

ТЕХНОЛОГІЇ ТА  
ОБЛАДНАННЯ ВИРОБНИЦТВА

УДК 539.41

М. Г. ФАРЗАЛИЕВ, С. М. САДИРЛИ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТОЛКАТЕЛЯ В КАНАЛЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО КУЛАЧКОВОГО МЕХАНИЗМА, СОСТАВЛЕННОГО ИЗ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Рассмотрено движение толкателя в канале пространственного кулачкового механизма, составленного из упругих элементов при тканеформировании. Экспериментальными исследованиями установлено, что перемещение толкателя в канале осуществляется с переменной скоростью. Проанализированы силовые взаимодействия винтовой поверхности торца толкателя с рабочими кромками ведущих выступов пластин-кулачков. Получены дифференциальные уравнения дополнительного движения толкателя и гармонических колебаний, определяющие закономерности движения в канале роторного тканеформирующего механизма.

**Ключевые слова:** толкатель, пластина, переместитель, скорость, колебания, кулачковый механизм

Розглянуто рух штовхача в каналі просторового кулачкового механізму, що складається з пружних елементів при тканиноформуванні. Експериментальними дослідженнями встановлено, що переміщення штовхача в каналі здійснюється зі змінною швидкістю. Проаналізовано силові взаємодії гвинтової поверхні торця штовхача з робочими крайками провідних виступів пластин - кулачків. Отримано диференціальні рівняння додаткового руху штовхача і гармонічних коливань, що визначають закономірності руху в каналі роторного тканиноформуємого механізму.

**Ключові слова:** штовхач, пластина, переміщувач, швидкість, коливання, кулачковий механізм

The investigational study shows that the motion of pusher is performed by variable speed in pipes. Force impact of the helical surface with labour margins are analyzed which are called nose fin. Considered a movement of the pusher in the feed of spatial mechanism silk kulak composed of elastic elements in tissue odds changes. The aim of the research is to study the movement of the pusher in the feed of spatial cam mechanism, composed of elastic elements in. The experimental research found that re removing the pusher in the feed is carried out with variable speed. Analysis streamlined power persuasion endcap screw surface interaction case with working edges leading protrusions plates-cams.

Semi rollover differential equations additional traffic capacities and katol harmonic vibrations that determine patterns of movement in the channel rotary taken mechanism. Found that the extra load on the pusher is transmitted as a somewhat modified overhead from the wing on the leading tabs cams that will receive additional service in the opposite direction of deformation.

Found that the extra load on the pusher is transmitted as a somewhat modified overhead from the wing on the leading tabs cams that will receive additional deformation required in a direction opposite to the velocity of the basic movement of the pusher.

**Keywords:** pusher, fin, shifter, speed, vibration, cam gear.

**Введение.** В настоящее время в текстильную промышленность внедряются новые технологические машины с новыми принципами работы. В этих машинах имеются роторные механизмы, что позволяет увеличить производительность текстильных машин в 4-5 раз [1, 2]. Одной из таких технологических машин является ткацкая многозвенная машина типа ТММ, где несколько технологических операций образования и формирования ткани осуществляются роторным тканеформирующим механизмом (ТФМ) [3–5].

ТФМ состоит из подвижных и неподвижных частей берда, которые собраны из пластин различной конфигурации толщины, изменяющейся в пределах 0,15-0,4 мм. Подвижные и неподвижная берда образуют канал для перемещения толкателя-челнока, который по технологическим требованиям должен перемещаться с постоянной скоростью [6, 7].

Экспериментальные исследования показали, что перемещение толкателя в канале осуществляется с переменной скоростью [6, 7]. Поэтому, в настоящей работе проведено исследование движения и нагружения толкателя и установлена закономерность движения толкателя в канале роторного ТФМ.

