

ГЕОТЕХНІЧНА І ГІРНИЧА МЕХАНІКА, МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 620.169.1

К.А. Зіборов¹, канд. техн. наук, доц.,
Г.К. Ванжа¹, канд. техн. наук, доц.,
К.В. Максименко¹,
О.І. Прокопенко²

1 – Державний вищий навчальний заклад
„Національний гірничий університет“, м. Дніпропетровськ,
Україна, e-mail: ziborov@nmu.org.ua
2 – Вільногірський гірничо-металургійний комбінат,
м. Вільногірськ, Україна, e-mail: pro@zirkon.net.ua

МЕХАНІЗМ ПОДАЧІ ШИХТИ ПРИ БРИКЕТУВАННІ НА ВАЛЬЦЬОВИХ ПРЕСАХ

К.А. Ziborov¹, Cand. Sci. (Tech.),
G.K. Vanzha¹, Cand. Sci. (Tech.),
K.V. Maksymenko¹,
O.I. Prokopenko²

1 – State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: ziborov@nmu.org.ua
2 – Vilnohirsik Mining and Metallurgical Combine,
Vilnohirsik, Ukraine, pro@zirkon.net.ua

MECHANISM OF BATCH FEEDING DURING BRIQUETTING BY MEANS OF ROLLING PRESS

Основним агрегатом технологічного устаткування для виробництва брикетів є вальцовий прес, робоча поверхня якого виконується у вигляді змінних бандажів, у зв'язку з незначним їх терміном служби в порівнянні з останніми деталями. На поверхні бандажі мають формуючі елементи у вигляді лінзовидних чарунок. Мета роботи – збільшення продуктивності вальцових пресів для брикетування відходів гірничо-металургійного комплексу України. У результаті досліджено процес брикетування дрібнофракційних відходів гірничо-металургійної промисловості на Вільногірському гірничо-металургійному комбінаті. Розглянуто основні чинники, які впливають на працездатність вальцових пресів, а також на якість отримуваної продукції: процес подачі шихти із завантажувального бункера в зону пресування; форма та характер зносу чарунок бандажа по ширині вальців; матеріал, з якого виготовлені бандажі, а також їх термічна обробка; виконані дослідження фізико-механічних властивостей дрібнофракційних промислових відходів, що визначають їх поведінку при брикетуванні. На підставі проведених досліджень встановлено, що одним з основних недоліків роботи вальцових пресів є існуюча нерівномірна подача шихти в зону пресування із завантажувального бункера. Цей недолік призводить до нерівномірного зносу по ширині бандажів та є однією з головних причин браку при виробництві брикетів. Розроблено новий механізм подачі шихти, який дозволяє управляти рівнем шихти в зоні пресування, а також вирівняти потік шихти, що подається, по ширині бандажів і забезпечити заповнення шихтою всієї порожнини кожної чарунки рівномірно. При ущільненні шихти перед подачею на вальці зменшується поверхня її контакту з бандажами. При цьому зменшується нерівномірний знос чарунок та збільшується працездатність вальцових пресів.

Ключові слова: бандаж, знос, чарунка, вальцовий прес, тертя

Вступ. Джерелом сировинної бази для здобуття нових видів компонентів металургійної шихти є відходи гірничо-металургійного комплексу України, що утворюються і накопичуються в процесі видобутку і переробки природних ресурсів. У вирішенні проблеми повної утилізації відходів промисловості є певні труднощі. Безпосередньо гранулометричний склад і наявність великої кількості дрібних фракцій у цих відходах не дозволяють використовувати їх у промислових агрегатах без спеціальної підготовки, що полягає в кускуванні. У зв'язку з цим істотно зросла актуальність розробки і створення нового вигляду шихтових матеріалів, технологій та устаткування для їх виробництва.

Перспективним методом кускування є брикетування, що дозволяє шляхом пресування отримувати міцні шматки однакових розмірів, маси і форми, вводити в сировину різні компоненти і тим самим формувати його оптимальний склад.

Основним агрегатом технологічного устаткування для виробництва брикетів є брикетний прес. У даний час у виробництві брикетів найбільшого поширення набули вальцові преса, що забезпечують безперервність процесу, низькі експлуатаційні витрати і відносно невеликі габарити в порівнянні зі штемпельними, кільцевими та іншими пресами.

