

- у натуральному масштабі

$$\Delta m * 10^4 \left( \frac{\Gamma}{\text{M}^2} \right) = 4,4566 - 0,0125 * \text{Cr} - 0,6489 * \text{Si} - 1,8810 * \text{Al} + +0,4762 * \text{Si} * \text{Al}.$$

Отже з урахуванням трьох факторів впливу, отримане лінійне рівняння в кодовому масштабі зі множинним коефіцієнтом кореляції більшим за 0,95; крім цього було знайдено середньоквадратичну похибку коефіцієнтів цього рівняння з урахуванням роторабельності дисперсії дослідів. Перевірка наявності змішаних ефектів парного впливу не привела до суттєвого збільшення коефіцієнта кореляції, що дозволило знехтувати цими ефектами. Отже отримана нами гіперплощина цільової функції (втрата маси) достатньо точно характеризує вплив концентраційних факторів, що дозволяє ефективно скористатися цим рівнянням для корегування процентних кількостей зазначених вище хімічних елементів, а саме хрому, кремнію та алюмінію. Ця обставина дає можливість знайти найкращий хімічний склад дослідного сплаву з урахуванням усіх вимог; що ставлять технологи та конструктори до сталі 03X3CЮ при її застосуванні в умовах виробництва як жаростійкого матеріалу.

#### Список літератури

1. Ольшанецкий В. Е. О физических подходах к математическому моделированию функциональных связей / В. Е. Ольшанецкий // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2003. – № 1. – С. 80–86.

Одержано 26.12.2013

© Д-р техн. наук В. Ю. Ольшанецький, канд. техн. наук О. В. Нестеров,  
Л. М. Денисенко, О. А. Джуган

Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя

**Olshanetskiy V., Nesterov O., Denisenko L., Dzhugan O. An optimization of the low carbon heat resistant steel 03X3CЮ composition**

## РАЗВИТИЕ ОБЩЕСТВА И МЕТАЛЛЫ. БРАЗИЛИЯ

Официальное название страны Федеративная Республика Бразилия. В состав ее входят Федеральный округ, 26 штатов и 55664 муниципалитета. Это самое большое государство в Южной Америке по площади и населению. Протяженность страны с севера на юг 4320 км и с запада на восток 4328 км. Бразилия граничит со всеми государствами Южной Америки за исключением Чили и Эквадора. В отличие от остальных государств Американского материка Бразилия является единственной португальскоязычной страной. По одной из версий первоначальное название страны было Terra da Vera (Земля Истинного Креста), которое затем изменилось на Terra da Santa Cruz (Земля Святого Креста), и позднее на Terra da Brasil (Земля Бразилия). По одной из версий слово brasil связано с названием ценного дерева, древесина которого в больших количествах ввозилась в Европу из Юго-Восточной Азии арабами еще в XII веке для изготовления ценной мебели, музыкальных инструментов, красок. Португальцы называли это дерево pau-brasil (пау-бразил) от слова brase (жар, раскаленные угли). Pau-brasil является только родственным южно-американскому дереву, но оно совершенно иного вида. Согласно другой версии название «Бразилия» связано с таковым названием мифической земли в Атлантическом океане Хай-Бразил, или О'Бразил. По Бразилии протекает самая большая в мире река Амазонка. Воюя на берегах реки с местным населением, завоеватели были поражены неустрашимой яростью индейских женщин, сражавшихся наравне с мужчинами своих племен. Отважные воительницы напомнили конкистадорам древнегреческий миф о воительницах-женщинах амазонках, и благодаря этому река обрела такое гордое название. Индейцы же испокон веков называли эту реку Парана-Тинго, что означало что-то вроде «Королева рек». Хотя большая часть бассейна Амазонки принадлежит Бразилии, свои истоки река берет в Перу, на западе она протекает также через Боливию, Эквадор и Колумбию.

