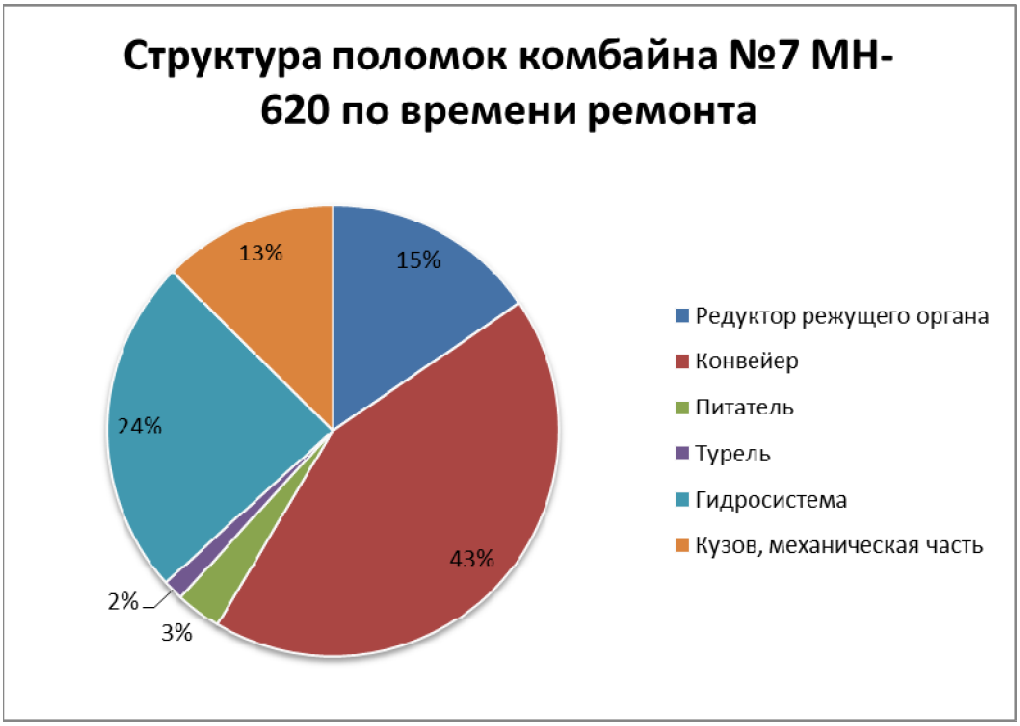


Рисунок 2 - Структура поломок комбайна МН-620 по времени ремонта

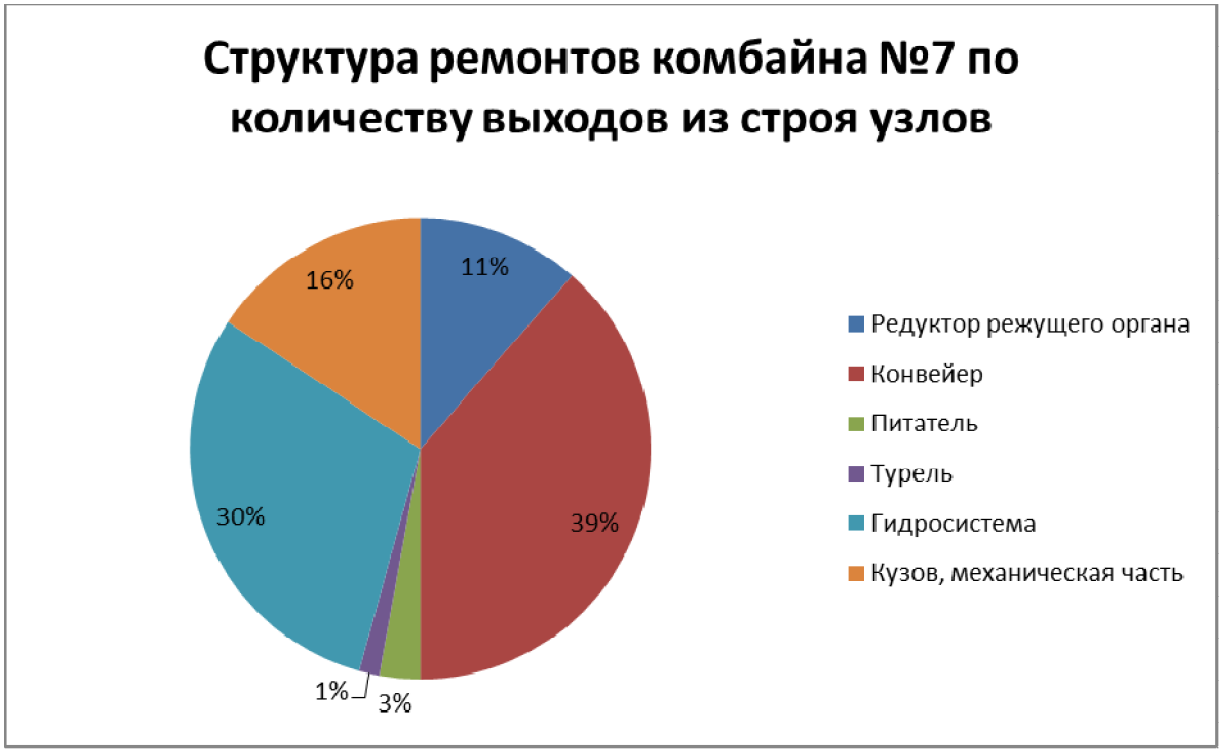


Рисунок 3 - Структура поломок комбайна МН-620 по количеству выходов из строя

Из круговых диаграмм видно, что абсолютному времени ремонта и по числу выходов из строя лидирует конвейерный узел. Это связано как с несовершенством выборки (исследования только по одной машине), так и с записью мастерами поломок в гидросистеме конвейера и приводного насоса нагребной звездочки к данному узлу. Правильней было бы записать их в гидросистему.

Определим количественные показатели надежности горной машины – среднее время восстановления, удельное время восстановления системы и коэффициент готовности.

Суммарное наработка системы за рассматриваемый период $t_{сум}$=4006,25 ч.

Тогда,

$$T_{о(сист)} = \frac{t_{сум}}{n_1 + n_2 + \cdots + n_N} \quad (1)$$

где n_1, $n_{2,...}$ n_n – количество отказов системы;

Среднее время восстановления работоспособного состояния $T_{в(сист)}$ находится по формуле:

$$T_{в(сист)} = \frac{T_{в1} \cdot n_1 + T_{в2} \cdot n_2 + \ldots + T_{вN} \cdot n_N}{n_1 + n_2 + \cdots + n_N} \quad (2)$$

где $T_{в1}$,$T_{в2}$,$T_{вN}$ - время восстановления в случае n-ого выхода из строя.

Определение коэффициента готовности системы $K_{г(сист)}$:

$$K_{г(сист)} = \frac{1}{1 + \frac{T_{в(сист)}}{T_{о(сист)}}} \quad (3)$$

По результатам расчета у комбайна №7 рудника «Мир» коэффициент готовности равен 0,97, который является приемлемым значением.

Продолжением данного исследования может служить исследование поведения конвейерной системы комбайна и обоснование модернизации муфтовых узлов редуктора режущего органа для уменьшения времени ремонта.

Список литературы:

1 Годовой отчет АК «Алроса» (ПАО) за 2016 год– URL: http://www.alrosa.ru (дата обращения: 21.10.2017).

2 Гетопанов В.Н., Рачек В. М. Проектирование и надежность средств комплексной механизации. Учебник – 3-е изд., перераб. – 2016. – М.: Недра – 208 с.

УДК 621.928.37

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОЦИКЛОНОВ НА ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ

М.А. Попов, Н.Н. Степанов, Д.В. Ермолаев

[1]Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСиС»

309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42

rbw404@gmail.com, +7(951) 762-37-36

imper2406@mail.ru, +7(960) 631-72-38,

walkman550@mail.ru, +7(919) 285-89-09

Аннотация. В статье рассматривается практика применения гидроциклонов на обогатительных фабриках и описаны основные направления исследования процесса классификации в них.

Ключевые слова: гидроциклон; классификация материалов; обогатительная фабрика; технологические схемы; горное производство.

PRACTICAL APPLICATION OF HYDROCYCLONS ON MINERAL PROCESSING FACTORY

M.Popov, N. Stepanov, D. Ermolaev

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

Abstract. The article deals with the practice of using hydrocyclones in concentrating plants and describes the main lines of research into the process of classification in them.

Keywords: hydrocyclons; classification of materials; mineral processing factory; mining production.

В настоящее время важнейшими направлениями горной промышленности во всем мире является повышение технико-экономических показателей комплексной переработки минерального сырья и развитие ресурсосберегающих технологий. Расширение объемов освоения сырьевой базы экономически целесообразно только на основе самых современных разработок в области совершенствования процессов переработки полезных ископаемых.

По мере совершенствования технологии обогащения и повышения комплексности использования природных ресурсов исследовано и разработано большое множество аппаратов классифицирующего типа, среди которых особую популярность получили гидроциклоны за счет простоты конструкции и широкого спектра возможностей. Первое упоминание о гидроциклоне зарегистрировано в 1891 г., однако, в промышленности гидроциклоны применили лишь в 1939 г. на углеобогатительной фабрике в Нидерландах [2]. Отечественное серийное производство аппаратов гидроциклонного типа начато в 1956 г. В виду относительно низких капитальных и эксплуатационных вложений при увеличенной эффективности гидроциклоны с успехом заменяют классификаторы материалов по крупности и аппараты для обезвоживания и обогащения по плотности частиц [3].

Одной из неотъемлемых и определяющих операций в технологических схемах обогащения является классификация материалов по крупности, составляющая основу процесса обогащения и представляющая часть измельчительного цикла «мельница - классификатор», который является своего рода элементом управления работой всей обогатительной фабрики в целом [4]. Несмотря на весьма обширные возможности применения гидроциклонов в технологических процессах наиболее характерным является их эксплуатация в качестве классифицирующего оборудования именно в циклах измельчения. Классификация в схеме мокрого замкнутого измельчения является основным процессом, который должен обеспечить заданное качество готового продукта, поскольку от этого в

значительной степени зависят конечные показатели работы последующих переделов обогатительных фабрик.

Основным направлением применения гидроциклонов на обогатительных фабриках является их классифицирующая функция в циклах измельчения. Измельчительный цикл «мельница-классификатор» является своего рода элементом управления работой всей обогатительной фабрики в целом. В этом варианте применение гидроциклонов при обогащении руд существенно осложняется наличием двух или нескольких компонентов твердой фазы, имеющих различные плотности. Возникает проблема равнопадаемости, что ведет к искажению результатов классификации.

В настоящее время гидроциклоны применяются во всех стадиях измельчения, при этом схемы замкнутых циклов измельчения и доизмельчения на ряде фабрик усложнены внутрицикловыми операциями обогащения, предназначенными для выделения зерен полезных минералов, тем самым предотвращается их потеря в шламах в следствие переизмельчения. В таких схемах условия работы гидроциклонах являются более сложными по сравнению со схемами обычных замкнутых циклов измельчения. Главным технологическим принципом руд является максимальное повышение степени раскрытия минералов при минимальной степени измельчения. Именно эту задачу и решают высокоэффективные гидроциклоны, выводя из цикла измельчения свободные зерна минералов по мере их раскрытия.

На большинстве существующих предприятий эту задачу гидроциклоны выполняют не всегда эффективно, что приводит к переизмельчению материала, снижению извлечения и увеличению материальных и энергетических затрат на единицу производимого продукта. Зачастую случаи снижения эффективности разделения в гидроциклонах возникают за счет нестабильного поддержания крупности граничного зерна d50, вызванного изменениями физических свойств пульпы, к которым приводят колебания технологических параметров и сезонные изменения рабочих условий. Как показывает практика, гидроциклоны достаточно чувствительны к изменениям режима работы мельницы, позволяет регулировать процессы её загрузки и влиять на измельчение ценного рудного компонента.

Промышленному использованию гидроциклонов способствует значительный экспериментальный материал и результаты теоретических исследований, посвященные сепарации дисперсных неоднородных систем типа «жидкость - твердое тело» [4]. Решением задач, связанных с интенсификацией процесса классификации в гидроциклонах, успешно занимались отечественные исследователи Поваров А.И., Акопов М.Г., Кутепов И.Г., Ляценко П.А., Ангелов А.И., а также зарубежные ученые Брэдли Д., Келсалл Д.Ф. и многие другие. Однако, это направление остается одним из наиболее востребованным для

обогатительных предприятий [3]. Важнейшим направлением исследования процесса классификации в гидроциклонах является стабилизация их работы в установленном оптимальном режиме. Одним из способов нахождения оптимальных условий эксплуатации технологических аппаратов схемы мокрого замкнутого измельчения является имитационное компьютерное моделирование цикла на основе математических моделей процессов, протекающих в каждой единице оборудования. Такой подход позволяет на основе известных геометрических параметров аппаратов и свойств исходного питания подобрать оптимальные рабочие условия, обеспечивающие требуемые выходные показатели технологического передела.

Таким образом, минимизацию влияния отклонения технологических условий от оптимальных в процессе классификации в гидроциклонах можно отнести к актуальным и практически значимым задачам, что в свою очередь требует проведения соответствующих исследований для повышения надежности эксплуатации данных аппаратов в производственных циклах обогатительных фабрик.

Список литературы

1. Акопов М.Г., Нехороши Р.Х., Сапега К.М. О некоторых вопросах гидродинамики гидроциклона // Тр. ИГИ. 1969. Т. 24, вып. 4. С. 15-19.

2. Башаров М.М., Сергеева О.А. Устройство и расчет гидроциклонов: учебное пособие. Под ред. А.Г. Лаптева. – Казань: Вестфалика, 2012

3. Кармазин В.И. Технология обогащения руд черных металлов. М.: Недра. - 1982. - 108 с.

4. Поваров А.И. Гидроциклоны на обогатительных фабриках. М: Недра, 1978. 232 с.

УДК 62-762.65
А187

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «ЗЕНИТ -95» ДЛЯ РАСЧЕТОВ СИЛЬФОНОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ

В.И. Авдеев, к.т.н., доцент
О.Ф.Кравченко, к.т.н., доцент
И.Е. Подгорный, к.т.н., доцент
Старооскольский технологический институт им.А.А.Угарова (филиала) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
e-mail: pro-seismo@yandex.ru

Аннотация: В статье на конкретных примерах рассмотрена возможность применения отечественного программного комплекса «Зенит -95» для расчета сильфонов на устойчивость.

Ключевые слова: сильфон, устойчивость, расчетная схема, Зенит-95

APPLICATION OF "ZENIT-95" SOFTWARE COMPLEX FOR CALCULATION OF SILPHONES FOR SUSTAINABILITY

V.I. Avdeev, O.F.Kravchenko, I.E. Podgorny

Stary Oskol Technological Institute A.A.Ugarov (branch) of the Federal state Autonomous educational institution of higher education "national research technological

University" MISiS " e-mail: pro-seismo@yandex.ru

Abstract: In the article, on specific examples, the possibility of using the domestic software complex Zenit-95 for calculating bellows for stability was considered.

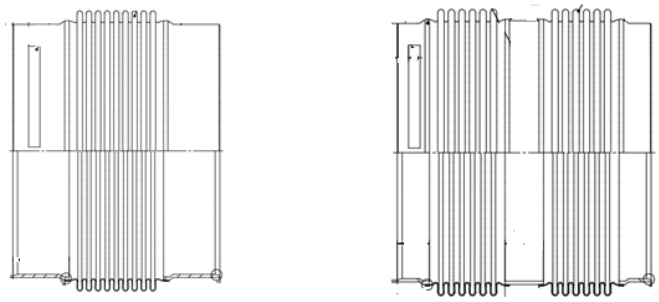
Keywords: bellows, stability, design scheme, Zenith-95

Сильфоны широко используют в системах трубопроводов для компенсации монтажных и эксплуатационных смещений. Выбор основных параметров сильфонов предусмотрен нормативно-технической документацией [1]. Методы расчетов на прочность, жесткость, устойчивость, надежность освещаются во многих источниках (например [2], [3]). Однако некоторые из этих задач требуют проведения дополнительных исследований.

В данной работе на конкретных примерах рассмотрена возможность применения отечественного программного комплекса «Зенит -95» [4] для расчета сильфонов на устойчивость.

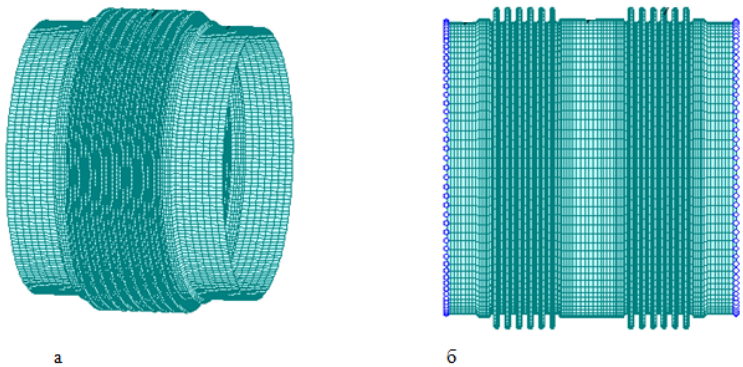
Конструктивные схемы рассмотренных сильфонов представлены на рис. 1а, 1б, расчетные схемы на рис. 2а, 2б. В качестве внешних воздействий приняты: в первом случае (рис. 1а, 2а) внешнее давление и осевое перемещение торцов сильфона, во втором - случае - внутреннее давление и осевое перемещение торцов сильфона (рис. 1б, 2б).

На рис. 3 показана первая форма потери устойчивости сильфона при внешнем давлении и осевом перемещении торцов сильфона. В результате расчета определено критическое давление, при котором происходит потеря устойчивости. В данном примере *Ркр*=1,55 МПа.



а б

Рисунок 1 - Конструктивные схемы сильфонов



а б

Рисунок 2 - Расчетные схемы сильфонов

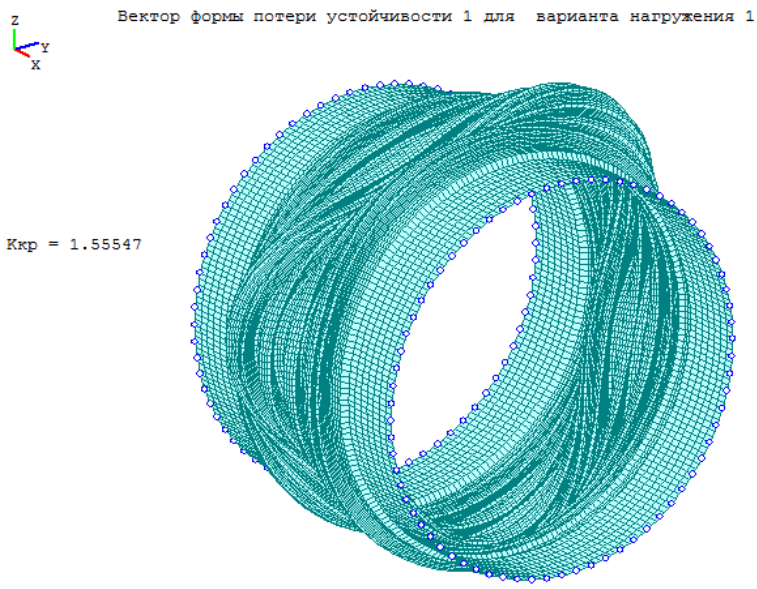


Рисунок 3 - Форма потери устойчивости сильфона при внешнем давлении и осевом перемещении

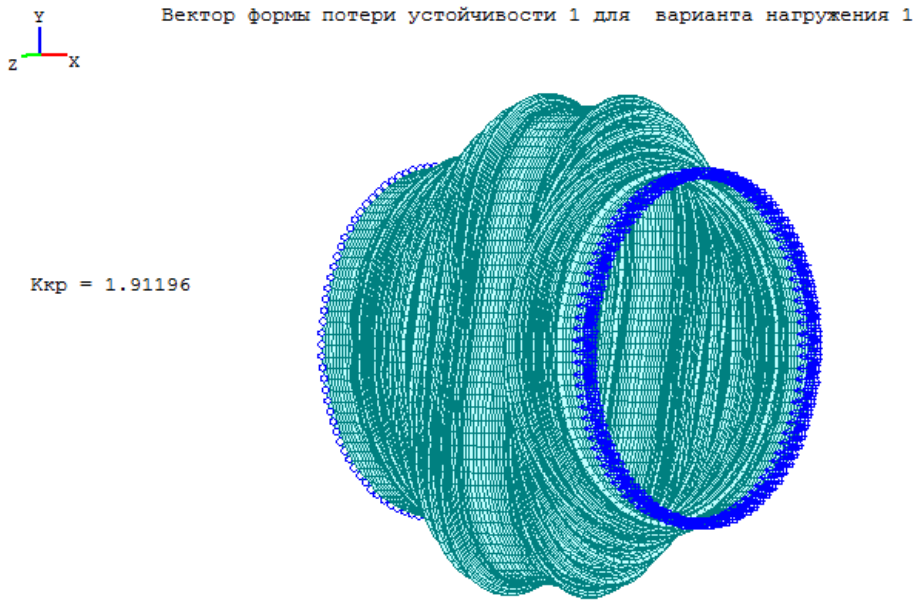


Рисунок 4 - Форма потери устойчивости сильфона при внутреннем давлении в сильфоне и осевом перемещении

На рис. 4 показана форма потери устойчивости сильфона от внутреннего давления и осевого перемещения торцов сильфона для сильфона с промежуточным патрубком. Определено критическое внутреннее давление при заданных перемещениях торцов. В данном примере Ркр=1,91 МПа при перемещении 30 мм.

