

Краткие сообщения

УДК 620.197

ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ И ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Н.Г. Кац

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Рассмотрены вопросы использования способа контроля качества полимерных и лакокрасочных покрытий. Представлены зависимости, по которым можно определить момент проникновения среды через защитное полимерное или лакокрасочное покрытие. Представлены характеристики полимерного покрытия с искусственным дефектом и без него. Проведены испытания по определению момента проникновения среды через защитное полимерное или лакокрасочное покрытие. Даны рекомендации по определению срока службы покрытия, момента проникновения среды через защитное покрытие и представлен способ, с помощью которого можно легко определить момент проникновения среды через полимерное или лакокрасочное покрытие.

Ключевые слова: диффузия, срок службы, электрохимический потенциал.

Для обеспечения защиты оборудования от коррозионного разрушения можно использовать полимерные и лакокрасочные покрытия, которые несмотря на большие преимущества со временем под действием агрессивной среды становятся проницаемыми и теряют свои защитные свойства, поэтому подвергаются обязательному контролю [1].

Контролировать необходимо такие важные характеристики, как проницаемость, твердость, адгезия к подложке, химическая стойкость и т. д.

Для оценки проницаемости используют три группы методов [2]:

- методы, основанные на измерении проницаемости;
- методы, основанные на измерении физико-химических свойств полимерных материалов;
- методы, основанные на регистрации положения движущейся границы вещества в полимерном материале.

Проницаемость может быть определена по регистрации количества жидкости, проникшей через единицу поверхности полимерного материала в единицу времени. Для этого необходимо определить коэффициент диффузии, который может быть рассчитан двумя методами: по проницаемости и по значению времени запаздывания.

Согласно первому методу необходимо знать количество агрессивной среды, проникшей в полимерный или лакокрасочный материал. Для этого

Николай Григорьевич Кац (к.т.н., доц.), доцент кафедры «Машины и оборудование нефтегазовых и химических производств».

можно воспользоваться формулой, полученной из решения первого закона Фика [1–3]:

$$D = \frac{dc_p}{dt} \cdot \frac{\delta \cdot V}{c_0 F},$$

где V – объем ячейки, в которой регистрируется вещество;

δ – толщина слоя полимера;

F – площадь пленки полимера;

t – время;

c_0, c_p – концентрация вещества в поверхностном слое полимерного материала со стороны раствора вещества постоянной концентрации и со стороны измеряемого раствора соответственно.

По второму методу необходимо знать время, в течение которого агрессивная среда не может быть замечена в специальной емкости. Для расчета коэффициента диффузии в этом случае можно воспользоваться следующей формулой:

$$D = 0,0494 \frac{x^2}{\tau},$$

где x – глубина проникновения среды;

τ – время, за которое произошло проникновение.

Проницаемость покрытия может быть оценена и по регистрации границы проникновения агрессивной среды в полимерном материале, при этом скорость перемещения зоны заданной концентрации вдоль направления диффузии может быть рассчитана по уравнению [2]

$$X_t = \lambda \sqrt{t},$$

где X_t – глубина границы заданной концентрации за время t ;

λ – константа проникновения.

В общем случае время защитного действия полимерного или лакокрасочного покрытия складывается из трех составляющих: времени непроницаемости покрытия, характеризующемся нестационарным переносом среды в материал (τ_1); времени накопления среды в покрытии, характеризующемся стационарным переносом среды (τ_2); времени достижения недопустимых изменений на защищаемой поверхности (τ_3), т. е.

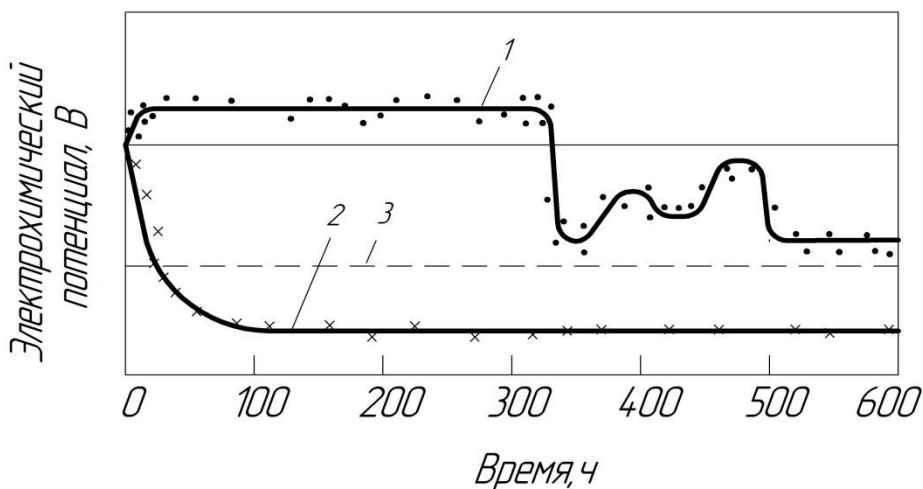
$$\tau_{защ} = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3.$$

Для определения работоспособности защитных покрытий можно воспользоваться только первым членом этого уравнения, для этого необходимо зафиксировать время контакта агрессивной среды с подложкой. Это электрохимический метод исследований, который основан на измерении величины электродного потенциала, возникающего на межфазной границе «подложка – покрытие».

Были изготовлены образцы из стальной проволоки диаметром 4,0 мм, на которую наносился слой покрытия из полимерного материала. В некоторых образцах изготавливались искусственные дефекты.

В результате проведенных измерений установлено (см. рисунок), что по мере проникновения агрессивной среды к подложке наблюдается скачкооб-

разное изменение электродного потенциала в отрицательную сторону. Непостоянство электрохимического потенциала в начальный период контакта агрессивной среды с подложкой можно объяснить небольшим количеством проникшего к подложке электролита [1, 4]. В дальнейшем количество электролита увеличивается, повышается надежность его контакта с подложкой, в результате этого стабилизируется значение электрохимического потенциала в системе «подложка – полимер – среда».



Зависимость электрохимического потенциала покрытия (1), металла (2) и покрытия с дефектом (3) от продолжительности выдержки образца в 5%-ном растворе серной кислоты

Для подтверждения полученных данных были проведены исследования на образцах с искусственными дефектами в виде отверстия малого диаметра в покрытии. В результате установлено, что значение электродного потенциала образцов с дефектами близко к значениям электродного потенциала, через которые проникла агрессивная среда.

После вскрытия образцов можно было визуально наблюдать за состоянием подложки, на которой видны следы коррозионного разрушения в виде пятен.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кац Н.Г., Стариков В.П., Парфенова С.Н. Химическое сопротивление материалов и защита оборудования нефтегазопереработки от коррозии: Учеб. пособие. – М.: Машиностроение, 2011. – 436 с. ISBN 978-5-94275-555-3.
2. Шевченко А.А. Химическое сопротивление неметаллических материалов и защита от коррозии. – М.: Химия, КолосС, 2004. – 248 с. ISBN 5-9532-0222-9.
3. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии. – М.: Физматлит, 2002. – 336 с. ISBN 5-9221-0246-10.
4. А.с. № 1260761 СССР, МКИ³ G 01 № 15/8 Способ контроля работоспособности графитонаполненных полимерных покрытий / А.А. Шевченко, Н.Г. Кац, В.П. Стариков, Р.О. Чак (СССР). – № 3751566/31-25; заявл. 13.06.84; опубл. 30.09.86. Бюл. № 36. – 1 с.

Статья поступила в редакцию 17 января 2015 г.

ESTIMATION OF POLIMERIC AND VARNISH AND PAINT COVERS WORKING CAPACITY

N. G. Kats

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

Questions of quality control of polymeric and varnish-and-point covers are considered. Dependences that allow to determine a moment when the medium has penetrated through the cover are offered. Characteristics of polymeric cover with and without induced defect are presented. Experiments in which penetration moment was measured are carried. Recommendations for cover lifetime determining are considered. Method of penetration moment registration are considered. Method of penetration moment registration are presented.

Keywords: *diffusion, working capacity, electrochemical potential.*

УДК 661.728

ОСОБЕННОСТИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМ

*Н.А. Кирющенко¹, Т.Н. Исхаков¹, В.Я. Базотов¹, В.Г. Джангирян²,
Д.В. Фадеев²*

¹ Казанский национально-исследовательский технологический университет
РТ, 420015, г. Казань, ул. Карла Маркса, 68

² АО «МПЗ»
Россия, 602205, Владимирская обл., г. Муром, ул. Ленинградская, 7

Методом широкополосной диэлектрической спектроскопии исследованы диэлектрические свойства конденсированных систем в широком диапазоне частот и температур. Количественный анализ диэлектрических спектров конденсированных систем проведен с использованием модельной функции Гаврильяка – Негами (HN) с термом проводимости и установлены существенные различия в параметрах. В результате проведенных исследований установлено, что данные вещества обладают невысокими значениями параметров диэлектрического отклика – диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь. Изучены особенности диэлектрического отклика порошкообразных образцов конденсированных систем и показано, что существенный вклад в диэлектрические спектры вносят явления максвелл-вагнеровской поляризации, электродные эффекты и сквозная проводимость образцов.

Ключевые слова: конденсированные системы, диэлектрическая спектроскопия, диэлектрическая проницаемость, диэлектрические потери, время релаксации, энергия активации.

