



С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік  
 университетінің ғылыми журналы  
 Научный журнал Павлодарского государственного  
 университета имени С. Торайғырова

1997 ж. құрылған  
 Основан в 1997 г.



İ Ì Ó  
 ÕÀÁÀÐØ ÛÑÛ

ÃÃÑÒÍ ÈÊ Ì ÃÓ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СЕРИЯ

**1-2<sup>2012</sup>**



Научный журнал Павлодарского государственного университета  
имени С. Торайгырова

### СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на учет средства массовой информации  
№ 4533-Ж

выдано Министерством культуры, информации и общественного согласия  
Республики Казахстан  
31 декабря 2003 года

-----

Кислов А.П., к.т.н., проф. (главный редактор)  
Новожилов А.Н., д.т.н., проф. (заместитель главного редактора)  
Бергузинов А.Н., магистр (отв. секретарь)

### Редакционная коллегия:

Баубеков К.Т., д.т.н., проф.;  
Глазырин А.И., д.т.н., проф.;  
Глазырин С.А., к.т.н., доцент;  
Захаров И.В., д.т.н., проф.;  
Клещель М.Я., д.т.н., проф.;  
Тастенов А.Д., к.т.н., доцент;  
Утегулов Б.Б., д.т.н., проф.;  
Хацевский В.Ф., д.т.н., проф.;  
Айтжанова Д.Н. (тех. редактор).

-----

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели.  
Мнение авторов публикаций не всегда совпадает с мнением редакции.  
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов.  
Рукописи и дискеты не возвращаются.  
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна.

© ПГУ им. С. Торайгырова

### МАЗМҰНЫ

АМРЕНОВА Д.Т., ДЮСЕНОВА Ж.Ж., УРАЗАЛИМОВА Д.С., ОРАЗОВА Г.О. NGN желісіне көшу кезінде телекоммуникацияның қазіргі заманға сай даму қарқыны .....	9
БОБЕЕВ А.Б., ДЖУНДИБАЕВ В.Е., ЖОЛДЫБАЕВА Г.С. Конвейер таспасының көлденең тербелісі .....	12
ГЛАЗЫРИН С.А., ҚЫРЫҚБАЙ Ә., ЕРЖАНОВ Қ.Ш. Азоттың оксидтерінің қалдықтарынан тазарту және төмендету әдістерін талдау .....	23
ДУДАК Н.С., ИТІБАЕВА Ғ.Т., МУСИНА Ж.К., КАСЕНОВ А.Ж., ТАСКАРИНА А.Ж. Төбесіз тістері бар кескіш құрастырма ұңғылағыштардың конструкциялары .....	30
КАРМЕНОВ К.М., ЖУМАДИРОВА А.К. Ядролық-химия өндірістері үшін герметикалық қозғалтқышты жете зерттеу .....	37
ҚАЙЫРЖАНОВ Р.Е., РЫНДИН В.В., САГИНАЕВА А.Т. Қазақстанның мұнай өңдейтін және газ өңдейтін зауыттары.....	44
КИСЛОВ А.П., МЕНДЫБАЕВ С.А., АЙТЕЕВ Д.С. Қазақстан Республикасының Салық комитетіндегі автоматтандырылған кадрлардың басқару жүйесін құрастыру және зерттеу .....	53
КИСЛОВ А.П., БЕРГУЗИНОВ А.Н. Қатты болат балқытатын пешті электрмен жабдықтау .....	57
КОПЫРИН В.С., МАРКОВСКИЙ В.П., НАРЫНБАЕВ Д.С. Жартылай өткізгішті түрлендіргіштер мен қондырғылардың дифференциалды қорғауларын қолдану және дамыту .....	66
ЛИПАРТЕЛИАНИ Г.Т., УШАКОВ К.В., ГЛАЗЫРИН В.А. Коррозиядан металл конструкциясымен қорғану тәсілі.....	68
ЛУКИНОВА Д.С., КУАНЫШКАЛИЕВА Г.К., МАГОМАДОВА К.М., РЫНДИН В.В. Химия және электрхимиялық тоттанудың тетіктері .....	74
МАГОМАДОВА К.М., КУАНЫШКАЛИЕВА Г.К., ЛУКИНОВА Д.С. Мұнай газ жабдықтарындағы коррозиялық жағдайын анықтаудың тура және жанама әдісі.....	80
МАРКОВСКИЙ В.П., ГАБДУЛОВ А.У. Электромагнитті электр жетек үйлесімдік желімен қамту .....	85
МАРКОВСКИЙ В.П., ГАБДУЛОВ А.У. Қазіргі аспапты кешендердің басқару жүйелеріндегі импульсты жартылай өткізгіш түрлендіргіштер .....	88
МАРКОВСКИЙ В.П., ГАБДУЛОВ А.У. Магниттік өрістің интегралды жартылай өткізгіш матрицалық түрлендіргіштері.....	92

НОВОЖИЛОВ А.Н., КОЛЕСНИКОВ Е.Н., НОВОЖИЛОВ Т.А., ШКРЕБА Е.В. Тұйықталған орамынан трансформаторларды талдап қорғау .....96	
САЛЬНИКОВ В.Г., МҰСТАФИНА Р.М., МҰСТАФИНА Г.М., ТАНАТ А.Х. Ферроқорыту электр пештері жұмыстарының энергиялық тиімділігін арттыру жолдары..... 101	
УШАКОВ К.В., ЛИПАРТЕЛИАНИ Г.Т., ГЛАЗЫРИН В.А. Коррозия ингибиторлары ..... 106	
Біздің авторлар ..... 113	
Авторлар үшін ереже..... 116	

## СОДЕРЖАНИЕ

АМРЕНОВА Д.Т., ДЮСЕНОВА Ж.Ж., УРАЗАЛИМОВА Д.С., ОРАЗОВА Г.О. Современные тенденции развития телекоммуникаций при переходе к сети NGN .....9	
БОБЕЕВ А.Б., ДЖУНДИБАЕВ В.Е., ЖОЛДЫБАЕВА Г.С.. Продольные колебания конвейерной ленты ..... 12	
ГЛАЗЫРИН С.А., КЫРЫКБАЙ А., ЕРЖАНОВ К. Ш. Анализ существующих методов снижения и очистки от выбросов оксидов азота .....23	
ДУДАК Н.С., ИТЫБАЕВА Г.Т., МУСИНА Ж.К., КАСЕНОВ А.Ж., ТАСКАРИНА А.Ж. Конструкции резцовых сборных развёрток с безвершинными зубьями. ....30	
КАРМЕНОВ К.М., ЖУМАДИРОВА А.К. Детальное исследование герметических двигателей для ядерно-химических производств .....37	
КАИРЖАНОВ Р.Е., РЫНДИН В.В., САГИНАЕВА А.Т. Нефтеперерабатывающие и газоперерабатывающие заводы казахстана .....44	
КИСЛОВ А.П., МЕНДЫБАЕВ С.А., АЙТЕЕВ Д.С. Составление и исследование кадровой автоматизированной системы управления Налогового комитета Республики Казахстан .....53	
КИСЛОВ А.П., БЕРГУЗИНОВ А.Н. Схемы электроснабжения дуговых сталеплавильных печей.....57	
КОПЫРИН В.С., МАРКОВСКИЙ В.П., НАРЫНБАЕВ Д.С. Применение и развитие дифференциальных защит полупроводниковых преобразователей и установок.....66	
ЛИПАРТЕЛИАНИ Г.Т., УШАКОВ К.В., ГЛАЗЫРИН В.А. Способы защиты металлических конструкций от коррозии .....68	
ЛУКИНОВА Д.С., КУАНЫШКАЛИЕВА Г.К., МАГОМАДОВА К.М., РЫНДИН В.В. Механизмы химической и электрохимической коррозии .....74	
МАГОМАДОВА К.М., КУАНЫШКАЛИЕВА Г.К., ЛУКИНОВА Д.С. Прямые и косвенные методы определения коррозионного состояния нефтегазового оборудования .....80	
МАРКОВСКИЙ В.П., ГАБДУЛОВ А.У. Электромагнитная совместимость электропривода с питающей сетью .....85	
МАРКОВСКИЙ В.П., ГАБДУЛОВ А.У. Импульсные полупроводниковые преобразователи в системах управления современных приборных комплексов.....88	
МАРКОВСКИЙ В.П., ГАБДУЛОВ А.У. Интегральные полупроводниковые матричные преобразователи магнитного поля.....92	

НОВОЖИЛОВ А.Н., КОЛЕСНИКОВ Е.Н., НОВОЖИЛОВ Т.А., ШКРЕБА Е.В. Анализ защит трансформаторов от витковых замыканий .....	96
САЛЬНИКОВ В.Г., МУСТАФИНА Р.М., МУСТАФИНА Г.М., ТАНАТ А.Х. Пути повышения энергоэффективности работы ферросплавных электропечей .....	101
УШАКОВ К.В., ЛИПАРТЕЛИАНИ Г.Т., ГЛАЗЫРИН В.А. Ингибиторы коррозии .....	106
Наши авторы .....	113
Правила для авторов .....	116

## CONTENT

AMRENOVA D.T., DYUSENOVA J.J., URAZALIMOVA D.S., ORAZOVA G.O. Modern trends in telecommunication in the transition to the NGN .....	9
BOBEYEV A.B., JUNDIBAYEV V.E., ZHOLDYBAYEVA G.S. Longitudinal vibrations of conveyer ribbon .....	12
GLAZYRIN S., KYRYKBAY A., ERZHANOV K. Analysis of the existing methods of decreasing and cleaning from nitrogen oxides outcomes .....	23
DUDAK N.S., ITYBAEVA G.T., MUSINA ZH. K., KASENOV A.Z., TASKARINA A.Z. Designs of modular cutter reamers with peakless teeth .....	30
KARMENOV K.M., ZHUMADIROVA A.K. Detailed study of hermetic engines for the nuclear-chemical industry .....	37
KAIRZHANOV R.E., RYNDIN V.V., SAGINAEVA A.T. Oil-processing and gas-transferring plants of Kazakhstan. ....	44
KISLOV A.P., MENDYBAYEV S.A., AITEYEV D.S. Design and study of the personnel automated control system of the Republic of Kazakhstan Tax Committee .....	53
KISLOV A.P., BERGUZINOV A.N. Electrical circuits of are steel furnaces .....	57
KOPYRIN V.S., MARKOVSKY V.P., NARYNBAEV D.S. Appication and development of differential protection of semiconductor transformers and whits. ....	66
LIPARTELIANI G.T., USHAKOV K.V., GLAZYRIN V.A. Methods of defence of metallic constructions from corrosion .....	68
LUKINOVA D.S., KUANYSHKALIEVA G.K., MAGOMADOVA K.M., RYNDIN V.V. Mechanisms of chemical and electrochemical corrosion .....	74
MAGOMADOVA K.M., KUANYSHKALIEVA G. K., LUKINOVA D.S. Methods of corrosion control in oil production equipment. ....	80
MARKOVSKII V.P., GABDULOV A.U. Electromagnetic compatibility of electric drive with supply network. ....	85
MARKOVSKII V.P., GABDULOV A.U. Impulsive semiconductor transformers in systems modern device complexes of management .....	88
MARKOVSKII V.P., GABDULOV A.U. Integral semiconductor matrix transformers of magnetic field .....	92
NOVOZHILOV A.N., KOLESNIKOV E.N., NOVOZHILOV T.A., SHKREBA E.V. The analysis of protection of transformers from winding short circuits .....	96
SAL'NIKOV V.G., MUSTAPHINA R.M., MUSTAPHINA G.M., TANAT A.K. Ways of increasing power efficiency of ferroalloy electric furnaces .....	101
USHAKOV K.V., LIPARTELIANI G.T., GLAZYRIN V.A. Corrosion inhibitors .....	106

Our authors.....	113
Rules for authors .....	116

УДК: 621.396.2.037.372

**Д.Т. АМРЕНОВА, Ж.Ж. ДЮСЕНОВА,  
Д.С. УРАЗЛИМОВА, Г.О. ОРАЗОВА  
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ПРИ ПЕРЕХОДЕ К СЕТИ NGN**

Мир переживает великую цифровую революцию, ведущую к формированию информационного общества на основе знаний. Ее движущей силой является информационно - коммуникационные технологии, способные предоставить каждому желающему доступ к мировой сокровищнице знаний и информации.

Большее влияние на этот фактор оказывают потребители, на сегодняшний день основная услуга голосовой телефонии не представляет особого интереса. Потребителям, как частным, так и бизнес – клиентам необходим расширенный пакет услуг, способный удовлетворить спрос современного человека. Это и способствовало выпуску оборудования нового поколения ведущими мировыми производителями. «Доступность любых сервисов всегда и везде» – так можно кратко выразить основную идею и цель NGN (New Generation Networks).

Казахстан, в отличие от развитых стран, вступающих в эру NGN с полностью цифровой сетью телефонной связи, начинает модернизировать телекоммуникационную систему, в которой функционирует множество морально устаревшего оборудования. С каждым годом в городе растет количество коммерческих структур, как одно из условий успешного ведения дел

Для доступа абонентов к услугам NGN используются:

- интегрированные сети доступа, подключенные к оконечным узлам мультисервисной сети и обеспечивающие подключение пользователей как к мультисервисной сети, так и к традиционным сетям;
- традиционные сети, абоненты которых получают доступ к мультисервисной сети через узлы, подключенные к шлюзам (Media Gateway).

Можно выделить основные преимущества сети следующего поколения:

- высокая масштабируемость;
- модульное расширение;
- поддержка оборудования разных производителей;
- быстрая разработка и внедрение новых видов услуг;
- добавление новых услуг и элементов сети вне зависимости от типа транспортной сети и способа доступа;
- низкая стоимость эксплуатации за счет эффективного использования сетевых ресурсов;
- полновязность.

Исходя из вышеизложенного следует, что необходимо внедрение сети NGN на сегодняшний день является актуальной проблемой для всех операторов

связи. Основной причиной этого является неэффективное использование трафика при коммутации каналов (КК) и задержки на сетях с коммутацией пакетов (КП) существующие на сегодняшний день. Сеть NGN обеспечивает качественное обслуживание технологии КК и эффективность КП.

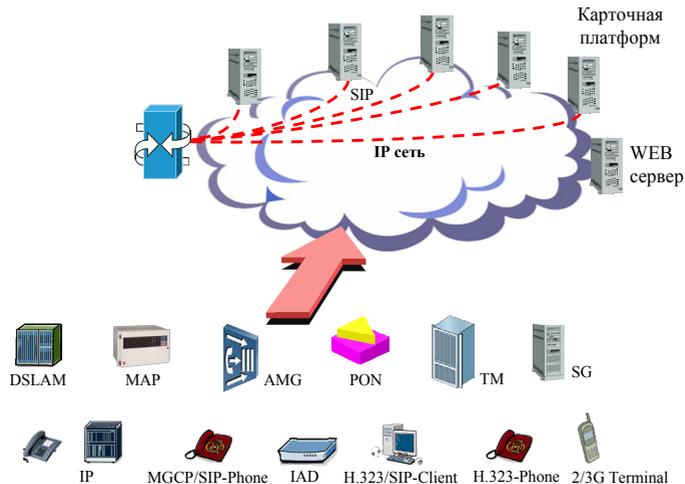


Рисунок 1 – Предоставление услуг в NGN

Процесс внедрения сети нового поколения, утверждена концепция внедрения сети следующего поколения в «АО Казахтелеком». Для максимального захвата рынка в связи с появлением большого числа конкурирующих операторов связи, а так же появлением на рынке качественно новых решений и технологий, требуется модернизация телекоммуникационной сети г. Павлодар, необходимая для предоставления всего спектра новых видов услуг для абонентов, включая видео по запросу.

Комплексное рассмотрение системно-сетевых вопросов построения сети NGN, включая коммутацию, транспорт и услуги. Развитие сети NGN позволит решить вопросы обслуживания нового многомерного трафика в новом информационном обществе. Это приведёт к увеличению доходов АО «Казахтелеком», путем расширения абонентской ёмкости (на 18400 №№), номенклатуры предоставляемых услуг (это услуги класса «Triple-Play-Servise», IP TV, видео по запросу) и увеличения количества пользователей СПД области (на 11568 портов).

Модернизация существующей сети ПД Павлодарской области и перевод ее на качественно новый уровень. Организация сети IP/MPLS с пропускной способностью 10 Гбит/с. Для этих целей предлагается произвести развитие существующей сети Metro Ethernet:

- организовав ядро из 4 коммутаторов с пропускной способностью 10 Гбит/с (ОПТС-32, ОПТС-54, ОПС-33/34, ОПС-570);

- организовать пропускную способность 1 Гбит/с в направлениях г. Аксу и г. Экибастуз, используя волокна ВОЛС (НИСМ и зоновой).

Расширение сети доступа с использованием технологии xDSL. Произвести расширение ёмкости сети Metro Ethernet на 11568 портов ADSL (из них 10512 посредством DSLAM и 1056 предусмотреть в МАД).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Абонентский доступ к сетям NGN. Электронная версия на сайте [http://www.comquest.ru/sol/iskrate/sa\\_nginx/](http://www.comquest.ru/sol/iskrate/sa_nginx/).
- 2 Миграция к NGN: стратегия, тактика, практика. IKS-online. – No 9. – 2005 – С.11.
- 3 Официальный сайт АО «Казахтелеком» – <http://www.telecom.kz>.
- 4 Телегин К.Е. Принцип выбора оборудования для построения сетей доступа. Технология и средства связи – №3. – 2007.
- 5 Шувалов В.П. Телекоммуникационные системы и сети: учебное пособие. В 3-х томах.– Мультисервисные сети. – Т. 3. – 2005. – С. 96.

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар. Материал поступил в редакцию 02.11.2012.

Д.Т. АМРЕНОВА, Ж.Ж. ДЮСЕНОВА, Д.С. УРАЗАЛИМОВА,  
Г.О. ОРАЗОВА  
NGN ЖЕЛІСІНЕ КӨШУ КЕЗІНДЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯНЫҢ  
ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒА САЙ ДАМУ ҚАРҚЫНЫ  
D.T. AMRENOVA, J.J. DYUSENOVA, D.S. URAZALIMOVA,  
G.O. ORAZOVA  
MODERN TRENDS IN TELECOMMUNICATION IN THE TRANSITION  
TO THE NGN

### Түйіндеме

Бұл мақалада автор қазіргі заманға сай Қазақстандағы телекоммуникациялық желілерін NGN негізінде жаңарту мүмкіндігі қарастырылды.

### Resume

In this article the author has considered the NGN based modernization of telecommunication systems in Kazakhstan.

УДК: 622.647.2

## А.Б. БОБЕЕВ, В.Е. ДЖУНДИБАЕВ, Г.С. ЖОЛДЫБАЕВА ПРОДОЛЬНЫЕ КОЛЕБАНИЯ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ

Составление уравнения колебаний ленты значительно упрощается, если допустить, что тяговая лента в отношении протекающих в ней динамических процессов эквивалентна однородному по длине упругому стержню.

Уравнение колебания движущихся продольно тел выводят обычно на основе принципа Гамильтона [1], применяемого к участку тела между опорами. Принцип Гамильтона записывается в виде

$$\delta \int_{t_0}^{t_1} (U_t - K) dt = \int_{x_0}^{x_1} \delta A_t dx \quad (1)$$

где  $U_t$  - работа деформации,

$K$  - кинетическая энергия,

$\delta A_t$  - виртуальная работа объемных и поверхностных сил.

Потенциальная работа деформации стержня в условиях одноосного напряженного состояния последней выразится

$$U_t = \frac{1}{2} \int_{(v)} G \varepsilon dx = \frac{E}{2} \int_{(v)} \varepsilon^2 dx = \frac{EA}{2} \int_0^L \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 dx \quad (2)$$

где  $G$  - напряжение в точке  $x$  в момент времени  $t$ ,

$\varepsilon$  - соответствующая деформация,

$E$  - модуль продольной упругости,

$u(x,t)$  - перемещение стержня в точке  $x$  в момент времени  $t$ ,

$A$  - площадь поперечного сечения стержня,

$L$  - длина конвейера,

$$G = E\varepsilon = E \frac{\partial u}{\partial x}$$

Кинетическую энергию определим по формуле

$$K = \frac{1}{2} \int_{(v)} \rho \left( \frac{\partial u}{\partial t} + V \right)^2 dx = \frac{1}{2} \rho A \int_0^L \left( V + \frac{\partial u}{\partial t} \right)^2 dx \quad (3)$$

где  $\rho$  - плотность материала,

$v$  - скорость движения ленты.

Предположим, что на ленту действует внешняя сила  $P(x,t)=AX(x,t)$ , являющаяся функцией времени и места. Вариация этой силы имеет вид

$$\delta A_t = \int X \delta u dx = A \int X \delta u dx \quad (4)$$

Теперь, подставляя (2), (3) и (4) в уравнение Гамильтона, получим

$$\frac{E}{2} \int_0^L dt \delta \int_0^L \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 dx = \frac{1}{2} \rho \int_0^L dt \delta \int_0^L \left( V + \frac{\partial u}{\partial t} \right)^2 dx = \int_0^L dt \int_0^L X \delta u dx \quad (5)$$

Произведем надлежащие вариационные преобразования:

$$\delta \int_0^L \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 dx = 2 \int_0^L \frac{\partial u}{\partial x} \cdot \frac{\partial \delta u}{\partial x} dx = 2 \frac{\partial u}{\partial x} \delta u \Big|_0^L - 2 \int_0^L \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \delta u dx = -2 \int_0^L \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \delta u dx \quad (6)$$

$$\delta \int_0^L \left( V + \frac{\partial u}{\partial t} \right)^2 dx = 2 \int_0^L \left( V + \frac{\partial u}{\partial t} \right) \frac{\partial \delta u}{\partial t} dx \quad (7)$$

В уравнении (6) принято, что  $L=0$ , так как в случае свободного конца  $G=0$ , т.е.  $\frac{\partial u}{\partial x} = 0$ .

$$L = \frac{\partial u}{\partial x} \delta u \Big|_0^L = 0$$

Таким образом, уравнение (5) выразится так:

$$\int_0^L dt \int_0^L \left[ E \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \delta u + \rho \left( V + \frac{\partial u}{\partial t} \right) \frac{\partial \delta u}{\partial t} + X \delta u \right] dx = 0 \quad (8)$$

Проинтегрируем второе слагаемое уравнения (8) по частям в отношении переменной  $t$ :

$$\rho \int_0^L dx \int_0^L \left( V + \frac{\partial u}{\partial t} \right) \frac{\partial \delta u}{\partial t} = \rho \int_0^L dx \left[ \left( V + \frac{\partial u}{\partial t} \right) \delta u \Big|_0^L - \right]$$

Первый интеграл в правой части этого уравнения равен нулю, так как, применяя закон Гамильтона, мы приняли, что  $0 < \delta u$  для  $t=0$ , а также  $t=L$ . Тогда уравнение (8) выразится так:

$$\int_0^L dt \int_0^L \left[ E \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + X - \rho \left( \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \frac{\partial V}{\partial t} \right) \right] \delta u dx = 0 \quad (9)$$

Здесь перемещение произвольно. Равенство (9) будет удовлетворяться каждым значением  $\delta u$ , если

$$E \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + X = \rho \left( \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \frac{\partial V}{\partial t} \right) \quad (10)$$

что и является искомым дифференциальным уравнением продольных колебаний ленты, определяющим вынужденные колебания, происходящие под действием внешнего возмущения.

Как известно [2], неравномерное движение ленточного конвейера является причиной динамических усилий, возникающих в тяговой ленте.