Если при проектировании сильфона нет данных по примыкающим трубопроводам, то это перемещение назначают по нормативным документам, а затем уточняют с учетом реальных условий. В рассмотренных примерах указанные перемещения определены с применением вычислительного комплекса «Зенит -95» (рис. 5).

Рисунок 5 - Перемещения в узлах трубопроводов

Приведенные в работе результаты показывают возможность и эффективность применения отечественного программного комплекса «Зенит -95» для проектирования сильфонов и их расчета на устойчивость.

Литература:

1 ГОСТ 30780-2002 Сосуды и аппараты стальные. Компенсаторы сильфонные и линзовые. Методы расчета на прочность.

2 Э.Л.Аксельрад. Гибкие оболочки. –М.: Наука, 1976. – 376с.

3 Сильфоны. Расчет и проектирование. Под ред. Л.Е.Андреевой. -М.: Машиностроение, 1975. -156с.

4 Программа ЗЕНИТ-95. Регистрационный номер паспорта 148 ГАН РФ от 20.02.2003.

СЕКЦИЯ: ЭКОЛОГИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 556.33-622.17

ИЗМЕНЕНИЕ РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В МЕЖДУРЕЧЬЕ ПЕСОЧНАЯ – ЧЕРНЬ

Л.А. Еланцева, С.В. Фоменко

Научно-технический и экспертный центр новых экотехнологий в гидрогеологии и гидротехнике «НОВОТЭК»

308002, Россия, г. Белгород, ул. Б. Хмельницкого, 131

E-mail: LAElanceva@novotek15.ru, +7(4722) 26-76-53

Аннотация. Рассмотрено влияние хвостохранилища Михайловского ГОКа на уровенный режим и качественный состав подземных вод апт-сеноманского водоносного горизонта. Установлено, что миграция загрязненных техногенных вод через хвосты и слабопроницаемые породы в основании и бортах хвостохранилища сопровождается интенсивными процессами физико-химического и микробиологического самоочищения.

Ключевые слова: хвостохранилище; апт-сеноманский водоносный горизонт; водозабор; питьевое водоснабжение.

CHANGING OF GROUNDWATER REGIME IN THE AREA BETWEEN PESACHNAYA–CHERN

L. Elanceva, S. Fomenko

NOVOTEC scientific and technical center for new environmental technology and hydraulic engineering hydrogeology (SEC), Russia, Belgorod

Abstract. The influence of the Mikhailovsky mining and processing plant tailing dump on the level regime and the qualitative composition of the underground waters of the Aptian-Cenomanian aquifer has been reviewed. It has been established that the migration of polluted technogenic waters through tails and low permeability rocks at the base and sides of the tailing dump is accompanied by intensive processes of physicochemical and microbiological self-purification.

Key words: tailing dump; Aptian-Cenomanian aquifer; water intake; drinking water supply.

Введение. Хвостохранилище Михайловского ГОКа, возведенное в долине реки Песочной, предназначено для складирования хвостов обогатительной фабрики и снабжения оборотной водой производственных потребителей комбината.

Гидрогеологические условия в междуречье Песочная - Чернь сформировались под влиянием техногенных факторов при эксплуатации хвостохранилища.

На водоразделе в междуречье организован водозабор «Чернь» для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения производственных объектов Михайловского ГОКа и сторонних организаций.

Анализ гидрогеологических условий в междуречье Песочная – Чернь. Главная роль принадлежит двум верхним водоносным горизонтам: четвертичных отложений и апт-сеноманских песков.

Водоносный горизонт четвертичных отложений распространен в виде отдельных линз в нижней части толщи лессовидных суглинков, подстилается тяжелыми суглинками и глинами неогена. Широко развит горизонт в районе промплощадки МГОКа, где значительная роль в его формировании принадлежит потерям воды из технологических водонесущих коммуникаций.

При большом потреблении воды в процессе длительной эксплуатации объектов комбината на промплощадке образовался мощный купол растекания в четвертичных лессовидных суглинках с отметками уровня подземных вод, близкими к отметкам заложения фундаментов.

Апт-сеноманский водоносный горизонт приурочен к разнозернистым пескам. Верхним водоупором горизонта являются мергелистые глины верхнего мела и глины неогена, нижним водоупором служат глинистые отложения верхней юры и нижнего мела.

Основным источником питания горизонта до сооружения хвостохранилища являлась инфильтрация атмосферных осадков севернее истоков рек Песочная и Чернь. Разгрузка происходила в речную систему и ограничивалась на юге рекой Свапа. Поток подземных вод был направлен с севера на юг. Вдоль русел рек водоносный горизонт частично или полностью выклинивался и замещался аллювиальными отложениями. Напорный режим водоносный горизонт имел лишь в пределах водоразделов и в верховьях р. Черни, напор не превышал 5 м. Мощность горизонта соответствовала мощности песков и составляла 20-25 м. В пределах зон с безнапорным режимом мощность водоносного горизонта изменялась от 5 до 15 м.

Организация хвостохранилища способствовала постепенному повышению уровня апт-сеноманского водоносного горизонта и расширению зоны с напорным режимом.

В результате кольматации ложа хвостохранилища консолидированными хвостами уровенный режим подземных вод к настоящему времени практически стабилизировался. На состояние уровней подземных вод не оказывает существенного влияния инфильтрация техногенных вод из хвостохранилища. Произошла переориентация баланса формирования подземных вод в междуречье Чернь и Песочная: основным источником питания апт-

сеноманского водоносного горизонта является хвостохранилище. Ширина зоны напорного режима вдоль хвостохранилища составляет 1,5-2,0 км.

Для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения используются подземные воды апт-сеноманского водоносного горизонта водозабора «Чернь», насчитывающего 32 скважины. Производительностью водозабора изменялась от 2,7 до 6,0 тыс. $м^3$/сут в зависимости от потребности в воде промышленных и бытовых объектов. Поток подземных вод направлен от хвостохранилища МГОКа к водозаборным скважинам и далее в р. Чернь (рисунок 1). Установлено, что объемы водоотбора не оказывают заметного влияния на гидродинамический режим водоносного горизонта в связи с небольшим радиусом влияния эксплуатационных скважин.

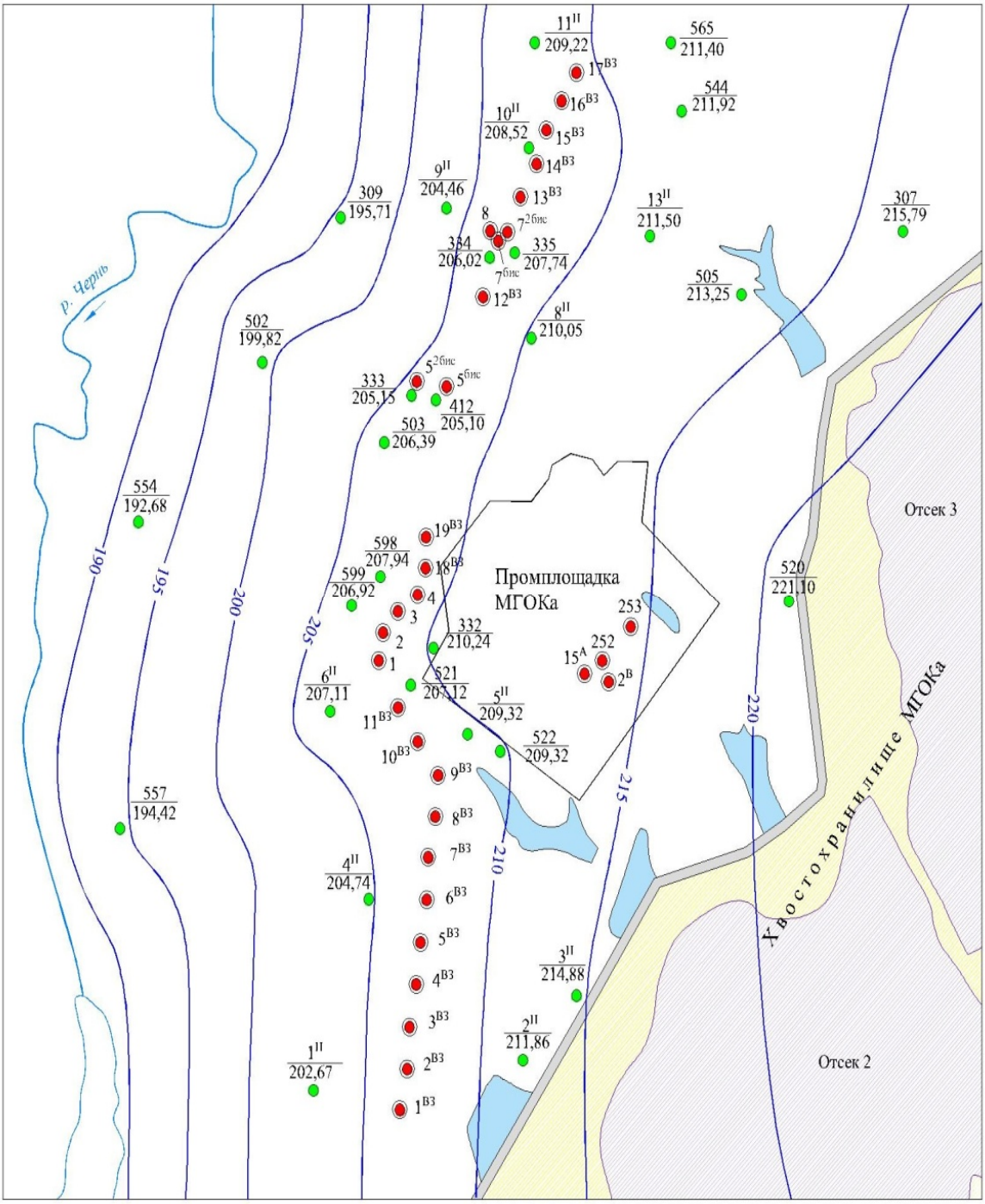


Рисунок 1. Фактическое положение уровня подземных вод апт-сеноманского водоносного горизонта на участке водозабора «Чернь» по состоянию на декабрь 2016 г.

Подземные воды апт-сеноманского водоносного горизонта по химическому составу гидрокарбонатные магниево-кальциевые, с общей минерализацией 0,3-0,7 г/дм^3 [1, 2].

Санитарно-токсикологические показатели присутствуют в водах в минимальных количествах. Обращает на себя внимание практическое отсутствие в составе вод апт-сеноманского водоносного горизонта компонентов техногенной природы – соединений азота и токсикантов различного класса опасности.

Воды хвостохранилища МГОКа характеризуются сухим остатком от 0,7 до 1,1 г/дм^3, общей жесткостью 5-13 мг-экв/дм^3, характерно эпизодическое превышение ПДК в воде концентрации нитратов до 70 мг/дм^3, железа общего до 7 мг/дм^3, аммонийного азота – до 4 мг/дм^3, нефтепродуктов – до 2 мг/дм^3.

Следует отметить, что соединения группы азота весьма неустойчивы и подвержены процессам окисления и денитрификации, а нефтепродукты обладают относительно высокой сорбируемостью пылеватыми и глинистыми частицами, тонко- и мелкозернистыми песками [3, 4].

Анализ сравнения химического состава технических вод хвостохранилища и подземных вод апт-сеноманского водоносного горизонта показывает, что более чем за сорокалетний период эксплуатации хвостохранилища не произошло заметного ухудшения качества подземных вод целевого апт-сеноманского водоносного горизонта. Это обусловлено интенсивными процессами механического, физико-химического и микробиологического самоочищения вод хвостохранилища, происходящими по пути их движения в подземном водоносном комплексе [5, 6]. Подтверждается также концентрацией в подземных водах надежных индикаторов – ионов натрия и сульфатов практически на уровне фоновых значений (ионы натрия 20 мг/дм^3, сульфаты 75 мг/дм^3), хотя концентрация их в воде хвостохранилища намного выше (130 и 250 мг/дм^3).

Заключение. Из анализа гидрохимического состава вод хвостохранилища МГОКа следует, что за длительный период эксплуатации хвостохранилища (44 года) техногенные воды практически не содержали компонентов в количествах, опасных для загрязнения подземных вод, заметного ухудшения качества подземных вод апт-сеноманского водоносного горизонта не зафиксировано. Отмечено лишь повышенное содержание в воде хвостохранилища соединений азота и эпизодически железа общего и нефтепродуктов, превышающее ПДК в несколько раз. Миграция загрязненных техногенных вод из хвостохранилища сопровождается интенсивными процессами механического, физико-химического и микробиологического самоочищения при прохождении через хвосты и слабопроницаемые песчано-глинистые породы в основании и бортах хвостохранилища.

Стабильный состав подземных вод апт-сеноманского водоносного горизонта, используемого для питьевого водоснабжения, подтверждается многолетними наблюдениями за качественным составом вод водозабора «Чернь».

Таким образом, можно констатировать, что хвостохранилище не ухудшило качество подземных вод апт-сеноманского водоносного горизонта, но интенсификация горного производства и применение способа флотационного обогащения не позволяют исключить возможность ухудшения качества подземных вод водоносного горизонта.

Список литературы

1. Абрамов С.К., Биндеман Н.Н., Бочевер Ф.М., Веригин Н.Н. Влияние водохранилищ на гидрогеологические условия прилегающих территорий. Стройиздат, М., 1960. – 319 с.

2. Гриневский С.О. Гидродинамическое моделирование взаимодействия подземных и поверхностных вод. Инфра-М, М., 2012, – 152 с.

3. Димакова Н.А., Шарапов Р.В. Проблема загрязнения подземных вод. Журнал «Современные наукоемкие технологии» № 2. М., 2013. – С. 79-82.

4. Жогло В., Галкин А. Мониторинг и управление состоянием подземных вод на водозаборах и экологически опасных объектах. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2012. – 140 с.

5. Ковалевский В.С. Влияние изменений гидрогеологических условий на окружающую среду. Наука. М., 1994. – 138 с.

6. Лимарева А., Лукин А. Мониторинг подземных вод хозяйственно-питьевого водозабора. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013. – 92 с.

УДК 504

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Илларионова Елена Александровна

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

СТИ НИТУ «МИСиС», Россия, Старый Оскол

Elenlein@yandex.ru

кафедра ЭУиОП, ассистент, к.э.н.

Аннотация. В статье рассмотрены экологические проблемы Белгородской области. Проводится анализ инвестиций в основной капитал и затрат, направленных на охрану окружающей среды. Проведено сопоставление анализируемых показателей с уровнем Российской Федерации.

Ключевые слова: экологические проблемы, Белгородская область, охрана окружающей среды, инвестиции.

ECOLOGICAL PROBLEMS IN BELGOROD REGION

Illarionova Elena Alexandrovna

Stary Oskol technological institute n.a. A.A. Ugarov (branch) National University of Science and Technology "MISiS", Stary Oskol

Abstract. The article describes the environmental problems in Belgorod region. The analysis of fixed capital investments and expenses aimed at environmental protection. A comparison of the analyzed parameters with the level of the Russian Federation.

Key words: environmental problems, Belgorod oblast, environmental protection, investment.

В целях привлечения общественного внимания к вопросам экологического развития Российской Федерации, сохранения биологического разнообразия и обеспечения экологической безопасности Указом Президента 2017 год был объявлен Годом экологии [13]. Главная задача мероприятия – привлечь внимание к проблемам экологии и улучшить состояние экологической безопасности в стране в целом и в каждом конкретном субъекте в частности [1; 6]. По итогам конкурса Национальной Экологической Премии "ЭкоМир" Белгородская область неоднократно признавалась одним из самых экологически благополучных регионов России.

Белгородская область, образованная в 1954 году, - одна из самых молодых в России. Она расположена на юго-западе Российской Федерации, входит в состав Центрального

федерального округа (ЦФО) Российской Федерации. Регион характеризуется выгодным географическим положением и привлекателен своими недрами, черноземами, экономическим и высококвалифицированным кадровым потенциалом [3-5; 9]. Все это способствует эффективному развитию как межрегиональных, так и внешнеэкономических деловых, торговых и культурных связей. По ее территории проходят стратегически важные железнодорожные и автомобильные магистрали межгосударственного значения, соединяющие Москву с южными районами России, Украиной и Закавказьем. Удельный вес дорог с твердым покрытием составляет 92,1%, развита система финансово-кредитных, страховых и других организаций, составляющих рыночную инфраструктуру. Область полностью газифицирована.

Правительством области большое внимание уделяется совершенствованию методов управления природными ресурсами и их рациональному использованию, охране окружающей среды и экологической безопасности всех территорий области.

В целях реализации мер по созданию комфортной и безопасной среды обитания, повышения экологической культуры и формирования экологического мировоззрения населения области в среднесрочном периоде реализуются:

- областная целевая программа модернизации объектов водопроводно-канализационного комплекса Белгородской области для улучшения обеспечения населения качественной питьевой водой и организации водоотведения;

- областная Программа финансирования природоохранных мероприятий;

- областная Программа "500 парков Белогорья".

Финансирование природоохранных мероприятий оценивается общим объемом инвестиций в основной капитал, направленных на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов (табл. 1).

Таблица 1 - Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, млн. руб. [12]

Год	2012	2013	2014	2015	2016
Россия	116543,00	123807,00	158636,00	151788,00	139677,00
Белгородская область	3450,60	1736,90	1201,70	2134,50	922,20
Доля Белгородской области, %	2,96	1,40	0,76	1,41	0,66

Ключевым показателем является так же величина текущих затрат на охрану окружающей среды (табл. 2).

Таблица 2 - Затраты на охрану окружающей среды, млн. руб. [12]

	2014	2015	2016
Российская Федерация	536311,00	582128,00	591156,00
Белгородская область	7044,00	8267,00	7657,00
Доля Белгородской области, %	1,31	1,42	1,30

Из использованных в 2016 г. средств 61,2% затрачено на охрану и рациональное использование водных ресурсов, 20,5% - на охрану атмосферного воздуха, 16,4% - на охрану земельных ресурсов от отходов производства и потребления.

В результате принятых мер и проведенных мероприятий уровень загрязнения атмосферного воздуха основных промышленных городов снизился и отвечает требованиям санитарных норм по всем основным ингредиентам [7; 11]. Экстремально высоких уровней загрязнения атмосферы не было установлено. Общие выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от промышленных предприятий области стабильны (табл. 3).

Таблица 3 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух в Белгородской области, тыс.т. [12]

Год	2012	2013	2014	2015	2016
Россия	32469,00	32063,00	31228,00	31269,00	31617,00
Белгородская область	134,00	118,00	127,00	118,00	113,00
Доля Белгородской области, %	0,41	0,37	0,41	0,38	0,36

Эффективность работы очистных устройств за последние пять лет составила 97,6%, что является одним из лучших показателей по Российской Федерации. Количество выбросов на единицу валового регионального продукта имеет устойчивую тенденцию к снижению.

Основной вклад в загрязнение атмосферы вносят выбросы в атмосферу от автотранспорта (около 70%). В целях снижения негативного влияния на окружающую среду в большинстве организаций и предприятий области организован своевременный ремонт, регулировка и техническое обслуживание систем и агрегатов, разрабатываются и внедряются мероприятия по оптимизации грузоперевозок и снижению расхода топлива, планово осуществляется перевод части автотранспорта на газовое топливо, проводится оперативный контроль за содержанием загрязняющих веществ в выхлопных газах. Практически полная газификация области способствует тому, что по сравнению с 1990 годом почти в 2,5 раза снизились абсолютные размеры выбросов в атмосферу (техногенное воздействие) от стационарных источников.