Стан питання. На Вільногірському гірничо-металургійному комбінаті (ВГМК) вальцові преса використовуються для брикетування шихти, що

складається зі ставролітового концентрату, доломітової муки і алюмофлюса. Як єднальну речовину застосовують натрієве рідке скло.

Вальцьовий комплекс включає: пристрої, дозуючі компоненти шихти; змішувач; вальці, що обертаються назустріч один одному; настановну раму з приводним механізмом; транспортні і додаткові пристрої.

Процес пресування здійснюється таким чином (рис. 1): суміш 2, що брикетується, подається на вальці преса із завантажувального бункера 1. Вальці складаються з маточини 4 і бандажа 3. Робоча поверхня вальців виконується у вигляді змінних бандажів, у зв'язку з незначним їх терміном служби в порівнянні з іншими деталями. На бандажі розташовуються формуючі елементи у вигляді лінзовидних чарунок (рис. 2) Після пресування брикети набувають форми чарунок і подають на приймальний транспортер 5.

У процесі експлуатації робоча поверхня вальців зношується (рис. 3) і бандаж піддається заміні.

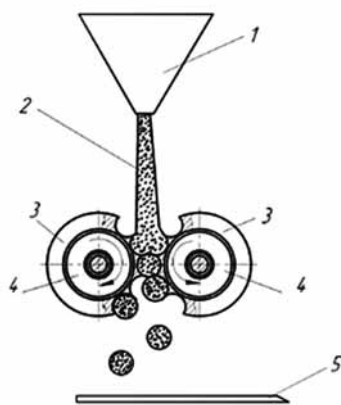


Рис. 1. Схема процесу брикетування: 1 – завантажувальний бункер; 2 – шихта; 3 – бандаж; 4 – маточина; 5 – приймальний транспортер

Як видно на рис. 3, найінтенсивніше зношується середній ряд чарунок. Це пов'язано з нерівномірною подачею шихти в зону пресування. При вільному насипанні шихта ущільнюється в середній частині бандажа, при цьому відбувається нерівномірний знос чарунок по його ширині.

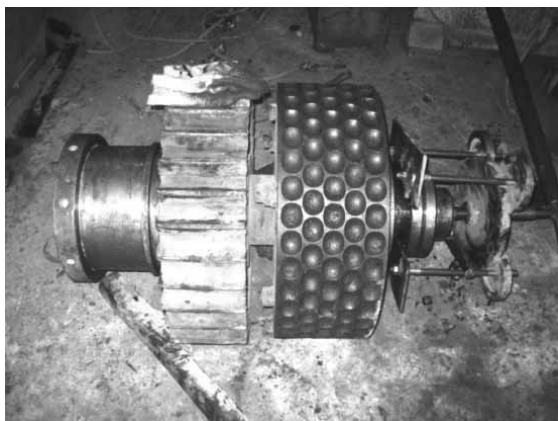


Рис. 2. Бандаж із стандартними формуючими елементами

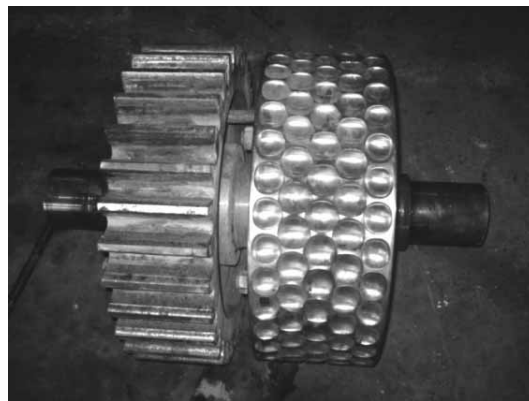


Рис. 3. Бандаж зі зношеними формуючими елементами

Найінтенсивніше зношується середній ряд чарунок, що знижує термін служби бандажів, а також якість брикетів. Менший знос елементів крайніх рядів перешкоджає зближенню вальців, по мірі зносу формуючих елементів, для створення оптимального зазору, а також тиску пресування. У результаті цього збільшується кількість не спресованої шихти.

Схема зносу чарунки бандажа представлена на рис. 4.