В 1498 г. португальская экспедиция под командованием Васко да Гамы открыла в Индию морской путь, огибающий с юга Африканский континент. Перед маленьким, экономически отсталым пиренейским королевством открылись «ворота на восток» с огромнейшими перспективами внешней торговли. Стремясь закрепить успех, португальский король Мануэл I приказал готовить новую экспедицию под началом Педру Алвареша Кабрала. В состав экспедиции входил Бартоломеу Диаш, открывший на юге Африки мыс Бурь (Cabo das Tormentas), позднее переименованный в мыс Доброй Надежды (Cabo da Boa Esperanza) и выход в Индийский океан. Корабли Алвареша до 10° северной широты держались невдалеке от африканского берега, а затем повернули на юго-запад в открытое

море. Предполагалось, что описав широкую дугу в средней части Атлантики, экспедиция избежит капризной погоды и продолжит путь в Индию. Однако случилось непредвиденное: 21 апреля на горизонте показалась земля, которая согласно навигационным приборам и картам не могла быть Африкой или одним из близлежащих к ней островов. Отклонившись на 1600 км от первоначального курса в день католической Пасхи 22 апреля флотилия Кабраса достигла неведомой земли. Это был мыс Корумбан (провинция Баия).

В 1494 г. между Испанией и Португалией был заключен Тордесильяский договор, по которому Португалия получила право осваивать любые земли к востоку от демаркационной линии, расположенной в 2050 км к востоку от островов Зеленого Мыса. Этот договор был закреплен римским Папой Александром XI. Согласно этому договору открытая новая земля должна была принадлежать Португалии. В дальнейшем устойчивая власть Португалии в Бразилии позволила захватывать все новые и новые земли, далеко выходя за границы Тордесильяского договора о разделе Западного Полушария. С момента высадки на берег Педру Алвара в 1500 г. и до объявления независимости 1822 г. Бразилия была колонией Португалии. В 1824 г. была утверждена первая Конституция страны и утвержден двухпалатный парламент, а с 1888 г. Бразилия стала республикой.

Интерес метрополии к Бразилии заметно усилился с начала XVIII века, когда в колонии были обнаружены первые месторождения золота. В течение почти века добыча золота в Бразилии находилась в центре внимания Португалии. Все остальные промыслы приходили в упадок, районы, где они находились, беднели, население в них уменьшалось. В противоположность коренным жителям Мексики и Перу бразильские туземцы стояли на очень низком уровне культуры и золотом не интересовались, поэтому колонистам пришлось вести поиски и добычу золота начинать с нуля. Поиск золота был безуспешным в течение почти двух веков, только в последние годы XVII века были произведены первые находки. В 1696 г. золото было найдено в районе центральной части нынешнего штата Мейнас-Жераис – около города Оуро-Прето (город «Черного Золота»). За первой находкой последовал целый ряд других. К середине XVIII века разработки золота достигли своего максимального территориального распространения и повышенного уровня добычи. Большая часть золотоискателей прибывала из Португалии и сопровождалась значительным ввозом рабов из Африки. Условия их жизни и работы находились в ужасных условиях. Интересно, что местные индейцы освобождались от закрепления их в рабство. Практически все добываемое золото уходило в Европу для поддержания и финансирования Промышленной революции.

Золотые прииски организовывались там, где залежи золота были достаточно велики. Поиски были довольно крупными предприятиями, оснащенными специальной техникой со значительным количеством занятых рабочих. Основной их контингент состоял из африканских рабов, вольнонаемный труд был исключением. Он начал появляться лишь к концу XVIII века. Труд индейцев вообще почти не использовался.

Другим типом разработки золота была добыча отдельными золотоискателями, располагающими очень примитивным оснащением. Добытчики золотого песка обычно вели разработки не в каком-либо определенном пункте, а переходили с места на место и добывали золото там, где его обнаруживали (если только это место не было занято другими). Иногда золотоискатели объединялись в большие группы, но все равно каждый из них действовал самостоятельно. Система индивидуальных добытчиков процветала в конце XVIII века, когда золотодобывающая промышленность Бразилии приходила в упадок. Это было связано с истощением запасов наносного золота в руслах рек и по их берегам. Золота осталось так мало, что его добыча не могла окупать содержание крупных приисков. Даже одиночки-золотоискатели не могли обеспечить себе средства к существованию. Такое положение сохраняется и по сегодняшний день.