Важным направлением в работе по поддержанию качества окружающей среды является сохранение водных ресурсов, так как лишь около 1% территории области занято

поверхностными водоемами, которые используются для рекреационного и рыбохозяйственного водопользования, а также для забора воды на технические нужды и приема сточных вод [8].

Производство и реализация экологически безопасной и биологически полноценной сельскохозяйственной продукции – главная задача всех ветвей власти, всех сельхозтоваропроизводителей и перерабатывающих предприятий области [2; 10]. В результате качество и безопасность продовольственного сырья и продуктов питания населения области за последние пять лет в среднем стали лучше, чем в целом по Российской Федерации, как по санитарно-химическим, так и по микробиологическим показателям соответственно в 1,1 - 2,1 раза и в 1,2 - 1,7 раза.

Одним из приоритетных направлений экологической политики в Белгородской области является решение задач экологического воспитания и образования подрастающего поколения. Основы экологического образования и воспитания включены в образовательные программы большинства школ области, реализация которых осуществляется через изучение специальных курсов по экологии, экологизацию традиционных курсов и дисциплин, работу природоохранных и эколого-биологических кружков.

Анализ тенденций развития Белгородской области свидетельствует, что созданы все реальные предпосылки для перехода к экологически ориентированному социально-экономическому развитию общества. Однако устойчивое развитие экономики, высокое качество жизни и здоровья населения области может быть обеспечено только при условии снижения негативного влияния хозяйственной деятельности на природу и общего улучшения окружающей среды за счет признания приоритета экологической политики в принятии градостроительных, экономических и хозяйственных решений по текущему и перспективному развитию региона.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ и Белгородской области № 17-12-31003

Список литературы:

1. Демина В.В., Рассолов В.М. Особая природа ресурсов информационного общества // В сборнике: Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: материалы Двенадцатой Всероссийской научно-практической конференции. 2015. С. 93.

2. Демьяненко М.С. Практический опыт внедрения инноваций в аграрно-промышленном комплексе регионов Центрального федерального округа // Наука и инновации в сельском хозяйстве: Материалы Международной научно-практической конференции. 2011. С. 205-212.

3. Илларионова Е.А. Анализ экономического развития Белгородской области: В сборнике: Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство материалы Двенадцатой Всероссийской научно-практической конференции. 2015. С. 120

4. Илларионова, Е.А. Оценка использования экономического потенциала Белгородской области // Современные проблемы науки и образования. 2014 г. № 6. С. 456

5. Ильичева Е.В. Методологические подходы к оценке использования и восстановления природного баланса в Белгородской области // Региональная экономика: теория и практика. 2007. № 6. С. 117-123.

6. Самарина В.П. «Зеленая экономика» России: некоторые вопросы теории и методологии // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. № 2 (287). С. 2-9.

7. Самарина В.П. Совершенствование методологии управления социально-экономическим развитием проблемных регионов России: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук / Российская экономическая академия им. Г.В. Плеханова. Москва, 2010

8. Самарина В.П. Формирование качества поверхностных вод природно-хозяйственной системы (на примере Оскольского горно-металлургического промышленного комплекса): диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. Москва, 2004.

9. Скуфьина Т.П. Проблемы измерения социально-экономического неравенства регионов Российской Федерации // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2007. Т. 2. № 18. С. 160.

10. Скуфьин П.К. Нефтяная альтернатива человечества. Вестник Кольского Научного центра. № 1. 2012. С. 38-54.

11. Субботина Е.В., Самарина В.П. Формирование нового взгляда на проблемы рационального природопользования и охраны окружающей среды. // Фундаментальные исследования. 2013. № 1-1. С. 238-241.

12. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Белгородской области [Электронный ресурс]. URL: http://belg.gks.ru/ (Дата обращения: 10.10.2017)

13. Указ Президента Российской Федерации от 05.01.2016 г. № 7 «О проведении в Российской Федерации Года экологии» [Электронный ресурс]. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/40400 (Дата обращения: 10.10.2017)

УДК 504.06

РОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА В РАЗВИТИИ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК РОССИИ

А.Г. Кобзева, Н.Г. Силкина

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42

kobzeva.ann@gmail.com

Аннотация. В статье обоснована необходимость использования предприятиями АПК системы экологического менеджмента. Рассмотрены основные факторы увеличения нагрузки деятельности предприятий АПК на окружающую среду. Представлены задачи, принципы, этапы внедрения экологического менеджмента на предприятиях АПК.

Ключевые слова: система экологического менеджмента; агропромышленный комплекс; стандарты серии ISO 14000; экологическая политика; принципы.

THE ROLE OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE DEVELOPMENT OF ENTERPRISES OF THE RUSSIAN AGRICULTURAL COMPLEX

A.G. Kobzeva[1], N.G. Silkina[1]

[1]Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

[2]Donetsk National Technical University, Donetsk

Annotation. The article substantiates the necessity of using the environmental management system by the enterprises of the agroindustrial complex. The main factors of increasing the workload of agricultural enterprises on the environment are considered. The tasks, principles, stages of introduction of environmental management at the enterprises of agroindustrial complex are presented.

Key words: ecological management system; agro-industrial complex; ISO 14000 series standards; environmental policy; principles.

В настоящее время актуальной является задача формирования экологически ориентированной экономики страны, базирующейся на устойчивом развитии отраслей с соблюдением принципов рационального природопользования [1-4]. Нерешенной остается проблема существенного воздействия агропромышленного комплекса на окружающую среду.

Увеличение нагрузки на окружающую среду в АПК связано, прежде всего, с ростом посевных территорий, повсеместным использованием минеральных удобрений и пестицидов, появление большого количества животноводческих комплексов и другие факторы [5-9]. В связи с чем возникают следующие проблемы: дезертификация земель,

токсификация почвы, снижение естественного плодородия почв, увеличение водопотребления, загрязнение водоемов и прочие.

Решить данные проблемы возможно путем согласования целей АПК с экологическими требованиями и ограничениями. В тоже время соблюдение природоохранных мер повышает себестоимость продукции агропромышленного комплекса в среднем на 20-30%. Однако выполнение экологических требований позволяет повысить конкурентоспособность предприятий, так как в настоящее время в мире происходит популяризация здорового питания и потребления экологически чистой продукции. Вследствие чего происходит развитие производств, основанных на экологическом менеджменте.

Экологический менеджмент – это компонент управленческой деятельности предприятия, направленный на рационализацию природопользования посредством реализации программ охраны окружающей среды [10]. Применительно к предприятию предусматривает создание экологически безопасного производственного комплекса, обеспечивает оптимальное соотношение между экологическими и экономическими показателями деятельности предприятия. Основные задачи экологического менеджмента представлены на рисунке 1.

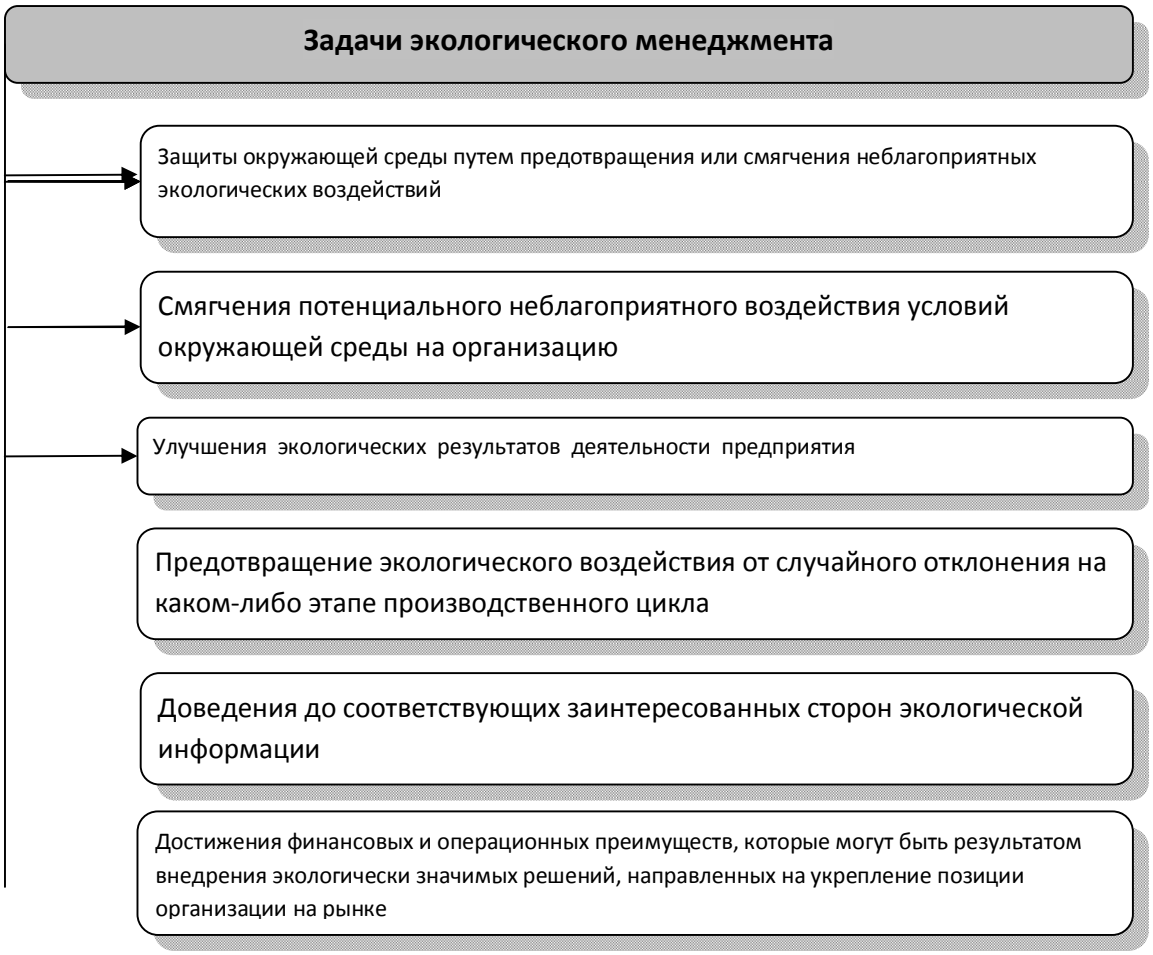


Рисунок 1. Основные задачи экологического менеджмента [11]

Необходимость внедрения системы экологического менеджмента определяется как ухудшением экологической обстановки, так и наметившейся тенденцией развития экологически безопасных производств. Принципы функционирования системы экологического менеджмента на предприятиях определены стандартами серии ISO 14000. На рисунке 2 представлена динамика количества выданных сертификатов по ISO 14001.

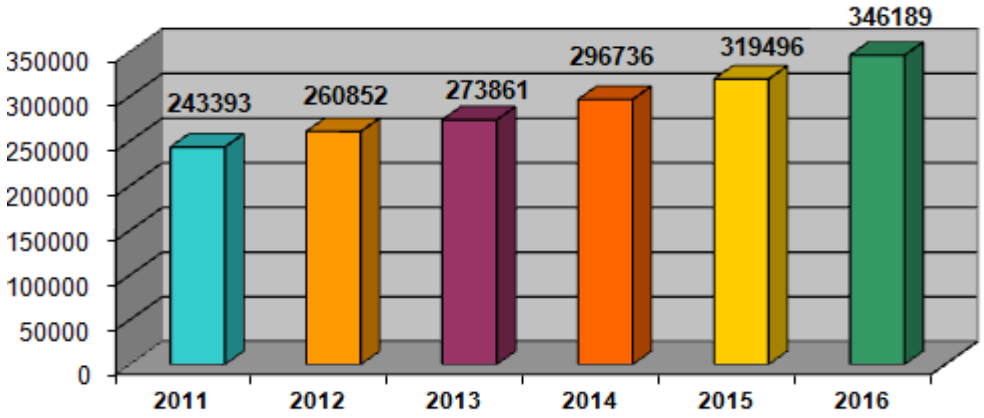


Рисунок 2. Количество выданных в мире сертификатов по ISO 14001

На отечественных предприятиях система экологического менеджмента начинает применяться с 1998 года. На конец 2004 года таких предприятий насчитывалось 127, в 2009 году количество предприятий, внедривших систему экологического менеджмента, составило 300, а уже в 2015 году - 1156. Так по итогам 2015 года Россия занимает 21 место в мире по количеству предприятий, внедривших систему экологического менеджмента [12].

Основные причины, побуждающие предприятия АПК, внедрять систему экологического менеджмента:

- уменьшение количества случаев нарушения природоохранного законодательства;
- повышение конкурентоспособности предприятия;
- рост инвестиционной привлекательности предприятия;
- сокращение негативного воздействия на окружающую среду;
- снижение штрафов;
- обеспечение устойчивого функционирования предприятия;
- улучшение технологического цикла производства.

Основные принципы реализации системы экологического менеджмента предприятиями АПК приведены на рисунке 3.

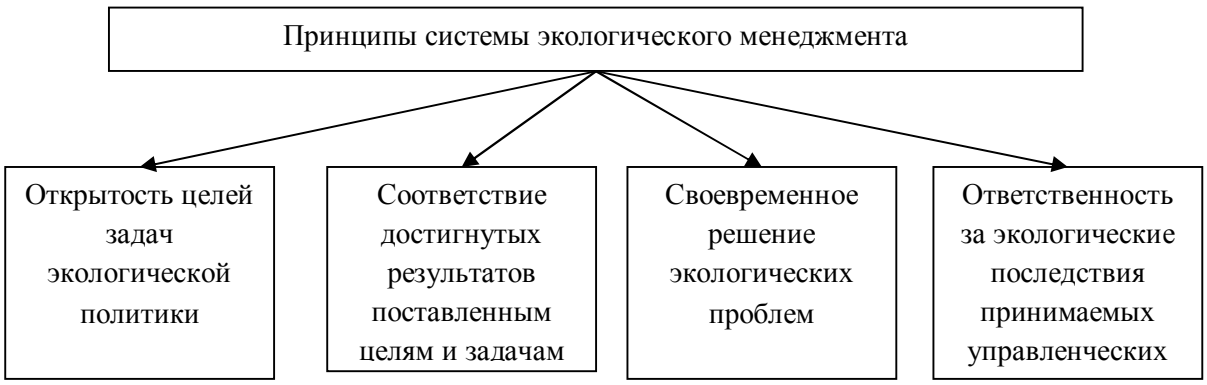


Рисунок 3. Основные принципы экологического менеджмента

Для внедрения системы экологического менеджмента предприятиями АПК необходима разработка организационно-экономических мероприятий. Первоначально следует провести анализ исходной экологической ситуации, разработать экологическую политику, которая представляет собой специальный документ, отражающий намерения и принципы деятельности предприятия АПК в сфере природопользования. Затем следует стадия планирования, которая подразумевает рассмотрение предприятиями АПК факторов, требований, областей применения системы экологического менеджмента, рисков и возможностей, относящихся к экологическим аспектам, принятым обязательствам и прочим факторам и требованиям. Третий этап предполагает непосредственное внедрение системы экологического менеджмента на предприятиях АПК, а именно распределение обязанностей, ответственности и полномочий между сотрудниками предприятия АПК, обучение персонала, формирование системы коммуникаций между различными уровнями и подразделениями, внедрение системы документооборота в области экологического менеджмента, согласование технологического процесса с основными экологическими аспектами. Далее проводится проверка и корректировка действий. Для этого должна быть определена периодичность проверок соответствия параметров деятельности предприятия АПК законодательным и прочим требованиям в области природопользования. На основе данных проверки проводится корректировка технологического процесса, направленная на снижение или устранение выявленного воздействия на окружающую среду.

Учитывая вышеизложенное можно констатировать, что внедрение системы экологического менеджмента предприятиями АПК позволит добиться роста конкурентоспособности, повышения экономической устойчивости, улучшить экологическую остановку.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ и Белгородской области № 17-12-31003

Список литературы

1. Ильичева Е.В. Методологические подходы к оценке использования и восстановления природного баланса в Белгородской области // Региональная экономика: теория и практика. 2007. № 6. С. 117-123.

2. Самарина В.П. «Зеленая экономика» России: некоторые вопросы теории и методологии // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. № 2 (287). С. 2-9.

3. Скуфьин П.К. Нефтяная альтернатива человечества. Вестник Кольского Научного центра. № 1. 2012. С. 38-54.

4. Субботина Е.В., Самарина В.П. Формирование нового взгляда на проблемы рационального природопользования и охраны окружающей среды. // Фундаментальные исследования. 2013. № 1-1. С. 238-241.

5. Демина В.В., Рассолов В.М. Особая природа ресурсов информационного общества // В сборнике: Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: материалы Двенадцатой Всероссийской научно-практической конференции. 2015. С. 93.

6. Демьяненко М.С. Практический опыт внедрения инноваций в аграрно-промышленном комплексе регионов Центрального федерального округа // Наука и инновации в сельском хозяйстве: Материалы Международной научно-практической конференции. 2011. С. 205-212.

7. Самарина В.П. Совершенствование методологии управления социально-экономическим развитием проблемных регионов России: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук / Российская экономическая академия им. Г.В. Плеханова. Москва, 2010

8. Самарина В.П. Формирование качества поверхностных вод природно-хозяйственной системы (на примере Оскольского горно-металлургического промышленного комплекса): диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. Москва, 2004.

9. Скуфьина Т.П. Проблемы измерения социально-экономического неравенства регионов Российской Федерации // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2007. Т. 2. № 18. С. 160.

10. Савкин В.И. Экономические проблемы и перспективы развития экологического менеджмента в АПК России / В.И. Савкин // Стратегия развития экономики. – 2009. – № 4 (37). – С. 72-78.

11. Системы экологического управления - Требования с руководством использованием (ISO 14001:2015).

12. Нелина В.В.Совершенствование систем менеджмента на основе требований стандартов ISO версии 2015 года/В.В. Нелина//Научные труды КубГТУ.–2017.– № 1.–С.202-213.

УДК 338.2.; 330.15.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ В РЕШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ИННОВАЦИОННОГО УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

INTELLECTUAL PROPERTY FOR ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN ORDER TO PROVIDE INNOVATIVE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE REGION

© 2017 Кудинова Галина Эдуардовна, кандидат экономических наук
Зибарев Александр Григорьевич, доктор экономических наук, чл.-корр. РАН
Розенберг Анастасия Геннадьевна, кандидат биологических наук.
группа «Экономика природопользования»
ФГБУН Институт экологии Волжского бассейна РАН, Россия, г. Тольятти.
E-mail: gkudinova@yandex.ru

Kudinov Galina E, Candidate (PhD) of economic sciences
Zibarev Aleksandr G. , Doctor (Full Prof.) of economic sciences, corresponding member of RAS,
Rozenberg Anastasia G., Candidate (PhD) of biological sciences
Group of environmental economics
Institute of Ecology of the Volga river basin of Russian Academy of Science, Togliatti, Russia
E-mail: gkudinova@yandex.ru

Ориентация на создание экономики нового типа требует обеспечения инновационного устойчивого развития регионов. В статье рассматриваются вопросы интеллектуальной собственности, виды и динамика развития инновационной деятельности в РФ в целом и применительно к экологической составляющей, приведены инновационные стратегии решения экологических проблем.

The orientation towards creating a new type of economy requires ensuring innovative and sustainable development of the regions. The article deals with intellectual property issues, types and dynamics of innovation activity development in the Russian Federation as a whole and with regard to the environmental component, innovative strategies for solving environmental problems are presented..

Ключевые слова: социально-экономическое развитие; инновации; интеллектуальная собственность; устойчивое развитие; инновационные стратегии решения экологических проблем.

Key words: socio-economic development, innovation, intellectual property rights, sustainable development, innovation strategy of solving ecological problems

В настоящее время одним из важнейших стратегических приоритетов социально-экономического развития России является формирование национальной инновационной системы [1]. Программы по социально-экономическому развитию страны и ее регионов на период до 2020г, разработанные Правительством РФ и Администрациями субъектов на различных уровнях определяют инновационный, экономический, социальный, экологический вектора устойчивого регионального развития. Устойчивое развитие региона обеспечивает сбалансированное (согласованное) решение социально-экономических задач и проблем сохранения природно-ресурсного потенциала, является стратегической задачей регионов. Достижение поставленной цели предполагает переход региональной экономики к инновационному типу развития [2, 3]. Переход экономики и промышленного производства на инновационный путь развития требует вовлечения в хозяйственный оборот объектов интеллектуальной собственности (ИС) [4, 5]. «Формирование современного рынка ИС, совершенствование национального патентного и авторского права позволяют значительно повысить эффективность инвестиций в человеческий капитал, стимулируют генерацию, распространение и использование знаний. А значит - служат прочной основой для успешного инновационного развития, создания по настоящему "умной" экономики, способной справиться с вызовами XXI века» [6]. Инновационное предпринимательство представляет собой новаторский процесс создания чего-то нового; процесс хозяйствования, в основе которого лежит постоянный поиск новых возможностей экономического и технологического развития, ориентация на инновации [7]. Результатами инновационной деятельности являются объекты интеллектуальной собственности (ИС). Влияние на развитие инновационной экономики ИС можно рассматривать в четырех аспектах, а именно:

1. Информация о патентах облегчает передачу (трансфер) технологий и оказывает содействие привлечению прямых иностранных инвестиций.