Изучение диэлектрических свойств вещества, то есть исследование поведения его комплексной диэлектрической проницаемости в зависимости от частоты, температуры, давления, напряженности электрического поля и прочих факторов, имеет весьма важное научное и техническое значение. Эти исследования позволяют выяснить некоторые закономерности строения молекул, недоступные другим методам, а также дают возможность получить новые необходимые технике изоляционные материалы с заданными свойствами (например, малыми потерями).

На сегодняшний день разработаны и производятся установки, позволяющие производить измерения в широком диапазоне частот при изменении температуры образца в заданном температурном интервале. Мировое признание получили диэлектрические спектрометры фирмы Novocontrol.

Объектами исследования являлись энергонасыщенные материалы (ЭНМ) [1].

В данной работе для диэлектрических исследований использовался метод широкополосной диэлектрической спектроскопии (BDS) [2]. Изучение диэлектрических свойств данных объектов проводилось на диэлектрическом спектро-

Наталья Александровна Кирющенко, аспирант.

Тимур Накибович Исхаков (к.т.н.), доцент каф. ТТХВ.

Виктор Яковлевич (д.т.н.), профессор кафедры ТТХВ.

Валерий Гургенович Джангирян (д.т.н.), профессор, генеральный директор.

Дмитрий Владимирович Фадеев, заместитель главного инженера по технологии и инновациям.

метре NOVOCONTROL CONCEPT-80 в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^6$ Гц при разных температурах. Контроль и автоматическое регулирование температуры осуществлялись системой QUATRO CRYOSYSTEM. Теплоносителем служили пары сжиженного азота. Измерения проводились по схеме плоского конденсатора с использованием ячейки BDS 1308. Автоматическое управление экспериментом осуществлялось программой Win Deta с использованием техники 3D-измерений. В процессе эксперимента регистрировались и сохранялись все диэлектрические параметры. Для каждой температуры производили измерения при 42 различных значениях частоты. Точность регулирования температуры составила $\pm 0,5$ °С.

На рис. 1, 2 представлены диэлектрические спектры проницаемости и потерь исследуемых материалов.

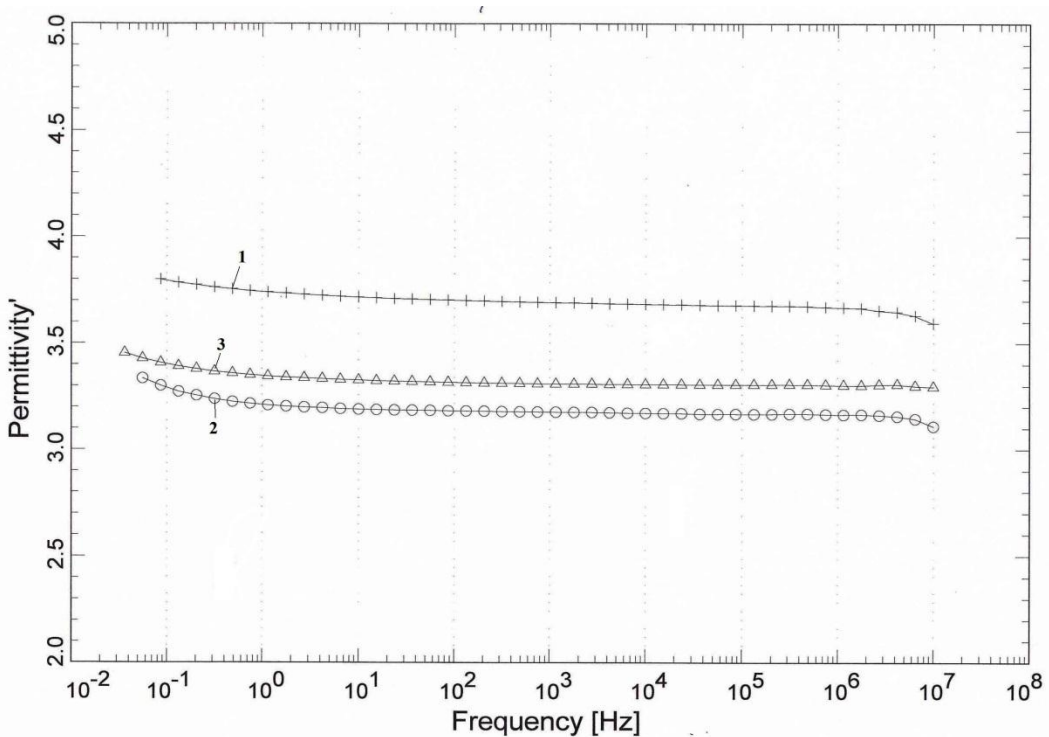


Рис. 1. Диэлектрические спектры реальной составляющей диэлектрической проницаемости (ϵ') при температуре 298 К:
1 – ЭНМ № 1; 2 – ЭНМ № 2; 3 – ЭНМ № 3

Для количественного анализа диэлектрических свойств был произведен фитинг полученных спектров. Фитинг – это техника обработки диэлектрических спектров, заключающаяся в подборе параметров той или иной модельной функции [3]. Анализ диэлектрических спектров был проведен с использованием в качестве фитинговой функции уравнения Гаврильяка – Негами (HN) с термом проводимости.

Уравнение Гаврильяка – Негами:

$$\epsilon^*(\omega) = \epsilon_\infty + \frac{\Delta\epsilon}{1+(j\omega\tau)^{\alpha,\beta}} + j \left[\frac{\sigma_0}{\epsilon_0 \cdot \omega} \right], \quad (1)$$

где ϵ^* – комплексная диэлектрическая проницаемость; ϵ_∞ – высокочастотная диэлектрическая проницаемость; $\Delta\epsilon$ – дисперсия; ω – частота; τ_{HN} – время релаксации; α и β – параметры, которые описывают симметричное и несимметричное расширение комплексной диэлектрической функции ($0 < \alpha < 1$; $0 < \beta < 1$); σ_0 – электропроводность при постоянном токе; j – мнимая единица [4].

Обработка спектров для определения энергии активации (E_a) проводилась с использованием программы Win Fit. Анализ активационных кривых производился в соответствии с уравнением Фогеля – Фалчера – Таммана.

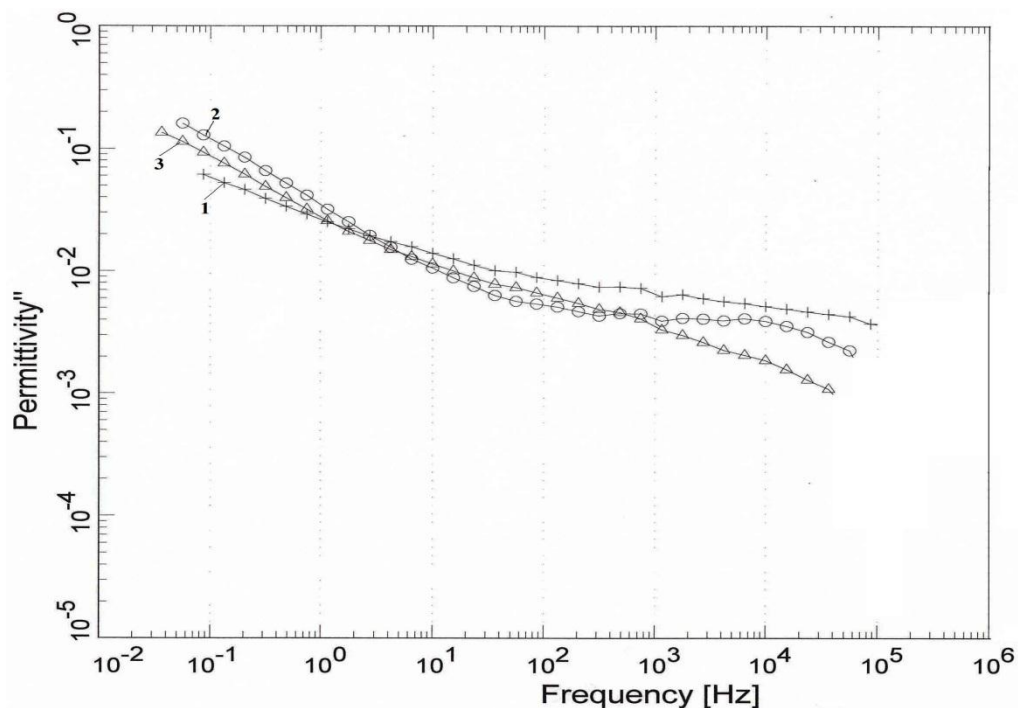


Рис. 2. Диэлектрические спектры диэлектрических потерь (ϵ'') при температуре 298 К:
1 – ЭНМ № 1; 2 – ЭНМ № 2; 3 – ЭНМ № 3

В результате проведенных исследований установлено, что данные вещества обладают невысокими значениями параметров диэлектрического отклика – диэлектрической проницаемости ($\epsilon'_1 = 3,691$; $\epsilon'_2 = 3,176$; $\epsilon'_3 = 3,310$) и диэлектрических потерь ($\epsilon''_1 = 6,213 \cdot 10^{-3}$; $\epsilon''_2 = 3,925 \cdot 10^{-3}$; $\epsilon''_3 = 3,318 \cdot 10^{-3}$). В связи с этим существенное влияние на результаты измерения абсолютных значений диэлектрической проницаемости и потерь оказывает пористость образцов, точность измерения геометрии образца, характер взаимодействия токопроводящих электродов с поверхностью образца. Изучены особенности диэлектрического отклика порошкообразных образцов конденсированных систем и показано, что существенный вклад в диэлектрические спектры вносят явления максвелл-вагнеровской поляризации, электродные эффекты и сквозная проводимость образцов [3].