Проанализированы силовые взаимодействия винтовой поверхности торца толкателя с рабочими кромками ведущих выступов пластин – кулачков [8, 9]. Подвижное бердо состоит из вращающегося вала с собранными на нем пластинами – кулачками. Кулачки

на валу собраны смещенно относительно друг друга на определенный угол, что образует винтовую поверхность. Неподвижное бердо состоит из неподвижных пластин и образует опорную поверхность для толкателя [10, 11].

При вращении вала винтовая поверхность, образованная пластинами-кулачками, взаимодействует с винтовой поверхностью торца толкателя и перемещает его в канале. Плоскость вращения кулачков перпендикулярна плоскости перемещения толкателя.

При идеальном изготовлении кулачков и толкателя и при условии строгого постоянства угловой скорости вращения вала толкатель должен совершать в рабочей зоне механизма прямолинейно-поступательные движения с постоянной линейной скоростью. Фактически, толкатели могут иметь непостоянную по величине скорость в связи с возможностью неравномерного вращения вала и появления переменной деформации ведущих толкателей кулачков в направлении вдоль оси вала ТФМ.

Если посчитать угловую скорость вращения вала постоянной, то остается возможность переменной деформации ведущих выступов кулачков в процессе движения толкателя из-за случайных увеличений сопротивления движения.

Рассмотрим случай увеличения сопротивления движения толкателя в результате его «наезда»\* на выступающий зуб пластин неподвижного берда – откид

© М. Г. Фарзалиев, С. М. Садирли. 2016

ной гребенки, что может иметь место в результате недостаточно точного положения одной из секций берда по отношению к остальным секциям. Другие реальные возможности возникновения случайных импульсивных нагрузок на толкатель в направлении, противоположном его скорости в основном движении, маловероятны [2].

В результате указанного наезда\* на выступающие зубья толкатель получит дополнительную нагрузку, имеющую импульсивный характер. Направление этой нагрузки в общем случае может не совпадать с траекторией движения толкателя, поэтому, говоря в дальнейшем об этой нагрузке, мы будем иметь в виду ее составляющую, направленную против скорости основного движения толкателя.

Перпендикулярная составляющая вызовет появление дополнительных реакций со стороны направляющих толкателя, действующих также перпендикулярно к траектории движения толкателя и поэтому не влияющих на деформацию ведущих выступов кулачков.

Строго говоря, появление указанных дополнительных реакций вызовет изменение сил трения, действующих на толкатель со стороны его направляющих, но для нас это не имеет значения, т.к. указанное изменение лишь несколько изменит величину дополнительной нагрузки на ведущие выступы кулачков со стороны толкателя по сравнению с нагрузкой, действующей на толкатель со стороны выступающих зубьев неподвижного берда. По прекращении действия нагрузки со стороны зубьев исчезнут дополнительные силы трения, а наш дальнейший анализ будет относиться именно к последующему периоду [6].

Таким образом, дополнительная нагрузка на толкатель передается в виде несколько измененной дополнительной нагрузки со стороны толкателя на ведущие выступы кулачков, которые получают дополнительную деформацию в направлении, противоположном направлению скорости основного движения толкателя.

**Цель работы и задачи исследования.** Целью работы является исследование движение толкателя в канале пространственного кулачкового механизма, составленного из упругих элементов при тканеформировании.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- анализировать силовое взаимодействие винтовой поверхности торца толкателя с рабочими кромками ведущих выступов пластин-кулачков;
- получение дифференциальных уравнений дополнительного движения толкателя и гармонических колебаний;
- определение закономерности движения толкателя в канале роторного тканеформирующего механизма.

**Анализ силового взаимодействия.** Проанализировано силовое взаимодействие винтовой поверхности толкателя с рабочими кромками ведущих выступов-кулачков. В результате этого анализа действие на винтовую поверхность толкателя рабочих кромок ведущих выступов кулачков сведено к силам  $P_1$ ,  $V$  и  $H$ , приложенным в точке  $K$ .