2. Патенты стимулируют научные исследования.

3. Патенты являются катализатором новых технологий и бизнеса.

4. Бизнес накапливает патенты и коммерциализирует их путем передачи прав через лицензионные соглашения, внесение в уставный фонд предприятий, использование в собственном производстве для получения дополнительной прибыли [8].

Кроме того, нужно отметить конкурентные преимущества, финансовые преимущества и выгоды от использования ИС в качестве вклада в уставный капитал, которые отражены в таблице 1.

Таблица 1

Преимущества от использования интеллектуальной собственности

Конкурентные преимущества	Конкурентные преимущества включают в себя контроль организаций определенного сегмента рынка, что принуждает другие организации, не располагающие защищенными правами на производство аналогичного изделия, приобретать их у владельца; монополию организации на производство продукции на период ее выведения на рынок
Финансовые выгоды	Финансовые выгоды организации определяются увеличением дохода организации – патентообладателя от продажи прав на ИС передачи другому лицу собственности или приобретения прав на пользование ИС
Выгоды от использования ИС в качестве вклада в уставный капитал	Использование ИС в качестве вклада в уставный капитал позволяет организации не только увеличить свой капитал, но и пересмотреть его структуру; повысить стоимость организации (за счет приращения уставного капитала) при ее продаже, приватизации или реорганизации; привлечь дополнительные финансовые ресурсы как с внутреннего, так и с внешнего рынка путем эмиссии ценных бумаг в счет увеличения объемов нематериальных активов; получить под залог объекты ИС; открывает доступ к инвестиционным банковским кредитам на выгодных условиях.

По статистическим данным Роспатента и ФИПС можно проследить динамику ИС в Российской Федерации (табл. 2.) [9]

Таблица 2

Динамика подачи заявок и выданных патентов изобретения, полезных моделей, свидетельств на товарные знаки и регистраций программ ЭВМ и баз данных

Показатели	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**
Патенты						
Подано заявок в Роспатент	39439	41849	38564	42500	41414	44211
Выдано патентов	23028	28808	34824	30322	29999	32880
Полезные модели						
Подано заявок в Роспатент	10075	10995	11153	12262	13241	14069
Выдано патентов	9757	9673	10919	10581	11079	11671
Промышленные образцы						
Подано заявок в Роспатент	4823	4711	3740	3997	4197	4640
Выдано патентов	4020	3657	4766	3566	3489	3381
Товарные знаки и знаки обслуживания						
Всего подано заявок на регистрацию знаков	57262	57112	50107	56848	59717	61923
Зарегистрировано знаков	30724	36617	36436	35178	35954	40106
Наименование мест нахождения товара						
Подано заявок на регистрацию наименований мест происхождения товаров и предоставление исключительного права на них	27	35	30	63	58	66
Выдано свидетельств об исключительном праве на наименование места происхождения товара	25	14	9	22	22	31
Программы и базы данных						
Программы для ЭВМ	5308	6086	7057	8073	9700	11471

Базы данных	426	441	609	733	891	1332

Очевидно, что по всем направлениям инновационной деятельности наблюдается положительная динамика; увеличивается и количество поданных заявок, и количество патентов и свидетельств, выданных для защиты ИС. В том числе увеличиваются количество заявок и патентов, направленных на улучшение экологической составляющей, обеспечение охраны окружающей природной среды и снижения антропогенной нагрузки на экосистемы. Виды ИС, направленные на защиту окружающей среды могут быть как прямого, так и косвенного воздействия, обеспечивающие инновационное устойчивое развитие региона опосредованно. Необходимость инновационного преобразования социально-экономического развития страны в целом, и регионов в частности, подтверждается тем, что в настоящее время, при государственном частичном регулировании промышленности, делается акцент на развитие отраслей науки и техники, направленных на изучение, использование, воспроизводство природных ресурсов и охрану окружающей среды [10, 11]. Законы и подзаконные акты, новое прочтение которых применительно к инновационным проблемам, позволит разрешать их наиболее успешным образом. Это такие нормативные акты как: Земельный кодекс РФ от 25.10.2001 № 136-ФЗ, закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ, Экологическая доктрина, одобренная распоряжением Правительства РФ от 31.08.2002, Постановления Правительства РФ № 725 «Об утверждении Положения о совете по грантам Президента РФ для поддержки молодых российских ученых и ведущих научных школ РФ» от 01.10.2002, № 7 «Об утверждении Положения об инвентаризации прав на результаты научно-технической деятельности» от 14.01.2002, № 811 «О финансировании фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» от 26.10.2000, ФЗ РФ № 291-ФЗ "О Российском научном фонде и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 2 ноября 2013 г и др. Следует подчеркнуть, что основной акцент делается на создании в Российской Федерации институциональных и организационных условий, необходимых для продвижения ресурсосберегающих и природоохранных инноваций, обеспечивающих инновационное устойчивое развитие. На всех этапах разработки и внедрения инновационной стратегии решения экологических проблем при обеспечении устойчивого развития регионов необходима защита ИС и оформление соответствующих авторских прав [6]. Таким образом, создание благоприятных условий для развития инновационной деятельности, обеспечивающих ускоренное продвижение инноваций в экономику и социальную сферу, находится в компетенции региона, и полностью зависит от того, по какому пути развития он

идет и уровня формирования региональной инновационной системы, в том числе и при обеспечении устойчивого развития.

РФФИ Поволжье. Региональный конкурс (гранты №16-16-63003а(р); 16 – 12- 63003 а(р)) за частичную финансовую поддержку данной работы.

Список литературы

1 Терешина М.В. Формирование механизма устойчивого развития региона: экономические и институциональные условия / диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук / Российская экономическая академия им. Г.В. Плеханова. Москва, 2009

2.Хуранова З.Б. Обеспечение устойчивого развития социо-эколого-экономической системы региона. Дис. … на соис. учен. степ. канд. экон. наук. –Нальчик, 2010. – 190 с

3 Самарина В.П. Основы предпринимательства / Учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям "Бухгалтерский учет, анализ и аудит", "Финансы и кредит" / В. П. Самарина. Москва, 2010. (2-е изд., перераб.)

4 Самарина В.П., Илларионова Е.А. Основные принципы выбора инструментария анализа социально-экономического развития региона / Регион: системы, экономика, управление. 2015. № 1 (28). С. 83-85.

5 Климук В.В., Анаева З.К., Юрина В.С. Методика оценки и анализа динамики устойчивости экономического развития регионов / Азимут научных исследований: экономика и управление. 2015. № 2. С. 33-36.

6. Иванов С.Б. - Приветствие участников V Международного форума "Инновационное развитие через рынок интеллектуальной собственности". 03 апреля 2013 г. Москва, Россия, ЭкоЦентр

7. Мазур З.Ф., Мазур Н.З., Цапенк А.М. Теория и практика правовой защиты и коммерциализации объектов интеллектуальной собственности в сфере информатизации образования. – Москва, ИИО РАО, 2007 – 146 с.

8. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://lib.rushkolnik.ru/text/29180/index-1.html

9. [Электронный ресурс] Режим доступа: ttp://www.rupto.ru/about/sod/otch/otch2011/R1/R1_r.html

10 Зибарев А.Г., Иванов М.Н., Карпенко Ю.Д., Кудинова Г.Э., Розенберг Г.С. Инноватика и экология: CUI PRODEST? / Экология и промышленность России. 2011. № 12. С. 36-41.

6. Мазур Н.З. Развитие экономики на основе совершенствования управления интеллектуальной собственностью. Автореферат дисс. … на соис. учен. степ. докт. экон. наук - Москва 2007 – 43 с.

11 Розенберг Г.С., Лунин Д.П., Костина Н.В., Морозов В.Г., Погодин И.В., Шитиков В.К. Информационные технологии для оценки экологического состояния крупного региона (на примере Волжского бассейна и Самарской области) / Проблемы региональной экологии. 2000. № 8. С. 213.

УДК 332.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННОЙ С РАЗВИТИЕМ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В РЕГИОНАХ. ESTIMATION OF ENVIRONMENTAL PROBLEM RELATED TO DEVELOPMENT OF INDUSTRY AND AGRICULTURE IN REGIONS

Надаенко А.Ю., аспирант
Старооскольский технологический институт им А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
Россия, г. Старый Оскол.
Самарина В.П., – д.э.н., профессор
E-mail: samarina_vp@mail.ru

Аннотация. *В данной статье рассматриваются вопросы развития экологических процессов в рамках российских отраслей экономики. Особый акцент делается на сельском хозяйстве, как одном из основных драйверов государства. В статье приводятся данные по динамике отходов промышленного производства, а также показаны результаты работы в секторе переработки отходов.*

Ключевые слова. *Экология, Динамика, Развитие, Сельское хозяйство*

Annotation. *In this article are examined questions of the development of the ecological processes within the framework of the Russian branches of the economy. Special accent is done in agriculture as one of the basic drivers of state. In the article the data on the dynamics of the withdrawals of industrial production are cited, and the results of work in the sector of processing by-products are also shown.*

Keywords. *Ecology, dynamics, development, the agriculture*

Введение.

Сельское хозяйство является одним из древнейших видов природопользования. С исторических времен известны приемы обработки земель в Египте, Средней Азии, Двуречье, с использованием оросительных систем и каналов. В настоящее время сельское хозяйство стало, наряду с промышленностью, мощным фактором воздействия на окружающую среду.

Основой развития сельского хозяйства является земельный фонд. На сегодняшний день в сельскохозяйственном природопользовании происходит нарастание экологических проблем. К экологическим проблемам сельского хозяйства относятся:

- Химическое загрязнение почв
- Эрозия почв
- Проблемы малых рек

Сельское хозяйство, как никакая другая отрасль, оказывает непосредственное воздействие на экологическую среду. Во многом это обусловлено тем, что достаточно внушительные территории уходят под занятие данным видом деятельности. Вследствие этого проходят изменения в ландшафте планеты. Именно поэтом находящиеся рядом территории со временем теряют свои отличительные природные характеристики.

Оценка сельского хозяйства по отходам производства. Для оценки сельского хозяйства по количеству отходов производства, обратимся к табл. 1.

Табл.1. Образование отходов производства по экономическим видам деятельности в Российской Федерации, млн. тонн [Росстат]

	2005	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**
Всего	3035,5	3519,4	3899,3	3876,9	3505,0	3734,7	4303,3	5007,9	5152,8	5168,3	5060,2
сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	14,3	17,3	26,6	67,9	77,4	24,0	27,5	26,1	40,3	43,1	45,8
добыча полезных ископаемых	2506,2	2923,5	2785,2	3402,4	3066,5	3334,6	3818,7	4629,3	4701,2	4807,3	4653,0
обрабатывающие производства	309,9	284,0	243,9	280,4	252,1	280,1	280,2	291,0	253,7	243,1	282,9
производство и распределение электроэнергии, газа и воды	71,2	73,5	70,8	68,7	65,3	68,0	58,0	28,4	24,1	28,3	26,4
строительство	17,0	17,8	62,8	15,1	24,7	11,1	14,1	14,6	16,7	17,6	17,1
транспорт и связь	4,3	4,0	7,5	5,7	5,3	4,9	3,7	3,1	4,5	3,9	2,9
предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	2,9	3,1	4,3	4,7	5,4	2,3	6,6	3,2	6,0	7,6	5,0

При рассмотрении табл.1 Мы можем заметить, что активно набирает темпы образование отходов в отрасли сельского хозяйства – это можно связать с активным развитием данного направления в России. Очевидна положительная динамика снижения отходов в отрасли перераспределения электроэнергии, газа и воды, данный момент связан с модернизацией и улучшением технологий и процессов данного направления. Также к стабильному контролю над образованием отходов пришли в сфере строительства и предоставления услуг. Неоспоримым фактом является общая динамика роста отходов после кризиса, что является отражением роста производства. Среди всех представленных сфер, сельское хозяйство является самой проблемной отраслью.

Важным фактором при развитии промышленности в государстве является также использование и перераспределение отходов производства. Положительным примером данных процессов являются страны Азии, где из-за недостатка территориальных и природных ресурсов, государство вынуждено оптимизировать любые процессы.

Для оценки процессов обработки и обезвреживания отходов производства в России, обратимся к таблице 2.

Использование и обезвреживание отходов производства и потребления по видам экономической деятельности по Российской Федерации (миллионов тонн) [Росстат]

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Всего	1070,4	1144,5	1829,4	1723,6	1469,4	1562,2	1800,1	2125,9	1753,1	2165,7	2473,3
сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	10,9	13,4	19,2	18,8	24,0	19,8	23,4	23,2	34,7	33,6	38,0
добыча полезных ископаемых	1070,4	1144,5	1829,4	1723,6	1469,4	1562,2	1800,1	2125,9	1753,1	2165,7	2473,3
обрабатывающие производства	124,3	123,5	85,4	121,4	121,5	124,4	124,3	164,6	132,3	119,3	134,0
производство и распределение электроэнергии, газа и воды	10,1	6,4	8,3	53,6	11,2	9,8	13,3	9,2	3,8	4,3	6,1
строительство	16,2	16,3	38,8	12,6	22,9	10,1	11,3	10,3	9,0	7,7	6,8
транспорт и связь	2,3	2,2	4,6	3,8	3,4	1,9	2,5	2,4	5,2	5,8	4,9
предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	1,3	2,1	2,6	4	5,8	4,1	7,6	7,1	13,0	14,2	11,9

Рассмотрев таблицу 2 становится очевидным, что существует общая положительная динамика обработки и оптимизации процессов переработки отходов – это открывает дополнительные возможности для роста промышленных объемов. Рассматривая динамику сельскохозяйственного сектора, мы также отмечаем постепенно нарастающие темпы роста. Видна негативная динамика в секторе строительства.

Заключение. Итак, современное сельское хозяйство создает для жителей государства целый ряд острых экологических проблем их успешное решение возможно только на основе рационального природопользования, осуществления комплексной системы мер по охране природы и повышения продуктивности земледелия и животноводства.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ и Белгородской области № 17-12-31003

Список литературы:

1. Демина В.В., Рассолов В.М. Особая природа ресурсов информационного общества // В сборнике: Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: материалы Двенадцатой Всероссийской научно-практической конференции. 2015. С. 93.
2. Демьяненко М.С. Практический опыт внедрения инноваций в аграрно-промышленном комплексе регионов Центрального федерального округа // Наука и инновации в сельском хозяйстве: Материалы Международной научно-практической конференции. 2011. С. 205-212.
3. Ильичева Е.В. Методологические подходы к оценке использования и восстановления природного баланса в Белгородской области // Региональная экономика: теория и практика. 2007. № 6. С. 117-123.

4. Надаенко А.Ю., Самарина В.П. Импортозамещение, как направление стратегического развития экономики и бизнеса в РФ на современных этапах // Современные тенденции развития науки и производства Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. Западно-Сибирский научный центр; Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева. 2016. С. 309-312.
5. Самарина В.П. «Зеленая экономика» России: некоторые вопросы теории и методологии // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. № 2 (287). С. 2-9.
6. Самарина В.П. Деятельность России в составе ВТО: прошлое, настоящее и будущее // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2. С. 325.
7. Самарина В.П. Совершенствование методологии управления социально-экономическим развитием проблемных регионов России: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук / Российская экономическая академия им. Г.В. Плеханова. Москва, 2010
8. Самарина В.П., Скуфьина Т.П., Баранов С.В. Трансфер технологий в качестве антикризисной меры для экономики России и ее регионов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2. С. 286.
9. Главная федеральная служба государственной статистики — URL: http://www.gks.ru

УДК 332.87+338.121

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ И ОБОГАЩЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Савон Диана Юрьевна,
д.э.н., профессор кафедры промышленного менеджмента НИТУ «МИСиС»
119049, г. Москва, Ленинский проспект, 4
e-mail: di199@yandex.ru, tel.+7-915-296-5001
Самарина Вера Петровна
д.э.н., профессор кафедры экономики, управления и организации производства
СТИ НИТУ «МИСиС»
309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42
samarina_vp@mail.ru, +7(915)528-01-80

INFLUENCE OF THE PARAMETERS OF PRODUCTION FOR THE PROCESSING OF WASTE WASTE MANAGEMENT AND ENRICHMENT IN THE STATE OF THE ENVIRONMENT

Diana Savon,
Doctor of Economic Sciences, professor, industrial management department,
National University of Science and Technology-MISiS,
Vera Samarina
Doctor of Economic Sciences, professor,
Staryy Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

В данной работе авторы представляют новые технологии, которые способствуют повышению качества продукции угольной отрасли. Сделан вывод, что только при соответствующих мерах экологического контроля к современным технологиям по переработке углей в продукцию более высокого качества и утилизации угольных отходов, можно добиться снижение уровня загрязнения окружающей среды. Разработан алгоритм, способствующий инновационно-технологическому развитию угольной отрасли.

Ключевые слова: инновационное развитие; обогащение угля; угольная отрасль; переработка; отходы угледобычи.

In this paper, the authors present new technologies that contribute to improving the quality of products of the coal industry. It is concluded that only with the appropriate measures of environmental control to modern technologies for processing coal into products of higher quality and utilization of coal waste can reduce pollution levels. An algorithm has been developed that contributes to the innovative and technological development of the coal industry.

Key words: innovative development; coal enrichment; coal industry; processing; coal mining waste.

На современном этапе мировой рынок электроэнергетики находится на пороге перехода с газа на уголь, как наиболее предпочтительное топливо для электростанций. Высокий уровень добычи поддерживается ростом экспорта, прежде всего в азиатском направлении. Благодаря новым контрактам, заключенным российскими угольными компаниями, объем общего экспорта углей в 2017 г. остался стабильно высоким. Добыча угля в январе 2017 года превысила показатели за этот же период 2016г. на 4,7%, а экспорт угля увеличился на 16,1%. По итогам 2017 года показатель объема добычи угля в РФ приблизится к 400 млн. тонн. Добыча в первом полугодии 2017 года уже увеличилась на 6,6%, до 199,5 млн. тонн.

Таблица 1 - **Добыча отдельных видов полезных ископаемых** [1]

	Август 2017г.	в % к августу 2016г.	Январь-август 2017г. в % к январю-августу 2016г.
Уголь, млн.тонн	33,9	103,4	107
в том числе: каменный	28,8	102,7	108,1
уголь для коксования, млн.тонн	21,7	97,7	93,8
уголь энергетический, млн.тонн	77,8	113,1	110,5
бурый, млн.тонн	5,1	107,5	101,9
уголь каменный и бурый обогащенный, млн.тонн	10,6	102,1	101,9

На протяжении последних лет промышленность характеризуется устойчивым ростом объемов добычи углей. Достигнутый уровень добычи угля в целом удовлетворяет потребности экономики и населения страны в данном виде топлива. Так, открытым способом добывалось за 1 полугодие 2017 года в РФ 145,7 млн.т., что на 10,2 млн.т, или на 7% больше чем в 2016 году. Подземным способом было добыто 53,7 млн.т., что на 2 млн.т., или на 4% больше, чем в предыдущем году.

Угольная отрасль РФ характеризуется с одной стороны большим ресурсным потенциалом (3,8 трлн. т) и высокой обеспеченностью ими (470 лет), а с другой – низким качеством, что в значительной степени сокращает сферу их использования. Вместе с тем, вещественный (компонентный) состав углей позволяет использовать их как технологическое сырье для переработки в продукцию различного агрегатного состояния и целевого назначения [2].

Мировой рынок предъявляет жесткие требования к качеству угля (зольность 8–12%, содержание серы менее 0,5%, влага менее 8–9%, калорийность свыше 6 000 ккал). В структуре отечественных балансовых запасов углей категории А, В, С, промышленные запасы, не соответствующие мировым кондициям составляют около 30% [3].

Добываемый в настоящее время уголь в основном сжигается на тепловых электростанциях. На основе углей в РФ вырабатывается свыше 20% электрической энергии, производится 100% металлургического кокса и удовлетворяется 50% спроса коммунально-бытового хозяйства и населения [4, 5].

Глобальное техногенное вмешательство человека и техники в природную среду с целью добычи полезных ископаемых привело к накоплению на земной поверхности огромного количества отходов производства [6-10]. В результате добычи и обогащения полезных ископаемых образуются десятки миллионов кубометров шламов и отвальных пород.