Для тринитротолуола выявлена молекулярная релаксационная поляризация, наблюдаемая в области низких температур. Установлено, что электропроводность образцов тринитротолуола, очищенных методом перекристаллизации, более чем на порядок ниже, чем для образцов штатного тринитротолуола.

Исследования температурной зависимости комплексной электропроводности выявили «прыжковый» характер проводимости конденсированных систем, который связывается с наличием примесей, с энергией активации $E_a \approx 21$ кДж/моль.

Таким образом, несмотря на отсутствие молекулярной релаксации в кристаллических диэлектриках, к которым относятся исследованные конденсированные системы, метод широкополосной диэлектрической спектроскопии представляет возможность исследования межфазных взаимодействий в конденсированных системах на основе анализа максвелл-вагнеровской поляризации и транспорта носителей электрических зарядов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вахидов Р.М., Куражов А.С., Хадиева Д.А., Исхаков Т.Н. Безопасный газогенерирующий состав для электродетонатора без инициирующих ВВ // Вестник КТУ. – 2011. – № 18. – С. 308–310.
2. Исхаков Т.Н., Кирющенкова Н.А., Петров А.В., Гибадуллин М.Р. и др. Исследование диэлектрических свойств целлюлозы и наноцеллюлозы методом широкополосной диэлектрической спектроскопии // Вестник КТУ. – 2012. – № 16. – С. 12–15.
3. Kremer F. Broadband Dielectric Spectroscopy. – Berlin, 2003. – 729 p.
4. Фрелих Г. Теория диэлектриков: Пер. с англ. – М., 1960.

Статья поступила в редакцию 20 января 2015 г.

FEATURES DIELECTRIC PROPERTIES CONDENSED SYSTEMS

*N.A. Kirshenkova¹, T.N. Iskhakov¹, V.Y. Bazotov¹, V.G. Dzhangiryan²,
D.V. Fadeev²*

¹ Kazan National Research Technological University
68, Karl Marx st., Kazan, 420015, RT

² АО “MPZ”
7, Leningradskaya st., Murom, Vladimirski region, 602205, Russian Federation

Method of broadband dielectric spectroscopy is investigated di-electrical properties of condensed matter systems in a wide range of frequencies and temperatures. Quantitative analysis of dielectric spectra of condensed systems carried out using a model function Havriliak – negatives (HN) с thermal conductivity and established significant differences in the parameters.

Keywords: *condensed systems, dielectric spectroscopy, dielectric constant, dielectric loss, relaxation time, activation energy.*

*Natalia A. Kirshenkova, Postgraduate Student.
Timur N. Iskhakov (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.
Viktor Y. Bazotov (Dr. Sci. (Techn.)), Professor.
Valery G. Dzhangiryan (Dr. Sci. (Techn.)), Professor, General Manager.
Dmitry V. Fadeev, Deputy Chief Engineer.*

УДК 620.197.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ РАСТВОРЕНИЯ МЕТАЛЛА ОТ РАССТОЯНИЯ ДО ПРОТЕКТОРА

Д.В. Коноваленко, С.Б. Коныгин

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Рассматривается влияние защитного действия протекторов на растворение металлов в среде электролита. Создана экспериментальная установка, с помощью которой исследовано распределение скорости растворения металла в зависимости от расстояния до протектора. В качестве модельного процесса выбрано травление фольгированного стеклотекстолита с оловянным протектором в водном растворе хлорида железа. В результате экспериментов установлено, что по мере удаления от протектора скорость растворения металла возрастает и начиная с определенного расстояния становится практически постоянной. Приведены распределения скорости растворения при различных концентрациях раствора. Полученные результаты позволяют провести оценку радиуса защитного действия протектора.

Ключевые слова: протекторная защита, радиус защитного действия, растворение металла.

Одной из важнейших задач, возникающих при протекторной защите оборудования от коррозии, является оценка радиуса защитного действия [1, 2]. Для решения указанной задачи в рамках настоящей работы исследована зависимость скорости коррозии металла от расстояния до протектора, обусловленная изменением локальных значений электрохимического потенциала [3–5].

Основная проблема в данном исследовании заключалась в трудности экспериментального измерения уменьшения толщины металла в результате коррозии. В этой связи основная идея экспериментов (рис. 1) состояла в том, чтобы подвергать коррозии тонкий лист металла известной толщины d , а локальную скорость коррозии u определять через время полного разрушения листа τ в этом месте:

$$u = \frac{d}{\tau}.$$

Кроме того, для ускорения и упрощения эксперимента был решено заменить реальный коррозионный процесс модельным процессом растворения металла в химически активной среде. В качестве материала для проведения экспериментов был выбран фольгированный стеклотекстолит 1 с толщиной медной фольги 2, равной 30 мкм. В качестве химически активной среды 4 был выбран водный раствор FeCl_3 , традиционно использующийся для травления печатных плат. Для того чтобы концентрация раствора в ходе эксперимента была практически постоянной, исследуемые образцы были изготовлены в виде узких полос (рис. 2). В качестве протектора 3 на один край образца напаивался слой олова.

Денис Владимирович Коноваленко – ассистент кафедры «Машины и оборудование нефтегазовых и химических производств».

Сергей Борисович Коныгин – д.т.н., заведующий кафедрой «Машины и оборудование нефтегазовых и химических производств».

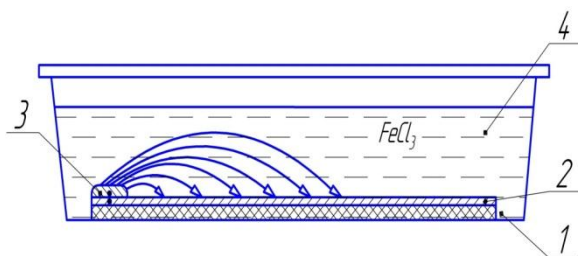


Рис. 1. Схема проведения эксперимента для определения скорости растворения металла на различных расстояниях от протектора



Рис. 2. Проведение эксперимента

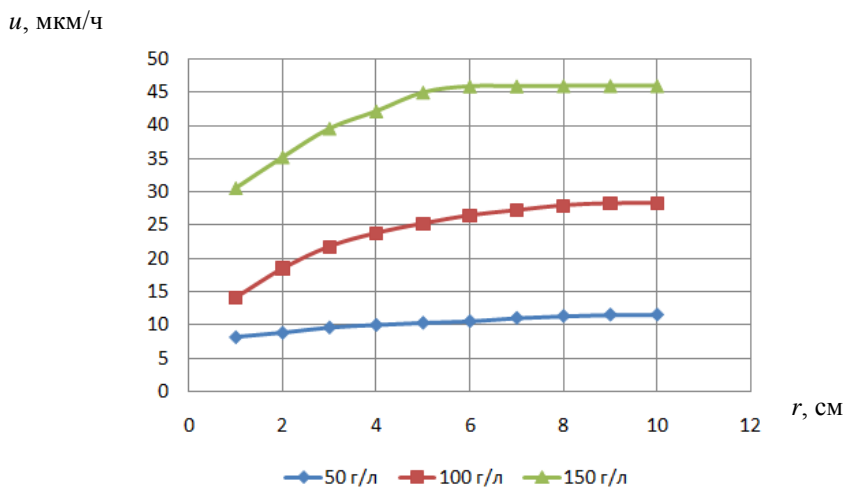


Рис. 3. Зависимость скорости коррозии от расстояния до протектора при различных концентрациях раствора

На рис. 2 представлена фотография, на которой изображен ход эксперимента. В емкости с раствором размещены два образца размерами 100×4 мм. Протектор длиной 5 мм расположен на левом конце образцов. Для измерения расстояний под образцы подложена ламинированная миллиметровая бумага. Из рассмотрения рисунка видно, что образцы разрушались начиная с дальнего от протектора края.

В результате эксперимента была определена зависимость скорости разрушения металла от расстояния до протектора, приведенная на рис. 3. Из рассмотрения графиков видно, что скорость растворения существенно уменьшается по мере приближения к протектору.

Дальнейшим развитием указанной работы является построение модели, описывающей распределение скорости растворения металла по расстоянию при различных значениях концентрации раствора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. – М.: Металлургия, 1976. – 472 с.
2. Зиневич А.М., Глазков В.И., Котик В.Г. Защита трубопроводов и резервуаров от коррозии. – М.: Недра, 1975. – 288 с.
3. Коныгин С.Б., Коноваленко Д.В., Кац Н.Г. Модель распределения потенциала в резервуаре с протектором // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2015. – № 1(45). – С. 185–188.
4. Семёнова И.В., Флориандрович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии. – М.: Физматлит, 1989. – 336 с.
5. Кац Н.Г., Стариков В.П., Парфенова С.Н. Химическое сопротивление материалов и защита оборудования нефтегазопереработки от коррозии. – М.: Машиностроение, 2011. – 436 с.

Статья поступила в редакцию 27 января 2015 г.

RESEARCH OF THE DEPENDENCE BETWEEN DISSOLVING SPEED AND DISTANCE FROM THE PROTECTOR

S.B. Konygin, D.V. Konovalenko

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

The paper studies the protective effect of the protectors on the dissolution of metals in the environment of the electrolyte. An experimental setup with which to study the distribution of the metal dissolution rate as a function of the distance from the tread. A model process to represent dissolving of the fiberglass with copper film in ferric chloride solution. It was found that as the distance from the tread increases the rate of dissolution of the metal and from a certain distance, it becomes practically constant. Dissolving speed distributions was obtained for different solution concentrations. Results of experiments allow determining the protection radius.