Кроме золота в португальской колонии добывались алмазы. Бразилия явилась первым крупным поставщиком алмазов на европейские рынки. До этого алмазы в ограниченном количестве поступали в Европу из Индии, а крупные южно-африканские месторождения были открыты только в последней четверти XIX века. Алмазы в Бразилии встречались только в золотоносных районах, поэтому их первые находки были сделаны золотоискателями. Территории, на которых встречались алмазы, были тщательно демаркированы и полностью отделены от внешнего мира. Такие территории получили название «Бриллиантовый округ», который затем вырос в современный город Дамантина (штат Минас-Жераис). Изолированные территории, подобные Бриллиантовому округу, появились и в других пунктах: реки Жектинья (штат Минас-Жераис), реки Кларо и Пильонес (штат Гояс), юго-запад штата Баии, верхний Парагвай (штат Мато-Гроссо). Но эти районы не были использованы в должной степени и остались почти незаселенными.

Добыча золота и алмазов в течение трех четвертей века являлась основным занятием в стране и развивалась за счет других видов экономической деятельности. Такое развитие добычи способствовали распространению португальской колонизации, и этим объясняются огромные размеры страны.

По добыче железной руды Бразилия занимает второе место в мире после Китая. В 2001 г. в стране произведено 335 млн. т. железной руды, что составляло 19 % мировой добычи. Высокоразвитая железорудная промышленность базируется на мощной сырьевой базе: измеренные и установленные ресурсы на начало 2007 г. оценивались в 60 млрд. а подтвержденные запасы равны 23 млрд. т. По количеству последних Бразилия уступает только России и Украине. Бразильские железные руды характеризуются богатым содержанием железа и малым количеством кремнезема, глинозема и серы. Практически все запасы железных руд сосредоточены в четырех районах: два в штате Минас-

Жерайс и в штатах Пара и Мату-Гросу-ду Сул.

К концу XX века бразильская черная металлургия продолжала оставаться одной из наиболее активных базовых отраслей экономики страны, определявшей ее позитивное развитие и обеспечивающей валютные поступления. Быстро росло производство стали, и по этому показателю Бразилия занимала седьмое место в мире, уступая Китаю, Японии, США, России, ФРГ, и Южной Корее. В Латинской Америке Бразилия твердо занимает первое место. Наибольшим спросом на внутреннем рынке страны пользуется толстолистовая сталь, горяче- и холоднопрокатный оист, прокат со специальными покрытиями. Импорт стали в Бразилию находится на низком уровне, так как в стране для внутреннего потребления имеются необходимые мощности по практически всему ассортименту стальной продукции технологический и производственный уровень высок, поскольку большинство предприятий отрасли построены в последние 35–40 лет с привлечением передовых технологий и оборудования, частично поставляемых Германией, Англией, Италией и Японией. Бразилия многие годы занимает четвертое место по экспорту стали после Японии, России и Украины.

Применение технологии по производству железа прямого восстановления или губчатого железа в основном в виде металлизированных окатышей DRI (Direct Reduced Iron) и горячебрикетированного железа НВТ (Hot Briquettes Iron) в течение десятилетий считается одним из перспективных направлений эффективного развития черной металлургии. Использование губчатого железа (в основном в электропечах) позволяет производить наиболее высококачественный, экономически выгодный (с относительно низкой энергоемкостью) и экологически чистый металл (по сравнению с доменным производством), удовлетворяющий самым высоким требованиям таких отраслей-потребителей, как авиа- и судостроение. К сожалению, темпы освоения этой прогрессивной технологии не успевают за потребностям бразильской промышленности.

Бразилия обладает 88 % мировых подтвержденных запасов ниобия. Из них 72,8 находятся в штате Минас-Жерайс, 25,8 % в штате Амазонах, 1,4 % в штате Гояе. Руды бразильских месторождений по качеству не имеют равных в мире. Основной металл в них – пироксид с наиболее высоким из всех минералов, содержащих пеноксид ниобия ( $Nb_2O_5$ ) – 41–83 %, расположены в штатах Амазонас и Минас-Жерайс. Месторождения ниобиевых и ниобий-танталовых руд найдены в штатах Эспиру-Санту, Баия, Рондония. Имеются отдельные месторождения с незначительным запасом ниобия в пересчете на  $Nb_2O_5$ . Основным видом конечной продукции в Бразилии являются феррониобий и пентоксид ниобия технического сорта, а также пентоксид ниобия высокой чистоты. Гигантские запасы ниобиевых руд при крайне низкой себестоимости превратили Бразилию в мирового монополиста.