Строительство и эксплуатация угледобывающих и перерабатывающих предприятий сопровождаются многосторонним негативным воздействием на окружающую природную среду. В экологическом отношении это проявляется в загрязнении вредными веществами и

отходами производства естественных водоемов, воздушного бассейна, изъятии из сельскохозяйственного оборота земель за счет образования неблагоприятных форм техногенного рельефа, снижении продуктивности земельных угодий, ухудшении гидрологических и гидрогеологических режимов, изменении тепловых, магнитных, электрических и силовых полей в массиве разрабатываемых площадей, создании тепловых и газовых вертикальных инверсий в атмосфере.

Отрасли топливно-энергетического комплекса (ТЭК) (нефтяная, газовая, угольная, энергетика) являются основой развития отраслей народного хозяйства страны, поэтому инновационно-технологическое развитие ТЭК может стать катализатором инновационных преобразований в экономике страны.

Важнейшим фактором инновационного развития угольной отрасли, является ужесточение экологических требований к технологиям переработки углей и продуктам угольного производства [11, 12].

Определяющим развитие угольной промышленности сегодня является экологический фактор (рис.1).

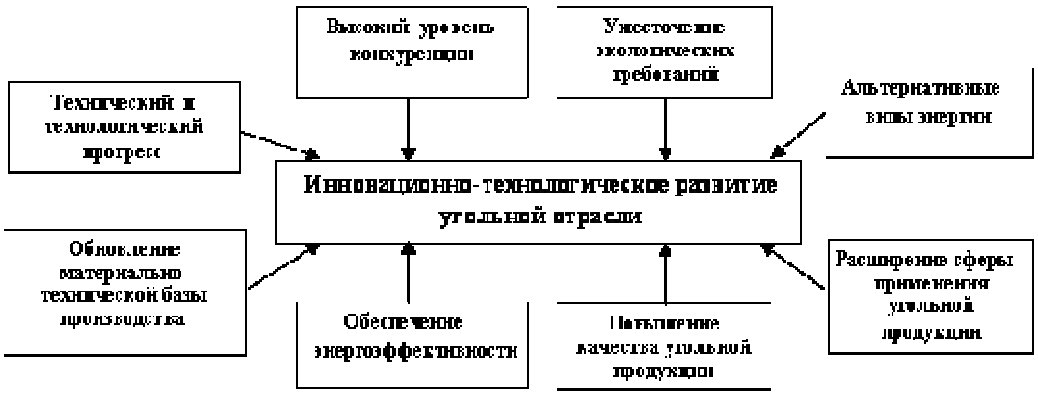


Рис. 1. **Факторы, стимулирующие инновационное развитие отрасли на основе рационального использования углей**

Значительная часть первичных сырьевых ресурсов вообще носит невоспроизводимый характер. Уже сам этот факт означает существование потенциального предела количества используемых в экономике ресурсов. Резкое увеличение добычи исходного природного сырья неизбежно приводит к тому, что масштабы этой добычи оказываются соизмеримыми с разведанными и даже потенциальными их запасами. В этих условиях неизбежно замедление роста, стабилизация и даже сокращение добычи, нормализация использования разведанных запасов, чтобы обеспечить экономику и в будущем необходимым объёмом ресурсов. Кроме того, а может быть, в первую очередь, наращивание добычи первичного сырья связано с переходом к эксплуатации относительно худших и потому более капиталоёмких месторождений. Таким образом, на определённом этапе экономического развития ресурсные

и инвестиционные ограничения оказывают решающее влияние па динамику производства. Ограничения в динамике средств труда в существенной степени связаны с ограничениями на первичные сырьевые ресурсы и труд. Так, замедление производства конструкционных материалов непосредственно сказывается на объёмах продукции фондосоздающих отраслей, от которых зависят возможности расширения производственного аппарата народного хозяйства. Экстенсивное расширение производственных мощностей наталкивается на ограничения, обусловленные необходимостью соответствия между количеством вновь создаваемых рабочих мест и динамикой трудовых ресурсов.

Улучшение состояния окружающей среды в связи с сокращением образующихся и накапливаемых в стране промышленных твердых отходов (ПТО) само по себе является положительным социальным фактором. Но такое сокращение не должно быть достигнуто любым путем. Именно обогащение дает угольной промышленности явный экономический эффект. Поэтому оно наиболее востребовано.

Внедрение технологий по переработке углей в продукцию более высокого качества и утилизации угольных отходов, оказывающих, в обоих случаях, влияние на снижение уровня загрязнения окружающей среды.

В перечень современных технологий, положительно влияющих на качество угольной продукции и получаемой продукции из угля, необходимо включить обогащение, термобрикетирование и газификацию.

На обогатительных фабриках России в последние годы подвергается переработке 83 млн. т углей, что составляет 30% от общего объема их добычи. В результате проведения этой технологической операции зольность целевой продукции-концентрата из коксующихся углей доводиться до 8-10% и из энергетических углей – до 20%. При этом следует подчеркнуть, что при удалении минеральных компонентов (золы) частично удаляются сернистые соединения (15-20%). В экологическом отношении – сокращаются или полностью исключаются выбросы угольной пыли в атмосферу, поскольку она (пыль), из-за малого содержания ее в дымовых газах, полностью улавливается электрофильтрами. Метод подготовки (облагораживания) многобалластных углей (высокозольных и высокосернистых) путем превращения их в газ, очищенный от пыли и сернистых соединений имеет практическое значение для большинства стран мира, в топливных балансах которых большой удельный вес занимают каменные и бурые угли. Необходимость развития этого направления в условиях России обусловливается тем, что ресурсы угольного топлива, используемого в энергетике, представлены в основном многобалластными углями, сжигание которых в натуральном виде связано с определенными трудностями технологического и экологического характера.

Разработана технология газификации углей в кипящем слое под невысоким давлением. Заслуживает внимания и экономический аспект в сфере использования экологически чистого газа при производстве электроэнергии. Угольная промышленность характеризуется одновременно наличием возобновляемых и вторичных источников энергии, к которым относится теплота шахтных вод, вентиляционных выбросов, хозяйственно-бытовых стоков и породных отвалов. Использование этих источников энергии, утилизация низкопотенциального тепла одновременно с использованием шахтного метана для теплоснабжения и горячего водоснабжения потребителей шахты являются весьма актуальной задачей.

Переработка и утилизация техногенных отходов угольной отрасли важны не только с точки зрения их использования как альтернативного источника сырья и расширения сырьевой базы страны, но и с точки зрения охраны окружающей среды.

Литература

1. Социально-экономическое положение России. Федеральная служба гос. статистики. - М.: Росстат, 2017. С.18.
2. Жолобова Ю.С., Сафронов А.Е., Кущий Н.А., Савон Д.Ю. Минимизация воздействия на окружающую среду при применении новых технологий обогащения углей и утилизации отходов добычи // Горный журнал. 2016. № 5. С. 109-112.
3. Пешкова М.Х., Савон Д.Ю. Механизм государственно-частного партнерства при эколого-экономической оценке техногенных минеральных объектов // Горный журнал. - 2016. № 10. С. 37-41.
4. Савон Д.Ю. Совершенствование системы платного природопользования // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № 6. С. 314-320.
5. Самарина В.П. «Зеленая экономика» России: некоторые вопросы теории и методологии // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. № 2 (287). С. 2-9.
6. Самарина В.П. Совершенствование методологии управления социально-экономическим развитием проблемных регионов России: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук / Российская экономическая академия им. Г.В. Плеханова. Москва, 2010
7. Скуфьина Т.П., Самарина В.П. Проявление эффекта декаплинга в промышленно развитом регионе (на примере Мурманской области) // Горные науки и технологии. 2013. № 12. С. 205-211.
8. Скуфьина Т.П. Теоретические и методические основы анализа и регулирования развития региональных систем (на примере зоны Севера) / Т. П. Скуфьина. Воронеж, 2005.
9. Скуфьина Т.П. Проблемы измерения социально-экономического неравенства регионов Российской Федерации // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2007. Т. 2. № 18. С. 160.
10. Самарина В.П.Влияние инженерно-хозяйственной деятельности в регионе КМА на экологическое состояние речных вод // Геохимия. 2008. № 9. С. 998-1005.
11. Тибилов Д.П., Савон Д.Ю. Экономические аспекты процесса перехода на ресурсосберегающие технологии промышленными предприятиями // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). М.: издательство «Горная книга». 2015. № 5. С. 285-290.
12. Тулупов А. С. Возмещение экологического вреда в экономике горного производства // Горный журнал. 2017. № 8. С. 61-65.

УДК 330.15

ИННОВАЦИИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Самарина Вера Петровна
д.э.н., профессор кафедры экономики, управления и организации производства СТИ НИТУ «МИСиС»
309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42
samarina_vp@mail.ru, +7(915)528-01-80

INNOVATION IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF THE BELGOROD REGION

Vera Samarina
Doctor of Economic Sciences, professor,
Staryy Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

В статье рассмотрен опыт использования биогазовых станций в Белгородской области для переработки отходов растениеводства и животноводства в электрическую и тепловую энергию, а также удобрения. Рассмотрены возможности и показаны перспективы использования биогазовых станций в качестве инноваций в агропромышленном комплексе Белгородской области.

Ключевые слова: солнечные батареи, ветровые генераторы, биогазовые станции, агропромышленный комплекс, Белгородская область.

This article describes the experience of using biogas in Belgorod region for waste recycling plant and animal production in electric and thermal energy, as well as fertilizers. Address and showing prospects of using biogas as an innovation in the agro-industrial complex of the Belgorod region.

Keywords*: solar panels, wind generators, biogas stations, agriculture, Belgorod region*

Введение. Приоритетным направлением инноваций в агропромышленном комплексе Белгородской области является поиск и использование альтернативных (нетрадиционных) источников энергии. Потребность человечества в энергии неисчерпаема и постоянно возрастает. Одновременно с этим ископаемые природные источники энергии конечны и их запасы их месторождений сокращаются с каждым годом. Поэтому большой интерес представляет альтернативная или «зеленая» энергетика [1; 2]. Одно из направлений альтернативной энергетики – использование биомассы для получения тепловой и электрической энергии [3].

Цель настоящего исследования состоит в оценке возможностей и опыта использования станций биогенерации электроэнергии в Белгородской области с учетом ее социально-экономических, природно-климатических и энергетических характеристик.

Объектом исследования является Белгородская область, расположенная в зоне умеренно-континентального климата на юго-западе России. Площадь: 27,1 тыс. км². Население по состоянию на 2017 год: 1548 тыс. человек, из них 66,23% городского населения[2]; это на 10,23% ниже, чем в среднем на территории Российской Федерации.

Плотность населения – 57,23 чел./км²; это в 5,68 раз выше, чем в среднем на территории Российской Федерации. Основные направления деятельности: добыча полезных ископаемых (железная руда); сельское хозяйство; пищевая промышленность. Белгородская область считается сельскохозяйственным регионом России. Сельскохозяйственные угодья занимают 79% земельной площади региона. На территории региона расположено более 1200 объектов агропромышленного комплекса

С энергетической точки зрения Белгородская область является энергодефицитной. Регион занимает 72 место в Российской Федерации по объемам производства электроэнергии: суммарная мощность электростанций не превышает 170 МВт. Вся электроэнергия в регионе вырабатывается на тепловых электростанциях. Оборудование электростанций было установлено еще в Советском Союзе. Оно имеет низкий коэффициент полезного действия. Негативным является тот фактор, что природные ископаемые, используемые в качестве топлива на тепловых электростанциях в Белгородской области, являются невосполнимым, невозобновляемым природным ресурсом. В силу истощения их запасов стоимость такого топлива постоянно растет [4, 5]. Кроме того, тепловые электростанции являются одними из основных поставщиков загрязняющих веществ в атмосферу региона. Отходы сгорания топлива переносятся на значительные расстояния [6].

При этом в Белгородской области развита промышленность. Основным потребителем электроэнергии является Оскольский электрометаллургический комбинат и другие промышленных предприятий. Потребности предприятий агропромышленного комплекса, в силу особенностей технологических процессов, меньше. Однако развивающееся в настоящее время агропромышленное производство требует все большего количества электроэнергии. По оценкам экспертов, потребности населения и промышленности в Белгородской области в электроэнергии обеспечиваются менее чем на 10% [7].

Сложившиеся условия диктуют необходимость серьезно подойти к вопросу поиска резервов электроэнергии. Промышленные предприятия, в том числе – предприятия агропромышленного комплекса, активно разрабатывают и внедряют энергоэффективные технологии [8-9]. Другое направление – привлечение к использованию альтернативных, возобновляемых источников энергии [10-11].

В середине 2012 года в Прохоровском районе Белгородской области построена первая в стране биогазовая установка промышленных масштабов «Лучки». Она работает на отходах мясоперерабатывающего завода «Агро-Белогорье» и других близлежащих сельхозпредприятий, развивающихся в регионе ускоренными темпами [12]. За год биогазовая станция вырабатывает в среднем около 20 млн. кВт/ч электроэнергии, 18 тыс. Гкал тепловой энергии и около 70 тыс. м³ органических биоудобений. По официальным

данным компании «АльтЭнерго», за 8 месяцев 2017 года биогазовая станция выработала 15,6 млн. кВт/ч электроэнергии. При этом было переработано более 40 тыс. тонн отходов, из которых около 27 тыс. тонн – животноводческие [13]. В Борисовском районе Белгородской области работает биогазовая станция на базе Стригуновского свинокомплекса. Эти объекты стали основной целой сети биогазовых станций в Белгородской области. Всего с момента запуска проекта биогазоэнергетики было переработано в «зеленую» энергию около 350 тыс. тонн отходов растениеводства и животноводства.

Помимо получения электроэнергии, биогазовая энергетика решает одну из насущных проблем Белгородской области – переработку отходов агропромышленного комплекса. Суммарный годовой объем отходов отраслей птицеводства, свиноводства и разведения КРС в регионе превышает 15 миллионов тонн. Их можно перерабатывать и утилизировать различными способами, однако наиболее перспективным представляется строительство биогазовых станций, которые позволяют не только избавляться от отходов, но и извлекать из них максимальную пользу.

Особого внимания заслуживают вырабатываемые биогазовыми станциями удобрения. Биореакторы (ферментаторы), перерабатывающие органические отходы, позволяют получать высокоэффективные биоудобрения – эффлюент. Биогазовая станция «Лучки» ежегодно производит 66,8 тыс. м³ эффлюента. Эффективность биоудобрений доказана результатами уборки урожая сои и кукурузы в агролаборатории. Так, внесение 90 метров кубических биоудобрения на га пашни позволило повысить урожайность кукурузы на 4,3 центнера по сравнению с контрольной площадкой, на которую эффлюент не вносился. Внесение 80 кубометров биоудобрений на гектар, засеянный соей, позволило повысить урожайность данной культуры на 4,13 центнера с гектара.

Преимущества биоудобрений перед другими органическими удобрениями (навозом, пометом, торфом): отсутствие семян сорняков и патогенных бактарий; наличие микрофлоры, способствующей интенсивному росту растений; отсутствие адаптационного периода для эффективного воздействия; высокий коэффициент усвояемости растениями; стойкость к вымыванию из почвы питательных элементов; максимальное сохранение и накопление азота; гумификация почвы.

Примечательно, что проекты строительства биогазовых станций часто реализуются за счет частно-государственного партнерства. Объем вложенных регильными органами власти инвестиций в каждую биогазовую станцию составляет около 150 млн. рублей. Подобное разделение финансового бремени и предпринимательских рисков способствует повышению финансовой прочности проектов альтернативной электроэнергетики в агропромышленном комплексе Белгородской области [14].

В заключении отметим следующее. По совокупности полученных данных можно сделать вывод, что Белгородская область достигла значительных успехов в сфере развития и внедрения инноваций в агропромышленном комплексе. В том числе – в области биоэнергетики. Совокупный объём выработки «зелёной» энергии составляет более 20 млн. кВтч электрической и 17,2 тыс. Гкал тепловой энергии в год.

Однако современные технологии альтернативной энергетики и не в состоянии обеспечить потребности промышленности и населения [15]. Получение электроэнергии от возобновляемых источников можно и должно комплексно сочетать с другими, традиционными технологиями выработки энергии. Такой подход будет способствовать инновационному развитию агропромышленного комплекса региона и других секторов экономики.

Заключение. Несмотря на испытываемый дефицит электроэнергии, в обозримом будущем биогазовые станции и другие альтернативные источники энергии не займут ведущего места в энергетической системе региона. Тем не менее, в некоторых сегментах энергообеспечения их использование весьма перспективно. Наибольшие перспективы заключаются в использовании использование биогазовых станций в отдаленных и малонаселенных поселениях. Организационные условия реализации энергетических инновационных проектов заключаются в прямой и косвенной государственной поддержке; разработка и утверждение стратегии и технической политики модернизации региональных энергосетей с учетом альтернативной энергетики; изменение в законодательстве Российской Федерации в части максимального использования биоэнергетики.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ и Белгородской области № 17-12-31003

Список литературы

1. Скуфьина Т.П. Теоретические и методические основы анализа и регулирования развития региональных систем (на примере зоны Севера). Воронеж, 2005.
2. Baranov S.V. Stages of Control of Regional Development in Russia.Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. 2011. № 6. С. 28-37.
3. Скуфьина Т.П. Проблемы измерения социально-экономического неравенства регионов Российской Федерации // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2007. Т. 2. № 18. С. 160.
4. Самарина В.П. Значение эффективности использования энергетических ресурсов в обеспечении устойчивого развития России // Региональная экономика: теория и практика. 2009. № 27. С. 35-42.

5. Самарина В.П. Оценка энергоэффективности экономики России в сравнении с другими регионами мира и направления ее повышения // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2016. Т. 5. № 3 (16). С. 178-182.
6. Самарина В.П. Формирование качества поверхностных вод природно-хозяйственной системы (на примере Оскольского горно-металлургического промышленного комплекса): диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. Москва, 2004.
7. Ильичева Е.В. Методологические подходы к оценке использования и восстановления природного баланса в Белгородской области // Региональная экономика: теория и практика. 2007. № 6. С. 117-123.
8. Самарина В.П. Сравнительная оценка энергоемкости экономик стран мира // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2016. № 5 (15). С. 133-138.
9. Samarina V.P., Skufina T.P., Baranov S.V. Comparative Estimation of Power Efficiency of Countries and World Regions. Актуальні проблеми економіки. 2015. Т. 173. № 11. С. 127-136.
10. Демьяненко М.С. Практический опыт внедрения инноваций в аграрно-промышленном комплексе регионов Центрального федерального округа // Наука и инновации в сельском хозяйстве: Материалы Международной научно-практической конференции. 2011. С. 205-212.
11. Кудинова Г.Э. Инновационные подходы в обеспечении устойчивого развития экономико-экологических систем региона // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1-1. С. 267-271
12. Ризничук Ю.А. Проблемы и перспективы электроэнергетики Белгородской области. http://livescience.ru/Статьи:Электроэнергетика-Белгородской-области.
13. Сайт компании АльтЭнерго. URL: http://www.altenergo.su/
14. Самарина В.П. «Зеленая экономика» России: некоторые вопросы теории и методологии // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. № 2 (287). С. 2-9.
15. Скуфьин П.К. Нефтяная альтернатива человечества. Вестник Кольского Научного центра. № 1. 2012. С. 38-54.

УДК 552.578.2 + 552.78.1 + 553.061.3 (470.21)

ОСВОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В АРКТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Скуфьин Петр Константинович
д. геол.-мин. наук, главный научный сотрудник Геологического института Кольского научного цента РАН
184200, Россия, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Ферсмана, 14
skuf@geoksc.apatity.ru, +7(911)312-17-42
Самарина Вера Петровна
д.э.н., профессор кафедры экономики, управления и организации производства СТИ НИТУ «МИСиС»
309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42
samarina_vp@mail.ru, +7(915)528-01-80

В данной работе авторы рассматривают вопросы экологической безопасности, которые возникают при освоении месторождений углеводородного сырья в арктическом секторе северного полушария. В статье показано, что, несмотря на особый статус Арктики и государственное вмешательство, на осуществление арктических проектов больше влияют экономические факторы, чем экологические.

Ключевые слова: *месторождения углеводородного сырья, Арктика, экологическая безопасность.*

DEVELOPMENT OF HYDROCARBON RAW MATERIALS IN THE ARCTIC SECTOR OF THE NORTHERN HEMISPHERE AND ECOLOGICAL SAFETY ISSUES

Skuf'in Petr Konstantinovich
Geological Institute of the Kola Science Center of RAS, Apatity,Russia
Vera Samarina
Doctor of Economic Sciences, professor,
Staryy Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, Stary Oskol

In this paper the authors examine issues of environmental security in the development of hydrocarbon deposits in the Arctic sector of the northern hemisphere. The article demonstrates that, despite the special status of the Arctic and State intervention, on the implementation of the Arctic projects more influenced by economic factors than environmental.