Keywords: *cathodic protection, protection radius, metal dissolving.*

*Denis V. Konovalenko, Assistant.
Sergey B. Konygin (Dr. Sci. (Techn.)), Professor.*

УДК 621.317.49

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАБОТЫ ГЛУБИННОГО ШТАНГОВОГО НАСОСА

В.А. Кузнецов, О.В. Матвеев

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Рассмотрен принцип построения устройства для контроля работы глубинного штангового насоса в нефтяных скважинах. Приведены структурная схема устройства и конструкция глубинного преобразователя перемещений плунжера насоса в электрический сигнал. В качестве чувствительных элементов применены магнитоуправляемые контакты – герконы, срабатывающие под действием магнитного поля, которое создается кольцевым магнитом, установленным на нижнем конце штанги насоса. Экспериментально исследовано магнитное поле и определен оптимальный шаг дискретизации. Предложен способ формирования магнитного поля для повышения надежности работы глубинного преобразователя.

Ключевые слова: *глубинный штанговый насос, перемещение плунжера, преобразователь перемещений, конструкция преобразователя.*

На нефтедобывающих промыслах до сих пор широко используются станки-качалки, приводящие в действие глубинные штанговые насосы (ГШН). Основным недостатком такого привода заключается в том, что приводной электродвигатель находится на поверхности, а передача движения плунжеру ГШН осуществляется длинной штангой, представляющей собой упругое звено. Движение нижнего конца штанги не полностью повторяет движение верхнего конца. Реальная картина движения плунжера насоса, как правило, неизвестна.

Разработано множество устройств, позволяющих в той или иной степени контролировать работу ГШН [1]. Наиболее популярным является метод, основанный на получении динамограммы в верхней точке привода штанги [2]. Однако этот метод не позволяет оценить ни амплитуду, ни скорость движения плунжера ГШН.

Известно применение глубинного устройства для фиксации амплитуды движения плунжера посредством вычерчивания царапины на внутренней поверхности насосно-компрессорных труб острой иглой. Но и в этом случае измерительная информация может быть получена только после извлечения насосно-компрессорных труб на поверхность.

На кафедре «Информационно-измерительная техника» СамГТУ разработано устройство, позволяющее оперативно получать информацию о параметрах движения плунжера ГШН и контролировать его работу [3].

На рис. 1 представлена структурная схема устройства.

Устройство содержит преобразователь перемещения верхнего конца штанги в импульсные сигналы 1, установленный на балансирах станка-качалки, формирователь электрических импульсов 2, реверсивный счетчик импульсов 3, цифроаналоговый преобразователь 4, немагнитную вставку в колонну насосно-

Владимир Андреевич Кузнецов (к.т.н., доц.), доцент кафедры «Информационно-измерительная техника».

Олег Вадимович Матвеев, аспирант.

компрессорных труб 5, кольцевой постоянный магнит 6, закрепленный на штанге 15, магниточувствительные элементы 7, установленные на внешней поверхности немагнитной вставки равномерно по ее длине, трехжильный глубинный кабель 8, проложенный по внешней поверхности насосно-компрессорных труб, формирователь электрических импульсов 9, второй реверсивный счетчик импульсов 10, второй цифроаналоговый преобразователь 11, двухкоординатный регистрирующий прибор 12.

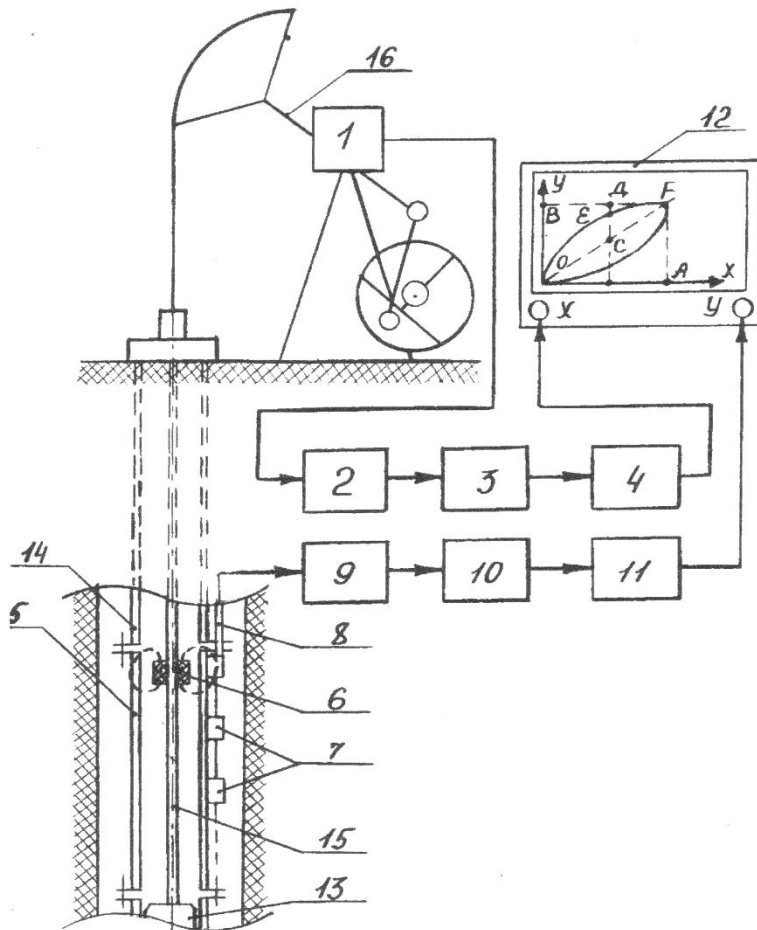


Рис. 1. Схема устройства для контроля работы ГШН

Немагнитная вставка 5 в колонну насосно-компрессорных труб 14 установлена над зоной движения плунжера насоса 13.

Устройство работает следующим образом. Угловое перемещение верхнего конца штанги станка-качалки 16 преобразуется датчиком угла поворота 1 в электрические импульсы. Импульсы усиливаются и формируются блоком формирования импульсов 2, который распределяет их по двум каналам в зависимости от направления движения балансира станка-качалки 16. Импульсы с выхода формирователя 2 подаются на вход реверсивного счетчика импульсов 3, в котором эти импульсы суммируются при движении балансира вниз или вычитаются при дви-

жении вверх. Цифровой код с выхода счетчика импульсов 3 преобразуется цифро-аналоговым преобразователем 4 в аналоговый электрический сигнал, который подается на вход X регистрирующего прибора 12.

Во время движения постоянного магнита 6 под действием его магнитного поля последовательно срабатывают герконы 7, генерирующие электрические импульсы. Таким образом, глубинный датчик перемещения преобразует перемещения плунжера ГШН в дискретный электрический сигнал. Дискретность преобразования определяется расстоянием между герконами. Электрические импульсы герконов через глубинный кабель 8 подаются на вход формирователя импульсов 9, который распределяет их по двум каналам в зависимости от направления движения магнита 6.

Импульсы с выхода формирователя 9 подаются на вход реверсивного счетчика импульсов 3, в котором эти импульсы суммируются при движении плунжера вниз или вычитаются при движении вверх. Цифровой код с выхода счетчика импульсов 10 преобразуется цифроаналоговым преобразователем 11 в аналоговый электрический сигнал, который подается на вход Y регистрирующего прибора 12.

На диаграммной ленте регистрирующего прибора одновременно регистрируются по оси X перемещения верхнего конца штанги станка-качалки, а по оси Y – перемещения плунжера ШГН.

Если перемещение плунжера штангового насоса 13 соответствует угловому перемещению верхнего конца штанги станка-качалки 16, то на диаграммной ленте прибора 12 регистрируется прямая линия, показанная пунктиром на рис. 1. Если же движение плунжера насоса отстает по времени от движения верхнего конца штанги станка-качалки, то на диаграммной ленте регистрируется эллипс, по параметрам которого определяется характер движения плунжера насоса. В этом случае используется метод исследования, применяемый при анализе электрических сигналов по фигурам Лиссажу. Отрезок OA является проекцией эллипса на ось X и соответствует перемещению верхнего конца штанги станка-качалки 16. Отрезок OB характеризует движение плунжера насоса. Отрезок CE характеризует запаздывание перемещения плунжера насоса относительно перемещения верхнего конца штанги. Фазовое запаздывание определяется выражением

$$\varphi = \arcsin (CE/CD) .$$

Так как период движения верхнего конца штанги станка-качалки 16 известен, то по параметрам эллипса легко определяется скорость движения плунжера насоса в любой момент времени. В качестве преобразователя перемещения конца штанги используется фотоэлектрический преобразователь, который состоит из светодиода и фотодиода, образующих оптопару, растровой линейки и блока формирования измерительного сигнала.

В качестве магниточувствительных элементов 7 используются датчики Холла или магнитоуправляемые контакты (герконы). Формирователь импульсов 9, реверсивный счетчик электрических импульсов 10 и цифроаналоговый преобразователь 11 строятся на стандартных элементах микросхемотехники.

Для регистрации сигналов используется стандартный двухкоординатный самопишущий прибор, например типа Н 307.