В Бразилии развита алюминиевая промышленность, базирующаяся на значительных запасах высокоалюминиевых бокситов. По выявленным ресурсам Бразилия находится на четвертом месте в мире после Гвинеи, Австралии и Вьетнама. Основные месторождения алюминиевых пород сформировались в пределах Восточно-Бразильского щита.

По запасам урана Бразилия находится на шестом месте. С 1960-х по начало 1990-х годов в Бразилии осуществляется масштабная программа в области ядерной энергетики и технологического развития. С этой целью производились активные поисковые работы по выявлению месторождений урана, в результате на четверти территории страны таковые были успешно выявлены в штатах Баия, Сеара, Парана и Минас-Жерайс. Около 65 % руды добывают открытым способом, 21 % – подземным способом, 14 % – скважинным подземным выщелачиванием. 60 % урана можно добывать попутно с добычей апатита и производством фосфорной кислоты. В Бразилии имеются предприятия по переработке и обогащению урана, по изготовлению ядерного топлива и по переработке отработанного ядерного топлива. Часть урана для бразильских АЭС проходит обогащение в Европе, Канаде, США и Франции.

Бразилия имеет месторождения марганцевых руд, основными из которых основными являются Азул и Буритирама (штат Пара) и Урул (штат Мату-Гросу-ду-Сул). Преимущественно мелкие месторождения марганцевых руд является Железорудный Четырехугольник (штат Минас-Жерайс), однако высококачественные марганцевые руды в значительной степени уже выработаны. Бразилия экспортирует марганцевую продукцию во Францию, Китай, Норвегию, Испанию, Швейцарию. Марганцевая руда частично перерабатывается в стране в ферросплавы, частично во Францию и Норвегии. Бразилия экспортирует некоторое количество ферромарганца и силикомарганца.

В пределах Бразильской Южно-Африканской платформы на Бразильском плоскогорье (штаты Гояе, Минис-Жерайс, Пара, Пиаун, Сан-Паулу) расположены месторождения никеля. Практически никелевые руды относятся к никеле-кобальтовому оксидно-силикатному виду Кайназойской эры. Рудники тела месторождений имеют мощность 10–60 м и состоят из верхней зоны никельсодержащего лимонита и гарнерит-серпентиновой нижней зоны. Преобладающая форма рудных тел пластообразная. Всего открыто около двадцати латеритных месторождений, часть из которых уже отработана. В стране есть сульфидные медно-никелевые месторождения со средним содержанием никеля 2,15 % и меди 0,33 %. От глинозема металлы обрабатываются подземным способом, перерабатываются в медно-никелевый штейн.

Добыча кобальтовых руд ведется на трех месторождениях; два из них относятся к оксидно-силикатному промышленному типу (штат Гояе), третье, мелкое по масштабу, расположено в штате Минас-Жерайс. Из оксидно-силикатных руд изготавливают гидрооксид кобальта, из которого методом рафинирования получают катодный металл.

До 2004 г. единственным в стране разрабатываемым объектом добычи меди было месторождение Жагуари (штат

Баия). В середине 2004 г. завершилась детальная разведка на одном из крупнейших в Бразилии меднорудном месторождении Салву (штат Пара). Металлургический передел медных руд производится на единственном в стране плавильно-рафинировочном заводе в городе Камакари (штат Баия)

Почти все серебро Бразилии является попутным компонентом комплексных руд – золотых, свинцово-цинковых и медных. Производство серебра из собственных и импортированных концентратов в 2006 г. составило около 30 тонн. В то же время производство серебра из отходов металлургического, фото- и кинопроизводства и рентгеновских пленок составило 39 тонн. В 2006 г. в Бразилию импортировано 310 тонн серебра в виде полуфабрикатов из Перу, Чили, США, Франции и Германии и 4 тонны в виде химических реактивов из США, Мексики, Германии и Италии.