Key words: *hydrocarbon deposits, Arctic, environmental security.*

По обеспеченности полезными ископаемыми, в особенности углеводородным сырьём, Арктика является бесценным резервом нашей планеты. Под водами Арктики сконцентрировано до 25% мировых запасов нефти и газа [1]. Российская Федерация достаточно активна в Русской Арктике – по крайней мере, с точки зрения пиара. В этом отношении РФ больше всего проявляла себя в 2007-2008-м годах – во время публикации доклада Географической службы США о подводных богатствах Арктики [2]. Тогда депутат Госдумы Артур Чилингаров спускался в батискафе на дно Северного Ледовитого океана, чтобы оставить там флаг России. Согласно выводам американских специалистов, Западное (американское) полушарие богато нефтью, а Восточное – газом. По американским данным,

за полярным кругом может находиться не менее 30% неразведанных мировых запасов газа и 13% процентов нефти. И бóльшая часть этих запасов лежит на прибрежном шельфе (84%). В последние годы нефтедобывающие компании России перешли от слов к делу. К разработке Приразломного месторождения углеводородного сырья (74 млн. т извлекаемой нефти и 8,6 млрд. $м^3$ газа) в Печорской губе «Газпром» приступил в конце 2011 г., когда на воду была спущена платформа «Приразломная» [1]. За 2012 г. было пробурено 80 эксплуатационных скважин и к 2019 г. планируется выйти добычу 6,6 млн. тонн нефти в год. Разработка нефти на Приразломном нефтяном месторождении станет первым экспериментом России по добыче углеводорного сырья на арктическом шельфе. По разным оценкам, полный ввод в эксплуатацию платформы «Приразломной» обойдётся около $4 млрд. Кроме того, проект необходимо обеспечить инфраструктурой – строятся два танкера стоимостью по $120 млн. каждый, два ледокола и береговая база.

Арктика – одна из самых хрупких экосистем планеты. Экологические проблемы Арктики в силу ее природно-географических особенностей имеют высокую вероятность перерасти из региональных в глобальные [3-7].

В 1991г. восемь арктических стран – Канада, Дания (включая Гренландию и Фарерские острова), Финляндия, Исландия, Норвегия, Российская Федерация, Швеция и США приняли Стратегию по защите окружающей среды Арктики (AEPS). В 1996г. Министерства иностранных дел стран арктического региона подписали Оттавскую декларацию и образовали Арктический совет, который призван, в том числе, обеспечить программу по всестороннему внедрению устойчивого развития арктического региона [8].

Эффективное освоение углеводородных ресурсов и устойчивое развитие арктических территорий РФ неразрывно связано с обеспечением благоприятного состояния окружающей среды. При этом любая деятельность, осуществляемая в Арктике, сдерживается рядом характерных особенностей региона: суровыми климатическими условиями, ледниковой обстановкой, неразвитой инфраструктурой, высокой стоимостью ведения работ, которые со временем будут оказывать еще большее воздействие на освоение углеводородных ресурсов и общее состояние окружающей среды региона. Поэтому их важно учитывать при принятии любых производственных и политических решений.

Несмотря на особый статус региона и государственное вмешательство, осуществление арктических проектов пока все-таки остается в более сильной зависимости от фактора экономической эффективности, чем от экологической составляющей. Например, сложившаяся во многих странах законодательная система в сфере добычи нефти и газа стимулирует компании-разработчики самостоятельно следить за соблюдением норм по обеспечению безопасности и уровнем загрязнения окружающей среды. При этом

экономическая эффективность является здесь главным стимулирующим фактором, выражающимся в том, что компаниям-разработчикам выгодно вкладывать средства в обеспечение безопасности, так как финансовые затраты в случае аварийных ситуаций могут многократно превышать объем средств, заранее направленных на минимизацию опасности. Кроме того, эксперты природоохранных организаций отмечают наличие технологической неготовности к безопасному освоению месторождений Арктики и к ликвидации последствий аварий в море [9].

Освоение углеводородных месторождений арктических морей ведет к серьезным неблагоприятным воздействиям на экосистемы региона, которые и так подвержены серьезному напряжению от изменений климата и и воздействия техногенеза. Среди основных техногенных рисков можно выделить следующие: аварийные разливы нефти; выброс загрязняющих веществ в атмосферу и морскую среду, сжигание нефтяного попутного газа, выбросы парниковых газов, значительное повышение уровня сейсмологической опасности региона в связи с проседанием пород при откачке нефти на огромных территориях, разливы при выполнении погрузочно-разгрузочных работ и при аварийных ситуациях и другие [9]. Уровень опасности указанных рисков усугубляется тем, что особые арктические условия влияют как на вероятность их возникновения, так и на возможные последствия, что серьезно усугубляет планирование действий по их ликвидации. Таким образом, экологическая безопасность Арктики складывается из комплекса факторов, без учета которых невозможна ни реализация арктических проектов, ни устойчивое развитие региона.

Для РФ, обладающей самыми обширными арктическими территориями и значительно большей плотностью населения по сравнению с другими арктическими странами, обеспечение экологической безопасности имеет особое стратегическое значение. Поэтому при формировании системы обеспечения экологической безопасности Арктического региона РФ необходимо повышенное внимание к особым экологическим рискам и характерным региональным особенностям.

Британский нефтяной гигант Бритиш Петролеум (BP) и крупнейшая российская нефтедобывающая компания Роснефть 14 января 2011 года заключили соглашение о сотрудничестве в освоении трех месторождений на Российском арктическом шельфе [2]. Это удачный коммерческий шаг, но и демонстративное пренебрежение со стороны российской госкорпорации к вопросам безопасности нефтедобычи на шельфе.

Что ждет теперь российскую Арктику и Арктику вообще? Катастрофа в Арктике, даже в десять раз меньшая, чем случившаяся в Мексиканском заливе, с высокой вероятностью может обернуться катастрофой для всей планеты Земля. В результате взаимного обмена

акциями с Роснефтью BP получает доступ к месторождениям нефти в Карском море, лицензиями на разработку которых владеет Роснефть. Роснефть, в свою очередь, получает доступ к технологиям разведки и добычи нефти на шельфе, которыми на данный момент не располагает. После крушения 20 мая нефтяной платформы Deepwater Horizon и последовавшего за этим загрязнения Мексиканского залива, и Атлантического побережья США, BP утратила значительную долю своего авторитета. Катастрофа, унесшая человеческие жизни, неспособность компании в короткие сроки остановить истечение нефти из подводной скважины, гигантские штрафы за загрязнение окружающей среды заметно сказались на котировке акций компании. Заключение соглашения с Роснефтью в те же дни, когда в американском конгрессе рассматривался отчет специальной комиссии о последствиях катастрофы в Мексиканском заливе, стало своего рода "рукой помощи", протянутой Бритиш Петролеум от ведущей российской нефтяной компании. После информации об этом соглашении акции BP снова пошли в рост. Три месторождения в Карском море, по оценкам экспертов, могут принести компаниям-участницам около 600 миллиардов баррелей нефти. Соглашение Роснефти с Бритиш Петролеум ставит вопрос о безопасности нефтедобычи в Арктике. Никакие службы ликвидации последствий аварии, даже многократно превышающие по своей оснащенности те, что были задействованы в Мексиканском заливе, не смогут справиться с разливом нефти в суровых арктических условиях. Нефть подо льдом невозможно ни собрать, ни сжечь. При ряде условий нефть может распространяться подо льдом с такой же скоростью, как по поверхности воды. Согласно исследованиям российских ученых, биологическое разложение нефти в арктических водах происходит в 100-1000 и более раз медленнее, чем в морях с температурой воды 20-30^{o}C. Поэтому распространение нефти по Северному ледовитому океану вместе со льдами будет продолжаться весь период их существования. Согласно имеющимся представлениям о морских течениях, от разлива в Карском море лед с нефтью сначала будет двигаться к Новосибирским островам, затем через центральные районы Арктики к Датскому проливу. После захода льдин в теплые воды или их таяния в теплый сезон нефть, мигрировавшая на их нижней поверхности, с прежней степенью активности будет распространяться по поверхности океана. В результате по меньшей мере треть всего арктического бассейна в течение нескольких лет будет загрязнена нефтью. Однако опасность катастрофы – не самый главный фактор предполагаемого ущерба окружающей среде.

Нефтяные компании во всем мире рассматривают загрязнение нефтью и нефтепродуктами как нормальное следствие добычи. «Умеренное» (с их точки зрения) загрязнение углеводородами окружающей среды стало привычным явлением, на борьбу с загрязнением направляются дополнительные силы и финансирование только в случае

масштабных бедствий. Поэтому сильнее всего загрязняют океан не аварии, а плановая добыча и перевозка. По некоторым данным, до 20% площади Мирового океана уже покрыто тонкой нефтяной пленкой. Малопосещаемый Северный ледовитый океан, конечно, чище, но и загрязнить его, в силу медленного биологического разложения нефти, намного легче. Нефтяная пленка мешает движению, питанию и дыханию мелких животных. По данным ученых, приведённым на сайте www.infox.ru, многие зоопланктонные организмы погибают при концентрации нефти 0,1 мл/л, а фитопланктонные – при концентрации 0,001мл/л. Остальные сильно слабеют. Даже тончайшая пленка, попадая на перья птиц и шерсть животных, способствует их слипанию. В холодных арктических условиях это ведёт к неминуемому переохлаждению и гибели животных. Последствия масштабной якобы безаварийной, но грязной нефтедобычи для экосистем Арктики могут быть катастрофичными.

В рекомендациях конференции Российского социально-экологического союза, состоявшейся в ноябре 2016 г. в Петербурге, провозглашено: «При разведке и эксплуатации месторождений углеводородного сырья в Арктических морях могут применяться только такие технологии, которые полностью, на 100% исключают загрязнение нефтью океана, как в случае аварии, так и в режиме нормальной работы. Пока такие технологии не разработаны, освоение месторождений в Арктике должно быть приостановлено» [10].

Таким образом, от решений Правительства России, руководителей BP и Роснефти, касающихся технологий и обеспечения безопасности на нефте- и газоразработках в Арктике, сегодня зависит не только обеспечение экологической безопасности в арктических регионах, но и судьба планеты.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-06-00056

Литература

1. Скуфьин П.К. Нефтяная альтернатива человечества. Вестник Кольского Научного центра. № 1. 2012. С. 38-54.

2. US Energy Information Authority: Gas and Oil. New York. 2011. 870 p.

3. Самарина В.П. «Зеленая экономика» России: некоторые вопросы теории и методологии // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. № 2 (287). С. 2-9.

4. Самарина В.П. Совершенствование методологии управления социально-экономическим развитием проблемных регионов России: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук / Российская экономическая академия им. Г.В. Плеханова. Москва, 2010

5. Скуфьина Т.П., Самарина В.П. Проявление эффекта декаплинга в промышленно развитом регионе (на примере Мурманской области) // Горные науки и технологии. 2013. № 12. С. 205-211.

6. Скуфьина Т.П. Теоретические и методические основы анализа и регулирования развития региональных систем (на примере зоны Севера) / Т. П. Скуфьина. Воронеж, 2005.
7. Скуфьина Т.П. Проблемы измерения социально-экономического неравенства регионов Российской Федерации // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2007. Т. 2. № 18. С. 160.
8. Федеральная целевая программа «Ликвидация последствий загрязнения и иного негативного воздействия на окружающую среду в результате экономической деятельности на 2014-2025». URL: www.mnr.gov.ru/upload/files/docs/programma_fzp.doc.
9. Григорьев Л., Гимади В., Кудрин А. и др. Энергетический бюллетень. Аналитический центр при Правительстве РФ, Вып. № 7, Октябрь 2013, С. 10-14,
10. Рекомендации конференции Российского социально-экологического союза. URL: http://rusecounion.ru/conferences

УДК 67.02

К ВОПРОСУ О ВНЕДРЕНИИ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ РОССИЙСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Е.Э. Пашкова, преподаватель

О.А. Новикова, к.э.н., старший преподаватель

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиала) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

e-mail: olga090984@yandex.ru

Аннотация: *в статье представлены перспективы внедрения наилучших доступных технологий в условиях промышленных предприятий, а также элементы финансового механизма реализации природоохранных мероприятий.*

Ключевые слова: *наилучшие доступные технологии, перспективы внедрения, финансовые механизмы реализации природоохранных мероприятий*

THE QUESTION OF INTRODUCING BEST AVAILABLE TECHNOLOGIES IN THE RUSSIAN INDUSTRY

E. E. Pashkova, O. A. Novikova,

Stary Oskol technological Institute. A. A. Ugarov (branch) of Federal state Autonomous educational institution of higher professional education "national research technological University "MISIS" e-mail: olga090984@yandex.ru

Abstract: the article presents the prospects for the implementation of best available technologies in industrial enterprises, as well as elements of the financial mechanism of implementation of environmental protection measures.

Keywords: best available technologies, prospects of implementation, financial mechanisms for the implementation of environmental protection measures

Существование человеческого общества, его развитие неизбежно связано с воздействием на окружающую среду. В современных условиях хозяйствования прямое влияние на российскую систему управления охраной окружающей средой оказывают два аспекта:

- регулярный интенсивный рост уровня отрицательного воздействия на окружающую среду промышленными предприятиями – загрязнителями,

- международное сотрудничество в сфере природоохранных отношений [1-2; 11-16].

Существующее в Российской Федерации природоохранное законодательство, методы экологического управления по охране окружающей среды развитых стран представлены в таблице 1.

Таблица 1- Законодательство и методы управления по охране окружающей среды

Элемент сравнения	Российская Федерация	Европейский союз
Нормирование качества окружающей среды на основе наилучших доступных технологий (НДТ)	Разрабатывается законодательная база	Положительный опыт по внедрению НДТ
Комплексное разрешение на выбросы, сбросы и размещение отходов	Разрешение по средам	Комплексное разрешение
Экологическая экспертиза	Устанавливает соответствие документации на хозяйственную деятельность экологическим нормативам, техническим регламентам и законодательству	Опирается, прежде всего, на принцип предотвращения загрязнения
Оценка воздействия предприятия – природопользователя на окружающую среду	Взаимодействие с общественностью не налажено	С активным участием общественности
Нормативы качества окружающей среды	Абсолютные величины, на основании не превышения установленных показателей, единые на всей территории России	Среднегодовые показатели, с учетом природных особенностей каждой территории [9].

В России нет значительных стимулов для применения предприятиями экологически «чистых» технологий. Действующая система наказания за сверхлимитное загрязнение окружающей среды в виде штрафов слишком примитивна. По сути, предприятиям – природопользователям проще заплатить невысокий по меркам производства штраф, чем внедрять дорогостоящее модернизированное «чистое» оборудование.

Наказание за несоблюдение экологических требование прописано в Кодексе об административных правонарушениях статья 8,2, 8.21 8.14 [5].

Современное экологическое состояние территории России можно определить как критическое [4; 9]. Товары, произведенные на «экологически грязном оборудовании», могут стать невостребованными, ввиду несоответствия экологической политики европейских стран и Российской Федерации. Под ударом экологический имидж страны. Ввиду всего вышесказанного, вначале 2007 года Россия начала реформу государственного управления в области охраны окружающей среды: утверждена государственная программа РФ «Охрана окружающей среды» на 2012-2020 годы [17], определены основы государственной политики в области экологического развития РФ на период до 2030 года [7], принят Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 54097-2010 «Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии» [6]. Значительную роль играет Экологическая доктрина Российской Федерации [18] и проект Экологического Кодекса РФ. В связи с этим, а также согласно Федеральному закону от

10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» главной задачей экологизации российской промышленности является установление предельно допустимых норм негативного воздействия на окружающую среду в соответствии с показателями наилучших доступных технологий (НДТ) [17]. Такой подход полностью соответствует международным принципам и способен повысить конкурентоспособность промышленных предприятий России. К сожалению, на данном этапе экологического реформирования не существует системы контроля за технологическими показателями и техническими нормами воздействия на окружающую среду, что говорит о том, что концепция наилучших доступных технологий в природоохранном законодательстве Российской Федерации имеет лишь заявительный характер. Понятие наилучших доступных технологий широко раскрыто в Директиве Совета Европейского Союза 96/61/ЕС от 24 сентября 1996 г. «О комплексном предотвращении и контроле загрязнений»: к «наилучшей доступной технологии» относятся наиболее эффективные новейшие разработки для различных видов деятельности, процессы и способы функционирования, которые свидетельствуют о практической целесообразности использования конкретных технологий в качестве базы для установления разрешений на выбросы/сбросы (загрязняющих веществ) в окружающую среду с целью предотвращения загрязнения, или, когда предотвращение практически невозможно, минимизации выбросов/сбросов в окружающую среду в целом [3]. Согласно Директиве 96/61/ЕС понятие «технология» относится как к используемой технологии, так и к способам, в соответствии с которыми объект спроектирован, построен, эксплуатируется и выводится из эксплуатации; под «доступной» понимается технология, которая достигла уровня, позволяющего обеспечить ее внедрение в соответствующем секторе промышленности с учетом экономической и технической обоснованности, принимая во внимание затраты и преимущества; при этом субъект хозяйственной деятельности, на котором предполагается внедрение такой технологии, должен иметь к ней доступ, вне зависимости от того, разработана ли обсуждаемая технология в том государстве-члене ЕС, в котором предполагается ее использование; под «наилучшей» понимается технология, основанная на достижении общего высокого уровня защиты окружающей среды. Важно понимать, что НДТ основывается на экологически обоснованном и экономически оправданном выборе. Целью внедрения наилучших доступных технологий является улучшение экологической обстановки в местном, региональном, федеральном и мировом масштабах. Но средства по достижению этой цели должны учитывать экономическую эффективность. В справочном документе по НДТ «Экономические аспекты и вопросы и воздействия на различные компоненты окружающей среды» указано, что если технология или сочетание технологий, рассматриваемые как возможная НДТ противоречат принципу экономической

целесообразности, то они не являются НДТ [7]. В перспективе до 2020 года значительное влияние на экологизацию промышленных предприятий будет иметь изменение федеральных государственных норм и правил в области охраны окружающей среды. Это неизбежно повлияет на совершенствование подсистем экологического управления и потребует увеличения инвестиций и текущих затрат на модернизацию оборудования. Образование реестров НДТ в России, стандартизации и методологии внедрения их в промышленность, а также выдача комплексного разрешения предприятиям – природопользователям на основе анализа технологий и оборудования с учетом НДТ, создаст стимул для модернизации и снижения негативного воздействия на окружающую среду. Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации предлагается ввести систему декларирования в виде комплексного разрешения, вместо существующей системы отдельных разрешений на каждый из видов загрязнения. В проекте закона о совершенствовании системы нормирования в области охраны окружающей среды промышленные предприятия поделены на три группы: с незначительным воздействием, умеренным и значительным воздействием на окружающую среду. В группу со значительным воздействием войдут экологически опасные объекты, которые будут контролироваться федеральными органами власти. Для предприятий, переходящих на НДТ планируется снизить платежи за пользование окружающей средой на 70%, а после внедрения НДТ – в 2 раза. Предприятиям же, не перешедшим на НДТ грозит ужесточение контроля со стороны органов исполнительной власти, увеличение платы за негативное воздействие в 5 раз с 2016 года, позже – в 20 раз, а также велика вероятность неполучения комплексного разрешения, и как следствие приостановление или прекращение промышленной деятельности. Россия планирует создать экономические стимулы и поощрения для предприятий внедряющих НДТ. К примеру, софинансирование ставки кредитов, взятых на модернизацию из федерального бюджета. При расчете платежей планируется устанавливать стимулирующие коэффициенты. На первом этапе за сверхнормативные выбросы и сбросы будет дополнительно применяться коэффициент 25, а на втором этапе — коэффициент 100. При этом для предприятий, внедряющих НДТ, устанавливается коэффициент 0,5.

Внедрение НДТ в условиях российской промышленности зачастую связано с внедрением следующих элементов финансового механизма реализации природоохранных мероприятий:

— Установление налоговых льгот для экологически ответственных предприятий, переводящих производство на НДТ,

— Установление повышенных налогов для экологически опасных производств.

— Льготное кредитование (на создание и внедрение НДТ),

— Платежи, выполняющие стимулирующие и компенсационные функции,

— Пересмотр штрафных санкций за экологические правонарушения,

— Стимулы для бизнеса, переходящего на НДТ,

— Совершенствование ценообразования на экологическую продукцию.