При разработке этого устройства важнейшая задача состояла в обеспечении надежности срабатывания магнитоуправляемых элементов и определении эффективного шага дискретизации перемещения плунжера. С этой целью проведе-

но исследование магнитного поля кольцевого магнита и определены зоны срабатывания магнитоуправляемых элементов под действием этого поля.

Для получения более точных результатов измерений дискретность срабатывания герконов должна быть минимальной. Для этого необходимо уменьшать расстояние между герконами, т. е. уменьшать зоны срабатывания герконов.

Исследования проводились на специально разработанной установке. Для снятия характеристики постоянный магнит закреплялся неподвижно, а геркон перемещался на заданных от него расстояниях. Каждое срабатывание геркона регистрировалось на бумаге. Когда замыкается геркон, в месте, где он находится, ставится отметка.

В процессе исследования была снята экспериментальная характеристика зон срабатывания геркона, которая приведена на рис 2.

На этом рисунке по оси y – зона короткого замыкания геркона, по оси x – перемещение геркона относительно постоянного магнита. Полученная характеристика имеет вид трех лепестков. Центральный лепесток длиннее двух боковых, т. е. при расстоянии магнита от поверхности геркона в пределах от 0 до 20 мм геркон срабатывает три раза.

Эти лепестки сильно усложняют конструкцию преобразователя. Преобразователь рассчитан на последовательное срабатывание герконов под действием магнитного поля.

Установлено, что минимальное расстояние между герконами составляет 10 см.

Как видно из характеристик, между боковыми лепестками и центральным лепестком имеются две зоны, в которых геркон не срабатывает.

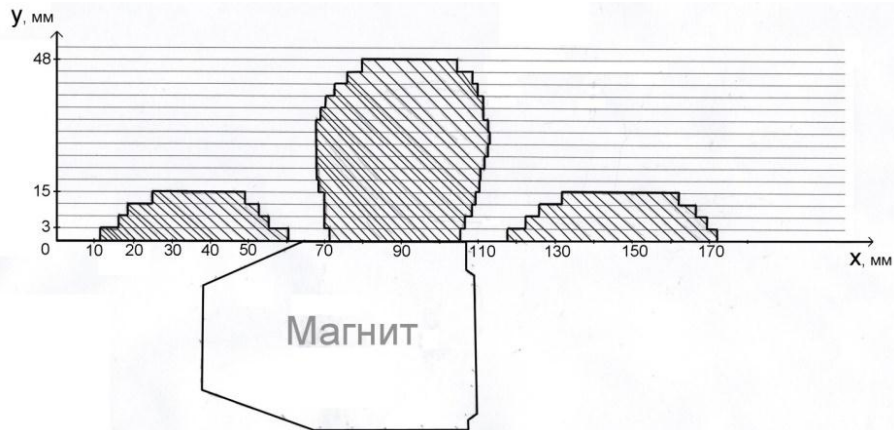


Рис. 2. Характеристика зон срабатывания

Для уменьшения минимального расстояния предложено использовать метод коррекции магнитного поля, заключающийся в установке шунтирующих ферромагнитных пластин в эти две зоны. Эффективность использования этого метода подтверждают экспериментальные исследования. Пластины из-за своих ферромагнитных свойств стягивают на себя линии напряженности магнитного поля. Таким образом, получаем вместо трех лепестков один большой лепесток.

Разработанное устройство прошло испытание на Похвистневском нефтяном месторождении Самарской области и показало эффективную работу. Большую помощь в проведении промысловых испытаний устройства оказал профессор СамГТУ В.М. Люстрицкий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бойко В.С.* Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений: Учеб. для вузов. – М.: Недра, 1990.
2. *Белов И.Г.* Исследование работы глубинных насосов динамографом. – М.: Гостоптехиздат, 1960. – 128 с.
3. Пат. 2184844 Российская Федерация, МПК7E21В 47/00. Устройство для контроля глубинного штангового насоса / Кузнецов В.А., Люстрицкий В.М., Щуров И.В. Оpubл. 2003. Бюл. № 31.

Статья поступила в редакцию 29 октября 2014 г.

THE DEVICE FOR CONTROLLING THE WORK OF SUCKER ROD IN OILWELLS

V.A. Kuznetsov, O.V. Matveev

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

Here was considered the principle of building a device for controlling the work of sucker rod pump in oil wells. Also the structural diagram of the device and the construction of the depth converter moving of plunger`s pump into electrical signal were shown . Reed contacts used as sensors are triggered with the magnetic field, which is created with a ring magnet, installed on lower end of the rod of the pump. The magnetic field was studied experimentally and the optimal sampling step was determined. The method of forming a magnetic field for improving the reliability of depth transducer was proposed.

Keywords: sucker rod pump, plunger moving, converter moving, the converter design.

УДК 681.5:621.315

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ИЗОЛИРОВАНИЯ ПРОВОДНЫХ КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА*

Е.О. Прокудина, В.Н. Митрошин

Самарский государственный технический университет
Россия, 443110, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Рассматриваются вопросы автоматизации процессов изолирования проводных кабелей связи: описана роль системного подхода в автоматизации сложных систем с распределенными параметрами, представлены основные технологические операции нанесения изоляционной оболочки на токоведущую жилу, сформированы основные локальные и глобальные параметры изготавливаемых кабелей как каналов связи в процессе наложения изоляции.

Ключевые слова: системный подход, автоматизация, производство кабелей, изолирование.

Непрерывный многооперационный технологический процесс изготовления проводных кабелей связи (КС) имеет все признаки сложной системы. Во-первых, процесс производства КС включает ряд выполняемых последовательно операций таких, как изготовление медного проводника методом волочения; изолирование его на экструзионных линиях термопластическим полимером; парную скрутку изолированных жил (при производстве LAN-кабелей); изготовление защитного экрана; наложение внешнего изоляционного покрытия, а также ряд других операций в зависимости от типа производимого КС. Во-вторых, формирование эксплуатационных параметров качества кабеля осуществляется на всех технологических операциях его изготовления. В-третьих, эти параметры могут быть напрямую измерены только на готовом кабеле.

На рис. 1 показана конструкция LAN-кабеля 7 категории, имеющего верхнюю частоту полосы пропускания порядка 1 ГГц.

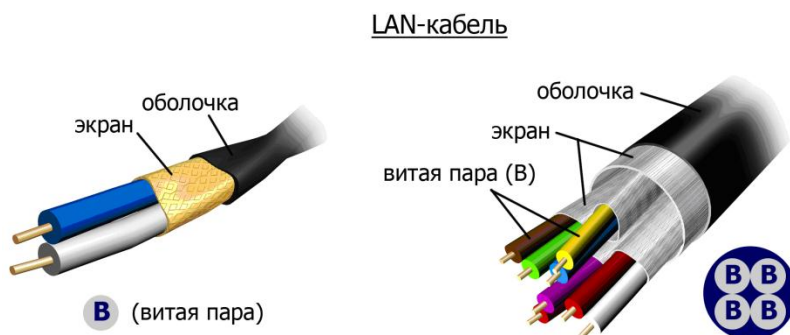


Рис. 1 Конструкция LAN-кабеля 7 категории

* Работа поддержана грантами РФФИ (проекты 15-08-01347-а и 15-08-04209-а).

Екатерина Олеговна Прокудина, аспирант.

Владимир Николаевич Митрошин (д.т.н.), заведующий кафедрой «Автоматика и управление в технических системах».

Детерминированная модель формирования параметров LAN-кабеля 7 категории приведена на рис. 2.

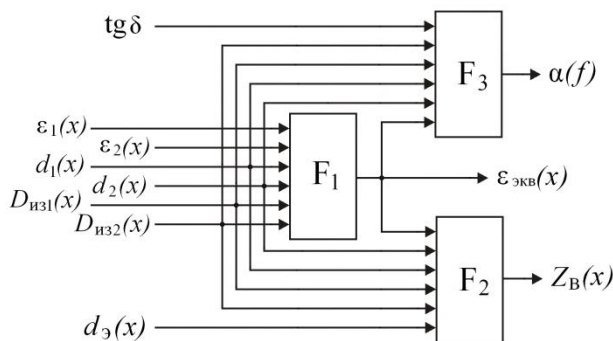


Рис. 2. Детерминированная модель формирования качества LAN-кабеля 7-й категории

Данная модель иллюстрирует процесс формирования эксплуатационных параметров качества LAN-кабеля 7 категории (экранированной витой пары). Формируемые на отдельных технологических операциях технологические параметры качества кабеля: диаметры медных проводников – d_1, d_2 , диаметры жил по изоляции $D_{из1}, D_{из2}$, относительная эквивалентная диэлектрическая проницаемость скрученной пары $\varepsilon_{экв}$, диаметр экрана d_3 , а также $\text{tg}\delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь изоляции определяют величину волнового сопротивления Z_B в данном сечении кабеля (1) и величину собственного затухания кабеля на данной частоте $\alpha(f)$ (2).

$$Z_B = \frac{120}{\sqrt{\varepsilon_{экв}}} \cdot \ln \frac{D_{из1} + D_{из2} - d}{d} \cdot \frac{4d_3^2 - (D_{из1} + D_{из2})^2}{4d_3^2 + (D_{из1} + D_{из2})^2}. \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{2,6\sqrt{f\varepsilon_{экв}} \cdot 10^{-3}}{\lg[(D_{из1} + D_{из2} - d)/d]} \cdot \left[\frac{1}{d} + \frac{2d}{(D_{из1} + D_{из2})^2} \right] + 9,08f\sqrt{\varepsilon_{экв}}\text{tg}\delta \cdot 10^{-5}. \quad (2)$$

Формулы (1) и (2) получены с допущением, что т.к. при использовании алмазных фильер для вытяжки внутреннего проводника достигается высокая стабильность его диаметра, то можно считать, что $d_1 = d_2 = d = \text{const}$.