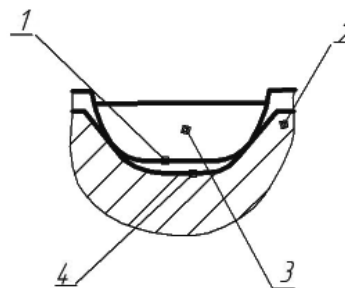


Рис. 4. Результат накладення зношеного профілю бандажа на стандартний: 1 – вихідний контур чарунки; 2 – перемичка; 3 – чарунка; 4 – контур зношеної чарунки

По глибині знос чарунки складає 1,3–1,5мм, а перемички – 3,5–4,5мм. Як матеріал бандажів застосовується цементована сталь 20Х. Після механічної обробки бандажі піддають цементації і об'ємному загартовуванню. Після термічної обробки глибина цементованого шару складає 1,5мм при допустимому зносі робочої поверхні бандажів 3,5мм. Недостатня глибина цементованого шару обмежує термін служби бандажів, таким чином, 2мм є невикористаним резервом.

Зроблені виміри твердості робочої поверхні показують, що твердість перемичок чарунок складає 60–62 HRC, а на дні чарунок – 52–54 HRC. Неоднаковий розподіл твердості по поверхнях пояснюється великими габаритами деталі, складною рельєфною поверхнею і тим, що при охолодженні в баці з проточною водою утворюється парова сорочка. Унаслідок цього значно знижується швидкість охолодження, що призводить до нерівномірної поверхневої твердості робочої поверхні.

На знос елементів бандажів, що формують шихту, впливає безліч чинників: матеріал бандажа, якість і

форма робочої поверхні, а також характер подачі шихти в зону пресування. Розглянемо їх детальніше.

Як було сказано вище, недостатня глибина цементованого шару бандажів обмежує їх термін служби. При виборі матеріалу і термічної обробки деталі, яка працює в умовах інтенсивного зносу, необхідно враховувати запас на знос. Це означає, що глибина зміцненого шару деталі, що піддається зношуванню, завжди має бути більше граничного зносу. З урахуванням запасу на знос, висока зносостійкість деталі може бути отримана із застосуванням об'ємно-гартованих сталей. При правильному виборі сталі об'ємне гартування забезпечує вищий термін служби, ніж цементация [1].

Темі працездатності бандажів присвячено багато робіт, де розглянуто вплив геометрії формуючих елементів на якість брикетів, детально вивчені різні конфігурації і розміри формуючих елементів, а також досліджено їх вплив на розподіл щільності в брикетах. Згідно з Виноградовим Г.А., найбільш широке використання отримала лінзовидна форма чарунки, яка забезпечує одночасне і рівномірне зняття тиску з усіх боків брикету під час його звільнення.

Також були виконані дослідження фізико-механічних властивостей дрібнофракційних промислових відходів, що визначають їх поведінку при брикетуванні [2]. Встановлена залежність коефіцієнтів зовнішнього f_1 і внутрішнього f_2 тертя шихти від тиску пресування досліджуваних шихт (шлам і штиб вугільний, алюмінієва і чавунна стружка) (рис. 5).

На рис. 5 видно, що залежності f_1 і f_2 від тиску пресування для всіх досліджуваних шихт виявилися однаковими. Значення f_1 і f_2 зменшувалися з підвищенням тиску пресування. Тенденція, що спостерігається, до зниження коефіцієнта зовнішнього тертя досліджуваних зразків із підвищенням тиску пояснюється взаємодією часток у тонкому приконттактному шарі як між собою, так і з поверхнею бандажа.

Зі зростанням тиску, при зближенні чарунок, шихта ущільнюється, покращується заповнення міжчасткового простору (упаковка), частки деформуються і поверхня шихти стає гладшою по площості зрушення.

Встановлена залежність f_1 і f_2 від тиску пресування дозволяє зробити висновок про те, що при брикетуванні вальці преса більш усього зношуватимуться на стадії початкової деформації, коли ще недостатньо ущільнена шихта має можливість рухатися по поверхні вальців. Отже, для зменшення значень коефіцієнтів f_1 і f_2 на стадії початкової деформації шихти необхідно подавати на вальці вже ущільнену масу певного перетину і безпосередньо в зону пресування.

Із вищевикладеного можна зробити висновок, що нерівномірність зносу по ширині бандажів є однією з головних причин браку при виробництві брикетів, а вивчення даного питання є актуальним.