По суммарным общим запасам свинца и цинка Бразилия на Американском континенте занимает третье место после США и Канады. В стране имеется более 50 небольших по запасам месторождений и рудопроявлений свинца и Цинка. Наиболее крупные месторождения Мору-Адуду и Вазанти в значительной степени отработаны. По общему производству свинца Бразилия находится на двадцатом месте. Для удовлетворения внутреннего спроса для автомобильной промышленности страна вынуждена ежегодно ввозить не менее 80 тонн рафинированного свинца из Перу и Аргентины. Значительно большее количество в стране производится цинковой продукции в виде концентратов и рафинированного металла, выпуск которых растет из года в год. По потреблению свинца Бразилия на Американском континенте уступает только США и Мексике. Более 80 % производимого в стране цинка используется в самой стране, остальная часть экспортируется в Перу и Аргентину.

Месторождения хромитов расположены в пределах Бразильского щита. Наиболее крупным по запасам является комплекс Жакураи (штат Баия). Вторым по величине хроморудным районом считается месторождение Бакури (федеральная территория Амапа). Кроме этих в стране имеется много месторождений хромовых руд. К сожалению, во всех месторождениях содержание довольно низкое содержание  $Cr_2O_3$ , а также небольшое отношение  $Cr_2O_3$ , что ограничивает содержание хрома в феррохроме на уровне 48–55 %. В 2006 г. в Бразилии выплавлено порядка 166 тысяч тонн феррохрома, часть которого экспортировано в Аргентину. Хромовые сплавы страна импортирует из ЮАР.

Вдоль Атлантического побережья Бразилии находятся прибрежно-морские титано-циркониевые россыпи. Циркон-рутил-ильменитовые россыпи встречаются в штатах Баия, Параиба, Рио-де-Жанейро, ильменитовые – в штатах Минас-Жерайс, Пернабуку, Риу-Гранду-ду-Норти. В песках россыпей часто встречается монацит. Бразильские россыпные месторождения титана и циркония по количеству и запасам значительно уступают австралийским и африканским, поэтому невелика перспектива расширения титановой и циркониевой промышленности. Бразилия ежегодно экспортирует порядка 10–12 тысяч тонн пигментного диоксида титана. В 2006 г. в Бразилии произведено 26,5 тысяч тонн циркониевого концентрата, 83 % которого на руднике Гуажу. Циркониевые концентраты в основном используются в керамической и огнеупорной промышленности.

Запасы олова сосредоточены в Амазонском районе. В последние годы значительно истощились запасы россыпей с высоким содержанием касситерита, что вызвало сильное уменьшение добычи и производства олова. В начале 2000-х годов начато производство олова из олово-татнал-ниобиевых руд, что позволило вернуться к уровню производства оловянного сырья, характерного для 1990-х годов. Практически все добываемое оловянное сырье перерабатывается в стране. Около половины производимого олова в виде необработанного металла и химикатов поставляется на экспорт.

Вольфрамовые руды в виде шеелита локализованы на северо-востоке страны в штатах Риу-Гранду-ду-Норти, Параиба, Сеара. В центральной части и на юге (штаты Сан-Паулу, Риу-Гранду-ду-Сул и Мату-Гросу). Добыча вольфрама небольшая по объему, однако часть произведенного концентрата экспортируется в Боливию, США и Китай. Небольшая часть перерабатывается в стране для получения ферровольфрама и силиковольфрама.

Считается, что Бразилия не располагает запасами молибдена, хотя в стране все же имеются незначительное количество молибденовых руд имеются в штатах Пару, Риу-Гранду-ду-Норти и Параиба. В стране есть несколько неофициальных кустарных производств молибденовых концентратов в виде побочных продуктов на изумрудном месторождении в штате Баия. Потребление молибденовых продуктов обеспечивается импортом.

Редкоземельные металлы в Бразилии добываются из двух видов месторождений - монацитовых песков и коры выветривания карбонатов. Бразилия была первой страной в мире, которая еще в 1884 году начала экспортировать монацитовые пески. Залежи монацитовых песков сосредоточены на северном и северо-восточном побережье. Одно из наиболее крупных месторождений находится в штате Камаратуба (штат Риу-Гранду-ду-Норти) Месторождение коры выветривания карбонатов в Арата (штат Минас-Жейрас) является вторым в мире по запасам РЗМ. Сейчас большое внимание уделяется добыче фосфатов и урановой руды, содержащих РЗМ. Долгое время Бразилия была одной из ведущих стран по добыче РЗМ. Однако она утратила свои позиции после того, как в конце 1990-х годов было установлено, что более 90 % мировых мощностей по добыче редкоземельного сырья сосредоточено в Китае.