Необходимым условием получения качественной продукции является автоматизация всех промежуточных технологических операций её производства для минимизации нерегулярностей локальных параметров качества кабеля и стабилизация режимных параметров работы оборудования [1]. Анализ формул (1) и (2) показывает, что в значительной степени эксплуатационные параметры изготавливаемого КС формируются на операции изолирования.

Обеспечить гарантированное достижения требуемого качества изготавливаемого кабеля, тем более с учетом его частотных свойств (полосы пропускания КС) с помощью независимых локальных систем регулирования практически невозможно [2].

В работе [3] показано, что максимальная частота передаваемого по кабелю электрического сигнала (верхняя частота рабочего диапазона кабеля) f_B определяет максимальную частоту взаимодействующих с ним пространственных неод-

нородностей первичных параметров кабеля g_{\max} и, соответственно, их минимальный пространственный период $L_{k\min}$, которые должны быть устранены системой регулирования. Таким образом, могут быть сформулированы требования к динамическим характеристикам систем регулирования, используемым при автоматизации технологических процессов изготовления кабелей связи. Для рассматриваемого LAN-кабеля 7 категории с верхней частотой полосы пропускания 1 ГГц $L_{k\min} = 0,099\text{ м}$.

Основным и самым эффективным инструментом проектирования систем управления производством КС является использование системного подхода.

Сущность системного подхода состоит в том, что объект управления рассматривается как система, т. е. как единство взаимосвязанных элементов, которые образуют единое целое и действуют в интересах реализации единой цели. Системный подход требует рассматривать каждый элемент системы во взаимосвязи и взаимозависимости с другими элементами, вскрывать закономерности, присущие данной конкретной системе, выявлять оптимальный режим ее функционирования. Системный подход проявляется прежде всего в попытке создать целостную картину исследуемого или управляемого объекта. Исследование или описание отдельных элементов при этом не является самодовлеющим, а производится с учетом роли и места элемента во всей системе [4].

Методическим средством реализации системного подхода к управлению сложным процессом служит системный анализ, под которым понимается совокупность приемов и методов исследования объектов (процессов) посредством представления их в виде систем и их последующего анализа. Системный анализ предполагает системный подход и к изучению связей между элементами, между подсистемами и системой [5].

Сложная система, каковой является технологический процесс производства КС, разбивается на подсистемы – отдельные технологические операции, в общем случае реализуемые на различном технологическом оборудовании и в разное время. Как указывалось ранее, это совмещенная операция изготовления медного проводника методом волочения и изолирования его термопластическим полимером, осуществляемая на экструзионных линиях; парная скрутка и наложение экрана, выполняемая на линиях скрутки и т.п. Отдельные операции представляют собой компоненты, необходимые для существования и работы всей системы.

Наличие связей между этими подсистемами – технологическими операциями производства КС, обусловленные постепенным формированием параметров качества кабельной продукции в процессе её изготовления, свидетельствует о том, что рассматриваемый технологический процесс, безусловно, является системой.

Центральный этап методологии системного анализа – определение целей [5]. Под основной целью функционирования системы управления будем понимать гарантированное обеспечение эксплуатационного параметра выпускаемого КС, который может быть измерен только на готовом кабеле.

Формулирование цели приводит к неизбежной необходимости и является основанием для выбора связанных с ней критериев. В системном анализе под критерием понимается правило, по которому проводится отбор тех или иных средств достижения цели. Критерий в общем случае дополняет понятие цели и помогает определить эффективный способ ее достижения. В том случае, когда между целью и средствами ее достижения имеется четкая однозначная связь, критерий может быть задан в виде аналитического выражения [4]. Например, в

ряде случаев критерий, заданный в виде функционала, позволяет найти управляющее воздействие, обеспечивающее гарантированное достижение заданной цели.

Критерий должен отвечать ряду требований. Во-первых, он должен отражать основную, а не второстепенную цель функционирования управляемой системы. Во-вторых, отражать все существенные стороны деятельности системы, т. е. быть достаточно представительным. В-третьих, критерий должен быть чувствительным к существенным изменениям, возникающим в процессе функционирования управляемой системы [5].

В статье [2] приведена зависимость, характеризующая взаимосвязь отклонения $\Delta Z(x)$ волнового сопротивления кабеля от своего номинального значения, рассматриваемого в качестве эксплуатационного показателя качества, с отклонениями технологических параметров качества кабеля от своих номинальных значений. Она позволяет сформулировать требования к предельным допускам отклонений локальных параметров качества, формируемых на промежуточных операциях изготовления кабеля. На основании этого формулируются критерии и алгоритмы функционирования отдельных подсистем.

Предлагаемая методика использования системного подхода при автоматизации многооперационных непрерывных технологических процессов производства проводных кабелей связи позволяет гарантировать обеспечение требуемого качества кабеля как канала связи с учетом его полосы пропускания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Митрошин В.Н., Митрошин Ю.В. Использование системного подхода при автоматизации непрерывных технологических процессов кабельного производства // Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Сер. Технические науки. – 2010. – № 7(28). – С. 26 – 31.
2. Митрошин В.Н. Многопараметрическое управление производством кабелей связи на основе прогнозирующих моделей // Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Сер. Технические науки. – 2013. – № 4(40). – С. 37 – 44.
3. Дорезюк Н.И. Гармонический анализ периодических неоднородностей волнового сопротивления коаксиальных кабелей // Электротехническая промышленность. Сер. Кабельная техника. – 1974. – № 6. – С. 18–22.
4. Кинг В, Клиланд Д. Системный анализ и целевое управление. – М.: Сов. радио, 1974.
5. Дорохов И.Н, Кафаров В.В. Системный анализ процессов химической технологии. – М.: Наука, 1979.

Статья поступила в редакцию 20 января 2015 г.

CONTROL OF TELECOMMUNICATION CABLE ISOLATION PROCESS BY MEANS OF THE SYSTEM APPROACH

V.N. Mitroshin, E.O. Prokudina

Samara State Technical University,
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation

The paper is about the automation of telecommunication cable isolation processes: describes the role of a system approach to the automation of complex systems with distributed parameters, presented the main technological steps of applying an insulating coating on a conductor, formed the main local and global parameters of telecommunication cable as the channels of communication in the isolation process.

Keywords: cable manufacture, automation, system approach, isolation.

Vladimir N. Mitroshin (Dr. Sci. (Techn.)), Professor.
Ekaterina O. Prokudina, Postgraduate Student.

УДК 303.7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗА

Е.Ю. Чекотило¹, О.Ю. Кичигина²

¹ Самарский государственный технический университет
Россия, 443110, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

² ООО «Релевант медиа»
Россия, 443080 г. Самара, пр-т Карла Маркса, 192

Рассмотрены принципы комплексного системного подхода к анализу деятельности вуза. Представлен вариант анализа работы университета в трех измерениях: сферы деятельности вуза; основные научные направления подготовки специалистов; методики обработки информации и расчета показателей деятельности вуза. Приведены критерии, которым должна соответствовать система показателей оценки эффективности и результативности работы университета. Использование разработанной системы показателей позволит оптимизировать процесс принятия управленческих решений в вузе.

Ключевые слова: комплексный подход, анализ деятельности вуза, показатели эффективности работы вуза.

Управление любыми социально-экономическими системами, в том числе учреждениями высшего образования, невозможно без анализа их деятельности. Анализ деятельности вуза является механизмом обратной связи для принятия управленческих решений при разработке эффективной стратегии развития университета.

Для получения полной и объективной оценки образовательной организации необходимо сформировать систему показателей (индикаторов), охватывающую все аспекты ее деятельности. В процессе разработки этих индикаторов стоит ориентироваться на принципы комплексного системного подхода к анализу текущего состояния, а также эффективности и результативности работы вуза. Согласно комплексному подходу функционирование структурных элементов вуза как сложной иерархической системы представляет собой совокупность процессов и подпроцессов, описываемых системой взаимосвязанных показателей, которые должны соответствовать следующим требованиям [1]:

- иметь четкую формулировку, обеспечивающую прозрачность процедуры мониторинга выполнения индикаторов;
- отражать количественные характеристики исследуемых процессов;
- давать детальное представление об основных направлениях работы вуза;
- являться основным источником достоверной информации для всех субъектов образования;
- объективно оценивать реализацию миссии и достижение стратегических ориентиров университета.

Елена Юрьевна Чекотило (к.т.н.), доцент кафедры «Высшая математика и прикладная информатика».

Ольга Юрьевна Кичигина (к.т.н.), аналитик.

В статье предложен вариант использования комплексного системного подхода к оценке образовательной организации посредством анализа показателей деятельности вуза в трех измерениях:

- направления деятельности университета;
- основные научные направления подготовки специалистов;
- методики обработки информации и расчета показателей результативности и эффективности деятельности вуза.

Направления деятельности университета

Учитывая многоаспектность деятельности вуза, можно выделить следующие основные процессы функционирования университета: образовательная деятельность, в том числе трудоустройство выпускников; работа с кадровым потенциалом; международная деятельность; научная деятельность; финансово-экономическая деятельность; совершенствование инфраструктуры.