Метою роботи є підвищення терміну служби бандажів і поліпшення якості брикетів.

Теоретичні дослідження дали можливість прийти до висновків, що характер руху шихти в зону пресування визначає також заповнення шихтою формую-

чих елементів. Для створення рівномірного зносу по ширині бандажа і здобуття рівномірних брикетів авторами запропонована конструкція механізму подачі шихти в зону пресування (рис. 6).

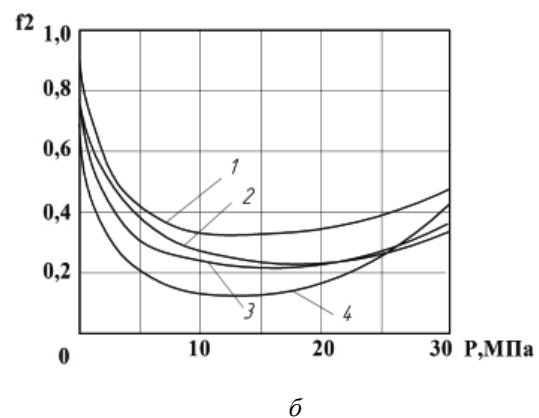
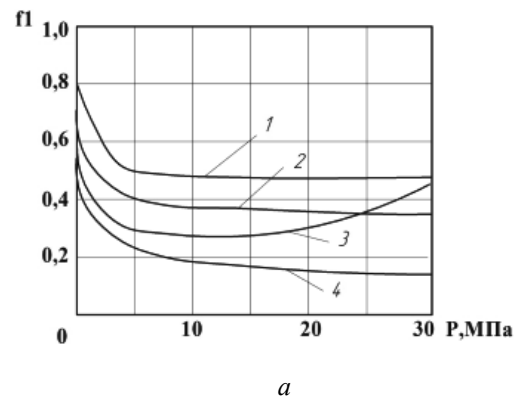


Рис. 5. Залежність коефіцієнтів зовнішнього (а) і внутрішнього тертя (б) від тиску пресування: 1 – шлам вугільний; 2 – штиб вугільний; 3 – алюмінієва стружка; 4 – чавунна стружка

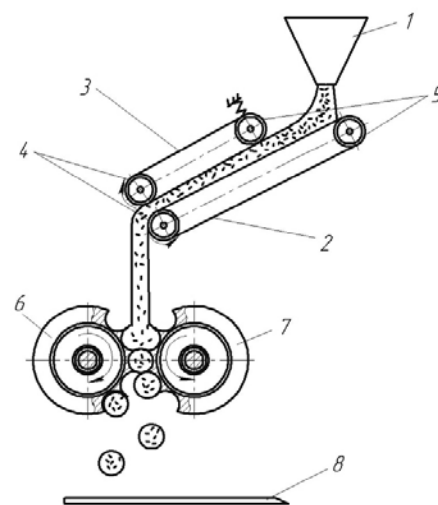


Рис. 6. Вальцьовий брикетний прес

Механізм складається із завантажувального бункера 1, під бункером розташовано два стрічкові конвеєри –

транспортуючий 2 і притискний 3 з привідними 4 і на-тяжними 5 барабанами. Під конвеєрами розташовані вальці 6 і 7, а також приймальний транспортер 8.

Механізм працює таким чином. Формована суміш із завантажувального бункера 1 подається на транспортуючий конвеєр 2. При транспортуванні суміш розподіляється за рахунок притискного конвеєра 3 і до вальців преса поступає у вигляді рівномірно ущільненої маси заданого перетину. За допомогою притискного конвеєра 3 задається перетин між стрічками для забезпечення необхідної щільності шихти, що подається. Після пресування отриманий брикет набуває форми чарунок і під власною вагою потрапляє на приймальний транспортер 8.

Витрата шихти регулюється швидкістю руху стрічок конвеєрів і відстанню між ними. Це дозволяє управляти рівнем шихти у зоні пресування, а також вирівняти потік шихти, що подається, по ширині бандажів, забезпечити заповнення шихтою всієї порожнини кожної чарунки рівномірно. При ущільненні шихти, перед подачею на вальці, зменшується поверхня її контакту з бандажами. Дане технічне рішення визнано винаходом [4].