В нашем случае, когда ведущие выступы кулачков получают дополнительную деформацию, соответствующую усилию  $P_1$ , а действие нагрузки со стороны зубьев неподвижного берда на толкатель прекратится, толкатель к своему основному движению получит добавочное (относительное) движение под действием упругих сил дополнительной деформации ведущих выступов кулачков.

Так как добавочное движение толкателя также будет являться поступательно-прямолинейным, то оно будет полностью описываться закономерностью движения одной из точек толкателя, которую обозначим через  $A^*$ . Для упрощения последующего рассмотрения добавочного движения толкателя в качестве точки  $A^*$  примем точку толкателя, совпадающую с упоминавшейся выше точкой  $K^*$ . Положение этой точки в добавочном движении, совпадающее с положением при нормальных условиях, назовем нулевым и обозначим через  $A_0^*$  (рис. 1).

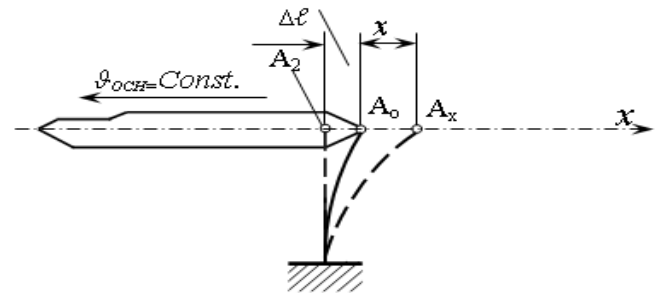


Рис. 1 – Силовое взаимодействие винтовой поверхности толкателя с рабочими кромками кулачков

Очевидно, что полная скорость движения толкателя и, следовательно, точки  $A^*$  в этом положении и при нормальных условиях будет постоянна и по величине, и по направлению, и будет являться скоростью его основного (переносного) движения. Обозначим ее через " $v_{осн}$ ". Скорость добавочного движения точки  $A^*$  обозначим через  $X'$ . В данном случае при нормальных условиях скорость  $X'$  точки  $A^*$  в добавочном движении будет равна 0 (добавочное движение будет отсутствовать).

Очевидно также, что положению точки  $A^*$  толкателя  $A_0$  соответствует определенная начальная деформация ведущих выступов кулачков, которую обозначим через  $\Delta l$  (рис. 1, 2).

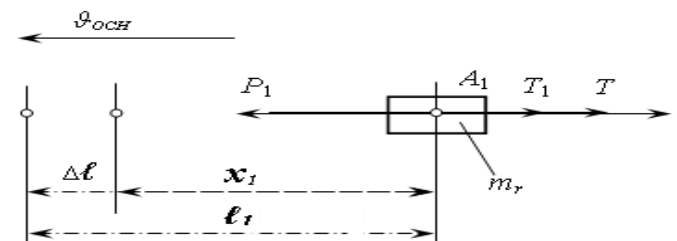


Рис. 2 – Деформация ведущих выступов кулачков

Эта деформация обусловлена давлением толкателя на ведущие выступы, равным равнодействующей сопротивлений движению толкателя, направленных против скорости  $v_{осч}$ , при нормальных условиях. Обозначим эту равнодействующую сопротивлений через  $T^*$  и посчитаем ее постоянной ( $T^*$  в основном определяется силами трения, обусловленными собственным весом толкателя и технологическими сопротивлениями, действующими на толкатель со стороны опорных поверхностей и технологическими сопротивлениями в процессе его движения в рабочей зоне ТФМ).

В первом приближении будем учитывать из вышеуказанных трех сил только одну силу  $P_1$ , совпадающую по направлению со скоростью основного движения толкателя " $v_{осч}$ ". Силы  $V$  и  $H$  непосредственно влиять на добавочное движение толкателя не будут, т.к. действуют в плоскости, перпендикулярной направлению движения толкателя.