Выделение этих процессов в качестве основных оправдано тем, что они характеризуют потенциал образовательного учреждения, через них реализуется миссия вуза, на их базе формируется организационная структура, определяется набор процессов управления, в том числе управления развитием вуза [2].

Кроме того, при комплексном подходе учитываются взаимосвязи всех перечисленных сфер деятельности вуза в системе оценки результативности, поскольку отсутствие или ослабление связи между какими-либо компонентами может стать причиной снижения эффективности в целом.

Основные научные направления подготовки специалистов

Анализ основных научных направлений подготовки специалистов осуществляется в разрезе профилей и специализаций для каждого из уровней образования (бакалавриат, специалитет, магистратура, аспирантура).

Методики обработки информации и расчета показателей результативности и эффективности деятельности вуза

Существуют различные подходы к определению показателей для анализа сферы образования. Можно выделить три системы оценки показателей деятельности вузов:

- аккредитационная система;
- мониторинг эффективности деятельности вузов;
- рейтинговая система.

1. Аккредитационные показатели устанавливаются правительством РФ и являются основными показателями, определяющими минимальные требования к деятельности учреждений высшего образования.

Целью государственной аккредитации университета является определение его государственного статуса, подтверждение уровня реализуемых программ, соответствия содержания и качества подготовки выпускников федеральным государственным образовательным стандартам. К ключевым показателям относятся критерии, характеризующие образовательный процесс, кадровый состав вуза, научный потенциал (программы магистратуры и аспирантуры).

По мнению большинства исследователей, система аккредитационных показателей является достаточно эффективным инструментом управления развитием высшей школы.

2. Мониторинг эффективности вузов – динамически изменяющаяся система показателей результативности деятельности. Изначально целью мониторинга было выявление неэффективно работающих университетов с последующим закрытием или реструктуризацией учебных заведений, для которых заданное минимальное количество интегрированных показателей деятельности не достигало пороговых минимальных значений.

В основу мониторинга Министерством образования и науки (Минобрнауки РФ) заложена система оценки, отражающая все аспекты деятельности вуза: учебный, научный, международный, кадровый, финансово-экономический, инфраструктурный.

Ежегодно по результатам мониторинга в методику расчета текущих и пороговых значений показателей вносятся коррективы: разделение вузов по отраслевым профилям, географическому положению, расчет медианных значений для ряда индикаторов в 2013 году; пересмотр подходов к расчету показателя «Трудоустройство», исключение показателя «Инфраструктура» и введение показателя, характеризующего среднюю заработную плату научно-педагогического состава организации, в 2015 году.

В рамках мониторинга анализируются фактические количественно измеримые показатели, рассчитываемые на основе данных статистической отчетности вуза, что априори доказывает достоверность получаемых оценок. Также плюсом системы мониторинга является прозрачность и открытость процесса оценки вуза (наличие на сайте Минобрнауки РФ как частных, так и интегральных показателей деятельности университетов).

3. Если результатом использования методики оценки показателей системы мониторинга считается выявление «слабых» (неэффективных) вузов, то цель рейтинговых систем – выделение ведущих университетов на мировом рынке образовательных услуг. К индикаторам, используемым в методиках глобального ранжирования организаций высшего образования, относятся: качество преподавания (обучения), результативность научных исследований, кадровый потенциал, международная деятельность и академическая репутация.

В последнее время активно обсуждаются объективность, плюсы и минусы методик ведущих рейтингов и перспективы их дальнейшего использования для оценки высших учебных заведений. К общим недостаткам рейтинговых систем относят невозможность отразить все функциональное разнообразие современных университетов, выходящее на современном этапе развития высшего образования за рамки «классических» функций обучения и проведения научных исследований. Однако многие ученые едины во мнении, что рейтинги стимулируют конкурентоспособность ведущих вузов, а получение рядом университетов схожих результатов в различных рейтинговых системах позволяет говорить о достаточной степени надежности применяемых индикаторов и методик.

Основным риском, связанным с валидностью способов обработки информации в рассмотренных системах анализа деятельности университетов, является универсализация оценочных процедур, характеризующаяся единообразием измерений показателей вузов разного профиля и различных статусов [3].

Поэтому только комплексное использование описанных выше методик оценки деятельности вуза и ряда дополнительных показателей, определяемых внутривузовскими задачами и перспективами развития университета, является платформой для создания сбалансированной системы показателей эффективности и результативности работы организации.

Проведение комплексного анализа деятельности вуза на основе разработанной системы показателей позволит решить следующие задачи:

1. Выделение перспективных научных направлений подготовки специалистов на основе результатов оценки в разрезе всех сфер деятельности вуза.
2. Определение динамики изменения ключевых показателей, а также эффективности и результативности всех направлений деятельности университета.
3. Осуществление контроля соблюдения вузом обязательных нормативов, установленных Минобрнауки РФ.
4. Оценка конкурентной позиции вуза и его потенциала в регионе и в масштабах страны.
5. Определение позиции вуза в национальных и международных рейтингах.
6. Выделение основных направлений деятельности вуза, требующих приоритетного внимания при осуществлении стратегии развития вуза.
7. Определение основных стратегических приоритетов развития вуза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Подкопаева Э.В. Критерии и показатели мониторинга качества образовательной деятельности высших учебных заведений Украины и Европы // Образование и наука. – 2013. – № 6(105). – С. 131–145.
2. Трапицын С.Ю., Граничина О.А. Построение модели системы комплексного оценивания качества деятельности вуза с использованием процессного подхода // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2008. – № 50. – С. 222–235.
3. Строецкая Е.В. Оценка деятельности университетов в контексте вызовов и рисков современной высшей школы России // Власть. – 2013. – № 5. – С. 26–29.

Статья поступила в редакцию 15 марта 2015 г.

A COMPREHENSIVE SYSTEM APPROACH TO ASSESSING THE EFFICIENCY AND EFFECTIVENESS OF THE UNIVERSITY

E.Yu. Chekotilo¹, O.Yu. Kichigina²

¹ Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

² ООО “Relevant media”
192, Karla Marksa st., Samara, 443080, Russian Federation

The article presents the principles of a comprehensive system approach to the analysis activities of the University. Presents a variant analysis work of the University in the three ways: sphere of the University activities; basic scientific direction of the specialists training; methods of data processing and calculation indicators of the University activities. Presents the criteria that must be correspond the system indicators of the efficiency and effectiveness of the University. Applying of the developed system of indicators will allow to optimize process of the management decision of the University.

Keywords: *comprehensive approach; analysis of the University activities; indicators of the efficiency of the University activities.*

*Elena Yu. Chekotilo (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.
Olga Yu. Kichigina (Ph.D. (Techn.)), Analyst.*

УДК 518.3:621.746.6

НОМОГРАММЫ ДЛЯ АНАЛИЗА РЕЖИМОВ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ СЛИТКОВ В ПРОЦЕССЕ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ

Е.А. Якубович

Самарский государственный технический университет
Россия, 443110, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

E-mail: ensave@samgtu.ru

Представлены номограммы, отражающие взаимосвязь основных параметров технологического режима формирования слитков алюминиевых сплавов при литье в электромагнитный кристаллизатор. Расчетный анализ выполнен на основе ранее синтезированных приближенных моделей регрессионного типа по результатам численного исследования температурного поля слитка. Показано, что за счет технологически допустимого снижения максимальной интенсивности охлаждения при соответствующей корректировке скорости литья можно уменьшить размер двухфазной области в центральной зоне слитка. Применение указанного подхода целесообразно на этапе освоения производства слитков с регламентированными требованиями по качеству.

Ключевые слова: номограмма, приближенные модели, непрерывный слиток, режимы затвердевания, алюминиевые сплавы.

Необходимым элементом в решении сложного комплекса задач по совершенствованию технологии непрерывного литья слитков алюминиевых сплавов, используемых для производства прессованных и листовых полуфабрикатов различного назначения, является прогнозирование пределов режимных технологических параметров, позволяющих получать слитки нормированного качества с высоким выходом годного [1].

Выполненные в работах [2, 3] исследования по использованию прямого моделирования процесса формирования непрерывного слитка по табличным данным с выходом на построение приближенных моделей регрессионного типа для анализа затвердевания слитков алюминиевых сплавов свидетельствуют о том, что подобный подход является достаточно обоснованным. Он дает возможность на содержательном инженерном уровне интерпретировать технологическую ситуацию и на стадии проработки эффективности предлагаемых к реализации режимов учитывать взаимосвязи определяющих технологических параметров и их влияние на показатели качества слитка. Представленные в [4, 5] результаты исследований посвящены реализации указанного подхода для получения приближенных моделей для описания затвердевания плоских слитков деформируемых алюминиевых сплавов толщиной 300–400–600 мм при непрерывном литье в электромагнитный кристаллизатор (ЭМК).

В настоящей работе с использованием моделей [4, 5] выполнен расчетный анализ тенденций изменения основных режимных параметров в их взаимосвязи, что необходимо учитывать в производственных условиях для оценки рациональ-

Ефим Абрамович Якубович (к.т.н., доц.), профессор кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы».

ных значений скорости литья v и интенсивности охлаждения α^* с представлением результатов в виде номограмм.