Висновки. Конструкція нового пристрою для подачі шихти дозволить рівномірно розподіляти шихту по ширині бандажів при подачі в робочу зону пресування, незалежно від складу формованого матеріалу. Досягається можливість поліпшення якості брикетів за рахунок рівномірного зносу елементів, що формують, по ширині бандажів. Останнє дає можливість зближувати вальці у міру збільшення зазору між ними, що підвищує їх термін служби і продуктивність преса.

Список літератури / References

1. Грузглина С.Н. Исследование и совершенствование формирующих элементов вальцовых брикетных прессов.: автореф. дис. на получение степени канд. техн. наук: спец. 05.02.08 “Технология машиностроения”/ Грузглина София Наумовна; Днепропетровский горный институт им. Артема – Днепропетровск: 24 с., включая обложку: ил. – Библиогр.: с. 21–22.

Gruzglina, S.N. “Study and improvement of forming elements of rolling briquetting machine”, Abstract of Cand. Sci. (Tech.) dissertation, Dept. Technology of Machine Building, Artem Dnepropetrovsk Mining Institute, Dnepropetrovsk, Ukraine, 24 p.

2. Исследование физико-механических свойств мелкофракционных промышленных отходов, определяющих их поведение при брикетировании / [В.А. Носков, В.И. Петренко, Б.Н. Маймур и др.] // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – Днепропетровск: 1998. – №4. – С. 104–107.

Noskov, V.A., Petrenko, V.I. and Maimur, B.N. (1998), “Study of physical and mechanical properties of small fraction industrial wastes influencing its briquetting”, *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost*, no.4, pp. 104–107.

3. Носков В.А. Исследование напряженного состояния и характера износа бандажей брикетировочных валковых прессов / В.А. Носков, К.В. Баюл // *Метал-*

лургическая и горнорудная промышленность. – Днепропетровск: 2007. – №1. – С. 78–82.

Noskov, V.A. and Bayul, K.V. (2007), “Study of deflected mode and damage of bands of rolling briquetting machine”, *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost*, no.1, pp. 78–82.

4. Вальцовый брикетный прес: А.с. №90634, МПК В30 В3/00. / К.А. Зіборов, Г.К. Ванжа, К.В. Максименко (Україна).– №200906824; Заявлено 30.06.2009; Публ. 11.05.2010, Бюл. №9; – 3 с.

Ziborov, K.A., Vanzha, G.K. and Maksimenko, Ye.V., *Valtsovyi bryketnyi pres* [rolling briquetting machine] Ukraine, A.s. №90634, MPK B30 B3/00. №200906824; Application date June 30, 2009, Publ. date May 11, 2010, Bulletin no.9, 3 p.

Основным агрегатом технологического оборудования для производства брикетов является вальцовый пресс, рабочая поверхность которого выполняется в виде сменных бандажей, в связи с незначительным их сроком службы по сравнению с остальными деталями. На поверхности бандажи имеют формирующие элементы в виде линзовидных ячеек. Цель работы – увеличение производительности вальцовых прессов для брикетирования отходов горно-металлургического комплекса Украины. В результате исследован процесс брикетирования мелкофракционных отходов горно-металлургической промышленности на Вольногорском горно-металлургическом комбинате. Рассмотрены основные факторы, влияющие на работоспособность вальцовых прессов, а также на качество получаемой продукции: процесс подачи шихты из загрузочного бункера в зону прессования; форма и характер износа ячеек бандажа по ширине вальцов; материал, из которого изготовлены бандажи, а также их термическая обработка; выполнены исследования физико-механических свойств мелкофракционных промышленных отходов, определяющих их поведение при брикетировании. На основании проведенных исследований установлено, что одним из основных недостатков работы вальцовых прессов является существующая неравномерная подача шихты в зону прессования из загрузочного бункера. Этот недостаток приводит к неравномерному износу по ширине бандажей и является одной из главных причин брака при производстве брикетов. Разработан новый механизм подачи шихты, позволяющий управлять уровнем шихты в зоне прессования, а также выровнять поток шихты, подаваемой по ширине бандажей, обеспечить заполнение шихтой всей полости каждой ячейки равномерно. При уплотнении шихты перед подачей на вальцы уменьшается поверхность ее контакта с бандажами. При этом уменьшается неравномерный износ ячеек и увеличивается работоспособность вальцовых прессов.