Линейная скорость конвейерной ленты, расположенной на начальной окружности ведущего барабана, равна произведению постоянной угловой скорости вращения этого барабана на радиус начальной окружности  $R$ :

$$V_{\text{ли}} = \omega R = \text{const}$$

Если предположить, что лента при набегании на приводного барабана остается все время параллельной самой себе, то ее линейная скорость в точке набегания в некоторый момент  $t$  равна проекции линейной скорости конвейерной ленты на направление движения ленты

$$V = \omega R \sin \varphi \quad (10')$$

где  $\varphi = \omega t$  - угловое перемещение ленты.

Путем дифференцирования скорости  $V$  по времени находится ускорение движения ленты:

$$W = \frac{dV}{dt} = \omega^2 R \cos \omega t \quad (11)$$

Выбирая начало отсчета времени в момент захвата барабана новой поверхностью ленты (в момент начала зацепления), вместо выражения (11) получим

$$W = \omega^2 R \cos \omega(\tau - t) \quad (12)$$

где  $\tau = \frac{\pi}{\omega z}$  - полупериод зацепления, т.е. время поворота барабана на угол  $\varphi = \frac{\alpha}{2}$

$z$  - число захвата ленты,

$\alpha_0$  - центральный угол, соответствующий конвейерной ленте.

В промежутке времени от  $t=0$  до  $t = \tau$  лента движется ускоренно. В момент времени  $t=\tau$  ускорение ленты равно нулю. Дальше, вплоть до момента времени  $t=2\pi$ , лента движется замедленно.

В момент времени  $t=2\tau$  происходит мгновенное возрастание ускорения от величины

$$W_{\text{мин}} = -\omega^2 R \cos \omega \tau$$

до величины

$$W_{\text{макс}} = \omega^2 R \cos \omega \tau$$

а затем процесс возобновляется (начинается следующий период зацепления).

Мгновенное возрастание ускорения в момент начала ускорения представляет собой динамический удар.

Решения уравнений колебаний конвейерных лент без учета сопротивлений дают незатухающий колебательный процесс, чего, однако, нет в реальных конструкциях. В действительности часть получаемой извне энергии при колебаниях расходуется на различные необратимые процессы. При каждом цикле деформаций упругая энергия ленты уменьшается, а поэтому со временем уменьшается также и амплитуда собственных колебаний.

Рассеяние энергии при колебаниях играет большую роль в режиме работы ленточных конвейеров, определяя в значительной степени величины возникающих динамических нагрузок.

К числу сопротивлений, которые могут в известных условиях вызвать рассеяние энергии и затухание собственных колебаний в тяговых конвейерных лентах, можно отнести следующие сопротивления:

- а) внешние по отношению к ленте распределенные по ее длине сопротивления;
- б) внутренние по отношению к ленте распределенные по ее длине сопротивления;
- в) внешние по отношению к ленте сосредоточенные (в том месте, где происходит отражение волн) сопротивления.

В данном случае силу сопротивления будем считать пропорциональной первой степени скорости упругих смещений сечений ленты.

Таким образом, дифференциальное уравнение продольных колебаний стержня примет следующий вид:

$$E \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - f \frac{\partial u}{\partial t} = \rho \omega^2 R \cos \omega(\tau - t) \quad (13)$$

где  $f$  - коэффициент сопротивления движения ленты.

Обозначив  $a^2 = \frac{E}{\rho}$ ,  $\beta = \frac{f}{\rho}$  уравнение (13) перепишем в виде

$$a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \beta \frac{\partial u}{\partial t} = \omega^2 R \cos \omega(\tau - t) \quad (14)$$

Для определения упругих смещений тяговой ленты недостаточно иметь только уравнение колебаний, необходимо также располагать начальными и граничными условиями задачи.

Для тяговой ленты граничными следует считать те сечения, где происходит полное или частичное отражение упругих волн.

Если скорость распространения упругой волны на обеих ветвях конвейера одинакова, то таких граничных сечений ленты имеются два: точка сбегающей ленты с ведущего барабана ( $x=0$ ) и точка набегания ленты на ведущий барабан ( $x=1$ ). Для каждого из этих двух сечений ленты должно быть известно либо смещение  $u$ , либо относительная деформация  $\frac{\partial u}{\partial x}$ .

Всегда можно выбрать начало отсчета времени в момент начала перемещения. Поэтому, не теряя общности, вместо формулы (18) можно записать

$$U|_{x=0} = 0; \quad U|_{x=l} = 0 \quad (19)$$

Это и есть граничные условия для рассматриваемого случая.

Далее, считаем первоначальное натяжение равным нулю. В этом случае ведущим является одно граничное сечение - точка набегания ( $x=1$ ), так что для этого сечения можно сразу написать

На втором граничном сечении динамические нагрузки равны нулю, т.е.

$$U|_{x=l} = 0 \quad (20)$$

$$\frac{\partial U}{\partial x}|_{x=0} = 0 \quad (21)$$

Сначала исследуем собственные колебания ленты, возникающие вследствие ее неуровновешенности в момент начала зацепления. Эти колебания описываются уравнением (14) при отсутствии силы сопротивления и внешней силы:

$$a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0 \quad (22)$$

Для определения параметров собственных колебаний необходимо решить уравнение (22) с граничными условиями (19) и при следующих начальных условиях:

$$U|_{t=0} = 0; \quad \frac{\partial U}{\partial t}|_t = 0 \quad (23)$$

Как известно, частное решение уравнения (22) может быть представлено в форме

$$U(x, t) = U(x)e^{ict} \quad (24)$$

где  $i = \sqrt{-1}$

Подставляя зависимость (24) в (22), получим обыкновенное однородное уравнение

$$\frac{d^2 U}{dx^2} + \lambda^2 U = 0, \quad \lambda^2 = \frac{c^2}{a^2} = \frac{\rho c^2}{E} \quad (25)$$

которое имеет следующее решение:

$$U(x) = A \cos \lambda x + B \sin \lambda x \quad (26)$$

Функция  $U$  должна удовлетворять граничным условиям:

$$U(0) = 0; \quad U(l) = 0. \quad (27)$$

Из первого условия следует, что  $A=0$ ; из второго - при  $B=0$  (потому что в противном случае на рассматриваемом отрезке было бы  $U=0$ , т.е. отсутствие колебаний) должно быть  $\sin \lambda l = 0$ .

Это уравнение имеет неограниченное число корней:

$$\lambda_n l = \nu \pi; \quad \nu = 1, 2, \dots, \infty \quad (28)$$

Из последней зависимости определим ряд частот собственных колебаний:

$$c_\nu = \frac{\nu \pi}{l} \sqrt{\frac{E}{\rho}}; \quad \nu = 1, 2, \dots, \infty \quad (29)$$

Форму собственных колебаний определяет функция

$$U_\nu(x) = B \sin \lambda_\nu x = B \sin \alpha_\nu x \quad (30)$$

где

$$\alpha_\nu = \frac{\nu \pi}{l}; \quad \nu = 1, 2, \dots, \infty$$

Теперь исследуем вынужденные колебания ленты, которые обусловлены неравномерным движением ленты и происходят под влиянием внешних сил, действующих непрерывно во время колебаний.

Внешнюю силу в уравнении (14) запишем в виде

$$X(x, t) = F(x)e^{i\omega(\tau-t)}, \quad (31)$$

где  $e^{i\omega(\tau-t)} = \cos \omega(\tau-t) + i \sin \omega(\tau-t)$

т.е. внешняя сила меняется по длине ленты и по времени.

Выражение силы в форме обобщенной функции значительно упрощает расчет.

Из решения возьмем часть действительную, когда внешняя сила выражается как уравнение Фурье. Сначала рассмотрим вынужденные колебания ленты без учета силы сопротивления. Тогда уравнение (14) записывается в следующем виде:

$$F = \omega^2 R \cos \omega(\tau - t)$$

$$E \frac{d^2 U}{dx^2} + \rho \omega^2 U + F = 0 \quad (32)$$

Подвергнем уравнение (32) конечному преобразованию Фурье. Умножаем уравнение (32) на

$$\sin \alpha_n x \quad \left( \alpha = \frac{n\pi}{l} \right)$$

и интегрируем по  $x$  от 0 до  $l$ ;

$$\int_0^l \left( E \frac{d^2 U}{dx^2} + \rho \omega^2 U + \rho F \right) \sin \alpha_n x dx = 0 \quad (33)$$

Примем во внимание, что

$$\int_0^l \frac{d^2 U}{dx^2} \sin \alpha_n x dx = \left( \frac{dU}{dx} \sin \alpha_n x - \alpha_n \cos \alpha_n x U \right) \Big|_0^l - \alpha_n^2 \int_0^l U \sin \alpha_n x dx \quad (34)$$

Выражение в скобках равно нулю, так как  $U(0)=U(l)=0$ , а также  $\sin 0 = \sin \pi = 0$ . Введем следующие обозначения:

$$U^*(\alpha_n) = \int_0^l U(x) \sin \alpha_n x dx; \quad F_n^*(\alpha_n) = \int_0^l F(x) \sin \alpha_n x dx \quad (35)$$

где

$$U(x) = \frac{2}{e} \sum_{n=1}^{\infty} U^*(\alpha_n) \sin \alpha_n x; \\ F(x) = \frac{2}{e} \sum_{n=1}^{\infty} F_n^*(\alpha_n) \sin \alpha_n x \quad (36)$$

Принимая во внимание (34), приведем уравнение (33) к виду откуда получаем

$$-U^*(\alpha_n) (\alpha_n^2 E - \rho \omega^2) + F_n^*(\alpha_n) = 0 \\ U^*(\alpha_n) = \frac{F_n^*(\alpha_n)}{E \alpha_n^2 \left( 1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2} \right)}; \quad (37)$$

$$\omega_n^2 = (a \alpha_n)^2$$

Произведя в уравнении (37) обратное синусовое преобразование Фурье и используя первую зависимость из (36), получим

$$U(x) = \frac{2}{E} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{F_n^*(\alpha_n) \sin \alpha_n x}{\alpha_n^2 \left( 1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2} \right)} \quad (38)$$

Учитывая вторую из формул (36) и возвращаясь к перемещению  $U(x,t)$ , получим окончательное выражение продольного отклонения ленты при вынужденных колебаниях:

$$U(x,t) = \frac{2e^{i\omega(\tau-t)}}{E} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \alpha_n x}{\alpha_n^2 \left( 1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2} \right)} x \quad (39)$$

Из уравнения (39) видно, что при взаимном сближении круговых частот вынужденных и какого-либо значения собственных  $\omega_n = \alpha_n a$  перемещение  $u(x,t)$  возрастает неограниченно.

В таком случае будем иметь дело с явлением резонанса. Резонанс в тяговых конвейерных лентах сопровождается значительным возрастанием динамических нагрузок и внешне проявляется в повышении неравномерности кода ленты, особенно вдали от приводной станции.

В действительности, как было ранее сказано, вследствие существования как внутреннего, так и внешнего сопротивлений влияние явлений резонанса существенно уменьшается.

Уравнение (39) отображает очень общую зависимость и допускает определение продольных перемещений в ленты, вызванных нагрузкой, выраженной произвольной функцией  $F(x)$ .

Рассмотрим несколько частных случаев.

Пусть в точке  $x = \xi$  действует единичная сосредоточенная сила

$$X(x,t) = e^{i\omega(\tau-t)} \delta(x - \xi)$$

где  $\delta$  - символ функции Дирака. Принимая во внимание, что

$$\int_0^l \delta(x - \xi) \sin \alpha_n x dx = \sin \alpha_n \xi$$

получим из уравнения (39)

$$U(x, t) = \frac{2e^{i\omega(\tau-t)}}{E} \sum_n \frac{\sin \alpha_n x \cdot \sin \alpha_n \xi}{\alpha_n^2 \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)}$$

Нами внешняя нагрузка была принята в виде

$$F_0 = \rho\omega^2 R \cos \omega(\tau - t)$$

Для этого случая, произведя предусмотренное интегрирование в (39), получим

$$U(x, t) = \frac{4\omega^2 \rho \operatorname{Re} e^{i\omega(\tau-t)}}{El} \sum_{n=1,3}^{\infty} \frac{\sin \alpha_n x}{\alpha_n^3 \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)} \quad (41)$$

Зная перемещение  $u(x, t)$ , искомое напряжение можно определить из зависимости

$$\delta = E \frac{\partial u}{\partial x}$$

$$\delta = \frac{4\rho\omega^2 \operatorname{Re} e^{i\omega(\tau-t)}}{El} \sum_{n=1,3}^{\infty} \frac{\cos \alpha_n x}{\alpha_n^2 \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)} \quad (42)$$

Т.о., динамические нагрузки в случае вынужденных колебаний без затухания определяются по формуле (42).

Далее рассмотрим случай, когда тяговая лента находится в состоянии продольных затухающих колебаний, а затухание пропорционально первой степени скорости упругих смещений сечений ленты. В этом случае параметры колебания определяются из уравнения (14) с граничными условиями (19) и начальными условиями (23). Для общности в уравнении (14) внешнюю силу обозначим следующим образом:

$$X(x, t) = F(x) e^{i\omega(\tau-t)}$$

Следовательно,

$$U(x, t) = U(x) e^{i\omega(\tau-t)}$$

Приведем уравнение (14) к виду

$$E \frac{d^2 U}{dx^2} - \beta i \omega U + \rho \omega^2 U + F(x) = 0 \quad (43)$$

Производя в уравнении (43) конечное преобразование Фурье и полагая, что  $u(0, t) = u(l, t) = 0$ , получим

$$U^* = \frac{F^*}{E \alpha_n^2 \left(1 + \frac{\beta i \omega}{E \alpha_n^2} - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)} \quad (44)$$

Выполняя в уравнении (44) обратное преобразование Фурье, найдем, что

$$U(x) = \frac{2}{El} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \alpha_n x \int_0^l F(u) \sin \alpha_n u}{\alpha_n^2 \left(1 + \frac{\beta i \omega}{E \alpha_n^2} - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)} \quad (45)$$

Следовательно:

$$U(x, t) = U(x) e^{i\omega(\tau-t)} = \frac{2e^{i\omega(\tau-t)}}{El} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \alpha_n x \int_0^l F(u) \sin \alpha_n u du}{\alpha_n^2 \left(1 + \frac{\beta i \omega}{E \alpha_n^2} - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)} \quad (46)$$

Если внешняя нагрузка задана в форме  $X(x, t) = F(x) \cos \omega(\tau, t)$  то отклонения получим, используя действительную часть уравнения (46):

$$U_0(x, t) = \operatorname{Re} u(x, t) = \frac{2}{Ee} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \alpha_n x \left[ \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right) \cos(\tau - t) + \frac{\beta \omega}{E \alpha_n^2} \sin \omega(\tau - t) \right]}{\alpha_n^2 \left[ \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)^2 - \frac{\beta^2 \omega^2}{\alpha_n^4} \right]}$$

$$x \int_0^l F(u) \sin \alpha_n u du \quad (47)$$

Следует отметить, что при  $\omega \rightarrow \omega_n$  отклонение тяговой ленты не возрастает неограниченно; оно остается конечным благодаря  $\beta \neq 0$ . Если внешнюю силу примем в виде

$$X(x, t) = \rho\omega^2 R \cos \omega(\tau - t)$$

то из (47) получим

$$U_0(x, t) = \frac{4\rho\omega^2 R}{El} \sum_{n=1,3}^{\infty} x$$

$$x = \frac{\sin \alpha_n x \left[ \left( 1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2} \right) \cos(\tau - t) + \frac{\beta \omega}{E \alpha_n^2} \sin \omega(\tau - t) \right]}{\alpha_n^3 \left[ \left( 1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2} \right)^2 - \frac{\beta^2 \omega^2}{\alpha_n^4} \right]} \quad (48)$$

Тогда динамические напряжения, возникающие в сечениях ленты, определяются по формуле

$$\delta = \frac{4\rho\omega^2 R}{l} \sum_{n=1,3}^{\infty} x$$

$$x = \frac{\cos \alpha_n x \left[ \left( 1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2} \right) \cos \omega(\tau - t) + \frac{\beta \omega}{E \alpha_n^2} \sin \omega(\tau - t) \right]}{\alpha_n^2 \left[ \left( 1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2} \right)^2 - \frac{\beta^2 \omega^2}{\alpha_n^4} \right]} \quad (49)$$

Наибольший интерес представляют относительные деформации и динамические нагрузки в точке набегания, которые найдем, полагая в формулах (48) и (49)  $x=1$

$$\delta(l, t) = \frac{4\rho\omega^2 R}{l} \sum_{n=1,3}^{\infty} x$$

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Черненко В.Д. Расчет средств непрерывного транспорта: Учебное пособие. – СПб.: Политехника, 2008. – 386.
- 2 Галкин В.И., Дмитриев В.Г. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий. – М.: Изд-во Московского гос. горного университета, 2005. – 543 с.

Казахский университет технологии и бизнеса, г. Астана. Материал поступил в редакцию 27.04.2012

А.Б. БОБЕЕВ, В.Е. ДЖУНДИБАЕВ, Г.С. ЖОЛДЫБАЕВА  
 КОНВЕЙЕР ТАСПАСЫНЫҢ КӨЛДЕНЕҢ ТЕРБЕЛІСІ  
 A.B. BOBEYEV, V.E. JUNDIBAYEV, G.S. ZHOLDYBAYEVA  
 LONGITUDINAL VIBRATIONS OF CONVEYER RIBBON

## Ғылым

Мақалада таспалы конвейердің тербелесі қарастырылады. Таспаның тербелісін зерттейді. Жетекші барабанның таспа мен ілінсуің талдайды.

## Resume

Describes an oscillation of conveyor belt. We study fluctuation bands and girth of conveyor belt with lead drum.

УДК 621.18:[628.539:661.982]

## С.А. ГЛАЗЫРИН, А. КЫРЫКБАЙ, К.Ш. ЕРЖАНОВ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ И ОЧИСТКИ ОТ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА

Важность проблемы защиты атмосферы от выбросов  $\text{NO}_x$ , стимулировала увеличение объема исследований, направленных на изучение механизмов образования оксидов азота при сжигании топлива и разработку методов снижения их эмиссии. Несколько позднее начаты исследования по разработке методов очистки дымовых газов от  $\text{NO}_x$ , пригодных для энергетических котлов.

Все методы очистки дымовых газов от оксидов азота - процессы денитрификации - можно разделить на сухие и мокрые. Особенностью первых является то, что в большинстве случаев они предназначены для избирательной очистки газов только от  $\text{NO}_x$  с образованием конечного экологически чистого - молекулярного азота.

Различными фирмами ведущих в этой области стран: Германии, Японии, США - создано более 50 разновидностей процессов сухой и мокрой очистки дымовых газов. Наибольшее число фирменных разработок приходится на долю процессов сухой очистки, особенно селективного восстановления с помощью аммиака.

Газофазные (сухие) методы денитрации газов. Очистка отходящих газов от токсичных примесей так или иначе связана либо с их улавливанием и повторным использованием, либо с превращением этих газов в полезные или практически безвредные соединения.

Среди газофазных (сухих) методов денитрификации газов наибольшее распространение получили каталитические методы. При использовании этих методов, как правило, проводят восстановление оксидов азота восстанавливающими агентами:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ , и другими углеводородами:  $\text{H}_2$ , коксовый газ ( $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ) [3], из которых чаще всего применяют аммиак.

Деструктивные методы денитрификации дымовых газов также основаны на применении катализаторов. Оксиды азота при температурах 600...1000°C разлагаются до молекулярного азота и кислорода.

Гомогенные восстановительные методы. Предусматривают использование восстанавливающих агентов ( $\text{NH}_3$ , пиридин, пары мочевины,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и другие углеводороды). Процессы протекают при температурах 700...2000°C в газовой фазе. Наиболее целесообразно методы этого типа применять для денитрификации относительно концентрированных по  $\text{NO}_x$  газов (более 5 % по объему). При более низких его концентрациях (0,2... 0,7% по объему), что характерно для дымовых газов электростанций, эффективность очистки невелика и составляет 47...55% [4]. Для ее повышения необходимо применять избыток восстановителя.

Для денитрации дымовых газов применяют также адсорбционные методы. В качестве адсорбентов оксидов азота применяют активированный уголь,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ , алюмосиликаты,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaO}_2$  и соли кальция, соду, цемент, цеолиты, соли аммония. Процессы протекают как правило при низких температурах. Данные методы целесообразно применять при очистке концентрированных газов по  $\text{NO}_x$ .

Существенным недостатком этих методов является поглощение адсорбентом пыли, которая быстро забивает поры адсорбента и не удаляется при десорбции. При промывке адсорбента водой образуются стоки разбавленной азотной кислоты, загрязненные различными примесями, в том числе и тяжелыми металлами. Адсорбционные методы можно применять для очистки небольших объемов газов с небольшим содержанием оксидов азота.

В последнее время появились данные, свидетельствующие о возможности применения лазерного облучения очищаемых газов [5]. Длина волны при этом выбирается из расчета преимущественного поглощения и диссоциации  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_x$  с получением соответственно S и  $\text{N}_2$ .

Адсорбционные методы - одни из самых распространенных средств защиты воздушного бассейна от загрязнений. Область применения современных адсорбентов в процессах очистки газов очень широка [6-8].

Основными промышленными адсорбентами являются активированные угли, сложные оксиды и импрегнированные сорбенты.

Активированный уголь (АУ) нейтрален как к полярным, так и к неполярным молекулам адсорбируемых соединений. Активированные угли обладают меньшей селективностью, чем другие адсорбенты и являются одними из немногих, пригодных для работы во влажных газовых потоках.

Оксидные адсорбенты (ОА) обладают более высокой селективностью по отношению к полярным молекулам в силу собственного неоднородного распределения электрического потенциала. Их недостаток - снижение эффективности в присутствии влаги. К классу ОА относят силикагели, синтетические цеолиты, оксид алюминия. Даже синтетические цеолиты,

приготовленные с заданными размерами пор, не позволяют преодолеть предпочтительность адсорбции полярных молекул. Вследствие этого при наличии паров воды эти цеолиты не поглощают те молекулы, размеры которых соответствуют их пористой структуре.

Американской фирмой «Юнион Карбайд» разработан процесс очистки отходящих газов от оксидов азота на молекулярных ситах, получивший название «Пуре Сив» [9]. Очищаемые отходящие газы содержат 3500  $\text{cm}^3/\text{m}^3$   $\text{NO}_x$ , 6000  $\text{cm}^3/\text{m}^3$  паров воды, 3 %  $\text{O}_2$ . Процесс каталитического окисления  $\text{NO}$  в  $\text{NO}_2$  осуществляется на молекулярных ситах при 10 ата с последующей адсорбцией  $\text{NO}_2$ . Система состоит из двух слоев адсорбента: один - адсорбирует, другой - регенерируется. Процесс позволяет снизить  $\text{NO}_x$  в отходящих газах до концентрации 10  $\text{cm}^3/\text{m}^3$  и увеличить выход  $\text{HNO}_3$  на 2,5 %. Адсорбционная способность молекулярных сит сохраняется достаточно долго, а как катализатор окисления они служат более двух лет.

Высокотемпературные некаталитические методы. Одними из наиболее простых и дешевых газофазных технологий денитрации газов являются термические (деструктивные) методы. Они основаны на термическом разложении оксидов азота, путем их перевода в соединения с низкой температурой разложения. В литературе данные методы известны как высокотемпературное восстановление оксидов азота или селективное высокотемпературное восстановление.