Однако эти силы будут вызывать нормальные реакции, которые в свою очередь вызовут дополнительные силы трения, действующие в направлении, противоположном скорости  $v_{осч}$ . Эти силы трения будут находиться в определенной зависимости от величины силы  $P_1$  и будут влиять на добавочное движение толкателя. Это влияние будем учитывать в дальнейшем.

Кроме этого следует отметить, что сила  $T^*$  в случае отрыва толкателя от ведущих выступов кулачков будет несколько иная по величине, чем при нормальных условиях движения толкателя. Указанное в данном случае также не будем принимать во внимание.

Проанализируем момент, когда действие случайной дополнительной нагрузки со стороны толкателя на ведущие выступы кулачков прекратится. Как мы уже говорили, в этот момент ведущие выступы кулачков будут иметь дополнительную деформацию и будут давить на толкатель с усилием  $P_1$ , соответствующим полной деформации ведущих выступов  $l_1$ . Положение точки  $A_в$  указанный момент обозначим через  $A_1$ .

Напишем для добавочного (относительного) движения толкателя, когда он находится в положении  $A_1^*$ , уравнение суммы проекций внешних сил и силы инерции " $F_1$ " на ось  $X^*$ . При этом имеется в виду, что основное (переносное) движение толкателя является прямолинейно-поступательным с постоянной скоростью " $v_{осч}$ ".

$$-P_1 + T + F_1 = 0$$

Линия действия силы инерции  $F_1$  проходит через центр масс толкателя. Посчитаем, что линия действия силы  $P_1$  также проходит через центр масс толкателя, что является весьма близким к действительности. Такое допущение обуславливает, что действие сил  $P_1$  и  $F_1$  не будет создавать разворачивающего толкатель момента в процессе дополнительного движения толкателя с ускорением. Посчитаем также, что линии действия сил  $P_1$  и  $T$  совпадают.

Эти допущения избавляет нас от необходимости учитывать дополнительные силы трения, зависящие от величины силы  $P_1$ .

Обозначим жесткость ведущих выступов кулачков при их деформации толкателем, находящемся в канале механизма, в направлении, противоположном направлению основного движения толкателя через  $K^*$ .

Тогда  $P_1 = Kl_1$ , где  $l_1$  – полная деформация ведущих выступов кулачков для положения толкателя  $A_1$

$$l_1 = \Delta l + X_1$$

$\Delta l$  можно определить из соотношения:

$$T = K\Delta l, \quad \Delta l = \frac{T}{K}$$

Величины  $T$  и  $K$  следует считать известными. Если взять произвольное положение толкателя (точка  $A$  находится в положении  $A_1$ ) при его дополнительном движении в направлении от  $A_1$  к положению  $A_0$  (рис. 3), то соответствующие текущие параметры можно обозначить через  $X$  (вместо  $X_1$ ),  $P$  (вместо  $P_1$ ),  $F$  (вместо  $F_1$ ) и  $l$  (вместо  $l_1$ ).

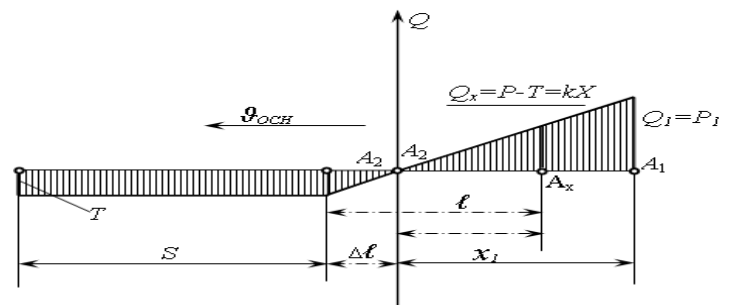


Рис. 3 – Произвольное положение толкателя при его движении

Тогда, очевидно, будет:

$$P = Kl = K(\Delta l + X) = K\left(\frac{T}{K} + X\right) = T + KX$$

Уравнение суммы проекций сил на ось  $X$  примет вид:

$$-P + T + F = 0$$

Как известно:

$$F = -m \frac{d^2 x}{dt^2}$$

где  $m$  – масса толкателя.