Бразилия занимает восьмую позицию в мире по величине номинального ВВП и седьмую по ВВП, рассчитанную по паритету покупательной способности. Экономические реформы принесли стране международное признание. Бразилия состоит в нескольких престижных международных организациях, в первую очередь ООН и БРИКС (Брази-

лия, Россия, Индия, Китай). В честь страны назван открытый в 1890 году французским астрономом Огюстом Шарлуа астероид «293-Бразилия». В Бразилии пройдут Чемпионат мира по футболу 2014 и Олимпийские игры 2018.

Одержано 15.11.2013

© Д-р техн. наук Бертольд Винокур  
Филадельфия, США

Vinokur B. Society development and metals. Brazil

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАДАЧІ РАЦІОНАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ МОДУЛЕМ ВЕКТОРА ПОТОКОЗЧЕПЛЕННЯ ТЯГОВОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА

З метою встановлення оптимальних режимів ведення дизель-поїздів на похилих профілях залізничного шляху з метою досягнення кутових швидкостей обертання тягових двигунів вище за номінальну, при оптимізації енергетичних характеристик тягової електропередачі в залежності від навантаження на тягову передачу, та при оптимізації динамічних характеристик дизель-поїзда машиніст або система автоведення поїзда повинні переводити тягові двигуни у зону роботи зі зниженим значенням модуля вектора потокозчеплення ротора [1–2]. Закон раціонального керування величиною модуля вектора потокозчеплення тягового асинхронного двигуна при русі моторвагонного рухомого складу на похилих профілях залізничного шляху повинен у загальному випадку забезпечити:

1. Оптимальні показники руху дизель-поїзда при виконанні обмежень, що покладаються на дані величини з боку графіка руху. При цьому необхідно враховувати, що в процесі оперативного управління залізничною лінією визначені графіком руху часи руху перегонном можуть змінюватися в певних межах, а також можуть вводитись нові та відмінитися старі обмеження за швидкостями.

2. Найкращі показники роботи елементів тягової електропередачі при виконанні обмежень, що залежать від параметрів елементів тягової електропередачі та відповідних виконавчих механізмів механічної частини дизель-поїзда.

Дана категорія задач вирішується методами варіаційного числення, що дає можливість отримати перехідні процеси з нормованими показниками у математичній формі, зручній для використання в побудові систем автоведення рухомого складу [3].

**Мета роботи** – математична постановка задачі раціонального керування модулем вектора потокозчеплення тягового асинхронного двигуна дизель-поїзда.

У загальному випадку задачу знаходження закону раціонального керування можна сформулювати як задачу знаходження екстремуму (найбільшого або найменшого значення) функції  $f(x)$   $n$ -мірного векторного аргументу  $x$  при врахуванні певних обмежень [4]. Дану задачу можна описати наступною сукупністю виразів [4]:

$$\min f(x), \quad (1)$$

де має місце приналежність

$$x \in X. \quad (2)$$

В (2)  $X$  – деяка підмножина  $n$ -мірного евклідова простору  $E_n$ . Тобто  $X$  – допустима множина задачі (1), (2), а точки, що належать  $X$  – допустимі точки задачі (1), (2).

В якості керуючих змінних розглядаємо електромагнітні змінні  $x$ , якщо тривалістю електромагнітних перехідних процесів можна знехтувати в порівнянні з електромеханічними.

У випадку, коли тривалістю електромагнітних перехідних процесів або їх частини не можна нехтувати в порівнянні з електромеханічними процесами, необхідно врахувати відповідне диференціальне рівняння даних змінних:

$$\frac{dx_i}{dt} = f(x, \Omega, t, u), \quad (3)$$

де мають місце обмеження:

$$\begin{cases} i \in [1, l]; \\ l \leq n. \end{cases} \quad (4)$$