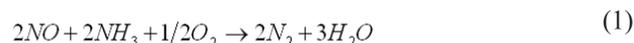
Американской фирмой «Еххон» [1] разработан процесс - гомогенное восстановление аммиаком. Суть этого метода заключается в том, что к газу, содержащему  $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$ , добавляют газообразный аммиак, количество которого стехиометрически соответствует содержанию оксидов азота. При наличии водяных паров в газовой фазе протекает реакция избирательного взаимодействия аммиака с оксидами азота. Образующиеся при этом аэрозоли нитрита и нитрата аммония имеют температуру разложения в 4... 5 раз ниже, чем у оксидов азота. Вместе с газом они направляются в камеру дожигания, где поддерживается температура 240...250 °С.

Взаимодействие оксидов азота с аммиаком и разложение нитритов и нитратов сопровождается выделением значительного количества тепла, что снижает расход энергетического сырья на поддержание температуры в реакторе. При определенной концентрации оксидов азота процесс может протекать автотермично без подвода тепла извне.

Ввод аммиака в газ, содержащий  $\text{NO}_x$ , осуществляется при низких температурах, а разложение образующихся нитритов и нитратов - при повышенных. Благодаря низким температурам процесс взаимодействия аммиака и оксидов азота протекает избирательно, без вовлечения в реакцию кислорода. В связи с тем, что реакция взаимодействия аммиака с монооксидом азота ( $\text{NO}$ ) при низких температурах протекает с малой

скоростью, эффективность метода существенно зависит от степени окисленности всех оксидов азота до  $\text{NO}_2$ .

Процесс очистки основывается на протекании следующей основной реакции:



Восстановление протекает в основном при температуре 900...1000 °С. При более высоких температурах возрастает окисление аммиака в оксиды азота по реакции:



и снижает степень очистки. Из рисунка 1 отчетливо видна зависимость эффективности процесса гомогенного восстановления оксида азота аммиаком от температуры.

В настоящее время средняя степень очистки газов от  $\text{NO}_x$  в промышленных условиях по методу фирмы «Еххон» не превышает 60...70% [10-12]. Основным направлением повышения эффективности процесса гомогенной очистки от  $\text{NO}_x$  являются совершенствование системы смешения небольших количеств аммиака с горячими (900...1000 °С) дымовыми газами, что в ряде случаев позволяет добиться степени очистки 80...90 %, и поиск новых восстановителей, допускающих осуществление процесса в более широком температурном интервале. Например, использовать мочевины и вести процесс при 600...1100 °С (исследованием этого процесса занимается ряд ведущих европейских и американских фирм).

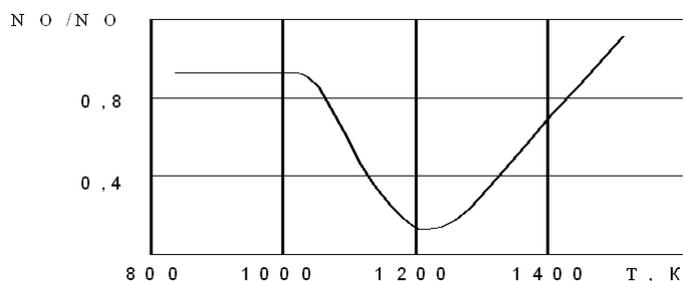
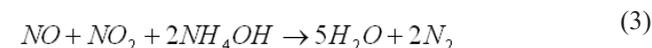


Рисунок 1 – Зависимость относительной остаточной концентрации NO от температуры при восстановлении оксидов азота аммиаком. Начальная концентрация  $\text{NO}=300 \text{ ppm}$ ,  $\text{NH}_3=300 \text{ ppm}$

Окислительно-абсорбционный метод аммиачной очистки. При взаимодействии оксидов азота с водными растворами аммония образуется нитрит аммония, который является нестойким соединением и может

разлагаться с выделением воды и молекулярного азота. При очистке дымовых газов эти методы могут быть весьма полезны ввиду их большой эффективности, чем при использовании указанных щелочных растворов. Это объясняется тем, что процесс поглощения протекает одновременно и в жидкости, и в газовой фазе с образованием тумана растворов солей и аэрозолей нитрита и нитрата аммония. Суммарный процесс может быть условно представлен следующим уравнением:



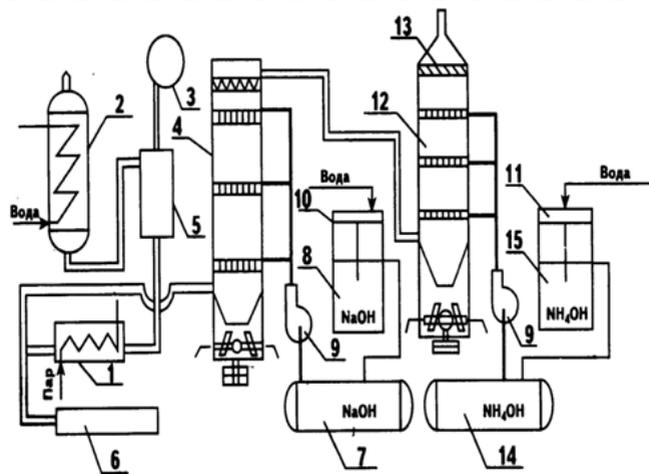
На одной из действующих установок, [13] предназначенной для очистки вентиляционных выбросных газов (рисунок 2), в качестве поглотителя для оксидов азота высокой концентрации на первой ступени применяют 8...10%-ный водный раствор  $\text{NaOH}$ . На второй ступени для доочистки низкоконцентрированного газа используют водно-аммиачный раствор, содержащий 1,5...2% раствор аммиака.

В системе предусмотрена предварительная подготовка газа. Поступающие на очистку газы направляют в общий коллектор. Пройдя через регулятор напора, газ через магистральный клапан поступает в абсорбер первой ступени. Если температура газа ниже 0 °С, его подогревают в теплообменнике, в межтрубное пространство которого подают пар.

Регулятор напора автоматически, независимо от давления в общем коллекторе, обеспечивает определенный равномерный расход газа в течение всего периода его подачи в абсорбер. Если газ имеет температуру 250...350°С, он, как правило, содержит большое количество NO и поэтому, кроме охлаждения, нуждается в доокислении. С этой целью газ направляют через клапан в теплообменник 2, где предварительно охлаждают до температуры 20...30 °С, и через регулятор напора газ поступает в доокислитель 5. Сюда же высоконапорным вентилятором через клапан подают воздух и кислород в количестве, необходимом для окисления монооксида азота.

Объем доокислителя рассчитан таким образом, что проходящий через него газ успевает окислиться не менее, чем на 50%, а это необходимо для успешной очистки газа щелочными растворами. Подготовленный к очистке газ по газоходу поступает в абсорбер первой ступени, выполненный в виде полого цилиндра из нержавеющей стали.

Орошение абсорбера первой ступени осуществляют водным раствором  $\text{NaOH}$  из бака 7, а орошение абсорбера второй ступени 12 - раствором  $\text{NH}_4\text{OH}$  из бака 14. Рабочие растворы  $\text{NaOH}$  и  $\text{NH}_4\text{OH}$  приготавливают в баках 8 и 15 соответственно.



1, 2 - теплообменники; 3 - высоконапорный вентиль; 4, 12 - абсорберы;  
5 - камера окисления NO; 6 - устройство для подачи газа; 7, 8, 14, 15 - баковая  
аппаратура для растворов; 10, 11 - уровнемеры; 13 – каплеотбойник

Рисунок 2 - Схема двухступенчатой промышленной установки для  
очистки газов от оксидов азота аммиачным методом

Работа установки полностью автоматизирована. Уровень раствора в баках приготовления поддерживают уровнемерами. В целях предотвращения уноса брызг на абсорбере второй ступени предусмотрен каплеотбойник. Для очистки дымовых газов с низкими концентрациями оксида азота данная технологическая схема может быть существенно упрощена, так как отпадает надобность в первой ступени, предназначенной для очистки более концентрированных газов раствором NaOH.

Рассмотренный пример очистки относится к нерегенерационным методам окислительно-абсорбционного типа.

В заключение рассмотрения методов, в основе которых лежит промывка газов растворами щелочей, следует обратить внимание на один из ключевых моментов применимости данных способов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 «Природоохранные мероприятия в тепловой энергетике России / В.П. Глебов, А.Г. Тумановский, Е.В. Минаев и др. // Семинар «Сжигание топлив с мини-мальным воздействием на окружающую среду»: Препринт. - М., 1993.- 35 с.
- 2 Post Combustion Methods for Control of NO<sub>x</sub> Emissions I H.S. Rosenberg et al. II Prog. Energy Combustion Science. - 1980. - N 6. - P. 267 - 302.

3 Patent Japan N 63-65937 B 01 D 53136; B 01 D 53134. Fuel gas denitration method II Toru Seto. - 1988.

4 М.И. Сапаров, С.С. Новоселов, С.А. Фадеев, Т.С. Герасимова // Теплоэнергетика. - 1990. - N 8. - С. 41.

5 Patent BRD N 3541824 B 01 D 57/00; A 62 D 3/00; C 01 B 17/04; C 01 B 21/02; B 01 D 53/34. Verfahren zur Entschwefelung und Entstickung von Rauchgasen / H. Fuhrmann. - 1987.

6 Степанова Н.Б., Миловидова Л.Н. // Хим. пром-сть за рубежом. - 1982. - Вып. 8. - С. 1- 7.

7 Brauer H. // Chem.-Ing.-Techn. - 1985. - Bd 57, N 8. - S. 650 - 663.

8 Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. - М.: Химия, 1984. - 313 с.

9 Гладкий А.В., Федорова С.К., Артемова Е.Н. Очистка газовых выбросов от оксидов азота // Промышленная и санитарная очистка газов / ЦИНТИхим-нефтемаш. - М., 1989. - 90 с.

10 Сиддини А.А., Тенини Дж. У. Методы снижения выбросов оксидов азота // Нефть, газ и нефтехимия. - 1981. - N 10. - С. 136 - 144.

11 Jahng C.E., Show H. // JAPCA. - 1981. - Vol.3, N 5. - P. 596 - 604.

12 Mittelbush G. // Techn. Mitt. - 1987. - Bd 80, N 9. - S. 576 - 580.

13 Артемова Е.Н., Костриков В.И. Очистка вентиляционных выбросов от оксидов азота // ЦИНТИхимнефтемаш. - М., 1982. - 38 с.

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар. Материал поступил в редакцию 07.03.2012.

С.А. ГЛАЗЫРИН, Ә. ҚЫРЫҚБАЙ, Қ.Ш. ЕРЖАНОВ  
АЗОТТЫҢ ОКСИДТЕРІНІҢ ҚАЛДЫҚТАРЫНАН ТАЗАРТУ ЖӘНЕ  
ТӨМЕНДЕТУ ӘДІСТЕРІН ТАЛДАУ  
S. GLAZYRIN, A. KYRYKBAY, K. ERZHANOV  
ANALYSIS OF THE EXISTING METHODS OF DECREASING AND  
CLEANING FROM NITROGEN OXIDES OUTCOMES

### Түйіндеме

Жылудық Электр станцияларына кететін газдардың азот оксидтерінің тазартудың және білімнің сақтап қалуының әдістерін талдау елестетілді.

### Resume

There is an analysis of the prevention methods of nitrogen oxides formation and the cleaning of leaving gases at Thermal Electrical Stations in the article.

**Н.С. ДУДАК, Г.Т. ИТЫБАЕВА, Ж.К. МУСИНА,  
А.Ж. КАСЕНОВ, А.Ж. ТАСКАРИНА  
КОНСТРУКЦИИ РЕЗЦОВЫХ СБОРНЫХ РАЗВЁРТОК  
С БЕЗВЕРШИННЫМИ ЗУБЬЯМИ**

При обработке наружных и внутренних поверхностей со снятием стружки имеется следующий недостаток – вершина инструмента, которая окончательно формирует шероховатость обработанной поверхности, быстро изнашивается, снижается стойкость инструмента и ухудшается качество обработки. Для уменьшения шероховатости и повышения точности обработки необходимо либо уменьшать подачу, что снижает производительность обработки, либо увеличивать частоту вращения, что приводит к повышенному износу инструмента, а иногда недопустимо технической характеристикой станков. Вершина резца является слабым участком инструмента. Через небольшое сечение резца от вершины проходит большой тепловой поток, что вызывает высокий нагрев и износ вершины резца, которая является источником нестабильности свойств формы и качества поверхности обрабатываемой детали.

Таким образом, устранение вышеуказанного недостатка, вершины инструмента, привело к разработке нового инструмента – резцовой сборной развёртки с безвершинными зубьями-резцами (рисунок 1), обеспечивающая более высокую стойкость и качество обрабатываемой поверхности [1, 2].

На рисунке 1 показан общий вид резцовой сборной развёртки с безвершинными зубьями: 1 – корпус развёртки; 2 – четыре смещённых друг относительно друга резца развёртки; 3 – крепёжные винты; 4 – прижимы; 5 – плоская пластина; А – последовательное смещение друг относительно друга крепёжных винтов, плоскостей симметрии резцов; D – диаметр развёртки (отверстия);  $D_{н.п}$  – диаметр предварительной направляющей (ловителя);  $D_{ш}$  – диаметр шейки;  $l_p$  – длина рабочей части развёртки;  $l_{ш}$  – длина шейки;  $l_x$  – длина хвостовика.

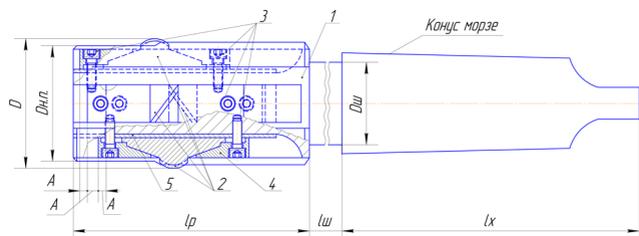


Рисунок 1 – Общий вид резцовой сборной развёртки с безвершинными зубьями

Резцовая сборная развёртка с безвершинными зубьями имеет вставные зубья-резцы, на которых нет вершины: режущая кромка имеет форму окружности, диаметр которой меньше диаметра обрабатываемого отверстия (рисунок 2). На рисунке 2 показано:  $B_p$  – ширина резца;  $H_p$  – высота резца;  $L$  – длина резца;  $b$  – высота заплечика;  $b_p$  – ширина зуба-резца;  $\lambda$  – угол наклона главной режущей кромки. Непременное условие для работы зуба-резца – это наличие угла наклона режущей кромки  $\lambda$ , при котором режущая кромка располагается наклонно к плоскости, перпендикулярной оси отверстия и развёртки.

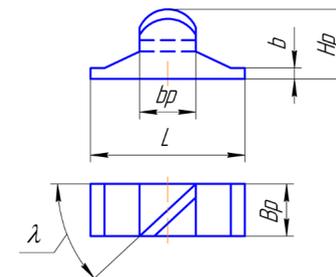


Рисунок 2 – Конструкция вставного резца-зуба развёртки

Для обработки сквозных отверстий резцы развёртки (их количество предпочтительно четыре) расположены с постоянным смещением вдоль оси так, что оси симметрии резцов образуют винтовую линию. Все резцы имеют режущие кромки, образованные окружностями, плоскости которых наклонены под углом  $\lambda$  к оси развёртки (отверстия), тем самым на круговом участке зубьев исключается вершина, и улучшаются условия резания. Все резцы имеют один размер по высоте, т.е. настроены на обработку одного диаметра D отверстия. Перед каждой переточкой резцовой сборной развёртки под резцы устанавливаются новая пластина с толщиной, увеличенной на величину припуска на переточку. Минимальное биение режущих зубьев обеспечивает высокую точность обработки. Резцы выполнены из быстрорежущей стали или оснащены пластинами твёрдого сплава. Для повышения точности обработки на корпусе развёртки имеются направляющие элементы. Крепление резцов на развёртке выполнено с помощью специальных прижимов и винтов.

Дальнейшее совершенствование привело к разработке сборной резцовой развёртки, у которой удвоенное количество резцов-зубьев для лучшего калибрования отверстия (рисунок 3) [3, 4].

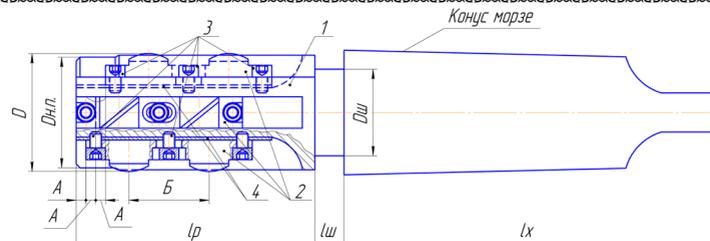


Рисунок 3 – Общий вид сборной развёртки со двоянными безвершинными зубьями

На рисунке 3 представлен общий вид сборной развёртки со двоянными безвершинными зубьями: 1 – корпус развёртки; 2 – четыре смещённых друг относительно друга двоянных зубьев резца развёртки; 3 – крепёжные винты; 4 – пластина; А – последовательное смещение друг относительно друга плоскостей симметрии резцов, крепёжных винтов, торцев зубьев; Б – расстояние между двоянными зубьями резца (возможно исполнение с одинаковым расстоянием и переменным); D – диаметр развёртки (отверстия);  $D_{III}$  – диаметр шейки;  $D_{III.n}$  – диаметр предварительной направляющей (ловителя);  $l_p$  – длина рабочей части развёртки;  $l_w$  – длина шейки;  $l_x$  – длина хвостовика.

Удвоенное количество резцов получено за счёт того, что каждый резец спроектирован спаренным (рисунок 4). На рисунке 4 показано:  $B_p$  – ширина резца;  $H_p$  – высота резца;  $L_p$  – длина резца;  $b_p$  – ширина зуба-резца;  $l_1$  – расстояние между двоянными зубьями резца (возможно исполнение с одинаковым расстоянием и переменным);  $\lambda$  – угол наклона главной режущей кромки.

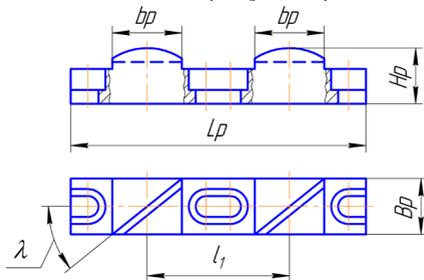


Рисунок 4 – Конструкция резца-зуба развёртки со двоянными безвершинными зубьями

Увеличенное число режущих зубьев и отсутствие вершин зубьев способствует лучшему центрированию режущей части развёртки в обрабатываемом отверстии. В процессе обработки вибрации в зоне резания за счёт разнохарактерных биений вызывают радиальное смещение режущей

части относительно обрабатываемого отверстия, переменные по углу поворота развёртки, что является причиной возникновения волнистости, отклонения от круглости, которое будет меньше при отсутствии вершин на зубьях. Отсутствие вершин на зубьях создаёт большую радиальную силу сопротивления внедрения зуба-резца в обрабатываемую поверхность, а увеличение количества зубьев повышает центрирующий эффект.

Кроме того, распределение режущих и калибрующих зубьев по длине режущей части развёртки увеличивает её устойчивость в отверстии в продольном направлении, что также положительно сказывается на точности обработки, т.к. уменьшаются вибрации с изменением углового положения оси развёртки относительно детали. Как уже было отмечено, безвершинные зубья сами по своей конструкции уменьшают шероховатость и лучше калибруют отверстие.

Предлагается конструкция резцовой сборной развёртки со двоянными безвершинными зубьями с разными диаметрами ( $D_1$  и  $D_2$ ) для улучшения условий резания и повышения точности обработки отверстий последующими резцами, и в этом случае возможно и некоторое упрочнение обрабатываемой поверхности, что увеличит долговечность и износостойкость детали (рисунок 5). Двоянные зубья-резцы настраиваются на два размера  $D_1$  и  $D_2$ , разница между диаметрами относительно не велика в пределах  $1/3$  допуска на обрабатываемую поверхность (рисунок 6).

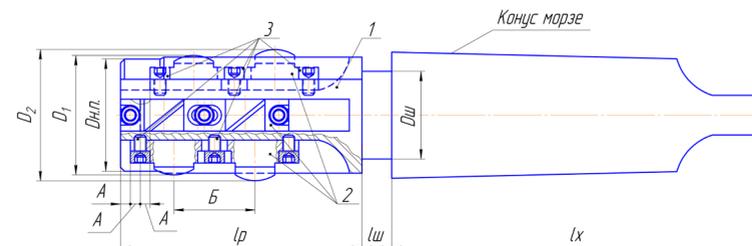


Рисунок 5 – Общий вид резцовой сборной развёртки со двоянными безвершинными зубьями с разными диаметрами

В процессе обработки отверстий происходит изнашивание инструмента, что ухудшает качество обрабатываемой поверхности, меняется настраиваемый размер и необходимо выполнять затачивание инструмента. Повысить стойкость инструмента возможно применением резцовой сборной развёртки с регулированием безвершинных зубьев (рисунок 7). Предлагаемая развёртка состоит из корпуса 1, безвершинных резцов 2, разрезной втулки 3 и гайки-лимба 4 со шкалой, навинчиваемую на точную резьбу на корпусе 1.

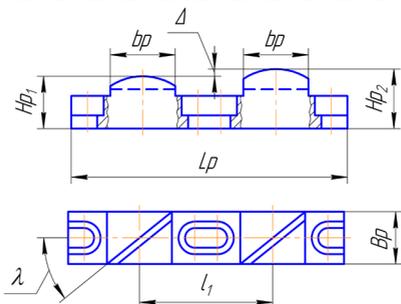


Рисунок 6 – Конструкция резца-зуба развёртки со двоянными безвершинными зубьями с разными диаметрами

Конструкции безвершинных резцов для данной развёртки представлены на рисунке 8 – трёх исполнений.

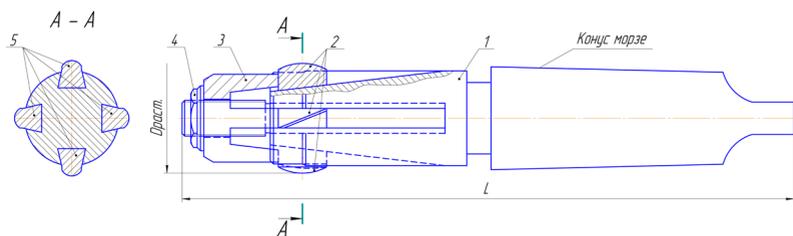
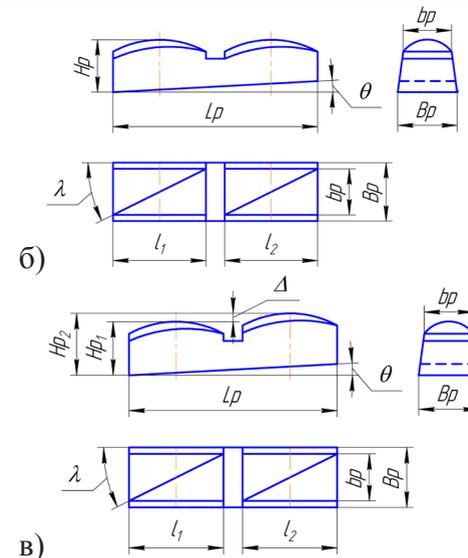
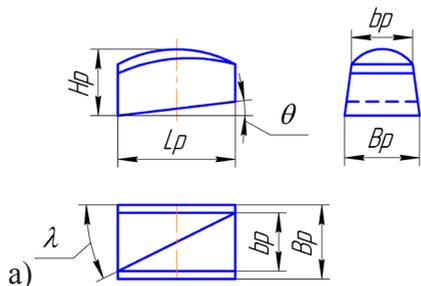


Рисунок 7 – Общий вид резцовой сборной развёртки с регулированием безвершинных зубьев



а) один; б) двоянный; в) разных по высоте  
Рисунок 8 – Конструкции резцов-зубьев развёртки с регулированием безвершинных зубьев

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сформулировать следующие выводы:

1. Применение конструкций резцовых сборных развёрток с безвершинными зубьями улучшает центрирование и виброустойчивость инструмента и позволяет увеличить качество и производительность обработки цилиндрических отверстий.