Подставим в уравнение суммы проекций сил на ось  $X$  значения  $P$  и  $F$ :

$$-(T + KX) + T - m \frac{d^2 x}{dt^2} = 0$$

или

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + KX = 0$$

Обозначим  $m$  через  $p^2$ . Произведя соответствующую замену, окончательно получим дифференциальное уравнение дополнительного движения толкателя в виде:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + p^2 x = 0 \tag{1}$$

После интегрирования уравнения (1) и определения из начальных условий постоянных интегрирования получим:

$$X = X_1 \sin\left(pt + \frac{\pi}{2}\right). \quad (2)$$

Уравнение (2) является уравнением гармонических колебаний, где  $X_1$  – амплитуда колебаний,  $p$  – круговая частота,  $\frac{\pi}{2}$  – начальная фаза колебаний.

В нашем конкретном случае, не будем в течении полного цикла иметь гармонические колебания толкателя в его дополнительном движении, т.к. толкатель не связан жестко с ведущими выступами кулачков и последние могут безотрывно взаимодействовать с толкателем только при условии, когда направление силы, действующей со стороны ведущих выступов кулачков на толкателей будет совпадать с направлением основного движения толкателя.

**Выводы.** Таким образом, выведено основное уравнение, определяющее закономерности добавочного движения толкателя в канале роторного ТФМ, возникающего в результате неточного изготовления и сборки деталей механизма. Предложена методика для определения закономерности движения толкателя в канале роторного ТФМ при формировании ткани на машинах типа ТММ.

#### Список литературы:

1. Фарзалиев, М. Г. Разработка методов расчета и проектирования тканеформирующего механизма и исследование процесса прокладки уточной нити в волнообразных зевых основы широких многозевных ткацких машин типа ТММ [Текст] : дис. ... докт. техн. наук / М. Г. Фарзалиев. – Санкт-Петербург, 1990. – 450 с.
2. Артоболевский, И. И. Теория механизмов и машин [Текст] / И. И. Артоболевский. – М.: Наука, 2007. – 347 с.
3. Байбаков, И. М. Теория колебаний [Текст] / И. М. Байбаков. – М.: Наука, 2005. – 320 с.
4. Вульфсон, И. И. Нелинейные задачи динамики машин [Текст] / И. И. Вульфсон, М. З. Козловский. – С-Пб.: Машиностроение, 2008. – 234 с.
5. Гордеев, В. А. Динамика механизмов натяжения и отпуска основы [Текст] / В. А. Гордеев. – С-Пб., Легкая индустрия, 2003. – 178 с.
6. Ден Гартог Дж. Механические колебания [Текст] / Ден Гартог Дж. – М., Физматгиз, 1960. – 345 с.
7. Малышев, А. П. Механика и расчеты ткацких станков [Текст] / А. П. Малышев, П. А. Воробьев. – М.: Mashgiz, 1960. – 197 с.
8. Пановка, Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара [Текст] / Я. Г. Пановка. – Л.: Машиностроение, 1976. – 212 с.
9. Понамарев, С. Д. Расчет на прочность в машиностроении [Текст] / С. Д. Понамарев и др. – М.: Mashgiz, 1959. – 346 с.
10. Строндж, В. Д. Колебания в условиях возбуждения, частота которого изменяется с постоянной скоростью [Текст] / В. Д. Строндж // Труды американского общества инженеров-механиков. – 1964. – Серия E. No4. – С. 45–49.
11. Фарзалиев, М. Г. Устройство для экспериментального измерения изгибных и крутильных колебаний с большим числом кулачков [Текст] / М. Г. Фарзалиев, Б. И. Дамаскин, А. С. Сарханов. – Баку, АЗНИИТИ, 2005. – 21 с.