Ключевые слова: бандаж, износ, ячейка, вальцовый пресс, трение

The basic tool of technological equipment for the production of preforms is a roller press. Removable band perform the function of working surface as its term of service is

considerably shorter than that of other details. The surface of bandage is covered with forming elements – cells of lenticular shape. The increase of the productivity of roller presses used for briquetting of wastes of mining and metallurgical complexes of Ukraine was the purpose of the work. The process of briquetting of small fraction wastes of mining-metallurgical industry was studied at Volnogorsk mining-metallurgical combine. Following basic factors influencing on the performance of roller presses and on quality of product were considered: batch feeding process from the load bunker into the area of pressing; nature of damage of forming cells of working surface by width; material the band is made of and its thermal treatment; physical and mechanical properties of small fraction of industrial wastes determining their behavior during briquetting. On the basis of the conducted researches it was determined that the central

failure of roller presses is nonuniform batch feeding from the load bunker into the area of pressing. The failure results unequal damage of working surface by width and is the main cause of spoilage in production.

A new batch feeding mechanism has been developed. It allows controlling the level of batch in the area of pressing, equalizing the stream of batch, and providing filling of cavity of each cell uniformly. Due to compression of batch before it occurs on rolls the surface of its contact with band diminishes. Thus the nonuniform damage of cells decreases and the operability of roller presses increases.

Keywords: *band, wear, cell, roller presses, friction*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук С.Є. Блохіним. Дата надходження рукопису 30.05.11

УДК 531.3+621.313.32

**Б.В. Виноградов, д-р техн. наук, проф.,
Д.А. Федін, канд. техн. наук**

Государственное высшее учебное заведение „Украинский государственный химико-технологический университет“, г. Днепропетровск, Украина, e-mail: bvvin@mail.ru

МЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛОГ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

**B.V. Vinogradov, Dr. Sci. (Tech.), Professor,
D.A. Fedin, Cand. Sci. (Tech.)**

State Higher Educational Institution “Ukrainian State University of Chemical Technology”, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: bvvin@mail.ru

MECHANICAL ANALOG OF SYNCHRONOUS MOTOR

Статья посвящена теоретическому исследованию динамики синхронных двигателей барабанных мельниц. Целью работы является исследование упругой характеристики синхронных двигателей, обоснование их математической модели и составление расчетных зависимостей для определения электромагнитной жесткости. В работе представлена эквивалентная схема синхронного двигателя как осциллятора колебаний. Показано, что важнейшим параметром механической системы привода является электромагнитная жесткость синхронного двигателя. Показано, что электромагнитные характеристики синхронных двигателей существенно зависят от переходных процессов в электромагнитной системе привода. Приведена методика расчета коэффициента жесткости синхронного двигателя. Коэффициент жесткости определяется на основании исследования параметров колебаний электромагнитного момента под действием скачкообразного изменения момента сопротивления. Установлено, что в рабочем диапазоне нагрузок упругую характеристику синхронных двигателей можно аппроксимировать линейной зависимостью, характеризующейся постоянным коэффициентом жесткости. Проведены численные исследования динамики ряда синхронных двигателей. Исходные данные для расчетов получены на основании данных клиентских формуляров соответствующих двигателей. Расчеты производились путем интегрирования уравнений Парка-Горева. Представлены результаты расчета частоты собственных колебаний, коэффициента электромагнитной жесткости и коэффициента диссипации энергии колебаний соответствующих двигателей. Получены зависимости, позволяющие определить электромагнитную жесткость синхронных двигателей вблизи номинальных режимов работы в зависимости от мощности двигателя и частоты вращения ротора. Показано, что в первом приближении электромагнитная жесткость прямо пропорциональна мощности двигателя и обратно пропорциональна кубу частоты вращения. Получены также расчетные зависимости для определения угла выбега ротора и частоты собственных колебаний синхронного двигателя.

Ключевые слова: *синхронный двигатель, осциллятор колебаний, математическая модель, крутильная жесткость*

Постановка проблемы. Электромагнитные характеристики синхронных двигателей существенно влияют на переходные процессы в электромеханических системах приводов технологического оборудования [1]. Наиболее полно электромагнитные про-

цессы синхронных двигателей описываются уравнениями Парка-Горева, которые в относительных единицах выглядят следующим образом [1]