2. Конструкция сборной развёртки со двоянными безвершинными зубьями производит лучшее выглаживание и калибровку обрабатываемого отверстия, что повышает качество обработки: повышает точность размера и уменьшает отклонения от правильной геометрической формы (отклонения от круглости).

3. В формировании качества обрабатываемого отверстия возрастает роль увеличенного центрирующего эффекта, за счёт увеличения количества работающих зубьев.

4. Двоянные безвершинные зубья-резцы увеличивают степень центрирования режущей части развёртки одновременно в нескольких сечениях по длине отверстия, что повышает точность отверстия за счёт уменьшения отклонений от правильной геометрической формы в продольном сечении, то есть отклонений от цилиндричности.

5. Сдвоенные безвершинные с регулированием зубьев-резцов увеличивают стойкость инструмента и время до переточки.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Таскарина А.Ж., Дудак Н.С., Касенов А.Ж. Резцовая сборная развертка с безвершинными зубьями // Научный журнал МОН «Поиск» № 1(2)/ 2012. – С. 274-279.

2 Заявление о выдаче инновационного патента № 2012/828.1 от 16.07.2012 г. Резцовая сборная развёртка с безвершинными зубьями, грязевыми канавками и сменными компенсационными пластинами. Авторы: Дудак Н.С., Итыбаева Г.Т., Мусина Ж.К., Касенов А.Ж., Таскарина А.Ж.

3 Дудак Н.С., Касенов А.Ж., Таскарина А.Ж. Повышение качества обработки резцовой сборной развертки со сдвоенными безвершинными зубьями // Materiały VIII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Nauka: teoria i praktyka - 2012» Volume 12. Techniczne nauki: Przemysł. Nauka i studia. – Str. 60-64.

4 Заявление о выдаче инновационного патента. Резцовая сборная развёртка со сдвоенными безвершинными зубьями, грязевыми канавками и сменными компенсационными пластинами. Авторы: Дудак Н.С., Итыбаева Г.Т., Таскарина А.Ж., Мусина Ж.К., Касенов А.Ж.

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар. Материал поступил в редакцию 12.10.2012.

Н.С. ДУДАК, Г.Т. ИТЫБАЕВА, Ж.К. МУСИНА, А.Ж. КАСЕНОВ, А.Ж. ТАСКАРИНА

ТӨБЕСІЗ ТІСТЕРІ БАР КЕСКІШ ҚҰРАСТЫРМА ҰҢҒЫЛАҒЫШТАРДЫҢ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫ

N.S. DUDAK, G.T. ITYBAEVA, Zh. K. MUSINA, A.Z. KASENOV, A.Z. TASKARINA

DESIGNS OF MODULAR CUTTER REAMERS WITH PEAKLESS TEETHS

### Түйіндеме

Мақалада төбесіз тістерді қолдану арқылы тесіктерді өңдеу кезінде жоғары өнімділігін және сапалығын (өлішемнің дәлдігін жоғарылату және кедір-бұдырлығын төмендету) қамтамасыз ету үшін кескіш құрастырма ұңғылағыштардың конструкциялары қарастырылады. Кескіш құрастырма ұңғылағыштарымен үлкен және орташа диаметрлі цилиндрлік тесіктерді өңдеу ұсынылады.

### Resume

In the article the designs of modular cutter reamers for providing high-efficiency and qualitative (increase of accuracy of the size and roughness reduction) processing of bores with application of peakless top teeth are presented. It is offered to process cylindrical bores of average and big diameters with modular cutter reamers.

ӘОЖ 621.313.323

### А.К. ЖУМАДИРОВА, К.М. КАРМЕНОВ ЯДРОЛЫҚ-ХИМИЯ ӨНДІРІСТЕРІ ҮШІН ГЕРМЕТИКАЛЫҚ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫ ЖЕТЕ ЗЕРТТЕУ

Қазіргі таңда бар герметикалық қозғалтқыштарғы шолу

Алғаш жарық көрген герметикалық қозғалтқыш туралы бірінші ескертулер XX ғасырдың 50-ші жылдары шықты.

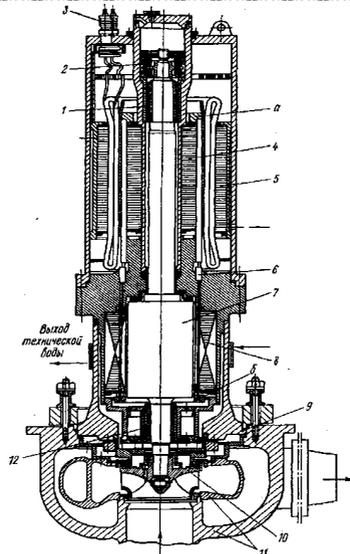
Зерттеулер екі бағыт бойынша жүргізілді: «құрғақ» және «ылғал» статормен қозғалтқыш. «Ылғал» статормен электрқозғалтқыштың конструкциясының статоры, роторы және мойынтіректері барлық уақыт бойы технологиялық сұйықтықта орналасады.

Статор ормасының оқшауламасы су өтпестей жасалады, қозғалтқыштың сыртқы қорабы және токтың сырттан кіретін жері тығыз-берікті болып жасалады, басқа сөзбен айтқанда герметикалық және есепті жұмыс қысымын төзе алады.

Бұл қозғалтқыштың түрі химиялық өнеркәсіптің аппараттарында қолдануы шектеледі, себебі аппараттың ішіндегі технологиялық сұйықтық қозғалтқыштың конструкциялық элементтерінің қирауына әкеледі.

«Ылғал» статормен қозғалтқыштың екінші конструкциясы инженер Сурьяновтың зерттемесі [1-ші сурет].

Бұл қозғалтқыштың негізгі сұлбасында төмендеткіш трансформатор қолданылады (кернеуді және фазаларды түрлендіргіш) ол төмен кернеуді асинхронды қозғалтқыш бірге бір блокта орналасады.



1 - радиалды мойынтірек; 2 – тірек мойынтіректері; 3 – электр тоғинің кіру жері ; 4 – түрлендіргіштің екінші ретті жүйесі және өзек түріндегі сақина түрінде тұйықталған орамамен бірге. 5 – үш фазалы ормамен кернеу мен фаза түрлендіргіштің статоры 7 – қысқа тұйықталған тормен вал-ротор 8 – сұйықтыққа батырылған қозғалтқыштың статоры мен өзек түріндегі сақина түрінде тұйықталған орама 9 – негізгі ажыратудың тығыздауышы; 10 – жұмыс дөңгелегі; 11 – қорап пен ұлу; 12 - радиалды мойынтірек.

1 сурет – «Ылғал» статормен және кіріктіріме түрлендіргішпен герметикалық сорғыштың конструктивтік сұлбасы

Бұл конструкцияда, статор ормасының оқшаулама тіпті керегі жоқ, себебі ол төмен кернеуде жұмыс істейді, төмен кернеуді статордың үстінде орналасқан фаза және керену түрлендіргіштің екінші (төмен) жағынан алады.

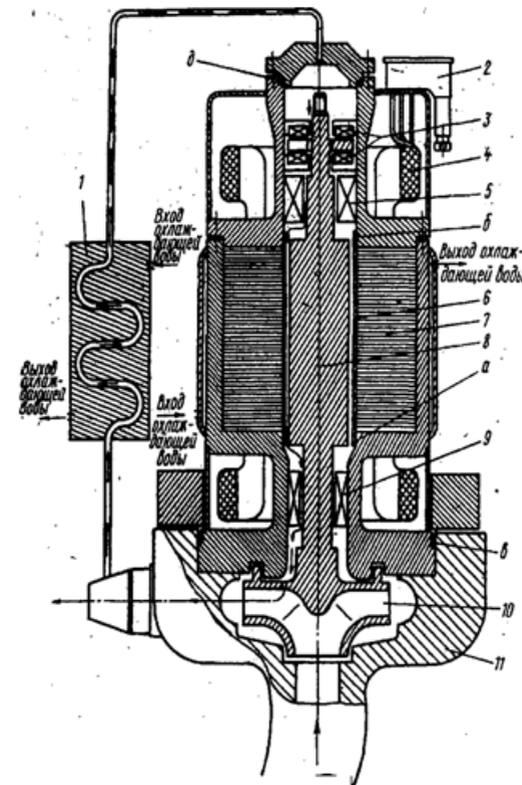
Статор және ротор бірдей жағдайда ылғалдықта орналасады. Ротор мойынтіректерде айналады, олар айналмалы сұйықтықта майланады және суытылады.

«Ылғал» статор сұлбасы су өтпейтін, температураға төзімді оқшауламаны қолданумен байланысты барлық қиындықтар мен шығарылмаған сұрақтарды шешеді, «құрғақ» статормен салыстырса оның п.э.к. жоғарырақ және үлкен беріктікке ие, себебі статордың қалқасы қолданбаған.

Бұл конструкцияның ең негізгі артықшылығы болып келеді. Орама тікелей тораптан қоректенетін атмосфераға шығарылған сондықтан жай технология бойынша жасалуы мүмкін. Бұл қозғалтқыштардың түрлері аз өңделген.

Бұл қозғалтқыштардың түрлерін жасаудағы негізгі мәселе сұрақтары келесілердің жоқтығынан туындайды:

- технологиялық сұйықтықта жұмыс істейтін коррозияға берік электртехникалық болат пен статордың активті темірдің жеткіліктігі.
- табақтардың бетін жабу үшін берік электризациялық әдістеменің жоқтығы және жоғары қысым мен ауыспалы температураларға төзімді статордың қысқа тұйықталған ораманың өзектерін берік тығыздауының болмауы.



1 - тоңызатқыш; 2 - клемдік қорап; 3 – тіреу мойынтіректердің сынаулары; 4 – статор ормасы; 5,9 – радиалды мойынтіректердің сынаулары; 6 – статордың жұқа қабырғалы герметикалық қалқа; 7 – статордың үш фазалы орамасы; 8 – қысқа тұйықталған тормен вал-ротор; 10 – жұмыс дөңгелегі; 11- қорап пен ұлу.

2 сурет – Жоғары қысымды герметикалық қозғалтқыштың конструкциясы

Герметизациялаудың екінші әдісі «құрғақ» статорлы қозғалтқыш болып келеді [3-ші сурет]. Бұл технология бойынша жасалған қозғалтқыш, асинхронды қысқа тұйықталған тормен үшфазалы ауыспалы токта жұмыс істейтін қозғалтқыш болып келеді, ол сорғышпен бірге бір қорапта орнасып, бір жүйені құрайды.

Жұқа қабырғалы металды қалқа, статор мен ротор арасында орнасады.

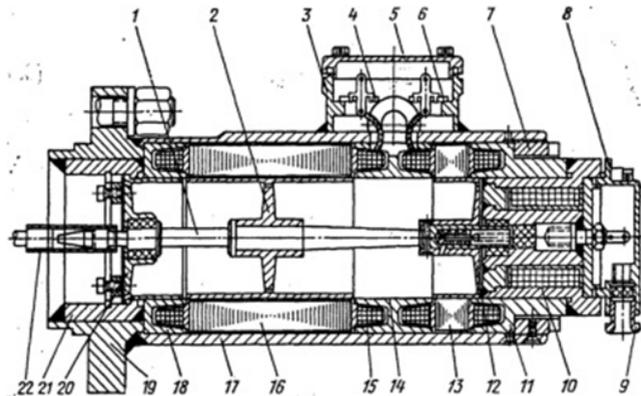
Статор ауа немесе инертті газдың жоғары қысымында бола алады.

Бұл қозғалтқыштың жұмыс істеу принципі келесіде негізделеді

Статор орамасын үш фазалы қорек көзіне қосқан кезде айналушы магнит өріс тудырылады. Бұл өріс қалқа арқылы роторға әсер етіп, онда э.к.к. индукцияландырады.

Э.к.к.-нің әсерінен роторда электр токтары туындайды, айналушы магнит ағынымен әрекеттесу арқасында кедергі моментін асып айналдырушы моментті тудырады.

Қазіргі таңда өнеркәсіппен негізінде 1500 және 3000 номиналды айналу жиілігімен асинхронды герметикалық қозғалтқыштар [3-ші сурет] шығарылады.



1 – электрқозғалтқыштың валы; 2 – электрқозғалтқыштың роторы; 3 - клемдік қорап; 4 - клемдік плата ЭД; 5 – клемдік қораптың қақпағы; 6 – тахоқозғалтқыштың клемдік платсы; 7 – қыспалы гайка; 8 - артқы қақпағы; 9 – төлкенің тығыздамасы; 10 - электрмагнит; 11 –артқы төлке; 12 - тахоқозғалтқыштың роторы; 13 - тахоқозғалтқыштың статоры; 14 - герметикалық гильза; 15 - аралық төлке; 16 – электрқозғалтқыштың статоры; 17 - қорап; 18 - алдыңғы төлке; 19 - фланец; 20 - сына; 21 - төлке; 22 шылбыр.

3 сурет - Асинхронды герметикалық үшфазалы басқарылатын қозғалтқыш

Сондықтан ток өткізетін экранда жиілігі 50 Гц токтар ағыла алады, тек бір шарт бойынша егер қозғалтқыш жиілікті түрлендіргішке қосылмаған жағдайда.

Электрмагниттік процесстер жағынан экран электрқозғалтқышқа қосымша активті-индуктивті жүктеме болып келеді.

Жалпы айтқанда асинхронды қозғалтқышты герметикалық қозғалтқышта пайдалануда орынша емес, себебі токтың активтік құрамасын тудыру үшін экран арқылы электрмагниттік қуатты тасымалдау керек

Асинхронды қозғалтқыштың жұмыс істеу принципін ескере отырып, герметизациялауды қолданғанда п.э.к-ті мен электрмагниттік момент төмен мағыналары шығады.

Қорғау гильзаның жуан қабырғалары магниттік кедергінің сағылауын үлкейтеді және энергияның электрмеханикалық түрленуінің нәтижесін төмендетеді [1-ші кесте].

Келтірілген әдістің кемшілігі, келесіде қозғалтқыштың ауа саңылауын үлкейтеді, сондықтан ол электрқозғалтқыштың энергетикалық көрсеткіштерін төмендетеді.

Мұндай жұмыс аумағын құрастыру кезінде магниттік қозғаушы күштің төмендеуі кеңеттен өсе бастайды, демек П.Э.К пен момент төмендейді. Энергетикалық көрсеткіштерді сақтау үшін полюстік жүйені үлкейту керек ол үшін полюстердің биіктіктерін үлкейту керек, бірақ көбінесе уақытта бұл мүмкін емес.

Тағы айтып кетсек полюстердің биіктігін үлкейтуі жағымсыз әсер етеді.

1-ші кестеде Экрандалған асинхронды қозғалтқыштың көрсеткіштері көрсетілген.

1 кесте

Экрандалған асинхронды қозғалтқыштың көрсеткіштері

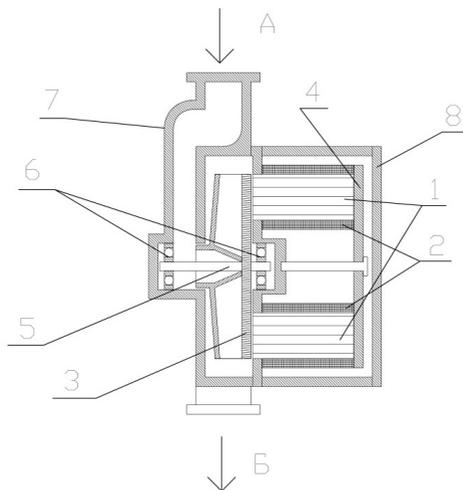
Гильзаның қалыңдығы, мм	Пайдалы қуат, Вт	Тұтынатын қуат, Вт	ПӘК
0	110	283	0,4
0,5	110	315	0,35
1,0	83	584	0,15

Сөйтіп химиялық өнеркәсіпте асинхронды герметикалық жетектерді герметизациялау жүйелері әлі кемелдендіруді қажет екендігі туралы қорытындыға келуге болады.

Жоғары айтылған кемшіліктерден жойылу үшін және технико-экономикалық көрсеткіштерді жоғарлату үшін жоғарғы талаптарға сай болу үшін герметикалық синхронды қозғалтқыштың конструкциясы ұсынылады.

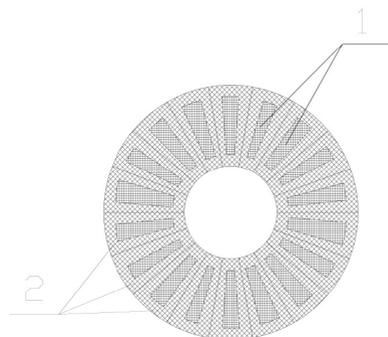
Ұсынылған конструкцияда [4-ші сурет] ротор агрессивтік ортада орналасады, ал статордың бір жағы металды емес пластмассаға құйалған, екінші жағы магниттік өтімділігі жоғары пластинамен бекітеледі. Сондықтан статор орамасы агрессивтік ортамен байланыспайды. Ең негізгі артықшылығы ол статор мен ротор арасындағы экранның жоқтығы. Ұсынылған конструкция адымды қозғалтқыш болып келеді.

Ұсынылған амал жоғары айтылған барлық конструкциялардың жақсы жақтары алынған.



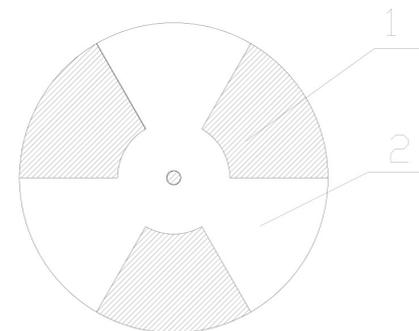
1 – статор; 2 – статор орамасы; 3 – ротор; 4 – магниттік өтімділігі жоғары пластинамен; 5 – вал мен бірге бекітілген жұмыс дөңгелегі; 6 – мойынтіректер; 7 – ұлу мен қорап

4 сурет – Ұсынылған герметикалық адымды қозғалтқыш



1 – статор; 2 – статор орамасы

5 сурет – Ұсынылған герметикалық адымды қозғалтқыштың статоры



1 – магниттік өтімділігі жоғары темір пластина;

2 – металды емес пластмасса

6 сурет – Ұсынылған герметикалық адымды қозғалтқыштың роторы

Диск типті герметикалық электрқозғалтқыштың роторы [6-ші сурет] диск типті магниттік өтімділігі жоғары темірден жасалған.

Статор тісі квазиүшбұрыш қималы болып келеді, ол электртехникалық болаттан жиналған.

Статордың конструкциясын 18 тіс құрайды [5-ші сурет] және екеуден 9 топқа бөлінеді және бұл орама үш фазалы айыспалы кернеуге арналған. Қозғалтқыш үш фазалы үш қадамды болып келеді.

Көрсетілген құрылғы келесі сұлба бойынша жұмыс істейді. Статор ормалары негізгі үш топқа бөлінген, олар өзара 1200 бойынша орналасқан, әр топта үш қадамдан болып келеді. Оған үш фазалы электр тогы қосылады, ол магниттік күшті тудырады.

Магниттік қозғаушы күш роторды белгілі бір күйге әкеледі, кейін басқарушы жүйе келесі топты іске қосып келесі «қадам жасатады», солай бір циклда үш қадамнан, ал бір айналым үшін 6 цикл немесе 18 қадам керек.

Бұл конструкцияның артықшылықтары:

- абсолютті герметикалық;
- жоғары беріктік;
- 0-ден номиналды жиілікте жұмыс істеуі;
- беріктік пен қауіпсіздік;
- шу мен дірілдің азаюы;
- тұрақты жұмыс;
- жұмыс уақытының ұзақтығы.

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ. Материал 07.08.2012 ж. редакцияға түсті.

К.М. КАРМЕНОВ, А.К. ЖУМАДИРОВА  
 ДЕТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕРМЕТИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ  
 ДЛЯ ЯДЕРНО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ  
 К.М. KARMENOV, A.K. ZHUMADIROVA.  
 DETAILED STUDY OF HERMETIC ENGINES FOR THE NUCLEAR-  
 CHEMICAL INDUSTRY

### Резюме

*Показаны результаты проведенных исследований по герметизации двигателей и о создании нового типа герметичного двигателя.*

### Resume

*Shows the results of studies on the sealing of engines and the establishment of a new type of pressurized engine.*

УДК 553.98.042

## Р.Е. КАИРЖАНОВ, В.В. РЫНДИН, А.Т. САГИНАЕВА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЕ И ГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЕ ЗАВОДЫ КАЗАХСТАНА

Загоды советской власти в Казахстане построено три нефтеперерабатывающих (НПЗ) и три газоперерабатывающих завода (ГПЗ): Атырауский НПЗ, Павлодарский нефтехимический завод (ПНХЗ), бывший ПНПЗ, Шымкентский НПЗ, Тенгизский ГПЗ, Жанажольский ГПЗ и Жанаозенский КазГПЗ (рис. 1).



Рисунок 1 – Расположение нефте- и газоперерабатывающих заводов на территории Казахстана

## Нефтеперерабатывающие заводы Казахстана

**Атырауский нефтеперерабатывающий завод (АНПЗ)** – первый в нефтеперерабатывающей отрасли Республики Казахстан, построен в годы Великой Отечественной войны в течение двух лет на базе комплектации оборудования, поставляемого из США по «ленд-лизу»; введен в эксплуатацию в сентябре 1945 года (рис. 2). Проектная мощность завода составляет 5 млн. тонн в год (5 млн т/г), объем переработки сырья в 2010 году составил 4,004 млн. тонн, глубина переработки – 48,64 %.



Рисунок 2 – Атырауский НПЗ

Атырауский завод получил разрешение в 2006 году на выпуск экологически чистой продукции, соответствующей требованиям стандартов Евро:

- смесевое реактивное топливо;
- стандарт Евро-2 (автобензин Супер-98).

В 2009 году Центральная заводская лаборатория была сертифицирована на соответствие требованиям международного стандарта ИСО 9001-2008 международным органом по сертификации «Бюро Веритас».

На текущий момент на АНПЗ ведутся строительно-монтажные работы по реконструкции вакуумного блока установки ЭЛОУ-АВТ-3 и установки замедленного коксования, которые позволят увеличить выработку продуктов с большей добавленной стоимостью, повысить глубину переработки и улучшить экологические показатели. Планируемые капитальные вложения в проект составят порядка 117,4 млн. долл. Окончание работ и ввод в эксплуатацию планировалось в 2011 году.

**Павлодарский нефтехимический завод (АО «ПНХЗ»)** – крупнейшее в Казахстане предприятие по производству нефтепродуктов и единственное по набору технологического оборудования, обеспечивающего глубину переработки нефти до 85 % (рис. 3). Завод перерабатывает нефть по топливному варианту и технологически ориентирован на переработку западносибирской нефти. Проектная мощность ПНХЗ составляет 6,0 млн. тонн в год.



Рисунок 3 – Павлодарский НХЗ

Строительство завода под наименованием «Павлодарский нефтеперерабатывающий завод» (ПНПЗ) было начато в 1971 году, а в 1978 году была введена в эксплуатацию первая очередь завода – комплекс ЛК-6У по первичной переработке нефти мощностью 6 млн. тонн в год. В 2000 году завод получил наименование Акционерное общество «Павлодарский нефтехимический завод» (АО «ПНХЗ»). В технологическую цепочку завода входят комплексы и установки производства водорода, битумов, серы, замедленного коксования, прокалики кокса, грануляции серы и переработки нефтешлама.