#### Bibliography (transliterated):

1. Farzaliyev, M. G. (1990). Razrabotka metodov rascheta i proektirovaniya tkaneformiruyushhego mexanizma i issledovanie processa prokladki utocnoy niti v volnoobraznykh zevax osnovy shirokix mnogozevnykh tkackix mashin tipa TMM [Tekst] : dis. ... dokt. texn. nauk. Sankt-Peterburg, 450.
2. Artobolevskij, I. I. (2007). Teoriya mexanizmov i mashin. Moscow: Nauka, 347.
3. Bajbakov, I. M. (2005). Teoriya kolebanij. Moscow: Nauka, 320.
4. Vulfson, I. I. (2008). Nelinejnye zadachi dinamiki mashin. Sankt-Peterburg: Mashinostroenie, 234.
5. Gordeev, V. A. (2003). Dinamika mexanizmov natyazheniya i otpuska osnovy. Sankt-Peterburg: Legkaya industriya, 178.
6. Den Gartog Dzh (1960). Mexanicheskie kolebaniya. Moscow: Fizmatgiz, 345.
7. Malyshev, A. P. (1960). Mexanika i raschety tkackix stankov. Moscow: Mashgiz, 197.
8. Panovka, Ya. G. (1976). Osnovy prikladnoj teorii kolebanij i udara. Lvov: Mashinostroenie, 212.
9. Ponamarev, S. D. (1959). Raschet na prochnost v mashinostroenii. Moscow: Mashgiz, 346.
10. Strondzh, V. D. (1964). Kolebaniya v usloviyax vozbuzhdeniya, chastota kotorogo izmenyaetsya s postoyannoju skorostyu. Trudy amerikanskogo obshhestva inzhenerov-mexanikov. Seriya: E., 4, 45–49.
11. Farzaliyev, M. G. (2005). Ustrojstvo dlya eksperimentalnogo izmereniya izgibnyx i krutilynx kolebanij s bolshim chislom kulachkov. Baku, AzNINTI, 21.

Поступила (received) 10.03.2016

#### Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

**Исследование движения толкателя в канале пространственного кулачкового механизма, составленного из упругих элементов/ М. Г. Фарзалиев, С. М. Садирли// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 17(1189). – С.72–76. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459.**

**Дослідження руху штовхача в каналі просторового кулачкового механізму, що складається з пружних елементів/ М. Г. Фарзалиєв, С. М. Садірілі// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 17(1189). – С.72–76. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459.**

**The motion study of pusher in extensive cam gear pipe which is composed of elastic elements/ M. G. Farzaliyev, S. M. Sadirli// Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2016. – No 17 (1189). – P.72–76. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2079-5459.**

## Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Фарзалиев Мазахир Гамза оглы** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технологические машины и оборудование отрасли», Азербайджанский государственный экономический университет, ул. Истиглалият, 6, г. Баку, Азербайджан, AZ1001.

**Фарзалиєв Мазахир Гамза огли** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Технологічні машини і обладнання галузі», Азербайджанський державний економічний університет, вул. Істіглаліят, 6, м Баку, Азербайджан, AZ1001.

**Farzaliyev Mazahir Gamza** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Technological machinery and equipment industry", Azerbaijan State Economic University, ul. Istiglaliyyat, 6, Baku, Azerbaijan, AZ1001.

**Садирли Садррадин Мовлам оглы** – диссертант, Кафедра «Технологические машины и оборудование отрасли», Азербайджанский государственный экономический университет, ул. Истиглалият, 6, г. Баку, Азербайджан, AZ1001.

**Садірлі Садрраді́н Мовла́м огли** – диссертант, Кафедра «Технологічні машини і обладнання галузі», Азербайджанський державний економічний університет, вул. Істіглаліят, 6, м Баку, Азербайджан, AZ1001.