В целом можно сделать вывод, что переход на НДТ потребует модернизации налогового и бюджетного законодательства, формирования условий достижения баланса между санкциями за экологические нарушения и получением выгод от природоохранной деятельности. Основной целью финансового механизма станет улучшение экологической обстановки с минимальными затратами финансовых, материальных и трудовых ресурсов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ и Белгородской области № 17-12-31003

Список литературы

1. Демина В.В., Рассолов В.М. Особая природа ресурсов информационного общества // В сборнике: Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: материалы Двенадцатой Всероссийской научно-практической конференции. 2015. С. 93.

2. Демьяненко М.С. Практический опыт внедрения инноваций в аграрно-промышленном комплексе регионов Центрального федерального округа // Наука и инновации в сельском хозяйстве: Материалы Международной научно-практической конференции. 2011. С. 205-212.

3. Директива Совета Европейского Союза 96/61/ЕС от 24 сентября 1996 г. «О комплексном предотвращении и контроле загрязнений».

4. Ильичева Е.В. Методологические подходы к оценке использования и восстановления природного баланса в Белгородской области // Региональная экономика: теория и практика. 2007. № 6. С. 117-123.

5. Кодекс об административных правонарушениях (КоАП РФ). URL: http://base.garant.ru/12125267/

6. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 54097-2010 «Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии».

7. Основы государственной политики в области экологического развития РФ на период до 2030 года (утв. Президентом РФ от 30 апреля 2012 года). URL: http://base.garant.ru/70169264/

8. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 года № 326 «Об утверждении государственной программы РФ «Охрана окружающей среды» на 2012-2020 годы». URL: http://www.rg.ru/2014/04/24/ekologia-site-dok.html

9. Протасов В.Ф., Молчанов А.В. Экология, здоровье и природопользование в России/Под ред. В.Ф. Протасова. – М.: Финансы и статистика, 1995. – 528 с.: ил.

10. Справочный документ по НДТ «Экономические аспекты и вопросы и воздействия на различные компоненты окружающей среды». URL: http://www.14000.ru/brefs/BREF_ECME.pdf

11. Самарина В.П. «Зеленая экономика» России: некоторые вопросы теории и методологии // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. № 2 (287). С. 2-9.

12. Самарина В.П. Совершенствование методологии управления социально-экономическим развитием проблемных регионов России: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук / Российская экономическая академия им. Г.В. Плеханова. Москва, 2010

13. Самарина В.П. Формирование качества поверхностных вод природно-хозяйственной системы (на примере Оскольского горно-металлургического промышленного комплекса): диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. Москва, 2004.

14. Скуфьина Т.П. Проблемы измерения социально-экономического неравенства регионов Российской Федерации // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2007. Т. 2. № 18. С. 160.

15. Скуфьин П.К. Нефтяная альтернатива человечества. Вестник Кольского Научного центра. № 1. 2012. С. 38-54.

16. Субботина Е.В., Самарина В.П. Формирование нового взгляда на проблемы рационального природопользования и охраны окружающей среды. // Фундаментальные исследования. 2013. № 1-1. С. 238-241.

17. Федеральный закон от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды». URL: http://base.garant.ru/12125350/

18. Экологическая доктрина Российской Федерации (распоряжение Правительства Российской Федерации от 31 августа 2002 г. № 1225-р). URL: http://www.unepcom.ru/publications/eco-doctrina/

УДК 504.03

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ «ЗЕЛЕНОЙ» ЛОГИСТИКИ НА РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

М.В. Ровенских

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

309516, Россия, г. Старый Оскол, микрорайон им. Макаренко, 42

Аннотация. Основной акцент статьи сделан на термин «зеленая логистика», который в настоящее время отождествляется с экологически чистыми логистическими технологиями.

Ключевые слова: логистика, «зеленая» логистика, «зеленые» технологии.

PROSPECTS OF USING «GREEN» LOGISTICS ON RUSSIAN ENTERPRISES

M. Rovenskikh

StaryOskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS» Russia, StaryOskol

*Abstract.*The main emphasis of the article is on the term "green logistics", which is currently identified with environmentally friendly logistics technologies.

Keywords: logistics, green logistics, green technologies

Современный этап развития общества сопровождается, сопряженный с глобализацией мировой экономики, подразумевает перемещение огромной ассортиментной массы ресурсов, товаров, услуг, людей по всем направлениям Земного шара, что увеличивает спрос на логистические услуги. Однако любая деятельность, в том числе и логистическая, ведет к ухудшению сложившейсяэкологической обстановки, отрицательно сказывается на развитии экосистем. Именно поэтому в последнее десятилетие в логистике наблюдается переход к использованию «зеленых» технологий, что обусловило появление так называемой «зелёной» логистики.

«Зелёная» логистика направлена на учёт экологических аспектов на всех стадиях движения материального и других сопутствующих ему потоков с целью оптимизации потребления ресурсов и минимизации деструктивных воздействий на окружающую среду.

«Зеленую» логистику можно определить, как научное направление, предполагающееприменение в логистике прогрессивных технологий, современной техники и оборудованияво всех звеньяхцепи поставокс целью минимизациинегативного воздействия на окружающую средуи увеличения эффективностииспользования логистических ресурсов[1].

С точки зрения предприятия, методы зеленой логистики должны затрагивать все функциональные области логистики: управление снабжением с использованием экофакторов

(выбор поставщиков, определение потребности в материальных ресурсах), управление системой транспортировки, управлениепроцессом упаковки (с целью уменьшить воздействиеупаковочных материалов на окружающую среду),организацию «зеленых» коммуникаций ипроизводства, управление складским хозяйством иотходами.

Можно выделить факторы, оказывающее негативное влияние на состояние экосистемы общества (рис. 1), а также способы уменьшения этого влияния с помощью «зеленой» логистики рис. 2).

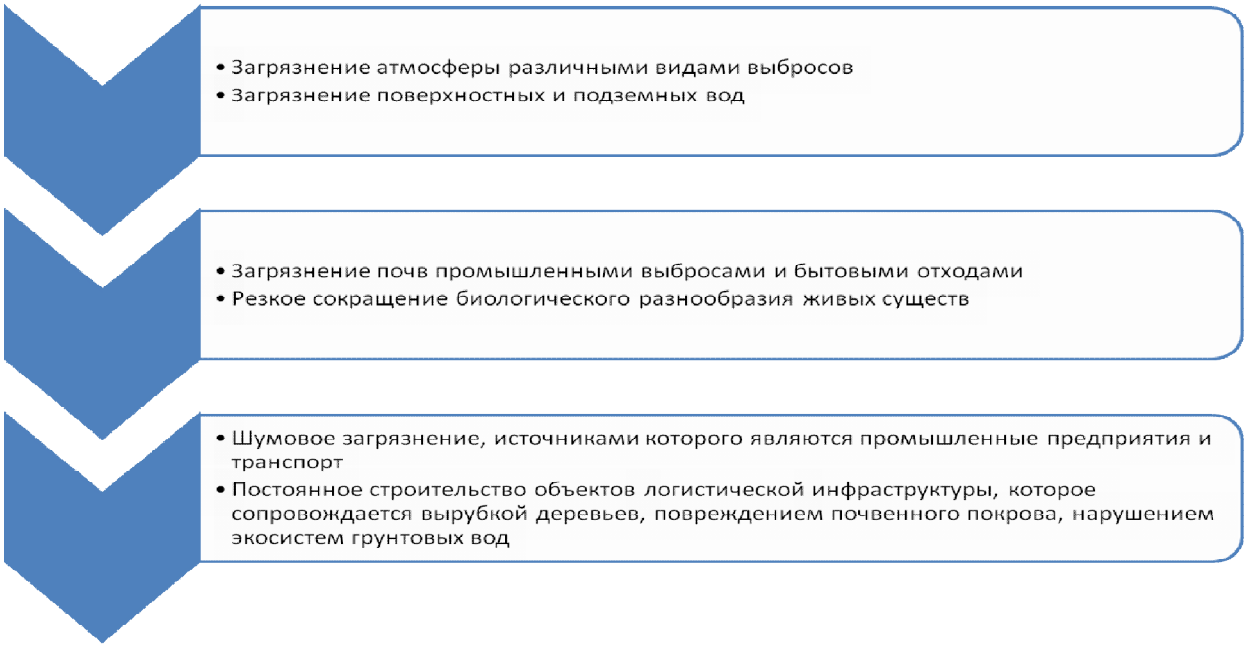


Рисунок 1 - Факторы, оказывающие негативное влияние на окружающую среду

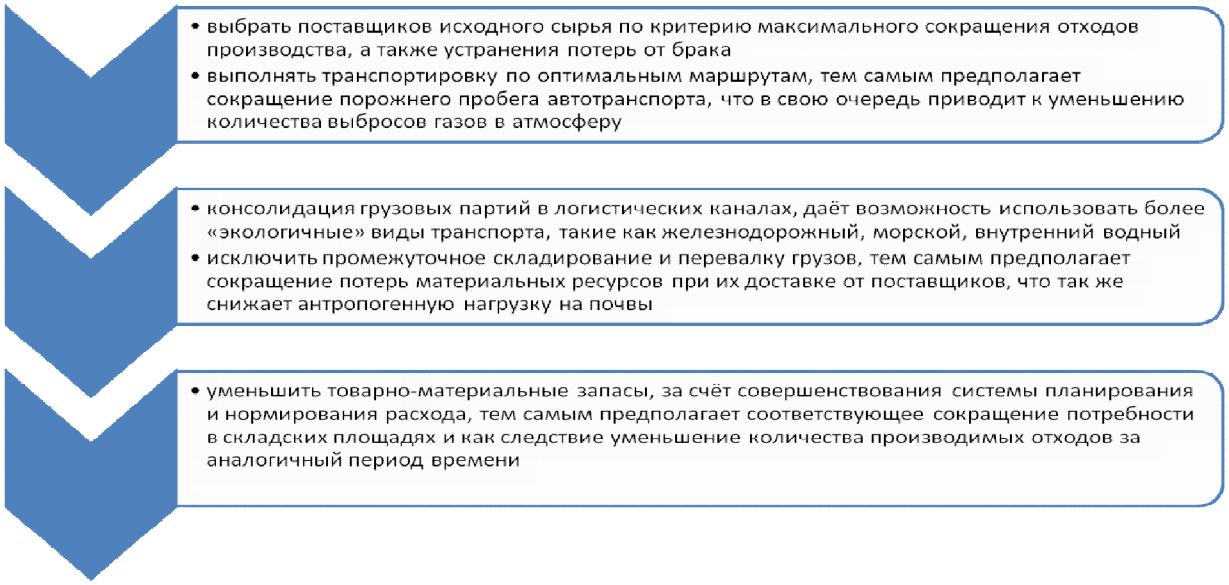


Рисунок 2–«Зеленая» логистика, как способ уменьшения нагрузки на окружающую среду

«Зеленая» логистика помогает значительно уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду, за счёт:

1) Выбора поставщиков сырья и материалов по критерию максимального сокращения отходов производства и устранения потерь от брака;

2) Уменьшения товарно-материальных запасов, путём совершенствования систем планирования и нормирования расходов;

3) Транспортировки по оптимально заданным маршрутам;

4) Консолидации грузовых партий в логистических каналах;

5) Исключения промежуточного складирования и перевалок грузов [2].

Таким образом, можно предположить соответствующие положительные эффекты: сокращение потребности в складских площадях и как следствие уменьшение количества производимых отходов за аналогичный период времени; сокращение порожнего пробега автотранспорта, что в свою очередь приводит к уменьшению количества выбросов газов в атмосферу; использование более «экологичных» видов транспорта, таких как железнодорожный, морской, внутренний водный; сокращение потерь материальных ресурсов при их доставке от поставщиков, что так же снижает антропогенную нагрузку на почвы.

В России существует ряд сдерживающих факторов, которые препятствуют быстрому росту «зелёных» технологий. К ним относятся:

1) малая заинтересованность общества в вопросах бережливого природопользования и негативных последствий антропогенного воздействия;

2) отсутствие государственных обязательных к исполнению нормативно-правовых актов и механизмов, стимулирующих применение принципов экологичности;

3) дорогостоящие технологии (немногие предприниматели желают осуществлять долгосрочные инвестиции в «зелёные» технологии, не приносящие сиюминутного результата) [3].

Но тем не менее, некоторые российские компании и крупные промышленные предприятия уже начали применять «зелёные» решения. Рассматривая достижения предприятий в области экологической логистики, необходимо отметить большой вклад компании ОАО «Российские железные дороги», в которой уже реализуется Экологическая стратегия. ОАО «РЖД» полностью модернизировал подвижной состав, который в настоящее время соответствует всем экологическим стандартам; установлены устройства для возобновления энергии солнца и ветра, акустические системы отпугивания животных, шумозащитные экраны; применяются энергооптимальные графики движения поездов.

Группа Компаний НЛМК, и входящий в её состав Стойленский горно-обогатительный комбинат, - один из лидеров по внедрению современных природоохранных технологий в мировой металлургии. Цель компаний — последовательно минимизировать воздействие производства на окружающую среду и стремиться к достижению наилучших стандартов в сфере экологии. На СГОКе запущены новые системы пылеподавления пляжа хвостохранилища на плотине защиты отвалов; введена технология обработки пустой породы, а также внедряется лесозащитная технология для уменьшения воздействия производства на окружающую среду. А также стоит отметить, что предприятие ведёт активную деятельность по переработке отходов.(про политику)

Рассматривая отечественный опыт, нельзя не отметить экологическую политику металлургического холдинга «Металлоинвест» и входящего в него Оскольского электрометаллургического комбината. Политика направлена на поиск оптимальных технологических решений, позволяющих минимизировать техногенное воздействие производственной деятельности на экосистему регионов, где расположены предприятия компании. Реализуется целый комплекс проектов, направленных на решение экологических задач. Самыми значимыми являются строительство системы оборотного водоснабжения и установка очистки сточных вод на ОЭМК.

2017 год признан в России годом экологии, который проводится в соответствии с Указом Президента РФ, в целях привлечения внимания современного общества к вопросам экологического развития России, сохранения биологического разнообразия и обеспечения экологической безопасности.

Отмечены основные задачи, которые предстоит решить в этом году. Необходимо:

1) Улучшить общие экологические показатели России;

2) Обеспечить экологическую безопасность Российской Федерации;

3) Привлечь граждан Российской Федерации к сохранению природных богатств страны;

4) Развить экологическую ответственность всех слоёв общества.

Таким образом, вопросы «зеленой» логистики являются очень актуальными в настоящее время, с помощью зелёных технологий можно существенно улучшить экологическую ситуацию в крупных городах и регионах и тем самым, повысить качество и продолжительность жизни россиян.

Список литературы

1. Выборнова Е. Е. Современные тренды «зеленой» логистики в условиях глобализации / Е. Е. Выборнова, Е. Д. Кадочникова, Е. Е. Мохирева, М. А. Журавская //

Экономическая наука сегодня: теория и практика : материалы IV Междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 30 апр. 2016 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. — Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. — С. 143–146.

2. Капустина Л. М. «Зеленые» технологии в логистической деятельности // Известия УрГЭУ. 2016. - №2 (64). URL: http://cyberleninka.ru/article/n/zelenye-tehnologii-v-logisticheskoy-deyatelnosti

3. Цветков А.В. Управление цепями поставок с учётом экологического фактора (на примере использования автомобильного транспорта). Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук. М. – ГУУ. - 2010. – 25 с.

4. Эльяшевич И.П., Эльяшевич Е.Р. Перспективы развития экологической логистики в России // Логистика и управление цепями поставок. 2011. - №2 (43) URL: http://lscm.ru/index.php/ru/po-godam/item/1069

УДК 620

ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МЕСТНЫХ СООБЩЕСТВ В РАЗВИТИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ: РЕГИОНАЛЬНЫЙ КОНТЕКСТ

INSTITUTIONAL CAPACITY OF LOCAL COMMUNITIES IN DEVELOPMENT OF RENEWABLE POWER: REGIONAL CONTEXT

Терешина Мария Валентиновна, Башмаков Игорь Станиславович

Tereshina Maria Valentinovna, Bashmakov Igor Stanislavovich

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», Россия, Краснодар

Kuban State University, Russia, Krasnodar

mwstepanova@mail.ru

igorbash87@mail.ru

Аннотация

Исследование посвящено текущей ситуации развития возобновляемой энергетики на местном уровне в Краснодарском крае. На основании эмпирического материала обоснована роль институционального потенциала местных сообществ в инициации локальных проектов на основе ВИЭ. Выделены основные направления формирования и реализации институционального потенциала развития ВИЭ в Краснодарском крае.

Annotation

The research is dedicated to the current situation of renewable energy development on local level in Krasnodar region. Based on empirical material the role of local communities institutional

potential in initiation of local RES projects is justified. The main directions for formation and realization of RES institutional development potential in Krasnodar region are defined.

Ключевые слова: местные сообщества; возобновляемая энергетика; институциональный потенциал; Краснодарский край.

Key words: local communities; renewable power; institutional capacity; Krasnodar region.

Развитие возобновляемой энергетики в настоящее время является одним из наиболее значительных трендов экологизации глобальной экономики и промышленности. По прогнозным данным [7] опубликованного в октябре 2017 года доклада аудиторско-консалтинговой компании Ernst & Young, к 2040 году доля солнечной и ветровой энергетики будет составлять 48% установленной мощности электроэнергетики и 34% вырабатываемой электроэнергии в мире. Эксперты подчеркивают, что с 2003 года из «дорогой нишевой технологии» возобновляемая энергетика превратилась в «крупнейший источник новых генерирующих мощностей». Основой этого послужило снижение полной приведенной стоимости электроэнергии для ВИЭ, которая, например, для солнечных электростанций, по данным исследования Lazard [6], снизилась более чем в пять раз за последние пять лет и повышение надежности альтернативной генерации.

Совершенствование технологий получения «зеленой» энергии, широкое тиражирование стандартизированных решений для возобновляемых источников энергии, формирование устойчивого рынка производителей, снижение стоимости производственных компонентов и, как следствие, значительное снижение цен на энергию из ВИЭ позволяет утверждать, что технологическое развитие, трансформации в энергетической и экономической политике, снижение издержек, а также климатические вызовы и угрозы будут формировать новые условия в энергетическом секторе и активно способствовать распространению доступных, надежных, низкоуглеродных источников генерации во все большем числе регионов мира [2-5]. Необходимо понимать, что развитие возобновляемой энергетики характеризуется мощнейшей инновационной составляющей и создает основу для повышения конкурентоспособности и экономической безопасности, что особенно актуально для нашей страны в условиях перманентной волатильности мировых финансовых рынков. Несомненно, в ближайшие годы отрасль ВИЭ продолжит развитие, и регионам России важно уже сегодня накапливать опыт и компетенции в реализации проектов альтернативной энергетики, тем более что Россия обладает огромным техническим потенциалом в этой области.

Основными факторами, стимулирующими развитие возобновляемой энергетики в регионах России являются текущий энергодефицит, а также увеличивающиеся темпы роста спроса на электроэнергию, которые уже в ближайшем будущем, по экспертным оценкам, могут превысить возможности роста имеющихся мощностей, рост потребительских цен на электроэнергию, необходимость модернизации и экологизации экономики и снижения ее энергоемкости [8]. Определяющим в этом процессе являются также технический и экономический потенциал различных видов возобновляемых ресурсов, которые определяют экономическую целесообразность их использования в конкретном регионе. Ускоренное развитие ВИЭ-генерации оправдано не только в удаленных и труднодоступных районах, но и в зонах централизованного энергоснабжения со значительным дефицитом мощности, сельских территориях с проблемным обеспечением энергией, рекреационных зонах для обеспечения их экологической безопасности.

Краснодарский край является энергодефицитным регионом, обеспечивая за счет собственной генерации лишь 40 % потребляемой энергии, причем, по экспертным оценкам, в ближайшие годы потребление электроэнергии будет существенно опережать рост ее производства. В то же время совокупный потенциал возобновляемой энергетики в крае является довольно существенным, включая энергию солнца, ветра, геотермальных источников, биомассы) и достигает величины 1,1 млн. т у.т в год, что могло бы создать благоприятные условия для реконструкции изношенного оборудования котельных и сокращения потребления органического топлива. Использование всего потенциала возобновляемых источников энергии позволило бы получить до 2200 МВт тепловой энергии и 1300 МВт электрической энергии взамен получаемой из традиционных углеводородов, повысить энергообеспеченность жилищного фонда, бюджетной сферы, рекреационных объектов. (Таблица 1)

Таблица 1. Валовый и технический потенциал ветровой и солнечной энергии в Краснодарском крае (по данным [2])

Вид энергии	Валовый потенциал	Технический потенциал
Ветровая	1705 млн т у.т	39,5 млн т у.т.
Солнечная	14 млрд т у.т.	5,8 млн т.у т.