В мае 2009 года введена в эксплуатацию установка по производству водорода. В 2010 году фактический объем переработки западносибирской нефти составил 4,124 млн. тонн, при этом доля высокооктанового бензина от общего количества бензинов составила 72 %; глубина переработки – 74,52 %. В 2012 году объем переработки нефти планируется увеличить до 4,6 млн. тонн.

Модернизация АО «ПНХЗ» позволит достичь увеличения мощности до 7,5 млн т/год по переработке сырой нефти и глубины её переработки до 90 %, а также улучшения качества выпускаемой продукции до соответствия требованиям стандарта Евро-5.

**Шымкентский нефтеперерабатывающий завод (ШНПЗ)** принадлежит компании ТОО «ПетроКазахстанОйлПродактс» (ПКОП), который находится в 5 километрах юго-восточнее г. Шымкента – административного центра Южно-Казахстанской области (рис. 4). Проектная мощность завода 6,0 млн. тонн в год.



Рисунок 4 – Шымкентский НПЗ

Завод был запущен в 1985 году, в 1994 году предприятие было приватизировано, в 2000 году приобретено канадской компанией. 26 октября 2005 года компания CNPC (China National Petroleum Company – Китайская национальная нефтяная корпорация) приобрела 50-процентную долю завода.

В настоящее время управление предприятием осуществляется на паритетной основе: национальной компанией «КазМунайГаз» в лице АО «КазМунайГаз – переработка и маркетинг» и CNPC. Перерабатываемое сырье Шымкентского НПЗ – это в основном казахстанская нефть месторождений «Кумколь» и «Кенкияк», а также западносибирская нефть.

В 2009 году завод переработал 4,024 млн. тонн сырой нефти. Выход светлых нефтепродуктов составил 61,65 %. Показатель глубины переработки достиг 77,25%. Доля высокооктановых бензинов составила 55,45% от общего количества бензинов.

Получено разрешение на производство авиационного керосина марки ТС-1 при переработке нефтяной смеси «Кумколь-Западная Сибирь-Актюбинск», что позволило увеличить количество дефицитного авиатоплива. На Шымкентском НПЗ авиационного керосина производится больше, чем во всех остальных вместе взятых заводах Казахстана.

Продолжаются работы по инвестиционному проекту «Модернизация и реконструкция Шымкентского НПЗ», реализация которого позволит увеличить долю моторных топлив в вырабатываемой продукции, довести их качество до требований стандарта Евро-4, одновременно снизив выработку мазута.

В таблице 1 представлены данные Информационно-аналитического центра нефти и газа по производству нефтепродуктов в Республике Казахстан.

Таблица 1

Производство нефтепродуктов  
нефтеперерабатывающими заводами РК за 2011 год

Продукция, тыс. тонн в год	Заводы			
	Атырауский НПЗ	Павлодарский НХЗ (ПНПЗ)	Шымкентский НПЗ (ПКОП)	Всего
Объем переработки нефти	3654,429	3635,855	4015,973	11306,257
Автобензин	448,578	931,041	878,127	2257,746
Авиакеросин	36,134	95,933	188,518	320,585
Дизельное топливо	1133,874	1101,674	1167,940	3403,488
Мазут	1488,728	686,235	857,747	3032,710
Печное топливо	67,239	5,767	0	73,006
Сырье для технического углерода	0	3,138	0	0
Газ сжиженный	17,393	184,551	128,550	1787,827

В настоящее время нефтеперерабатывающие заводы покрывают спрос только в автобензине А-80, дизельном топливе и мазуте, а высокооктановые марки бензина и авиационный керосин в значительных объемах приходится импортировать. После реконструкции нефтеперерабатывающих заводов (в особенности Павлодарского и Шымкентского) они будут выдавать высококачественную продукцию, в частности моторные топлива стандарта Евро-3 и Евро-4. Это не только удовлетворит внутренний спрос но и обеспечит экспорт нефтепродуктов.

### Газоперерабатывающие заводы Казахстана

**Жанаозенский казахский газоперерабатывающий завод (КазГПЗ)** был построен в 1972 году в Мангышлаке – это первый газоперерабатывающий завод в Казахстане. Для пуска КазГПЗ в 1973 году приехали специалисты по переработке газа и эксплуатации газомотокомпрессоров с Грозненского НПЗ, Миннибаевского ГПЗ, Вознесенского ГПЗ, Невинномысского химкомбината. Вторая очередь завода была пущена в 1997 году. Проектная мощность по природному газу 2900 млн м<sup>3</sup>/год и по сжиженному газу 80 тыс т/год.

Жанаозенский КазГПЗ занимает важное место в производственно-территориальном комплексе Мангистау. Завод обеспечивает значительную часть Казахстана бытовым сжиженным газом, снабжает население региона сухим отбензиненным газом и печным топливом, обеспечивает нужды предприятий города Жанаозен техническим кислородом (рис. 5).



Рисунок 5 – Жанаозенский КазГПЗ

Приведём некоторые исторические факты становления первенца газовой отрасли Казахстана:

- 1973 год июнь. Введена в эксплуатацию первая очередь КазГПЗ мощностью 0,5 млрд м<sup>3</sup>/год;
- 1974 год сентябрь. Введён в строй второй блок цеха переработки газа. Мощность по приему газа возросла до 1,5 млрд м<sup>3</sup>/год, а по переработке – до 1 млрд м<sup>3</sup>/год. Начата стройка 2-й очереди завода;
- 1977 год декабрь. Приняты в эксплуатацию 3-й блок цеха переработки газа и холодильное отделение №2 на импортном (французском) оборудовании;
- 1979 год июль. Введена в эксплуатацию этановая установка производительностью 160 тыс т/год 95%-й этановой фракции, подаваемой по вновь построенному трубопроводу на НХЗ в городе Актау в качестве сырья для получения полиэтилена;
- 1981 год. Завершено техническое перевооружение компрессорного цеха – 16 газомотокомпрессоров типа 10 ГКН, предназначенные для приема сырьевого газа, были заменены тремя высокопроизводительными центробежными компрессорами К-890, которые позволили стабилизировать технологический режим;
- 1982 год. Завершена реконструкция цеха подготовки газа на газлифт. Были приняты в эксплуатацию 5 центробежных компрессоров французского производства общей производительностью 1 млрд м<sup>3</sup>/год газа с давлением 80 атмосфер;
- 1997 год. Введена в эксплуатацию вторая очередь завода.

Жанаозенский КазГПЗ производит следующие виды продукции: фракции – изобутановая, нормального бутана, пентан-гексановая, пропановая, этановая; топливо печное бытовое, газ углеводородный сжиженный очищенный, углеводородный растворитель, газ горючий природный для коммунально-бытового назначения, газы углеводородные сжиженные топливные для коммунально-бытового потребления, газы углеводородные сжиженные топливные для автомобильного транспорта, азот, кислород технический.

**Тенгизский газоперерабатывающий завод (ТенгизГПЗ)** находится в западноказахстанской области (рис. 6). Введён в эксплуатацию поэтапно в период с 1995 по 1999 годы. Проектная мощность по природному газу 2550 млн м<sup>3</sup>/год и по сжиженному газу 90 тыс т/год.

Попутный газ с Тенгизского месторождения характеризуется большим содержанием пропан-бутановой фракции и отличается особенно высоким содержанием сероводорода, а также наличием углекислого газа и сопутствующих компонентов, требующих очистки и переработки. Поэтому на Тенгизском газоперерабатывающем заводе сырую нефть и газ очищают от сероводорода и выделяют элементарную серу.



Рисунок 6 – Тенгизский газоперерабатывающий завод

Тенгизский-1 ГПЗ перерабатывает 5,0 млрд. м<sup>3</sup> газа в год. Выпускаемая продукция Тенгизского ГПЗ – сепарируют и перерабатывают попутный газ, производят жидкую пропан-бутановые смеси и серы.

Тенгизский-2 ГПЗ (проект второго поколения) переработка газа около 10 млрд. м<sup>3</sup> в год. При этом попутный газ сепарируется и перерабатывается, производят сухой газ, пропан, бутан и сера.

Сера также присутствует в сырой нефти и попутном газе. В тенгизской нефти содержание сероводорода достигает 14%. На Тенгизском газоперерабатывающем заводе происходит очистка сырой нефти и попутного газа от сероводорода и выделяется элементарная сера. Позже сера как и газ идут на продажу и приносят хорошую прибыль так как сера является необходимым компонентом производства бумаги, резины, текстиля, а также применяется в производстве косметических препаратов, пластмасс и красок. Сера используется в фармацевтике, в горнорудной отрасли, в перерабатывающей промышленности, для производства цемента, асфальта, стекла и стали. Самое широкое использование сера нашла в производстве минеральных удобрений и химикатов для обработки почв.

**Жаназольский газоперерабатывающий завод (ЖГПЗ)** – ведущий субъект экономики Актюбинской области, от деятельности которого в немалой

степени зависят показатели экономического потенциала и социального благополучия региона, – построен в 1984 году (рис. 7). Проектная мощность по природному газу 1400 млн м<sup>3</sup>/год и по сжиженному газу 60 тыс т/год.



Рисунок 7 – Жаназольский ГПЗ

Основными видами деятельности ЖанаГПЗ предприятия являются переработка газового сырья, организация и обеспечение транспортировки, реализации газа и продуктов их переработки.

Товарной продукцией Жаназольского газоперерабатывающего завода являются:

- попутный газ, подготовленный по стандартам магистральной транспортировки. Потребляется самыми различными потребителями, в том числе населением;
- сера, получаемая при очистке газа. Реализуется в гранулированном и комовом виде автомобильным и железнодорожным транспортом. Находит дальнейшее применение не только при производстве удобрений, но и в таких отраслях хозяйства, как полимерхимическая, шинная, металлургическая, фармакологическая, лакокрасочная и др. отрасли;
- сжиженный газ. Высоколиквидный продукт XXI века.

В 2000-2003 годах была проведена реконструкция старого Жаназольского газоперерабатывающего завода (затраты в сумме 5,5 млн. долларов) и построен новый, второй по счету, Жаназольский газоперерабатывающий завод (сумма инвестиций – 166 млн. долларов). В 2006-2007 годы была построена первая линия третьего газоперерабатывающего завода, сметная стоимость которой составила около 474 млн. долларов США. Окончание строительства двух других очередей третьего завода намечено на ближайшие два года. Перерабатывающие мощности трех заводов позволят подготавливать добываемые углеводороды до требуемых стандартов качества и в объеме, соответствующем динамике прироста добычи. Необходимость инвестиций в подготовку сырья связана с характеристиками

добываемых углеводородов – высокое содержание сероводорода и меркаптанов требуют многоступенчатой технологической обработки сырья.

Суммарная мощность жанажольских заводов с учетом ввода третьего ГПЗ (Проект Третьего ЖГПЗ официально входит в государственную программу «30 корпоративных лидеров») доведена до следующих показателей: по газу – до 8 млрд. куб. метров в год, по конденсату – до 1,0 млн. тонн в год, по сжиженному газу – до 470 тыс. тонн в год. Значительное повышение объемов подготовки газа в скором времени будет связано с планом по разработке так называемых «газовых шапок» Жанажола, представляющих собой сухие газовые коллекторы (ловушки) с присутствием легкой конденсатной фракции.

На период 2012-2013 гг. намечено, строительство второй очереди ЖГПЗ с запуском производства в первом квартале 2014 года и проведения расширения существующей ЖГТС-45.

В таблице 2 представлена динамика увеличения мощностей действующих и новых газоперерабатывающих заводов и установок комплексной подготовки газа.

Таблица 2

Производство газа  
газоперерабатывающими заводами РК за 2011 год

Газоперерабатывающие заводы (ГПЗ)	Мощность заводов			
	действующих по:		новых по:	
	переработке газа, млн м <sup>3</sup> /год	выработке сжиженного газа, тыс т/год	переработке газа, млн м <sup>3</sup> /год	выработке сжиженного газа, тыс т/год
КазГПЗ	2900	110	–	–
Тенгизский ГПЗ	12000	1150	–	–
ЖГПЗ	4000	200	4000	280
Итого по ГПЗ	18900	1460	4000	280

Развитие Тенгизского месторождения в перспективе потребует переработки до 8-10 млрд. куб. м, Карачаганакского – дополнительно к добываемым объемам до 10 млрд. куб. м и освоение Кашаганского месторождения потребует переработки не менее 5-6 млрд. куб. м газа в год. Таким образом, мощности трех газоперерабатывающих заводов явно не обеспечивают полной переработки добываемого в стране газа. Все это в перспективе требует расширения действующих и строительства новых газоперерабатывающих заводов с одновременным сооружением специальных установок по очистке газа при разработке малых нефтегазовых месторождений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 <http://www.pnhz.kz>.
- 2 <http://www.petrokazakhstan.kz>.
- 3 <http://www.anpz.kz>.
- 4 Кнепель М.Н., Высоцкий В.И., Заргарян Т.Г. Современное состояние и тенденции развития нефтегазового комплекса Туркменистана и других центральноазиатских стран Ближнего зарубежья.
- 5 <http://kazgps.kz>.
- 6 <http://www.cnpc-amg.kz>.
- 7 <http://www.gazstroy.kz/Analiz%20sovremennogo%20sostojaniya%20gazovoj%20otrasli.html>.

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар. Материал поступил в редакцию 05.10.2012.

Р.Е. ҚАЙЫРЖАНОВ, В.В. РЫНДИН, А.Т. САГИНАЕВА  
ҚАЗАҚСТАННЫҢ МҰНАЙ ӨНДЕЙТІН ЖӘНЕ ГАЗ ӨНДЕЙТІН  
ЗАУЫТТАРЫ  
R.E. KAIRZHANOV, V.V. RYNDIN, A.T. SAGINAEVA  
OIL-PROCESSING AND GAS-TRANSFERING PLANTS OF KAZAKHSTAN

*Түйіндеме*

*Осы мақалада алты мұнай мен газ өндіру заводтарының жіберу бойынша, қалпына келтіру, перспективасын дамыту туралы және де олардың қуаты мен шығарылатын өнімдері бойынша айтылған.*

*Resume*

*The article it is provides data on start-up, reconstruction and prospects of development of six oil and gas-processing plants of Kazakhstan, and also on their capacity and types of let-out production.*

ӘОЖ 681.51:331.108.26

**А.П. КИСЛОВ, С.А. МЕНДЫБАЕВ, Д.С. АЙТЕЕВ**  
**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ САЛЫҚ**  
**КОМИТЕТІНДЕГІ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН КАДРЛАРДЫҢ**  
**БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ҚҰРАСТЫРУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ**

Жұмыс беруші міндетті арнайы тексеруден өту кезеңінде (Қазақстан Республикасының Мемлекеттік қызмет істері жөніндегі

агенттігінде конкурстық іріктеуден жөнген және резервте тұрған) штат кестесіне сәйкес және анықталған ережелерге лауазымындағы жұмысты орындауды ұсынады, ал Қызметкер келіседі [3].

Жұмыс істеу кезеңінде «Қызметкерге» «мемлекеттік қызмет туралы» Қазақстан Республикасының Заңының нормалары, Қазақстан Республикасының өзге нормативтік құқықтық актілері және осы Шарттың ережелері қолданылады.

Қызметкер: заңда белгіленген тәртіппен жұмыс берушімен жеке еңбек шартын жасауға, өзгертуге және бұзуға; қауіпсіздік пен гигиена талаптарына жауап беретін еңбек жағдайларына; демалуға; еңбек міндеттерін орындауға байланысты оның денсаулығына келтірілген зиянның орнын толтыруға; кепілдіктер мен төлемақылар беруге.

Жұмыс берушіден осы мерзімді еңбек шартында тарапты білдіретін лауазымды тұлғаның өкілеттіктерін растауын талап етуге; ұжымдық шартпен және жұмыс берушінің кесімдерін әзірлеуге қатысуға және танысуға; өзінің кәсіби біліктілігін көтеруге құқығы бар.

Қызметкер: жұмыс кезеңінде оған жүктелген функционалдық міндеттер мен міндеттерді сапалы және уақытылы орындауға; ішкі еңбек тәртібі ережесін, қауіпсіздік техникасын, жұмыс берушінің басқа да ішкі нормативтік құқықтық кесімдерін сақтауға [1].

Жұмыс берушінің мүлкіне ұқыпты қарауға, залалды болдырмау үшін шаралар қабылдауға; өз қызметінде осы шарттың ережелерін, жұмыс берушінің шешімдерін, бұйрықтарын және өкімдерін, тікелей басшының нұсқауларын басшылыққа алуға міндеттенеді.

Қызметкер өзінің қызметтік міндеттерін орындау кезінде жұмыс берушіге келтірген материалдық залал үшін Қазақстан Республикасының заңнамасына сәйкес жауап береді.

Келтірген залалдың мөлшері тиісті құжаттарды ресімдей отырып, бухгалтерлік есеп деректерінің негізінде іс жүзіндегі шығын бойынша анықталады, келіспеген жағдайда сот тәртібімен шешіледі.

Қызметкерге белгіленген тәртіпке сәйкес демалуға және таяақтануға уақыт беріледі. Қазақстан Республикасында белгіленген мерекелік күндері жұмыс жүргізілмейді.

Қызметкерге жұмыс орнын (қызметін) және орташа жалақысын сақтай отырып, ұзақтығы 30 күнтізбелік күн жыл сайынғы ақы төленетін еңбек демалысына кепілдік беріледі.

Жұмыс беруші: заңда белгіленген тәртіппен қызметкермен жеке еңбек шартын жасауға, өзгертуге және бұзуға; қызметкерден белгілі еңбек түрімен айналысу немесе белгілі қызметпен айналысу мүмкіндігін растайтын заңда көзделген құжаттарды ұсынуды талап етуге; өз құзыретінің шегінде жұмыс берушінің кесімдерін шығаруға.

Заңда және өзге де нормативтік құқықтық кесімдерде белгіленген тәртіппен қызметкерді көтермелеуге, оны тәртіптік және материалдық жауапкершілікке тартуға; оған қызметкер келтірген зиянның орнын толтыруға; сот шешімі бойынша заңсыз деп таңылған ереуілді ұйымдастыруға және жүргізуге қатысқан кезде қызметкерді жұмыстан босатуға; қызметкерге сынақ мерзімін белгілеуге құқығы бар.

Жұмыс беруші: қызметкерге осы шартпен негізделген жұмысты ұсынуға, қызметкерді үй-жаймен, жабдықтармен, ақпаратпен, нұсқаулықтармен, нормативтік құқықтық кесімдермен және оның міндеттерін орындау үшін қажетті өзге де материалдармен қамтамасыз етуге.

Қызметкерге уақытылы және толық көлемде еңбекақы және Қазақстан Республикасының нормативтік құқықтық кесімдерінде көзделген өзге де төлемдерді төлеуге; гигиена мен қауіпсіздік талаптарына жауап беретін еңбек жағдайын қамтамасыз етуге міндеттенеді. Жұмыс беруші қызметкерге толық және уақытылы еңбекақы төлеу үшін жауап береді.

Қызметтік куәлік саяси, әкімшілік мемлекеттік қызметшілерге Қазақстан Республикасы қаржы министірлігінің орталық аппаратында оның ведомстволарында және олардың аумақтық бөлімшелерінде атқаратын қызметін растайтын ресми құжат болып табылады [2].

Куәлік екі түрде дайындалады және ресімделеді: пластикалық – министрлік орталық аппаратының қызметкерлеріне арналған; әдеттегі – министрлік орталық аппаратының басшыларына, заңға сәйкес бақылау-қадағалау функцияларын жүзеге асыратын комитет орталық аппаратының қызметкерлеріне және комитеттің аумақтық органдарына арналған.

Министрліктер мен комитеттер орталық аппаратының қызметкерлеріне пластикалық куәліктер министрдің қолы қойылып беріледі.

Әдеттегі куәліктер: министрдің қолы қойылып - лауазымдар номенклатурасына сәйкес белгіленген тәртіппен министрліктер, комитеттер орталық аппараттарының және комитеттер аумақтық органдарының қызметкерлеріне.

Комитет басшысының қолы қойылып – лауазымдар номенклатурасына сәйкес белгіленген тәртіппен комитет орталық аппаратының және комитеттің аумақтық органдарының қызметкерлеріне; комитеттің аумақтық органы басшының қолы қойылып – тиісті аумақтық органның қызметкерлеріне беріледі.

Лауазымға алғаш тағайындалған тұлғаға куәлік беруді кадр қызметі құжатты пайдалану ережесі мен сақтау тәртібін түсіндіре отырып жүзеге асырады. Басқа лауазымға тағайындалған жағдайда бұрын берілген куәлік міндетті тәртіппен тиісті кадр қызметіне қайтарылады.

Куәлік жоғалған немесе бүлінген жағдайда, оның иесі бір апталық мерзімде ол туралы кадр қызметінің басшысына, не тікелей басшысына баяндайды.

Иесінің кінәсі бойынша куәлікті жоғалтудың, бүлдірудің, басқа тұлғаларға берудің, не белгіленген ережелерді бұза отырып, оны

пайдаланудың әрбір фактісі бойынша тиісті кадр қызметі қызметтік тергеу жүргізеді.

Тергеу нәтижелері бойынша айыптылар заңнамада белгіденген тәртіппен жауапкершілікке тартылады.

Куәлікті жоғалтқан тұлға бұқаралық ақпарат құралдары арқылы жоғалтылған куәліктің қолданыстан шығуы туралы хабарлауы қажет. Аткарып отырған қызметінен босатылған кезде куәлік тиісті кадр қызметіне тапсырылады.

Куәлік беруді тіркеуді тиісті кадр қызметі арнайы басталған журналдарда жүргізеді, ол нөмірленуі және тігінделуі тиіс.

Куәліктер беруді ресімдеу мен тіркеудің дұрыстығына жауапкершілік кадр қызметінің басшысына жүктеледі.

Тиісті кадр қызметіне тапсырылған куәліктер тиісті акт жасала отырып кезең-кезеңмен жойып отыруға жатады.

Салық комитетінде автоматтандырылған жүйелерін басқару жасауға және енгізуге өткізілген тексеру нәтижелері I-кестеде келтірілген

I кесте

Салық комитетінің автоматтандырылған жүйелерін басқару жасауға және енгізуге даярлық бағалауы

Бағалау белгісі	Баға
БЖА жасау үшін материалды-техникалық базалардың бар болуы	Аз қаржыландыру есебінен жоқ болғаны
Жинау және хабар өңдеу әдістері	Хабар жинауы және оның өңдеуі толық қолмен жасалады
Есептеуіш техника жұмысына дайын қызметкерлердің барысы	Бар
Электронды түрге жарамды ұсынуға арналған құжаттардың бары	Шамамен ондай құжаттар толтырылатын құжаттардың жалпы санының 60% құрайды
Машина орындалуына жарамды жинау алгоритмы және хабар өңдеудің бары	Статистикалармен ұсынылатын есептеу нәтижелерінің жалпы санының 95% белгілі және кең қолданылатын алгоритмдармен қалыптасады

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Чекаева Е. Электронные формы налоговой отчетности. Бюллетень бухгалтера –2004 – №18 – б. 9-11.

2 Сапарбаев А.Д. – Информационные технологии в системе налогообложения //Банки Казахстана – 2002 – №7 – б. 9-12.

3 Правительство РК. Положение о комитете финансового контроля Министерства РК//САПП РК — 2000 – №11-12 – б.249-257.

4 Инкербаев Ж.Д. Ответственность за совершение правонарушений в

сфере налогообложения // Налоговый эксперт – 2001 – №12 – с. 8- 15.

5 Глушков В. М. “Основы безбумажной информатики”, - М.: Наука, 1987 г. 215б.