**Sadirli Sadraddin Movlam** – candidate for a degree, Department "Technological machinery and equipment industry", Azerbaijan State Economic University, ul. Istiglaliyyat, 6, Baku, Azerbaijan, AZ1001.

УДК 669.041

С. А. ЛЕВЧЕНКО

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ И ТЕПЛОВОЕ ПОЛЯ РУДНОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

Предложена методика проведения теоретических исследований с помощью конформных отображений для определения физических полей в руднотермической плавильной печи. Рассмотрены наиболее распространенные функции комплексного переменного, выполняющие необходимые конформные отображения. Показано применение конформного отображения электрического поля одноэлектродной ванны для теоретического определения распределения электрической мощности и температуры в её объёме. Рассмотрена возможность разработки универсальных численных алгоритмов расчёта электрических и тепловых полей печи на ЭВМ.

**Ключевые слова:** руднотермическая плавильная печь, электрическое поле, электрическая мощность, тепловое поле, функции комплексного переменного, конформные отображения.

Запропонована методика проведення теоретичних досліджень за допомогою конформних відображень щодо визначення фізичних полів в руднотермічній плавильній печі. Розглянуто найбільш уживані функції комплексного змінного, що виконують необхідні конформні відображення. Показано застосування конформного відображення електричного поля одноелектродної ванни для теоретичного визначення розподілу електричної потужності та температури в її об'ємі. Розглянута можливість розробки універсальних чисельних алгоритмів розрахунку електричних та теплових полів печі на ЕОМ.

**Ключові слова:** руднотермічна плавильна піч, електричне поле, електрична потужність, теплове поле, функції комплексного змінного, конформні відображення.

This article considers the problem concerning the improvement of orethermal furnace's working regime, the distribution of thermal energy all over its contents volume, to be exact. For analytical determination of temperature distribution the conformal maps' theory is offered. This theory is widely used for solving actual tasks in aerodynamics, hydrodynamics, electrostatics, strength of materials, electrotechnics, thermotechnics, optics and others. The employment of conformal maps makes it possible to create the mathematical models of the temperature field distribution in time.

The methodic of theoretical researches carried out using the conformal maps to define physical fields in orethermal furnace is offered. The most widespread complex variable quantity functions carrying out essential conformal maps are considered. The employment of one electrode furnace's electric field conform map to determine the distribution of electric power and the temperature in its volume is shown. The working outs of universal numerical algorithms to calculate electrical and thermal furnace's fields with computer possibility is considered.

**Keywords:** orethermal furnace, electric field, electric power, thermal field, complex variable quantity functions, conformal maps.

**Введение.** Почти все руднотермические печи относятся к печам прямого нагрева. Тепловая энергия выделяется непосредственно в ванне печи в результате ее активного сопротивления электрическому току. Важнейшим параметром печи является электрическое сопротивление ванны. Пронизываемая током большой силы ванна находится в электромагнитном поле с высокой магнитной напряженностью, оказывающим влияние на распределение в ней мощности.

**Анализ публикаций и постановка проблемы.** Электрическое поле в руднотермической ванне является давно предметом изучения. Этому вопросу посвящены многие теоретические и экспериментальные исследования, в которых изучалось распределение тока в однофазной и трехфазной ваннах на электроли-

тических моделях, а также исследовалось поле однофазной ванны на моделях, в которых проводящей средой служил мелкий коксик или криптол [1–5]. Проводились имитации бесшлаковой ванны при помощи разных полупроводящих сред, выполненных в форме цилиндров и колец с разным электрическим сопротивлением. Проводилось математическое моделирование электрических полей трёхфазных руднотермических печей [6]. Также, большое значение придавалось изучению распределения тока непосредственно в действующих печах.

Качественно электрическое поле печи освещено достаточно широко, однако имеющиеся сведения недостаточны для точного расчета электрической мощности и температуры в каждой точке объема ванны.

© С. А. Левченко. 2016