Номографические методы занимают значительное место в практике инженерно-технических расчетов [6]. Являясь удобным счетным инструментом для вычислений по готовым формулам, номограммы позволяют значительно сократить время расчетов и быстро решить нужную задачу с достаточной для практики точностью. Преимущество номограмм состоит в том, что они позволяют быстро решать в численном виде номографированное уравнение относительно любой входящей в него переменной и широко варьировать исходные данные для получения требуемого ответа. Для анализа многофакторных технологических процессов оказываются удобными и эффективными номограммы, дающие возможность графического изображения сложных зависимостей и позволяющие осуществить объективную оценку поведения выбранного параметра в зависимости от сочетания остальных.

Для анализа режима охлаждения слитка весьма важной и информативной характеристикой является $t_n(h_s)$ – температура поверхности в поперечном сечении, соответствующем глубине лунки по солидусу h_s , для расчетного определения которой использованы зависимости, полученные в [4, 5], отражающие реальные особенности типовой конструкции ЭМК. Номограммы, представленные на рисунке, построены следующим образом: при различных v и принятых значениях h_s или δ каждой точке на кривых соответствует необходимое значение α^* , обеспечивающее данное h_s или δ , и прогнозируемая при данном режиме литья температура поверхности слитка на уровне глубины лунки $t_n(h_s)$.

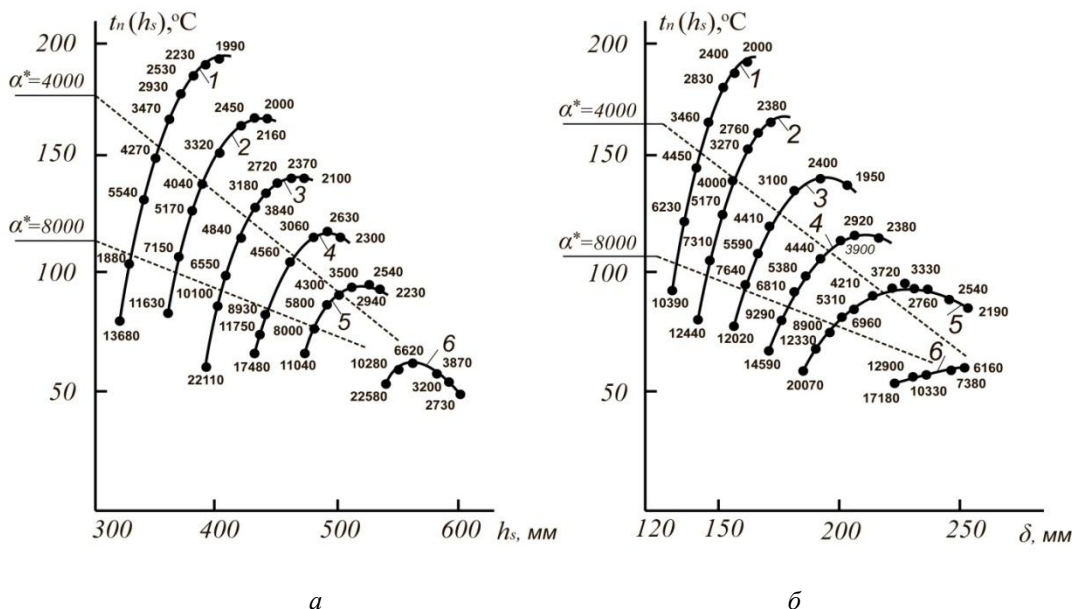
Таким образом, приведенные номограммы связывают сразу четыре характеристики технологического режима непрерывного литья из пяти, используемых для его анализа. При фиксированных значениях скорости литья v , обычно достаточно жестко определяемых типоразмером слитка, эти кривые позволяют обоснованно выбрать значения α^* , и наоборот.

Эффективность представленных на рисунке зависимостей состоит в том, что они показывают тенденции изменения параметров технологического режима непрерывного литья в их взаимосвязи. Соответственно они помогают решить вопрос о том, какие эксперименты необходимо поставить в производственных условиях для определения согласованных с реальными возможностями машины непрерывного литья рациональных значений v и α^* . Предположим, что в первом приближении нормированный режим существующей технологии характеризуется значениями $v = 40$ мм/мин и $\alpha^* = 8000$ Вт/м² К. В этом случае характеристики режима затвердевания будут иметь следующие значения: $h_s = 405$ мм, $\delta = 158$ мм, $t_n(z^*) = 192^\circ\text{C}$, $t_n(h_s) = 94^\circ\text{C}$.

Как видно из рисунка, приведенные расчетные зависимости с увеличением скорости литья приобретают экстремальный характер. Основные выводы, которые можно при этом сделать, сводятся к следующему:

- при $v = 40$ мм/мин можно допустить некоторое снижение интенсивности охлаждения до $\alpha^* = 6000 - 7000$ Вт/м² К без существенного (менее 3 %) увеличения глубины лунки слитка h_s и максимального размера двухфазной зоны δ . При этом отмечается возрастание температуры поверхности $t_n(z^*)$ и $t_n(h_s)$ соответственно на 26 и 14 %, что должно по-

ложительно сказываться на вероятности трещинообразования вследствие уменьшения температурных градиентов по толщине слитка;



Значения температуры поверхности слитка на уровне глубины лунки $t_n(h_s)$ в зависимости от h_s (а) и δ (б) для слитка толщиной 400 мм. Цифры у точек соответствуют значениям α^* в Вт/м²К. 1, 2, 3, 4, 5, 6 – скорость литья v соответственно 30, 35, 40, 45, 50 и 60 мм/мин

- при снижении скорости литья v можно соответствующим подбором интенсивности охлаждения α^* одновременно улучшить все четыре характеристики процесса затвердевания: уменьшить h_s и δ и увеличить $t_n(z^*)$ и $t_n(h_s)$. Например, при $v = 35$ мм/мин, т. е. за счет допустимого снижения производительности процесса на 12,5 %, для $\alpha^* = 7400$ Вт/м² К по сравнению со стандартным режимом показатели h_s и δ уменьшаются на 9 %, а величины $t_n(z^*)$ и $t_n(h_s)$ увеличиваются соответственно на 2,5 и 15 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черепок Г.В., Якубович Е.А. Совершенствование технологии непрерывного литья слитков деформируемых алюминиевых сплавов // Высокие технологии в машиностроении: Мат-лы Всеросс. науч.-техн. интернет-конф. 21–25 окт. 2014. Самара, СамГТУ, 2014. – С. 111–112.
2. Клявинь Я.Я., Клявиня И.Я. Метод прямого моделирования объекта по табличным данным // Препринт Ин-та физики АН Латв. ССР, Рига, 1983. – 38 с.
3. Клявинь Я.Я., Клявиня И.Я., Брока М.Э., Якубович Е.А. Синтез регрессионных моделей по результатам численного исследования температурного поля слитка // Изв. АН ЛатвССР. Сер. Физ. и техн. науки. – 1982. – № 6. – С. 76–84.
4. Якубович Е.А. Приближенные модели регрессионного типа для анализа затвердевания непрерывных слитков алюминиевых сплавов // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2013. – № 4(40). – С. 222–224.

5. Якубович Е.А. Анализ затвердевания непрерывного слитка по табличным данным // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2014. – № 4(44). – С. 209–213.
6. Хованский Г.С. Номография и ее возможности. – М.: Наука, 1977. – 128 с.

Статья поступила в редакцию 25 января 2014 г.

NOMOGRAMS FOR THE ANALYSIS OF THE INGOTS SOLIDIFICATION MODES IN CONTINUOUS CASTING PROCESS

E.A. Yakubovich

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

The paper deals with the nomograms reflecting the relationship of basic parameters of the technological mode of formation of aluminum alloy ingots for continuous casting in an electromagnetic mold. Design analysis is made on the basis of previously synthesized approximate models such as regression on the results of a numerical study of the temperature field of the ingot. It is shown that by lowering the maximum technologically permissible cooling intensity at the corresponding adjustment of the casting speed can reduce the size of the two-phase region in the central zone of the ingot. The application of this approach, it is advisable to the stage of development of ingots production with regulated quality requirements.

Keywords: *nomograms, approximate models, continuous ingot, solidification modes, aluminium alloys.*

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Представленная в журнал работа **должна обязательно содержать новые научные результаты**, нигде ранее не публиковавшиеся и не представленные к публикации в других изданиях.

В журнале предполагается публикация статей объемом до 7 страниц (включая рисунки и таблицы), а также кратких сообщений по соответствующим разделам (объем 3-4 стр. вместе с рисунками и таблицами).

В приоритетном порядке будут рассматриваться материалы докторских и кандидатских диссертаций. Аспирантские работы рекомендуется представлять в форме кратких сообщений.

Требования к оформлению статей находятся на сайте университета

www.samgtu.ru → Деятельность → Научная → Вестник СамГТУ →
→ Серия «Технические науки».

К статье прилагаются:

- экспертное заключение;
- авторская справка;
- лицензионный договор передачи авторского права на публикацию;
- направление от организации (если авторы не работают в СамГТУ).

Статьи, не удовлетворяющие указанным правилам оформления, будут возвращены авторам без рассмотрения.

Статьи и краткие сообщения передаются ответственному секретарю серии «Технические науки» И.Г. Минаковой (443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. СамГТУ. Корп. 8, комн. 519).

Справки по телефонам:

337 07 00 – Эдгар Яковлевич Рапопорт

337 03 42 – Ирина Григорьевна Минакова

(e-mail: vest_teh@samgtu.ru)

Редколлегия журнала