6 Акодис И.А. Показатели рентабельности и их анализ в условиях АСУ. - М.: Финансы, 1975.

7 «Основы инженерной психологии» под ред. Ломова Б. Ф., М.: Высшая школа, 1986 г. 215б.

8 8. Гофман В.Э., Хомоненко А.Д. Delphi. 6. Наиболее полное руководство. – СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2002.- 208б.:ил.

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ. Материал 15.08.12 ж. редакцияға түсті.

А.П. КИСЛОВ, С.А. МЕНДЫБАЕВ, Д.С. АЙТЕЕВ  
СОСТАВЛЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ КАДРОВОЙ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАЛОГОВОГО  
КОМИТЕТА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
A.P. KISLOV, S.A. MENDYBAYEV, D.S. AITEYEV  
DESIGN AND STUDY OF THE PERSONNEL AUTOMATED CONTROL  
SYSTEM OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN TAX COMMITTEE

### Резюме

*В статье исследуется кадровая автоматизированная система управления налогового комитета Республики Казахстан и рассматриваются характеристики объекта управления.*

### Resume

*The article studies the personnel automated control system of the Republic of Kazakhstan Tax Committee and discusses the characteristics of the control subject.*

УДК 621.365.2

## А.П. КИСЛОВ, А.Н. БЕРГУЗИНОВ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

В мировой практике имеются примеры использования различных схем электроснабжения дуговых сталеплавильных электропечей, относящихся к мощным потребителям электроэнергии и оказывающих существенное

влияние на питающие сети.

Авторы считают полезным и необходимым провести описание систем электроснабжения ДСП различной емкости и мощности, установленных на отечественных заводах, так как длительный срок их эксплуатации позволил выявить преимущества и недостатки различных технических решений. При этом, особенно ценным информационным материалом оказались характеристики промышленных ДСП как нагрузок электрических сетей.

Рассматриваемые дуговые сталеплавильные печи входят в состав литейных или плавильных цехов металлургических, машиностроительных и других предприятий, либо объединены в отдельные электросталеплавильные цехи (ЭСЦ) и заводы.

Являясь мощными электроприемниками со специфической резкопеременной нагрузкой, ДСП оказывают сильное влияние на структуру всей системы электроснабжения предприятия. Влияние работы ДСП на работу других потребителей предприятия во многом зависит от принятой схемы электроснабжения самих печей.

Построение рациональных схем электроснабжения ДСП определяется рядом условий: числом, емкостью и мощностью ДСП; уровнем напряжения внешнего и внутреннего электроснабжения; параметрами печных трансформаторов; выбором коммутационной аппаратуры; способом и средствами снижения отрицательного влияния ДСП на электрические сети и на других потребителей предприятия; способами и средствами компенсации реактивной мощности, потребляемой ДСП.

На рис. 1-3 в качестве примера приведены схемы электроснабжения ДСП различной емкости. Как правило источниками питания ДСП являются энергетические системы. На отдельных предприятиях машиностроения и черной металлургии электроснабжение ДСП осуществляется также от местных ТЭЦ (рис. 1, в).

Как показали обследования, для внешнего электроснабжения ДСП применяются напряжения 6-330 кВ. Напряжения 6 кВ используются главным образом при электроснабжении промышленных предприятий, оснащенных не-большим количеством печей малой емкости и расположенных вблизи районных подстанций.

Напряжения 35 - 220 кВ применяются при электроснабжении ДСП средней и большой емкости и больших групп ДСП малой емкости, напряжения 110 - 330 кВ - при электроснабжении сверхмощных ДСП.

При наличии местных ТЭЦ печи малой емкости питаются обычно генераторным напряжением 6 - 10 кВ непосредственно от ГРУ ТЭЦ или через промежуточные распределительные подстанции (РП), печи средней и большой емкости - от распределительных устройств 35 - 110 кВ ТЭЦ.

Внешнее электроснабжение при напряжении 110-330 кВ осуществляется

исключительно воздушными линиями, при напряжении 35 кВ - воздушными и кабельными, при напряжении 6 - 10 кВ - только кабельными линиями. За редким исключением, внешнее электроснабжение ДСП осуществляется по двум самостоятельным линиям.

Для питания непосредственно электропечных установок (внутреннее электроснабжение) используется четыре напряжения: 6, 10, 35 и 110 кВ, при этом 6, 10 кВ - в основном для питания печей малой емкости, 35 кВ - для питания печей средней и большой емкости, а на металлургических предприятиях также для питания печей малой емкости; 35 - 110 кВ - для питания сверхмощных ДСП.

В связи с распространением практики использования крупнотоннажных сверхмощных ДСП широкое применение напряжения 110 кВ и выше для внутреннего электроснабжения целесообразно. Поэтому отечественная промышленность освоила производство и выпуск печных трансформаторов и выключателей на такие напряжения.

Основные трудности здесь связаны со значительными перепадами уровней первичного и вторичного напряжений, регулированием напряжения под нагрузкой, а для коммутационной аппаратуры - с обеспечением большого числа включений и выключений ДСП в рабочих режимах.

Первая из указанных проблем решается в направлении применения двух-трансформаторной схемы включения ДСП, при которой печной трансформаторный агрегат разделяется на собственно печной трансформатор и регулировочный трансформатор (автотрансформатор).

Отметим, что регулировочный трансформатор может быть изготовлен на любое первичное напряжение и при двухкорпусном варианте печного агрегата установлен за пределами цеха.

Вторая проблема решается на уровне напряжения 110 кВ, однако, надежность высоковольтных выключателей еще недостаточна. Основными все еще остаются воздушные электропечные выключатели, изготавливаемые на напряжения до 35 кВ. Эти выключатели после примерно 250 - 300 операций требуют профилактического ремонта.

Поэтому для повышения надежности питания ДСП устанавливают параллельно два выключателя, работающие попеременно. При групповой работе ДСП иногда один резервный выключатель устанавливается на две-три печи.

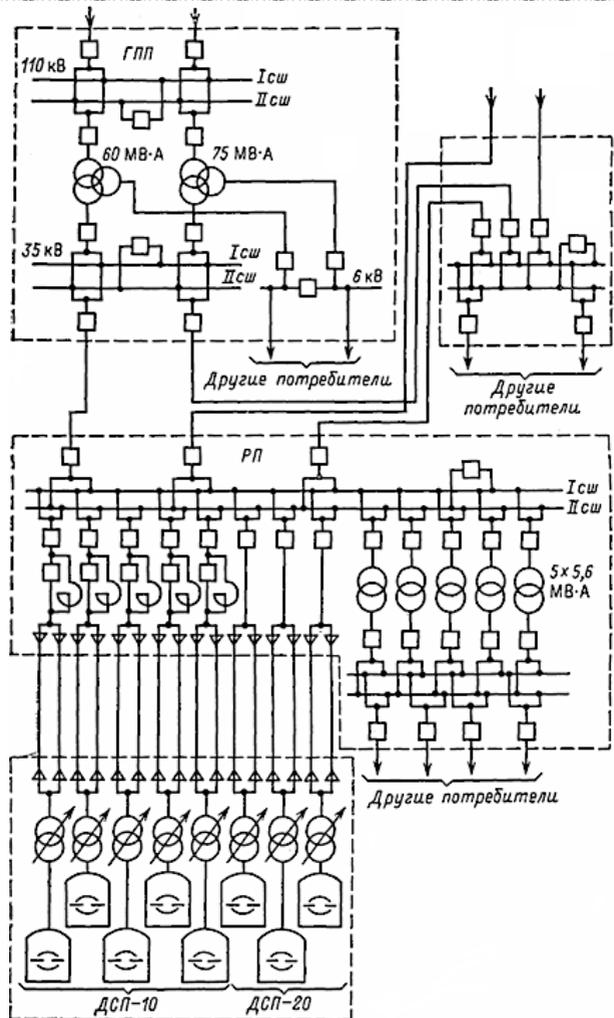
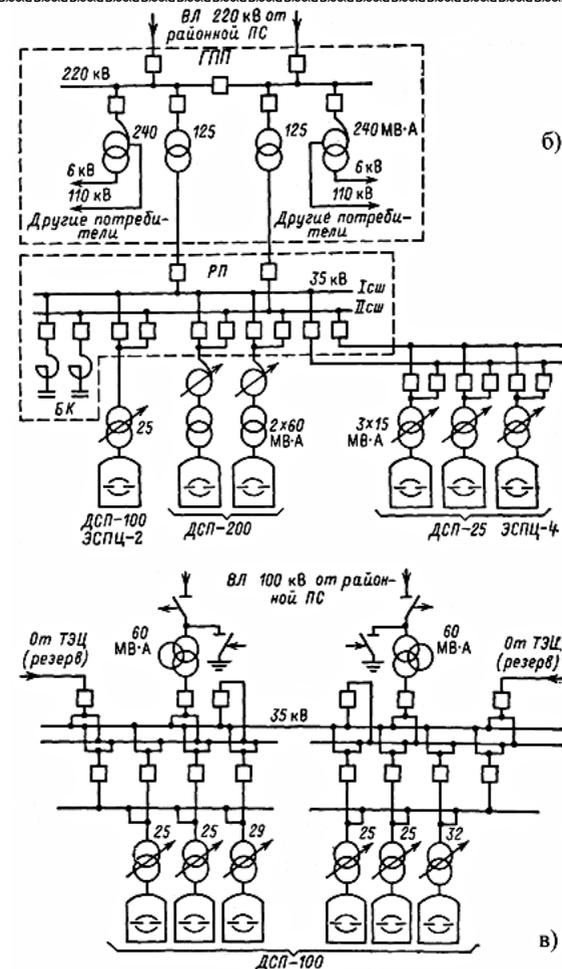


Рисунок 1 – Схемы электроснабжения ДСП емкостью 10 и 20 тонн



а) ДСП емкостью 25, 100, 200 тонн (МЗ-2); б) ДСП емкостью 100 тонн (МЗ-4).

Рисунок 2 – Схемы электроснабжения ДСП различной емкости

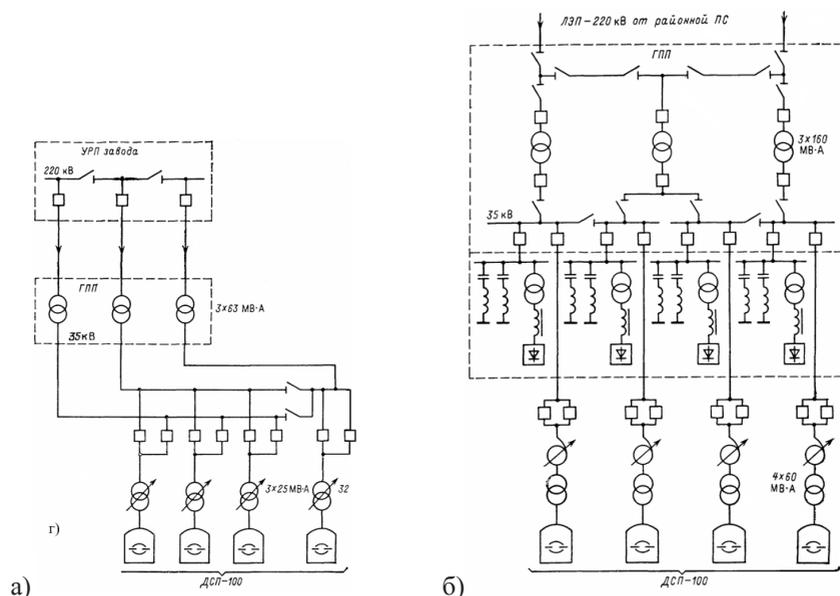
По надежности электроснабжения ДСП, как и большинство электротермических установок, относятся к электроприемникам второй категории, допускающих перерыв в электроснабжении на время ручного перехода на резервное питание. Однако необходимо иметь в виду, что отключения печи вызывают снижение производительности, рост удельного расхода электроэнергии из-за потерь аккумулированного печью тепла.

Поэтому допустимая длительность перерыва в электроснабжении должна определяться размером ущерба, вызываемого этими факторами.

Расчеты показывают, что ущерб, связанный с переводом ДСП на резервное питание вручную, не превышает затрат на установку автоматического ввода резерва, в связи с чем такие технические решения не используются. На этом же основании для одиночных ДСП не предусматривается 100 %-го резервного питания с прокладкой отдельной резервной линии.

Резервирование питания ДСП осуществляется в основном на питающих подстанциях путем использования двойной системы сборных шин или двух, трех секций. В более редких случаях прокладываются резервные линии на группу ДСП, питающихся от одной секции.

Наиболее распространенным вариантом электроснабжения ДСП на современных предприятиях является питание печей через общезаводские главные понизительные подстанции (ГПП). При этом раздельное питание ДСП от других потребителей обеспечивается применением двойной системы шин, позволяющей выделять печную нагрузку на отдельные силовые трансформаторы или вводы (рис. 1 и 2.).



а) ДСП емкостью 100 тонн (МЗ-5);

б) сверхмощные ДСП емкостью 100 тонн (МЗ-7).

Рисунок 3 – Схемы электроснабжения ДСП различной емкости

Двойная система сборных шин является сложным и дорогим устройством, требующим больших капитальных затрат и большого расхода материалов и электрооборудования; кроме того, велика вероятность ошибочных операций с шинными разъединителями, а аварии, возникающие при этом, приводят к тяжелым последствиям и значительным перерывам в электроснабжении.

В целях упрощения схем и конструкций ГПП группы установок ДСП запитывают через промежуточные распределительные подстанции (рис. 1, 2,а), которые располагают непосредственно в ЭСПЦ или около них.

Примером питания мощных ДСП от общезаводской ГПП служит система электроснабжения ЭСПЦ-2 металлургического завода МЗ-2 (рис. 2,а). К ГПП от подстанции энергосистемы подведены две воздушные линии 220 кВ.

На ГПП установлены два трансформатора мощностью по 125 МВ·А с номинальными напряжениями 220/35 кВ, служащие для питания только электропечной нагрузки, и два автотрансформатора мощностью по 240 МВ·А с номинальным напряжением 220/110/6 кВ, от которых питаются другие потребители завода и в том числе не печные нагрузки ЭСПЦ-2 на напряжении 6 кВ.

От трансформаторов ГПП по двум воздушным токопроводам 35 кВ, выполненным проводами марки АСО-500 (по три провода на фазу), электроэнергия подается на распределительную подстанцию ЭСПЦ-2. К трансформаторам ГПП токопроводы подсоединены наглухо. Выключение и включение токопроводов осуществляется на стороне 220 кВ трансформаторов.

В ЭСПЦ-2 установлены три печи: одна печь емкостью 100 т с трансформатором мощностью 25 МВ·А и две печи емкостью 200 т с трансформаторными агрегатами мощностью по 60 МВ·А в двухкорпусном исполнении. Регулировочный автотрансформатор установлен в помещении печной подстанции в одной камере с печным автотрансформатором.

Оперативное управление печами осуществляется воздушными выключателями типа ВВП-35. На каждую печь установлено по два выключателя, позволяющие подключить печь к любой системе шин и выводить один из выключателей в ремонт.

От РП ЭСПЦ-2 получает питание ЭСПЦ-4, в котором установлены три печи емкостью 25 т с трансформаторами мощностью по 15 МВ·А. Система питания этих печей выполнена по схеме двойной магистрали.

В схеме электроснабжения ЭСПЦ-2 и ЭСПЦ-4 снижение влияния ДСП на работу других потребителей осуществляется за счет подключения электропечной нагрузки к сети 220 кВ в точке с большим значением мощности короткого замыкания. Для компенсации реактивной мощности к обеим системам шин РП подключены нерегулируемые конденсаторные батареи (БК) мощностью по 15 МВар.

Опыт проектирования и эксплуатации систем электроснабжения показал, что мощные ДСП целесообразнее питать от отдельных ГПП, сооружаемых

вблизи ЭСПЦ. Данный вариант, обеспечивая раздельное питание ДСП и других потребителей промышленного предприятия, позволяет применять простые двухсекционные ГПП и использовать системы глубоких вводов.

Примером питания мощной печной нагрузки от отдельных ГПП является система электроснабжения ЭСПЦ-2 металлургического завода МЗ-4 (рис. 2,б). В цехе установлены шесть печей ДСП-100. Схема питания печей построена по двухсекционному принципу с дополнительной обходной системой шин. Для сокращения числа печных выключателей на каждой секции установлен только один резервный выключатель и дополнительная обходная система шин. В схеме предусмотрен холодный резерв (кабельные вводы 35 кВ от местной ТЭЦ). Силовые трансформаторы получают питание по воздушным линиям 110 кВ от районной подстанции.

Схема обеспечивает хорошую загрузку силовых трансформаторов ГПП и бесперебойность электроснабжения печей при выходе из строя любой питающей линии и любого силового трансформатора, однако является весьма громоздкой по конструкции и сложной по обслуживанию.

Канализация электроэнергии от ГПП (РП) до электропечных установок выполняется преимущественно кабельными линиями или шинопроводами. Распределение электроэнергии по печам производится в основном по радиальным схемам.

Магистральные схемы широкого распространения не получили, так как они снижают надежность электроснабжения, не позволяли отделять ДСП от других потребителей и не обеспечивают равных условий по уровню напряжения между ДСП: печи, подключенные к концу магистрали, имеют более низкие средние значения напряжения, а следовательно, меньшую производительность чем печи, подключенные к началу магистрали. Повышение надежности электроснабжения при магистральной схеме обеспечивается применением двойной магистрали (рис. 2,а и 3,а).

На рис. 3, б приведена схема электроснабжения сверхмощных ДСП емкостью 100 т металлургического завода МЗ-7.

Питание электропечной нагрузки производится от ГПП, на которой установлены три силовых трансформатора мощностью по 160 МВ.А с номинальными напряжениями 220/35 кВ. Внешнее электроснабжение ДСП осуществляется двумя воздушными линиями 220 кВ от районной подстанции. Воздушные линии и силовые трансформаторы на стороне 220 кВ включены по схеме моста.

Распределительное устройство 35 кВ ГПП имеет одну систему сборных шин, разделенную разъединителями на четыре секции. К каждой секции через воздушные выключатели подключены электропечной агрегат и статический компенсатор реактивной мощности с тиристорным управлением. Компенсаторы расположены в отдельном здании ГПП.

Электропечные агрегаты в двухкорпусном исполнении установлены в цехе в помещении электропечных подстанций. Там же установлены оперативные выключатели, по два на печь.

Наличие трех силовых трансформаторов на ГПП существенно повышает надежность электроснабжения ДСП, однако удорожает ГПП и усложняет ее эксплуатацию. Кроме того, при нормальной работе компенсирующих устройств силовые трансформаторы имеют низкую загрузку.

Более простым и экономичным является вариант с двумя силовыми трансформаторами той же мощности и двумя секциями с подключением к каждой двух ДСП. Опыт применения такого варианта в заводской практике имеется.

Важным вопросом при проектировании систем электроснабжения ДСП является вопрос электроснабжения не печных потребителей электросталеплавильных цехов.

В электросталеплавильном производстве используется большое количество вспомогательных механизмов и устройств, участков, отделений и служб, необходимых для обеспечения нормальной работы основных технологических агрегатов - электропечей. Установленная мощность не печных электроприемников достигает 15-25 % общей мощности цеха.

В общем случае характерным является раздельное питание печных и не печных потребителей ЭСПЦ. Для электроснабжения не печных потребителей используются внутривзаводские электрические сети напряжением 6-10 кВ. При этом для питания высоковольтных двигателей (привод компрессоров, насосов, кислородных установок, дымососов и т.п.) сооружают отдельные РП или распределительные подстанции, совмещенные с цеховыми трансформаторными подстанциями (ТП). Низковольтные электроприемники получают питание от цеховых ТП в большинстве случаев на напряжении 380 В.

Основная не печная нагрузка по степени бесперебойности электроснабжения относится ко второй категории. Поэтому в электроснабжении ЭСПЦ чаще всего используют двухтрансформаторные ТП. При питании приемников первой категории (системы водоохлаждения и привод наклона печи, разливные краны и т.п.) широко используют автоматический ввод резерва.

В целом режим работы и электропотребления не печных установок ЭСПЦ определяется режимом индивидуальной и групповой работы ДСП.

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар. Материал поступил в редакцию 15.11.12

А.П. КИСЛОВ, А.Н. БЕРГУЗИНОВ  
ҚАТТЫ БОЛАТ БАЛҚЫТАТЫН ПЕШТІ ЭЛЕКТРМЕН ЖАБДЫҚТАУ  
A.P. KISLOV, A.N. BERGUZINOV  
ELECTRICAL CIRCUITS OF ARE STEEL FURNACES

## Түйіндеме

Догалық болат балқыту пешінің электрмен қамтамасыз ету сұлбалары келтірілген.

## Resume

In the article described the electrical circuits of arc steel furnaces.

УДК 621.314.261

**В.С. КОПЫРИН\*, В.П. МАРКОВСКИЙ\*\*,  
Д.С. НАРЫНБАЕВ\*\*\***

**ПРИМЕНЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ  
ЗАЩИТ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ  
И УСТАНОВОК**

При разработке, проектировании, производстве и эксплуатации полупроводниковых преобразователей и установок (ППУ) уделяется большое внимание устройствам и системам их защиты [1]. Это объясняется особенностями силовых полупроводниковых приборов (диоды, тиристоры, транзисторы) и высокими требованиями к надежности работы ППУ. Наибольшие требования к системам защиты предъявляют при создании мощных преобразовательных агрегатов электротехнологических установок, электрического транспорта и автоматизированного электропривода.

Наряду с однофункциональными устройствами защиты, например, быстродействующими предохранителями, все большее внимание уделяется многофункциональным (комплексным) системам защиты. К ним, в первую очередь, относятся дифференциальные защиты (ДЗ) ППУ [1-9]. Они предусматривают защиту полупроводникового преобразователя (ПП) или полупроводниковой установки (агрегата), включающей ПП и согласующий преобразовательный трансформатор (ПТ).

Функциями ДЗ ППУ являются защита от превышения допустимых максимальных и минимальных токов в элементах ПП и ПТ, а также во внешних цепях ППУ. Причиной являются внутренние аварийные режимы в ПП и ПТ, внешние отклонения токов, превышающие допустимые на вводе и выходе ППУ (питающая сеть и приемник электроэнергии).

К основным направлениям дальнейшего развития ДЗ относятся:

– расширение области применения для различных ПП (неуправляемые и управляемые выпрямители, ведомые инверторы, реверсивные выпрямители, преобразователи частоты, тиристорные преобразователи напряжения, преобразователи постоянного напряжения);

– включение в область защиты силового согласующего трансформатора;

– обеспечение контроля токов утечки внутри и во внешней цепи ПП и ПТ;

– обеспечение надежного функционирования при изменении показателей качества электроэнергии (несимметрия, колебания и несинусоидальность напряжения питающей сети, высшие гармоники тока);

– применение эффективных датчиков тока как с использованием современных измерительных трансформаторов, так и магнитоуправляемых полупроводниковых приборов.