При данных природно-климатических условиях вклад ВИЭ в энергобаланс региона может быть обеспечен на уровне, достигнутом в экономически развитых странах.

Несомненно, общий социальный, политический, экономический и институциональный ландшафт для развития возобновляемой энергетики формируется на

федеральном уровне и способен значительно расширить или, наоборот, сузить региональное пространство для формирования импульсов к «зеленому» росту на основе ВИЭ. В последние годы национальные усилия по увеличению доли альтернативной энергетики в энергогенерации были в определенной степени активизированы. Так, были сформированы целевые показателей развития ВИЭ по видам до 2024 года, установлены целевые показатели степени локализации производства генерирующего оборудования, применяемого при производстве электрической энергии с использованием ВИЭ, предусмотрены учет в составе предельных капитальных затрат возврата на вложенный капитал и изменение курса валют, а также обязательность для сетевых организаций покупки электроэнергии на розничном рынке у объектов ВИЭ в размере 5% от электрических потерь в сетях и компенсация до 50% стоимости технологического присоединения к электрическим сетям объектов ВИЭ.

В то же время практика показывает, что значительную роль в реализации региональных проектов альтернативной энергетики играет имеющийся институциональный потенциал местных сообществ, который может, как ограничивать, так и, в существенной степени, стимулировать развитие ВИЭ. В данном контексте под институциональным потенциалом понимается степень развития институтов и механизмов, способствующих созданию и реализации локальных проектов на основе ВИЭ. Основные аспекты влияния институционального потенциала на развитие ВИЭ определяются возможностями координации взаимодействия экономических субъектов, формирования системы стимулов и мотивов создания и реализации ВИЭ-проектов, развития предпринимательства в данной сфере и снижения трансакционных издержек, возможностями реализации человеческого капитала и т.д. Региональный институциональный потенциал включает наличие региональной системы законодательства в области ВИЭ и механизма его реализации, учет в стратегических документах социально-экономического регионального развития целей в области ВИЭ, действующие финансовые механизмы стимулирования развития использования ВИЭ (налоговые льготы, субсидии, компенсации, льготное кредитование) информационную поддержку и общественное мнение, наличие управленческих структур, целенаправленно занимающихся развитием ВИЭ на региональном уровне, образовательные программы и систему подготовки кадров в сфере ВИЭ, систему научно-исследовательских разработок, производственную инфраструктуру и т.д. Локальный институциональный потенциал определяется степенью сформированности локальной экологической идентичности, общим социальным капиталом, наличием социальных сетей, норм и уровнем доверия, складывающимся между членами местного сообщества, а также информацией, технологиями межсекторного взаимодействия и имиджем территории. Представляется, что

перспективы развития ВИЭ во многом определяются теми изменениями, которые происходят в политической и социально-культурной сфере общественной жизни, в том числе на локальном уровне.

В 2004 году в Краснодарском крае был принят закон N 723-КЗ "Об использовании возобновляемых источников энергии в Краснодарском крае", декларирующий широкомасштабное вовлечение возобновляемых источников энергии в энергосистему региона. Принятая в 2008 году краевая целевая программа "Энергосбережение в Краснодарском крае" на 2009 - 2010 годы, предусматривала, в том числе, и мероприятия по внедрению нетрадиционных возобновляемых источников энергии. В 2010 году было принято Постановление ЗСК Краснодарского края N 2321-П «О мерах по внедрению на территории Краснодарского края солнечных коллекторов для нагрева воды», а в 2015 году Постановление N 1627-П «О некоторых мерах по инновационному развитию топливно-энергетического комплекса Краснодарского края», включающее, в том числе, целевые показатели по вводу мощностей генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии. Достаточная развитость регионального законодательства, к сожалению, во многих случаях не обеспечивалась механизмом его реализации.

Представляется, что большое разнообразие природно-климатических, социальных и экономических условий и обусловленных этим типов муниципальных образований и местных сообществ будет определять направления и динамику развития ВИЭ в Краснодарском крае.

Нужно отметить, что в Краснодарском крае при слабой государственной поддержке, относительно низкой стоимости тепловой энергии, высокой стоимости оборудования уже построено более 150 гелиоустановок с суммарной площадью солнечных коллекторов более 6500 м2 (более 5,3 МВт). Большая часть солнечных коллекторов (3392 м2) построено для рекреационных объектов – гостиниц и санаториев - расположенных в курортной зоне Черноморского побережья, также имеются солнечные коллекторы на производственных объектах (площадь 1390 м2). Площадь солнечных коллекторов, установленных на социальных объектах и котельных составляет соответственно 697 и 532 м2. При этом около 70% коллекторов российского производства. Следует отметить региональную практику изготовления и последующего монтажа небольших партий солнечных коллекторов местными предприятиями ООО «АльтЭнергия НП» (Анапа), ИЧП «ГЕЛИОН» (Туапсе), что свидетельствует о постепенном развитии этого направления бизнеса.

Для строительства объектов ветрогенерации наиболее перспективными с точки зрения суммарного потенциала являются Ейский, Темрюкский, Щербиновский и Каневской районы.

В 2018 году в поселках Береговом и Виноградном при планируется ввести в действие две ветроэлектростанции. На основе геотермальной энергии построена система теплоснабжения поселка Розовый Лабинского района, население которого составляет около 1000 человек. Теплоснабжение поселка обеспечивается от двух геотермальных скважин глубиной 2600 м

В станице Стародеревянковской Каневского района Краснодарского края предполагается строительство перерабатывающего комплекса, который будет производить до 332 млн м3/год биогаза.

Интересными представляются локальные инициативы по созданию экономически эффективных автономных систем энергоснабжения частных домов на основе использования энергии солнца и ветра. Идея первого подобного дома была осуществлена энтузиастом из Краснодара, в настоящее время проект имеет около 20 последователей. По некоторым оценкам, использование только 5% владельцев частных домов или дач (что составляет примерно 25 тыс. пользователей в Краснодарском крае) солнечных коллекторов для нагрева воды и отопления, то их суммарная установленная мощность составит не менее 60 – 100 МВт [1].

Таким образом, в настоящее время в условиях противоречивости и размытости институтов развития возобновляемой энергетики на федеральном уровне, региональные модели вполне могут быть реализованы через инициативы местных сообществ, обладающих соответствующим институциональным потенциалом. Механизм «зеленого» развития инициируется на местном уровне, а успешные практики затем могут быть распространены на все общество. Тем не менее, в качестве основных составляющих формирования и реализации институционального потенциала развития ВИЭ в Краснодарском крае необходимы: ускоренная разработка и принятие региональной нормативно-технической базы в области ВИЭ, формирование эффективной системы планирования и управления мероприятиями по выполнению региональной программы по развитию ВИЭ, разработка реального механизма экономического стимулирования развития ВИЭ на региональном уровне, развитие частно-государственного партнерства в реализации крупномасштабных проектов в этой сфере, развитие современной и эффективной конструкторско-проектной и производственной базы оборудования ВИЭ, создание комплексной системы подготовки кадров, а также широкая информационная поддержка развития возобновляемой энергетики на региональном уровне.

Исследование выполнено в рамках гранта РГНФ № 16-32-00016 «Разработка механизма имплементации концепта «зеленой экономики» в локальные практики местных сообществ»

Список литературы

1. Григораш О.В., Тропин В.В., Оськина А.С. Об эффективности и целесообразности использования возобновляемых источников электроэнергии в Краснодарском крае // Научный журнал КубГАУ. 2012. №83. С.188-199.

2. Григораш О.В., Хамула А.А., Квитко А.В. Ресурсы возобновляемых источников энергии Краснодарского края // Научный журнал КубГАУ. 2013. №92. С.630-641. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/resursy-vozobnovlyaemyh-istochnikov-energii-krasnodarskogo-kraya.

3. Самарина В.П. «Зеленая экономика» России: некоторые вопросы теории и методологии // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. – № 2 (287). – С. 2-9.

4. Скуфьина Т.П., Самарина В.П. Проявление эффекта декаплинга в промышленно развитом регионе (на примере Мурманской области) // Горные науки и технологии. 2013. – № 12. – С. 205-211.

5. Субботина Е.В., Самарина В.П. Формирование нового взгляда на проблемы рационального природопользования и охраны окружающей среды // Фундаментальные исследования. 2013. № 1-1. С. 238-241.

6. Lazard’s Levelized Cost of Energy Analysis URL: https://www.lazard.com/media/438038/levelized-cost-of-energy-v100.pdf

7. Renewable Energy Country Attractiveness Index. URL: https://emeia.ey-vx.com/4864/93958/landing-pages/recai-50-all-pages-interactive-dps-view.pdf

8. Samarina V.P., Skufina T.P., Baranov S.V., Comparative estimation of power efficiency of countries and world regions // Актуальні проблеми економіки. 2015, Т. 173, № 11. P. 127-136.

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ, РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ 4

Башкатов Р.В., Ермолаев Д.В. 4

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Бирюков А.Б., Иванова А.А., Сафьянц С.М. 7

ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРНОГО СОСТОЯНИЯ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ ПРИ ЗАСОРЕНИИ ФОРСУНОК ЗОНЫ ВТОРИЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Богадевич Д.И., Сотников Ф.Ю., Постникова А.В. 13

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ СОРТОВЫХ ЗАГОТОВОК НА СТАДИИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Бойков М.О., Ермолаев Д.В. 19

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АО «ЛЕБЕДИНСКИЙ ГОК» С ВНЕДРЕНИЕМ СРЕДСТВ СЕТЕВОЙ АВТОМАТИКИ АВР НА ПОНИЖАЮЩЕЙ ПОДСТАНЦИИ

Бугаков М.Н. 22

К ВОПРОСУ ВЫБОРА СПОСОБА РЕЦИКЛИНГА ЖСО (ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ) В СТАЛЕПЛАВИЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Дмитриева Д.В., Малахова О.И. 26

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГАЗА НА ВРЕМЯ РАБОТЫ СОСУДА ДЕСУЛЬФУРАЦИИ

Заблоцкая Ю.В., Садыхов Г.Б., Анисонян К.Г. 29

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЕЙКОКСЕНОВЫХ ПЕСЧАНИКОВ ЯРЕГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ПОПУТНЫМ ПОЛУЧЕНИЕМ СИНТЕТИЧЕСКОГО ВОЛЛАСТОНИТА

Кожухов А.А., Скляр В.А., Черменев Е.А., Краснов Ю.В. 34

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЕКОВ ОКАЛИНЫ ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Крахт Л.Н., Казарцев В.О. 39

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО АГЛОМЕРАЦИОННОГО СЫРЬЯ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Лаврентьев М.А., Ермолаев Д.В. 48

ЗАМЕНА МАСЛЯНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ НА ВАКУУМНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КАРЬЕРА
Меркер Э.Э., Крахт Л.Н., Малахова О.И., Черменев Е.А., Степанов В.А., Скляр В.А. 51
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЛАВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕТАЛЛИЗОВАННЫХ ОКАТЫШЕЙ В ВАННЕ ДСП ПРИ ЗАГРУЗКЕ ЧЕРЕЗ ПОЛЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ
Wacław Muzykiewicz 57
POSSIBILITIES OF DEEP DRAWING OF PERFORATED SHEET METAL
Садыхов Г.Б., Гончаров К.В., Атмаджиди А.С., Олюнина Т.В. 62
ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТИТАНОМАГНЕТИТОВОГО КОНЦЕТНРАТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГРЕМЯХА-ВЫРМЕС НА УГОЛЬНОЙ ПОДЛОЖКЕ
Самойлова Т.Д., Горожанкин А.С., Пивоваров Р.Е., Киселев А.А. 65
ОЦЕНКА МАТЕРИАЛЬНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ НА НАГРЕВ МЕТАЛЛА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМАХ ПРОКАТКИ
Селезнева М.В., Ермолаев Д.В. 72
РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОТВАЛА АО «ЛЕБЕДИНСКИЙ ГОК» С ВНЕДРЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ПОНИЖАЮЩЕЙ ПОДСТАНЦИИ
Скляр В.А., Белых П.А. 75
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ РАСКАТА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ПРОКАТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕТЛИ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ
Скляр В.А., Галкина В.В. 81
ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ С ДЕФЕКТОМ «ОСЕВАЯ ПОРИСТОСТЬ» С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
Скляр В.А., Князев И.С. 86
МЕТОДЫ ГАЗОВОГО АНАЛИЗА В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕГАТАХ
Смирнов Е.Н., Белевитин В.А., Скляр В.А., Гончарова А.Н. 91
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ МЕТОДА КООРДИНАТНЫХ СЕТОК ПРИ ФИЗИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ
Тимофеев П.В., Меркер Э.Э. 99

МИКРОЛЕГИРОВАНИЕ ЖИДКОЙ СТАЛИ АЗОТОМ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ
Федина В.В., Бредихина К.Н. 104
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТАЛЛА ОТ УГАРА ПРИ НАГРЕВЕ ПЕРЕД ПРОКАТКОЙ

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИИ 110

А.Ю. Андреев, В.Н. Климов 110
СТАЦИОНАРНЫЕ ДРОБИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КУБОВИДНОГО ЩЕБНЯ
Г.Е. Афанасьева 114
ГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ
ОТ БЛИЗКО РАСПОЛОЖЕННЫХ ОТВАЛОВ И ХВОСТОХРАНИЛИЩ
Г.Е. Афанасьева, Д.В. Воропай 118
ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО КРИТЕРИЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АТМОСФЕРУ
Н.И. Белоусов, Д.В. Ермолаев 121
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ 110кВ
Гзогян С.Р. 123
ВЗАИМОСВЯЗЬ СУЛЬФИДОВ И ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА В ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТАХ КМА
Гзогян С.Р., Гришкина Е.В. 129
ОЦЕНКА СОСТАВА И СВОЙСТВ
МИНЕРАЛОВ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД ВСКРЫШИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КМА
Гзогян Т.Н.,Гзогян С. Р. 140
ГЕНЕТИЧЕСКАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ МАГНЕТИТА МЕСТОРОЖДЕНИЙ КМА
В.К. Дородный, В.Н. Климов 150
МОБИЛЬНЫЕ ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫЕ УСТАНОВКИС КОНУСНЫМИ ДРОБИЛКАМИ
Р.Ю. Ернеев 155
МЕТОДЫ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ РУДНЫХ КАРЬЕРОВ
Р.Ю. Ернеев, Д.И. Лопатин 160
АНАЛИЗ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СЛОЖНО-

СТРУКТУРНЫХ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
А.М.Жилин, Д.В.Ермолаев 165
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РЕМОНТА ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ТЯГОВЫХ АГРЕГАТАХ
С.А. Ледовских, В.Н. Климов 170
НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ МЕЛКОМ ДРОБЛЕНИИ РУДНЫХ И НЕРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ
В.Ю. Мещерин, Д.В. Ермолаев 175
ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОМУФТ НА МЕХАНИЗМАХ ГОРНЫХ МАШИН ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ АО “ЛГОК”
Е.В. Некрасов, В.Н. Климов 180
МОБИЛЬНЫЕ ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫЕ УСТАНОВКИ СО ЩЕКОВЫМИ ДРОБИЛКАМИ
Ю.С. Плахотник, Д.В. Ермолаев 185
ВНЕДРЕНИЕ УСТАНОВКИ ПЛАВКИ ГОЛОЛЁДА НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В УСЛОВИЯХ АО “ЛГОК” С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНАТА
А.В.Смоляков, Д.В.Ермолаев 194
ВНЕДРЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО МЕТОДА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГОРНОЙ ПОРОДЫ АО «ЛЕБЕДИНСКИЙ ГОК»

Е.П. Терехин, Д.Г. Петров 198
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ БРОНЕЙ ДРОБИЛОК КМД
А.В.Тулин, Д.В.Ермолаев 203
ВНЕДРЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ
И.С. Швыгин, Д.В. Ермолаев 207
ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ

ГОРНОЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ 211

Александров А.В. 211
ПРОСТРАНСТВЕННАЯ МАЯТНИКОВАЯ ВИБРОМАШИНА КАК КОЛЕБАТЕЛЬНАЯ

СИСТЕМА
Афонин А.Н., Ларин А.И. 217
ВЫБОР ФОРМЫ ПРОФИЛЯ ВЫСТУПОВ ПРИ ГЕТЕРОГЕННОМ УПРОЧНЕНИИ РЕЖУЩЕ-ДЕФОРМИРУЮЩЕЙ ОБРАБОТКОЙ ОВЕРХНОСТНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ
Бородина М.Б. 221
ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ДИНАМИКИ РАБОТЫ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ МУФТЫ С ЗУБЧАТЫМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ ПЕРЕДАТОЧНЫМ МЕХАНИЗМОМ
Лебедев В.А., Марченко Ю.В., Попов С.И., Марченко Э.В., Донцов Н.С. 226
МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РЕНОИЗДЕЛИЙ В АВТОРЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ
Мартынов Е.М. 235
МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИКО-ИМПУЛЬСНОГО УПРОЧНЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ РЕЗЬБ В СИСТЕМЕ САПР DEFORM-3D
Марченко Ю.В., Лебедев В.А., Попов С.И., Марченко Э.В. 239
ФАКТОРЫ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ ИЗДЕЛИЙ В АВТОРЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ
Сергиев А.П.,Владимиров А.А.,Макаров А.В. 243
ПОИСК ОБЛАСТИ ОПТИМИЗАЦИИ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ВИБРАЦИОННОМ РЕЗАНИИ
ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННОГО РЕЗАНИЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ 247
Сергиев А.П.,Владимиров А.А.,Швачкин Е.Г.
ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОТДЕЛОЧНО-ЗАЧИСТНОЙ ОБРАБОТКИ В ВИБРОМАШИНАХ МАЯТНИКОГО ТИПА 251
Титова А.П.,Сергиев А.П.
Швачкин Е.Г., Макаров А.В. 253
НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПОВОРОТНОГО ПРОПУСКА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ РОЛИКОВ ПРИВОДНОГО ПРАВИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА МНЛЗ
Швачкин Е.Г., Макаров А.В. 258
НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПОВОРОТНОГО ПРОПУСКА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ РОЛИКОВ РОЛЬГАНГА МНЛЗ
Верзилина О.А. 261
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИБРОУДАРНОГО УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНОЙ

ФОРМЫ.
Александров Е.А. 268
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДОВ ИЗ СТРОЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ГОТОВНОСТИ В УСЛОВИЯХ РУДНИКА «МИР»
Попов М.А., Степанов Н.Н., Ермолаев Д.В. 272
ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОЦИКЛОНОВ НА ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ
Авдеев В.И.,Кравченко О.Ф., Подгорный И.Е. 275
ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «ЗЕНИТ -95» ДЛЯ РАСЧЕТОВ СИЛЬФОНОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ

ЭКОЛОГИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ 279

Л.А. Еланцева, С.В. Фоменко 279
ИЗМЕНЕНИЕ РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В МЕЖДУРЕЧЬЕ ПЕСОЧНАЯ –ЧЕРНЬ
Илларионова Е.А. 285
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ
Кобзева А.Г., Силкина Н.Г. 290
РОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА В РАЗВИТИИ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК РОССИИ
Кудинова Г.Э., Зибарев А.Г., Розенберг А.Г. 295
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ В РЕШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ИННОВАЦИОННОГО УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА
Надаенко А.Ю., Самарина В.П 300
ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННОЙ С РАЗВИТИЕМ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В РЕГИОНАХ
Савон Д.Ю., Самарина В.П. 304
ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ И ОБОГАЩЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
Самарина В.П. 309
ИННОВАЦИИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ
Скуфьин П.К., Самарина В.П. 314
ОСВОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В АРКТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ И ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Пашкова Е.Э., Новикова О.А. 320
К ВОПРОСУ О ВНЕДРЕНИИ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ РОССИЙСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
Ровенских М.В. 328
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ «ЗЕЛЕНОЙ» ЛОГИСТИКИ НА РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ
Терешина М.В., Башмаков И.С. 331
ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МЕСТНЫХ СООБЩЕСТВ В РАЗВИТИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ: РЕГИОНАЛЬНЫЙ КОНТЕКСТ

Научное издание

Современные проблемы
горно-металлургического комплекса.
Наука и производство

Материалы Четырнадцатой Всероссийской научно-практической конференции,
с международным участием

23-24 ноября 2017 г.

г. Старый Оскол

Отпечатано в типографии управления делами АО «ОЭМК»

345