Реализация данных направлений путем разработки и исследования ДЗ позволит существенно повысить надежность ППУ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Глух Е.М., Зеленев В.Е. Защита полупроводниковых преобразователей. -М.: Энергоиздат, 1982.
- 2 А.с. 915734 (СССР). Устройство для дифференциальной защиты преобразователя / В.А. Бобков, А.А. Патрик, В.С. Копырин, М.Я. Клецель. По публ. в Б.И., 1982, № 12.
- 3 А.с. 1073840 (СССР). Устройство для дифференциальной защиты преобразовательной установки / В.С. Копырин. По публ. в Б.И., 1984, № 6.
- 4 А.с. 1119582 (СССР). Устройство для дифференциальной защиты преобразовательной установки / М.Я. Клецель, В.С. Копырин. По публ. в Б.И., 1984, № 38.
- 5 А.с. 1265910 (СССР). Устройство для дифференциальной защиты преобразователя / В.А. Бобков, А.А. Патрик, В.С. Копырин. По публ. в Б.И., 1986, № 39.
- 6 А.с. 1319154 (СССР). Устройство для дифференциальной защиты преобразовательной установки / В.С. Копырин. По публ. в Б.И., 1987, № 23.
- 7 Патент 3339. Республика Казахстан. Устройство для дифференциальной защиты преобразователя / В.С. Копырин, В.П. Марковский. Бюл. № 2, 1996.
- 8 Патент 4361. Республика Казахстан. Устройство для дифференциальной защиты преобразователя / В.С. Копырин, В.П. Марковский. Бюл. № 1, 1997.
- 9 Устройство для дифференциальной защиты реверсивного полупроводникового преобразователя / В.С. Копырин, Б.Б. Утегулов, В.П. Марковский и др. В сб. докл. X Международной НПК «Проблемы и достижения в промышленной энергетике». Екатеринбург: Уральские Выставки, 2011.

\*НПЦ «ЭНЭК», г. Екатеринбург; \*\*Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар; \*\*\*АО «Казахстанский оператор рынка электрической энергии и мощности». Материал поступил в редакцию 24.07.12.

В.С. КОПЫРИН, В.П. МАРКОВСКИЙ, Д.С. НАРЫНБАЕВ  
 ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШТІ ТҮРЛЕНДІРГІШТЕР МЕН  
 ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҢ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫ ҚОРҒАУЛАРЫН  
 ҚОЛДАНУ ЖӘНЕ ДАМУ  
 V.S. KOPYRIN, V.P. MARKOVSKY, D.S. NARYNBAEV  
 APPLICATION AND DEVELOPMENT OF DIFFERENTIAL PROTECTION  
 OF SEMICONDUCTOR TRANSFORMERS AND WHITS

### *Түйіндеме*

*Мақалада жартылай өткізгішті түрлендіргіштер мен қондырғылардың көп функционалды қорғауларын қолданудың маңыздылығы көрсетілген, жартылай өткізгішті агрегаттардың сенімділігін арттыру үшін дифференциалды қорғауларды бұдан әрі дамыту бағыттары талданған.*

### *Resume*

*The article shows the importance of application of multifunctional protection of semiconductor trans-formers and analyzes the trend of further development of differential protection to improve the reliability of semiconductor units*

УДК 665.6/.7:620.197

## **Г.Т. ЛИПАРТЕЛИАНИ, К.В. УШАКОВ, В.А. ГЛАЗЫРИН СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ КОРРОЗИИ**

Проблема защиты металлов от коррозии возникла почти в самом начале их использования. Современная защита нефтегазового оборудования от коррозии базируется на следующих методах: повышение химического сопротивления конструкционных материалов, изоляция поверхности металла от агрессивной среды, понижение агрессивности производственной среды, снижение коррозии наложением внешнего тока (электрохимическая защита).

Эти методы можно разделить на две группы. Первые два метода обычно реализуются до начала производственной эксплуатации металлоизделия (выбор конструкционных материалов и их сочетаний еще на стадии проектирования и изготовления изделия, нанесение на него защитных покрытий). Последние два метода, могут быть осуществлены только в ходе эксплуатации металлоизделия (пропускание тока для достижения защитного потенциала, введение в технологическую среду специальных добавок-ингибиторов) и не связаны с

какой-либо предварительной обработкой до начала использования.

При применении первых двух методов не могут быть изменены состав сталей и природа защитных покрытий данного металлоизделия при непрерывной его работе в условиях меняющейся агрессивности среды. Вторая группа методов позволяет при необходимости создавать новые режимы защиты, обеспечивающие наименьшую коррозию изделия при изменении условий их эксплуатации. Например, на разных участках трубопровода в зависимости от агрессивности почвы можно поддерживать различные плотности катодного тока или для разных сортов нефти, прокачиваемой через трубы данного состава, использовать разные ингибиторы. Широко применяются следующие основные решения защиты металлических конструкций от коррозии:

**Защитные покрытия.** Защитное покрытие должно быть сплошным, равномерно распределенным по всей поверхности, непроницаемым для окружающей среды, иметь высокую адгезию (прочность сцепления) к металлу, быть твердым и износостойким. Коэффициент теплового расширения должен быть близким к коэффициенту теплового расширения металла защищаемого изделия.

**Металлические покрытия.** Считается одним из самых распространенных методов борьбы с коррозией. Эти покрытия не только защищают от коррозии, но и придают их поверхности ряд ценных физико-механических свойств: твердость, износоустойчивость, электропроводность, отражательную способность, обеспечивают изделиям декоративную отделку и т.д. По способу защитного действия металлические покрытия делят на катодные и анодные.

Горячее цинкование - почти идеальный способ защиты черных металлов от ржавчины и коррозии в большинстве естественных коррозионных сред. Покрытие из железо-цинковых сплавов переменного состава, образующееся при окунании изделия в расплав цинка, служит прочным и, что самое главное, активным барьером на пути коррозии с металлом конструкции, обладающим отличной устойчивостью к разрушению и сопротивлению абразивному износу. Кроме того, процесс горячего цинкования очень экономичен.

Преимущества данного способа защиты очевидны и проверены многолетней эксплуатацией оцинкованных изделий на территории РФ, Казахстана и стран Европы. Следует особо заметить, что требования повышенной коррозионной стойкости накладываются на металлоконструкции зданий и сооружений опасных производств - здания и сооружения нефтедобывающих, нефтеперерабатывающих и нефтеперегонных предприятий, взрывоопасные производства, а также другие здания, эксплуатируемые в агрессивной среде и среде с повышенной влажностью воздуха.

**Термодиффузионный метод покрытия.** Сущность метода состоит в поверхностном насыщении основного металла атомами легирующего компонента в результате диффузии его при высоких температурах. Тем самым удается значительно снизить расход легирующего металла.

Термодиффузионные покрытия на железе могут создавать металлы: Cu, Au, Zn, Ti, Al, Si, Cr, Mo и т.д.

Плакирование — термомеханический способ. Плакирование является наиболее совершенным методом защиты малостойких металлов сплавами или металлами, обладающими повышенной коррозионной стойкостью.

Способ плакирования заключается в том, что на матрицу основного металла накладывают с обеих сторон листы другого металла, затем весь пакет подвергают горячей прокатке. В результате термодиффузии на границе раздела металлов получают прочное многослойное изделие.

**Металлизация напылением.** Сущность метода состоит в нанесении расплавленного металла на поверхность защищаемого изделия с помощью струи сжатого воздуха или инертного газа. Частицы расплавленного металла, двигаясь с большой скоростью, ударяются о поверхность основного металла и сцепляются с ней, образуя металлическое покрытие. Металл поступает в распылитель в виде проволоки и расплавляется либо в газовом пламени, либо в электрической дуге, создающейся между двумя электродами.

**Неметаллические покрытия.** Данные покрытия получают нанесением на поверхность различных неметаллических материалов - лакокрасочных, каучуковых, пластмассовых, керамических и др.

Наиболее широко используются лакокрасочные покрытия, которые можно разделить по назначению и по составу пленкообразователя. Покрытия, получаемые химической и электрохимической обработкой поверхности. Эти покрытия представляют собой пленки нерастворимых продуктов, образовавшихся в результате химического взаимодействия металлов с внешней средой. Поскольку многие из них пористы, они применяются преимущественно в качестве подслоев под смазки и лакокрасочные покрытия, увеличивая защитную способность покрытия на металле и обеспечивая надежное сцепление. Методы нанесения - оксидирование, фосфатирование, пассивирование, анодирование.

**Неорганические покрытия.** Большинство металлов окисляется кислородом воздуха с образованием поверхностных оксидных пленок. Однако эти пленки в силу незначительной толщины не обеспечивают надежной защиты от коррозии. Особенно слабы в этом отношении естественные пленки на железе.

Между тем в результате определенной химической или электрохимической обработки можно создать на поверхности металла искусственные пленки, которые обладали бы значительно более высокой коррозионной стойкостью, чем основной металл, и защищали бы его от разрушения.

Существуют различные методы получения таких неметаллических пленок, отличающихся химическим составом. Наиболее распространены оксидные и фосфатные пленки, хотя по защитным свойствам они уступают

металлическим покрытиям. Процесс изготовления оксидных покрытий на металле получил название оксидирования, а фосфатных – фосфатирования.

**Эмали.** Эмаль представляет собой стекловидную массу, получаемую сплавлением шихты (песок, мел, глина и др.) и плавней (бура, сода, фтористые соли и др.). Кроме стеклообразующих веществ, в шихту вводят оксиды хрома, титана, цинка, повышающие жаростойкость, сцепляемость с металлом и придающие эмали нужную окраску.

Высокая химическая стойкость эмалей обусловлена присутствием буры и кремнезема; термостойкость обеспечивается близостью температурных коэффициентов линейного расширения покрытия и металла.

Наиболее жаростойкие эмали (так называемые керамические) выдерживают температуру 1100 °С, а в отдельных случаях до 1400 °С.

Эмалевые покрытия стойки к минеральным и органическим кислотам, солям, газовым средам, но разрушаются горячими растворами концентрированных щелочей, плавиковой кислоты и рядом фтористых соединений.

**Органические покрытия.** Лакокрасочные покрытия. Защита металлов лакокрасочными покрытиями — наиболее старый и один из самых распространенных способов защиты от коррозии.

При соответствующем подборе материалов и способа нанесения эти покрытия обеспечивают достаточно надежную защиту металлических конструкций от коррозии в атмосфере и ряде коррозионных сред.

К недостаткам лакокрасочных покрытий следует отнести малую термостойкость (предельная температура наиболее термостойких красок 150 – 200 °С), сравнительно невысокую механическую прочность, недостаточную стойкость в водной среде.

**Гуммирование.** Защита от коррозии химических аппаратов, трубопроводов, емкостей для перевозки и хранения химических продуктов резиной или эбонитом называется гуммированием. Аппараты, подвергающиеся сотрясениям, ударам, резким колебаниям температур, гуммируются мягкими резинами, содержащими от 2% до 4% серы, а аппараты, работающие при постоянной температуре и не подвергающиеся механическим воздействиям, - твердыми резинами (эбонитом). Применяют и комбинированные футеровки из резины и эбонита.

**Обработка коррозионной среды с целью снижения коррозионной активности.** Примерами такой обработки могут служить: нейтрализация или обескислороживание коррозионных сред, а также применение различного рода ингибиторов коррозии. Ингибиторы – это вещества, способные в малых количествах замедлять протекание химических процессов или останавливать их. Ингибиторы взаимодействуют с промежуточными продуктами реакции или с активными центрами, на которых протекают химические превращения. Они весьма специфичны для каждой группы химических реакций. Коррозия

металлов – это лишь один из типов химических реакций, которые поддаются действию ингибиторов. По современным представлениям защитное действие ингибиторов связано с их адсорбцией на поверхности металлов и торможением анодных и катодных процессов.

**Электрохимическая защита металлов.** Скорость электрохимической коррозии можно значительно уменьшить, если металлическую конструкцию подвергнуть поляризации. Этот метод получил название электрохимической защиты. В зависимости от вида поляризации различают катодную и анодную защиту. Путем катодной или анодной поляризации от постороннего источника тока или присоединением к защищаемой конструкции протекторов, потенциал металла смещается до значений, при которых сильно замедляется или полностью прекращается коррозия.

**Катодная защита.** Наиболее распространенный вид электрохимической защиты. Она применяется в тех случаях, когда металл не склонен к пассивации, то есть имеет протяженную область активного растворения, узкую пассивную область, высокие значения тока пассивации и потенциала пассивации.

Катодную поляризацию можно осуществлять путем присоединения защищаемой конструкции к отрицательному полюсу внешнего источника тока или к металлу, имеющему более электроотрицательный электродный потенциал. В последнем случае нет надобности во внешнем источнике тока, так как образуется гальванический элемент с тем же направлением тока, т. е. защищаемая деталь становится катодом, а более электроотрицательный металл, называемый протектором — анодом.

Протекторная защита является разновидностью катодной защиты. Протектор работает эффективно, если переходное сопротивление между ним и окружающей средой невелико. В процессе работы протектор, например цинковый, может покрываться слоем нерастворимых продуктов коррозии, которые изолируют его от окружающей среды и резко увеличивают переходное сопротивление. Для борьбы с этим протектор помещают в наполнитель — смесь солей, которая создает вокруг него определенную среду, облегчающую растворение продуктов коррозии и повышающую эффективность и стабильность работы протектора в грунте.

После полного растворения протектора или потери контакта его с защищаемой конструкцией протектор необходимо заменить.

**Анодная защита.** Анодную защиту применяют при эксплуатации оборудования в хорошо электропроводных средах и изготовленного из легко пассивирующихся материалов – углеродистых, низколегированных нержавеющей сталей, титана, высоколегированных сплавов на основе железа. Анодная защита перспективна в случае оборудования, изготовленного из разнородных пассивирующихся материалов, например нержавеющей сталей различного состава, сварных соединений.

Анодная защита осуществляется присоединением защищаемой металлической конструкции к положительному полюсу внешнего источника постоянного тока или к металлу с более положительным потенциалом (катодный протектор).

В результате происходит не только существенное снижение скорости коррозии металла, но и предотвращение попадания продуктов его растворения в производимый продукт.

Дополнительным резервом для организации противокоррозионной защиты являются неметаллические материалы. Из стекла, керамики, винипласта, фаолита, графита и других неметаллических материалов могут быть изготовлены отдельные аппараты или детали к ним. Их отличительной особенностью является высокая коррозионная стойкость во многих агрессивных средах.

Вопросам проектирования антикоррозионной защиты строительных конструкций уделяют серьезное внимание как у нас в стране, так и за рубежом. Западные фирмы при выборе проектных решений тщательно изучают характер агрессивных воздействий, условия эксплуатации конструкций, моральный срок службы зданий, сооружений и оборудования. Актуальность решения проблемы противокоррозионной защиты диктуется необходимостью сохранения природных ресурсов, защиты окружающей среды. Таким образом необходимость исследования коррозионных процессов является одной из наиболее важных проблем.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гоник А.А., Калимулин А.А., Сафонов Е.Н. // Защита нефтяных резервуаров от коррозии. - г. Уфа: РИЦ АНК «Башнефть». 1996.
- 2 Фришберг И.В., Юркина Л.П., Субботина О.Ю. и др. // Лакокрасочные материалы и их применение. 1997.
- 3 Михайловский Ю. Н. [и др.]. «Защита металлов», 1980, т. 16, в. 4, с. 396-413.

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар. Материал поступил в редакцию 16.05.2012.

Г.Т. ЛИПАРТЕЛИАНИ, К.В. УШАКОВ, В.А. ГЛАЗЫРИН  
 KOPPOЗИЯ ДАН МЕТАЛ КОНСТРУКЦИЯ СЫМЕН ҚОРҒАНУ ТӘСІЛІ  
 G.T. LIPARTELIANI, K.V. USHAKOV, V.A. GLAZYRIN  
 METHODS OF DEFENCE OF METALLIC CONSTRUCTIONS FROM  
 CORROSION

### Түйіндеме

Осы мақалада мұнайгаз жабдықтарының коррозиясының ерекшеліктері көрсетілген. Сонымен қатар коррозиядан қорғаудың технологиялық тәсілдері жан-жақты қарастырылған.

Resume

*The paper presents the features of corrosion of oil and gas equipment.  
The technological methods of protection against corrosion are considered  
in detail.*

УДК 620.193.4

**Д.С. ЛУКИНОВА, Г.К. КУАНЫШКАЛИЕВА,  
К.М. МАГОМАДОВА, В.В. РЫНДИН  
МЕХАНИЗМЫ ХИМИЧЕСКОЙ  
И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ КОРРОЗИИ**

Коррозия - это разрушение металла в результате его физико-химического взаимодействия с окружающей средой. При этом металлы окисляются и образуются продукты, состав которых зависит от условий коррозии.

По механизму протекания коррозионного процесса, зависящему от характера внешней среды, с которой взаимодействует металл, различают химическую и электрохимическую коррозию.

Химическая коррозия - это коррозионный процесс, протекающий в средах, не проводящий электрический ток. Химическая коррозия имеет место, например при высокотемпературном нагреве стали для горячей обработки давлением или термической обработки. При этом на поверхности металла образуются различные химические соединения - оксиды, сульфиды и другие в виде пленки.

Химическая коррозия характерна для сред, не проводящих электрический ток. При химической коррозии происходит прямое гетерогенное взаимодействие металла с окислителем окружающей среды. По условиям протекания коррозионного процесса различают:

а) газовую коррозию - в газах и парах без конденсации влаги на поверхности металла, обычно при высоких температурах. Примером газовой коррозии может служить окисление металла кислородом воздуха при высоких температурах;

б) коррозию в не электролитах - агрессивных органических жидкостях, таких, как сернистая нефть и др.

Электрохимическая коррозия характерна для сред, имеющих ионную проводимость. При электрохимической коррозии процесс взаимодействия металла с окислителем включает анодное растворение металла и катодное восстановление окислителя. Электрохимическая коррозия может протекать:

а) в электролитах - в растворах солей, кислот, щелочей, в морской воде;

б) в атмосфере любого влажного газа;

в) в почве.

Электрохимическая коррозия обычно сопровождается протеканием электрического тока.

Хотя механизм протекания коррозионного процесса в разных условиях различен, по характеру разрушения поверхности металла коррозию можно разделить на равномерную и местную (рис 1).

Местная коррозия, как правило, более опасна, чем равномерная коррозия, так как проникает на большую глубину. Особыми видами коррозии является межкристаллическая коррозия (коррозия по границам зерен), избирательная коррозия (растворение одного из компонентов сплава) и коррозионное растрескивание (коррозия при одновременном воздействии химических реагентов и высоких механических напряжений).

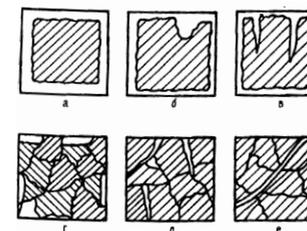
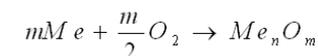


Рисунок 1 - Виды коррозионных разрушений:

а — равномерное; б — местное; в — точечное; г — избирательное;  
д — межкристаллическое; е — транскристаллическое. Детальное рассмотрение механизмов химической и электрохимической коррозии показывает, что резкого различия между ними не существует.

Механизм химической коррозии.

Химическая коррозия представляет собой самопроизвольное разрушение металлов в среде окислительного газа (например, кислорода, галогенов) при повышенных температурах или в жидких неэлектролитах. Рассмотрим химическую коррозию в газах (газовую коррозию), в частности, коррозию в атмосфере кислорода. Уравнение реакции окисления металлов кислородом можно записать в общем виде:



В соответствии с законами химической термодинамики эта реакция, как и другие реакции коррозии, может протекать лишь при условии уменьшения энергии Гиббса системы, т.е. при условии, если энергия Гиббса меньше нуля:  $\Delta G < 0$ . Для подавляющего большинства металлов стандартная энергия Гиббса окисления ниже нуля, что говорит о возможности протекания реакции при атмосферном давлении кислорода (рис.2).

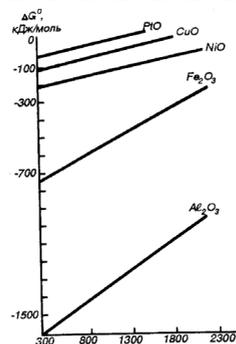


Рисунок 2 – Энергия Гиббса образования некоторых оксидов металлов при  $\bar{p}_{O_2} = 1$ .

Для большинства металлов условие  $\Delta G > 0$ , при котором коррозия невозможна, проявляется при очень низких давлениях кислорода, к реализуемых на практике.

Кинетика химической коррозии. Скорость химической коррозии зависит от многих факторов и в первую очередь от характера и продуктов коррозии. В процессе окисления на поверхности металла образуется твердая пленка оксидов. Для продолжения коррозии необходимо, чтобы ионы металла или кислород (или оба одновременно) диффундировали через эту пленку. Одновременно в этом же направлении должны перемещаться электроны. Ионы  $O^{2-}$  имеют больший радиус, чем атомы, поэтому с поверхности раздела оксид - газ в глубину пленки двигаются не ионы, а атомы кислорода, которые в пленке ионизируются ( $O + 2e = O^{2-}$ ) и, встречаясь с ионами металла, образуют оксиды.

Скорость окисления определяется сплошностью и защитными свойствами поверхностной пленки и зависит от наличия в ней трещин и пр. Поскольку пленки продуктов коррозии обычно хрупки и малопластичны, образование трещин в известной степени зависит от того, претерпевает ли пленка в процессе роста растяжения, благоприятствующие ее разрушению, или же она образуется в условиях сжатия. Это, в свою очередь, зависит от соотношения между объемами продуктов коррозии  $V^{OK}$  и металла  $V^M$ , из которого они образовались:

$$V^{OK}/V^M = M^{OK} \rho^M / n M^M \rho^{OK}$$

где  $V^{OK}$  - объем оксида;  $M^{OK}$  - молярная масса оксида;  $\rho^M$  - плотность металла;  $n$  - число атомов металла в молекуле оксида;  $M^M$  - молярная масса металла;  $\rho^{OK}$  - плотность оксида.

Если  $V^{OK}/V^M < 1$ , то образующаяся пленка не может быть сплошной и защищать металл от коррозии. Скорость роста пленки во времени у таких металлов остается постоянной (рис.3).

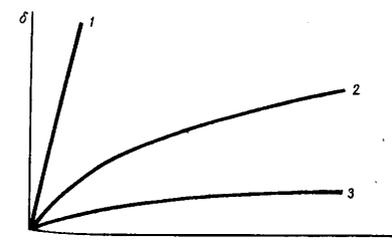


Рисунок 3 – Рост толщины слоя пленки  $\delta$  во времени по линейному (1), параболическому (2) и логарифмическому (3) законам.

Для металлов, у которых в результате химической коррозии получают сплошные пленки ( $V^{OK}/V^M > 1$ ), процесс коррозии будет тормозиться диффузией реагентов через пленку, и по мере утолщения пленки дальнейший рост ее будет все время замедляться. Для таких металлов (Fe, Co, Ni, Mn, Ti) в общем наиболее характерна параболическая зависимость для кинетики окисления (см. рис.3), которая в простейшем случае (исключая начальный период роста пленки) определяется выражением:  $\delta^2 = kDC_{O_2}t$

где  $k$  - константа;  $D$  - коэффициент диффузии иона;  $C_{O_2}$  - концентрация кислорода в газе.

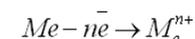
Для ряда металлов (Zn, Al, Cr) установлена логарифмическая зависимость роста пленки во времени:  $\delta = k \ln t$

Механизм электрохимической коррозии.

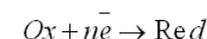
Механизм электрохимической коррозии может протекать по двум вариантам:

- 1) Гомогенный механизм электрохимической коррозии;
- 2) Гетерогенный механизм электрохимической коррозии.

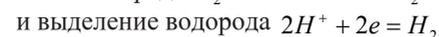
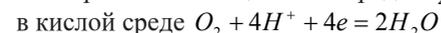
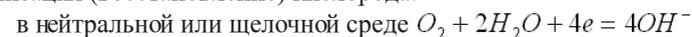
Коррозия металла в средах, имеющих ионную проводимость, протекает через анодное окисление металла:



и катодное восстановление окислителя ( $O_x$ )



Окислителями при коррозии служат молекулы кислорода  $O_2$ , хлора  $Cl_2$ , ионы  $H^+$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $NO_3^-$  и др. Наиболее часто при коррозии наблюдается ионизация (восстановление) кислорода:



Коррозия с участием кислорода называется коррозией с поглощением кислорода (коррозия с кислородной деполяризацией). Коррозия с участием ионов водорода называется коррозией с выделением водорода (коррозией с водородной деполяризацией).

Кроме анодных и катодных реакций при электрохимической коррозии происходит движение электронов в металле и ионов в электролите. Электролитами могут быть растворы солей, кислот и оснований, морская вода, почвенная вода, вода атмосферы, содержащая  $O_2$ ,  $SO_2$ ,  $O_2$  и другие газы.

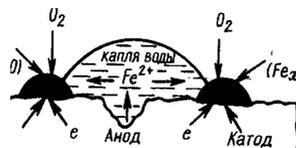
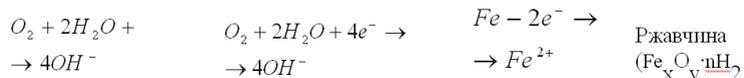


Рисунок 4 – Схема коррозии стали при контакте с водой с поглощением кислорода (атмосферная коррозия).

Катод



Кроме электрохимических реакций при коррозии обычно протекают вторичные химические реакции, например, взаимодействие ионов металла с гидроксид-ионами, концентрация которых повышается в результате катодных реакций  $Me^{n+} + nOH^- = Me(OH)_n$ .

Основным отличием процессов электрохимической коррозии от процессов в гальваническом элементе является отсутствие внешней цепи. Электроны в процессе коррозии не выходят из корродирующего металла, а двигаются внутри металла.

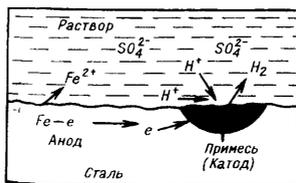


Рисунок 5 – Схема коррозии стали в растворе  $H_2SO_4$  с выделением водорода.

На анодных участках происходит реакция окисления железа  $Fe - 2e = Fe^{2+}$ . На катодных участках происходит восстановление водорода  $2H^+ + 2e = H_2$ .

На поверхности металла могут быть участки, на которых катодные реакции протекают быстрее (катализируются), чем на других участках. Поэтому катодный

процесс в основном будет протекать на участках, которые называются катодными. Наличие участков, на которых катодные реакции протекают быстрее, увеличивает скорость коррозионного процесса. На других участках будет протекать в основном растворение металла и поэтому они называются анодными. Коррозионный элемент в отличие от гальванического является короткозамкнутым микроэлементом.

Термодинамика электрохимической коррозии. Коррозия как самопроизвольный процесс простая, если энергия Гиббса реакции  $\Delta G$  имеет отрицательное значение. Так как энергия Гиббса реакции непосредственно связана с ЭДС элемента  $E_{\text{Э}} = -(\Delta G / nF)$ , то возможность протекания коррозии может быть установлена по знаку ЭДС элемента. Если ЭДС элемента имеет положительное значение ( $E_{\text{Э}} > 0$ ), то коррозия возможна. Так как ЭДС равна разности потенциалов окислителя и восстановителя  $E_{\text{Э}} = E_{\text{ОК}} - E_{\text{ВОССТ}}$ , то коррозия возможна при условии, что потенциал окислителя положительнее потенциала металла:  $E_{\text{ОК}} > E_M^{n+}$

Потенциал кислородного электрода при 298 К описывается уравнением

$$E_{\text{O}_2/\text{OH}^-} = 1,23 + 0,014718 \text{ pH} - 0,059 \text{ pH}$$

Потенциал водородного электрода описывается уравнением

$$E_{\text{H}^+/\text{H}_2} = -0,059 \text{ pH} - 0,02951 \text{ pH}$$

Уравнение позволяет определить возможность протекания коррозии различных металлов.

Скорость электрохимической коррозии. Так как, электрохимическая коррозия протекает через несколько взаимосвязанных стадий, то скорость ее зависит от скорости самой медленной стадии, называемой лимитирующей (контролирующей), стадией процесса. Поскольку коррозионные элементы являются короткозамкнутыми микроэлементами, движение электронов в металле не может быть лимитирующей стадией процесса. Лимитирующими стадиями могут быть или реакции анодного окисления металла (анодный контроль), или реакции катодного восстановления окислителя (катодный контроль), или те и другие одновременно (смешанный контроль).

Детальное рассмотрение механизмов химической и электрохимической коррозии показывает, что резкого различия между ними не существует. В ряде случаев возможен постепенный переход химической коррозии в электрохимическую и, наоборот, механизм коррозии металлов в растворах электролитов может иметь двойной характер.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Томашов Н.Д. Теория коррозии и защиты металлов. - М., Изд-во АН СССР, 1959.
- 2 Скорчеллетти В.В. Теоретические основы коррозии металлов, - Л., «Химия», 1973.

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар. Материал поступил в редакцию 19.06.2012.

Д.С. ЛУКИНОВА, Г.К. КУАНЫШКАЛИЕВА, К.М. МАГОМАДОВА,  
В.В. РЫНДИН  
ХИМИЯ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРХИМИЯЛЫҚ ТОТТАНУДЫҢ ТЕТІКТЕРІ  
D.S. LUKINOVA, G.K. KUANYSHKALIEVA, K.M. MAGOMADOVA,  
V.V. RYNDIN  
MECHANISMS OF CHEMICAL AND ELECTROCHEMICAL  
CORROSION

### Түйіндеме

Мақалада химия және электрхимиялық тоттанудың тетіктердің түрлері елестеткен. Химия коррозиясы электр ток өткізуші емес орталар тән. Химия коррозиясы коррозия процессінің ағулары шарттар бойынша газды коррозияны және коррозияға электролиттер емес бөледі. Электрхимиялық тоттану электролиттер, кез келген дымқыл газдың атмосферасы және топырақта аға алады. Электрхимиялық тоттану иондық өткізу қабілет болатын орталар тән.

### Resume

The paper presents the types of mechanisms of chemical and electrochemical corrosion. Chemical corrosion is typical for an area, non-conducting electrical current. According to the flow of corrosion process the chemical corrosion is divided into gas corrosion and corrosion in non-electrolytes. Electrochemical corrosion can occur in electrolytes in the atmosphere of any moist gas and soil. Electrochemical corrosion is characteristic for area with ionic conductivity.

УДК 620.16

**К.М. МАГОМАДОВА, Г.К. КУАНЫШКАЛИЕВА,  
Д.С. ЛУКИНОВА  
ПРЯМЫЕ И КОСВЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
КОРРОЗИОННОГО СОСТОЯНИЯ  
НЕФТЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Крупные аварии на химических производствах, газопроводах, нефте- и продуктопроводах, тепловых сетях, водоводах, канализационных коллекторах и насосных станциях приводят к человеческим жертвам, разрушению экосистем,

наносят значительный экономический ущерб. Причиной этих явлений во многих случаях являются коррозионные повреждения.

Составной и важнейшей частью вопроса защиты от коррозии является контроль ее работоспособности.

В настоящее время коррозионное состояние внутреннего защитного покрытия резервуара определяется путем его контрольного опорожнения и визуального осмотра [1].

Для нефтепромысловых резервуаров коррозионные процессы протекают в пластовых минерализованных водах, отличающихся постоянством солевого состава и, следовательно, постоянной проводимостью.

### Электрохимические методы контроля коррозии

Электрохимические методы контроля коррозии применяются для контроля коррозионного состояния нефтегазового и другого оборудования, в частности, для определения коррозионного состояния внутреннего защитного покрытия резервуара.

Способ определения коррозионного состояния внутреннего защитного покрытия резервуара, заключающийся в соединении анода протекторной защиты с участком поверхности резервуара без защитного покрытия, подключении к этому соединению амперметра и измерении величины тока, протекающего между резервуаром и анодом протекторной защиты, отличающийся тем, что анод протекторной защиты размещают внутри резервуара в рабочей среде с исключением возможности его электрического контакта с внутренней поверхностью резервуара, а износ защитного покрытия определяют зависимостью

$$S=K \cdot I$$

где  $S$  - процент оголившейся от защитного покрытия поверхности;

$K$  - коэффициент, зависящий от проводимости среды и размера анода протекторной защиты;

$I$  - ток в цепи анода протекторной защиты - резервуара, А.

### Комплексный коррозионный мониторинг.

Комплексный коррозионный мониторинг обеспечивает действенный контроль за развитием коррозионных процессов. Представляет собой комплексную систему мер, направленных на снижение вероятности коррозионного разрушения отдельных фрагментов металлических конструкций, объединяющих систему дифференцированного контроля коррозии с элементами защиты.

## Структурная схема комплексного коррозионного мониторинга

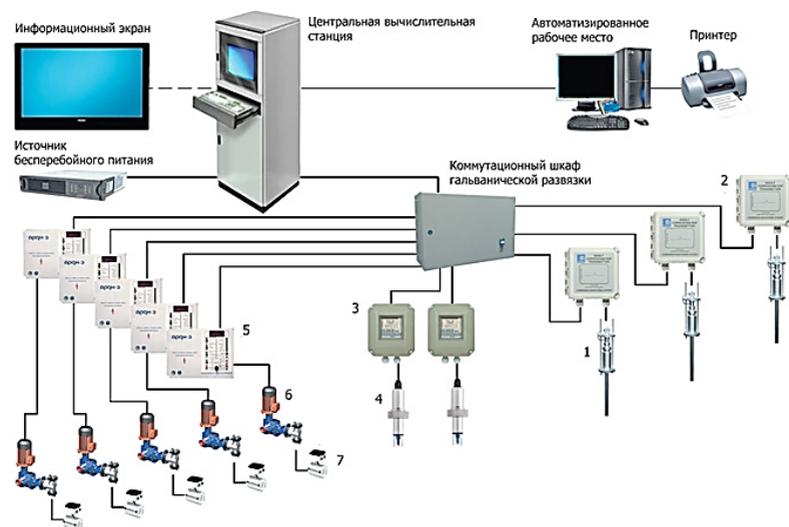


Рисунок 3

Установки АВТ на нефтеперерабатывающем предприятии

1. датчики коррозии – первичные преобразователи, предназначенные для измерения скорости коррозии методом электрического сопротивления (ER – electric resistance) или методом линейной поляризации (LPR – linear polarization resistance);

2. трансмиттеры – вторичные преобразователи, подключаемые к датчикам коррозии типа ER или LPR, служат для измерения показаний датчика коррозии и их дальнейшей передачи по стандартным интерфейсам в аналоговом или цифровом виде;

3. комплексы измерения pH – устройства, предназначенные для контроля технологического процесса и решения задач измерения и управления исполнительным оборудованием;

4. pH сенсоры – устройства, измеряющие уровень pH в водной фазе (в том числе и в растворах со сравнительно агрессивными свойствами);

5. автоматические регуляторы дозирочного насоса (АРДН) – электронный блок управления дозирочным насосом, позволяющий регулировать подачу химических реагентов антикоррозионной защиты;

6. дозирочные насосы – электрические насосы, обеспечивающие подачу химических реагентов антикоррозионной защиты;

7. расходомеры – устройства, предназначенные для измерения расхода химических реагентов антикоррозионной защиты и позволяющие контролировать результат управляющего воздействия на АРДН.

## Особенности мониторинга:

- Возможность прогнозирования текущего коррозионного состояния объекта контроля.
- Измерение скорости коррозии и отображение полученных результатов в режиме реального времени.
- Получение данных о неравномерной коррозии.
- Определение параметров протекающих коррозионных процессов и их статистических оценок.
- Полнофункциональное управление режимами работы АРДН и уровнем дозирования химических реагентов.
- Интеграция с существующей на предприятии компьютерной сетью и диспетчерскими пунктами для повышения оперативности реакции в критических ситуациях.
- Простота обслуживания.
- Высокая надежность и длительный срок службы[2].

## Автоматизированные системы коррозионного мониторинга

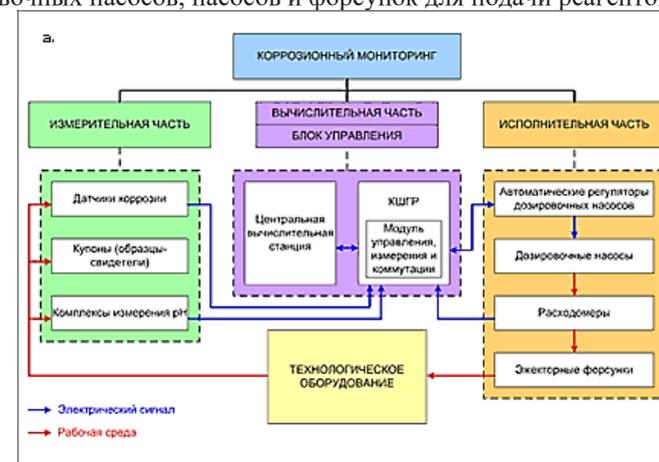
Автоматизированные системы коррозионного мониторинга (КМ) служат для регулирования скорости протекания коррозионных процессов и оптимизации подачи химических реагентов, применяемых при защите оборудования от внутренней коррозии.

Автоматизированные системы КМ функционально состоят из трёх основных частей: измерительной, вычислительной и исполнительной.

Измерительная часть, как правило, включает в себя датчики коррозии, датчики контроля pH, купоны, расходомеры и преобразователи АЭ.

Вычислительная часть реализуется в центральной вычислительной станции.

Исполнительная часть состоит из автоматических регуляторов дозирочных насосов, насосов и форсунок для подачи реагентов.



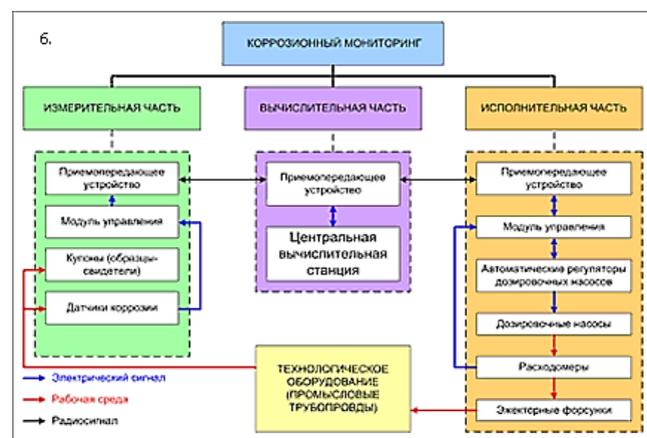


Рисунок 1

Функциональная схема комплексного коррозионного мониторинга:

а – на предприятиях нефтепереработки;

б – на нефтяных месторождениях

Комплектация автоматизированных систем КМ зависит от индивидуальных особенностей объекта и стоящих задач мониторинга.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Г.К. Лебедев, В.Г. Колесников, Г.Е. Зиканов, О.Н. Лайков, Ю.К. Ищенко «Правила технической эксплуатации резервуаров и инструкции по их ремонту». - М. Недра, 1988, - с.74

2 Данные сайта <http://ru-patent.info/21/35-39/2138796.html>

3 Федоринов И.А. Системы управления коррозионными процессами на установке первичной переработки нефти // Нефтяное хозяйство. - 2006.

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар. Материал поступил в редакцию 19.06.2012.

К.М. МАГОМАДОВА, Г.К. КУАНЫШКАЛИЕВА, Д.С. ЛУКИНОВА  
МҰНАЙ ГАЗ ЖАБДЫҚТАРЫНДАҒЫ КОРРОЗИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН  
АНЫҚТАУДЫҢ ТУРА ЖӘНЕ ЖАНАМА ӘДІСІ

K.M. MAGOMADOVA, G. K. KUANYSHKALIEVA, D.S. LUKINOVA  
METHODS OF CORROSION CONTROL IN OIL PRODUCTION  
EQUIPMENT

## Түйіндемe

Мақалада бақылау және мұнай кәсіпшілік жабдықтың коррозиямен күресінің әдістері елестеткен. Коррозияның бақылауының электрохимиялық әдістері, кешенді коррозия барлауы және коррозия барлауын автоматтандырылған жүйесі қарастырылған.

## Resume

The paper presents the methods of corrosion control of oil field equipment. Such as electrochemical methods of corrosion control, a comprehensive corrosion monitoring and automated corrosion monitoring system.

УДК 62-83: 621.3

## В.П. МАРКОВСКИЙ, А.У ГАБДУЛОВ. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ПИТАЮЩЕЙ СЕТЬЮ

### 1. Требования к электроприводу в отношении электромагнитной совместимости с питающей сетью

Электромагнитная совместимость с питающей сетью является одним из определяющих факторов при выборе вида и параметров регулируемого электропривода переменного тока. Это относится, прежде всего, к электроприводам большой мощности. Не каждый регулируемый электропривод может работать в любой сети.

Особую роль этот фактор играет в СНГ по двум обстоятельствам. Во-первых, в течение десятилетий проводится техническая политика дробления мощности в сетях промышленных предприятий. При этом усиливается влияние возмущений в сети на регулируемые электроприводы и обратное влияние регулируемых электроприводов на смежные электроприёмники.

Во-вторых, в России и большинстве стран СНГ действует жёсткий стандарт по качеству напряжения в сетях. Он является даже более жёстким, чем Международный стандарт.

Стандарты ограничивают нормальные и предельно допустимые изменения.

Изменения должны быть в пределах нормальных с вероятностью 95 % для интервала времени 24 ч. Это означает возможность достаточно длительных предельных отклонений.

С учётом специфики стандартов, следует уточнить требования к регулируемому электроприводу:

1. Оборудование должно функционировать при предельных отклонениях в сети.

2. С другой стороны, регулируемый электропривод не должен вызывать отклонений в сети сверх нормально допустимых, по крайней мере, в установившихся режимах.

## 2. Влияние возмущений в сети на электропривод

### 2.1. Изменение модуля вектора напряжения в узле нагрузки

Этот вид возмущения имеет высокую вероятность. Возмущение может вызываться перегрузкой сети, прямым пуском мощного двигателя переменного тока, симметричным к. з. в сети.

Электропривод должен функционировать с полной нагрузкой при изменении модуля вектора питающего напряжения в пределах, определяемых Стандартом, 90-110 % номинального напряжения. В ряде применений оговариваются также расширенные пределы.

В массовых электроприводах запас по выходному напряжению ПЧ обычно невелик. Поэтому при пониженном напряжении сети напряжение статора оказывается также пониженным. Любой серийный двигатель переменного тока должен работать продолжительно с пониженным, в пределах Стандарта, напряжением статора. Но, естественно, он работает со сниженным магнитным потоком и повышенным током статора. Важно, чтобы ПЧ также обеспечивал повышенный продолжительный ток. Кроме того, электропривод, по крайней мере, не должен отключаться при продолжительном снижении напряжения до 70-85 % номинального напряжения (уставки защиты минимального напряжения). Чтобы выполнить это условие, система регулирования электропривода должна автоматически снижать скорость при перегрузке по току статора в таком режиме.

И, наконец, электропривод не должен отключаться и в тех случаях, когда изменения напряжения в сети происходят скачкообразно. В этом отношении тяжёлым режимом является скачкообразное восстановление напряжения после его провала

После скачкообразного восстановления напряжения выпрямленный ток быстро нарастает. Под действием регулятора выпрямленного тока и регулятора скорости выпрямленный ток снижается, скорость восстанавливается. Под действием регулятора потока нарастает магнитный поток ротора. В данном случае изменения скорости незаметны из-за большой электромеханической постоянной времени привода.

Следует отметить, что при недостаточном быстродействии регулятора тока возможно отключение электропривода максимально-токовой защитой мгновенного действия во время нарастания тока после скачка напряжения сети.

При снижении напряжения сети ниже уставки защиты минимального напряжения, защита отключает электропривод. Если требуется, осуществляется самозапуск после восстановления напряжения. Современные системы управления обеспечивают подхват вращающегося двигателя, даже асинхронного двигателя с затухшим потоком ротора.

### 2.2. Искажение питающего напряжения

Такое искажение вызывается как работой самого регулируемого электропривода, так и смежными электроприёмниками.

Во многих случаях отдельная секция шин распределительного устройства используется только для питания регулируемых электроприводов. В этих случаях данная секция рассматривается как автономная система, на которую не распространяются требования Стандарта в отношении качества напряжения. В таких случаях искажения напряжения особенно значительны.

Влияние искажений на регулируемый электропривод наименее существенно в случае неуправляемого диодного выпрямителя на стороне сети в ПЧ на основе ИН с ШИМ.

В случае управляемого преобразователя на стороне сети, как в ИН с ШИМ, так и в ИТ с ШИМ, искажения напряжения влияют на электропривод через систему управления указанного преобразователя. Управляющие импульсы силовых полупроводниковых приборов синхронизированы с питающим напряжением.

Искажения питающего напряжения воздействуют на синхронизацию.

Один из методов синхронизации – использование, вместо напряжений, сигналов эквивалентных потокоцеплений

Общее свойство достаточно совершенных систем управления – возможность работы от сети даже при высоком содержании высших гармоник в напряжении.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Межгосударственный Стандарт ГОСТ 13109-1997. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.- Переиздание, январь 2002.

2 International Standard IEC 61000-2-12. Electromagnetic compatibility (EMC) – Part -12-2: Environment – Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public medium-voltage power supply systems - 2003.04.

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар. Материал поступил в редакцию 19.06.2012.

В.П. МАРКОВСКИЙ, А.У. ГАБДУЛОВ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТТІ ЭЛЕКТР ЖЕТЕК ҮЙЛЕСІМДІК ЖЕЛІМЕН  
ҚАМТУ

V.P. MARKOVSKII, A.U. GABDULOV  
ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF ELECTRIC DRIVE WITH  
SUPPLY NETWORK

### Түйіндеме

Электромәгнитті электр жетек үйлесімдік желімен қамту түрін таңдау және ауыспалы тоқтың қуаттың реттеуішіні электро – жетегінің өлшемімен анықтайды.

*Resume*

*The conditions of electromagnetic compatibility with the supply network largely determine the choice of parameters of a powerful electric drive of alternating current.*

УДК 621.314.263

**В.П. МАРКОВСКИЙ, А.У. ГАБДУЛОВ**  
**ИМПУЛЬСНЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ**  
**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ**  
**СОВРЕМЕННЫХ ПРИБОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

В преобразовательной технике в 20-х годах прошлого столетия начали разрабатываться статические преобразователи электроэнергии - выпрямители и инверторы с применением газоразрядных электронных приборов - ртутных выпрямителей, тиратронов, газотронов, игнитронов и т.д. Однако их низкий к.п.д., невысокая надежность, существенное влияние на питающую сеть, затрудняли широкое использование этих устройств. Вместе с тем именно с развитием и совершенствованием газоразрядных приборов усилиями ученых В. Шиллинга, М. Демонтивье, М. Мюллер-Любека, И.Л. Каганова, М.А. Чернышева, Д.А. Завалишина, и др. развивалась теория преобразования энергии, ими были разработаны основные схемы выпрямителей, инверторов и исследованы электромагнитные процессы в их силовых цепях.

Новый этап в развитии преобразовательной техники начался с конца 50-х годов, в период появления мощных полупроводниковых приборов - диодов, тиристоров, а затем мощных биполярных транзисторов. Эти приборы, разработанные в основном на Ge, Si и AsGa, существенно превосходили газоразрядные приборы, отличались меньшими габаритами и массой, повышенной надежностью, быстродействием, КПД и могли использоваться в достаточно широком температурном диапазоне.

Первыми отечественными работами, посвященными исследованию полупроводниковых приборов и их применению для преобразования электрической энергии, были труды академиков В.Ф. Миткевича, И.Д. Папалекси, А.И. Ларионова и др.

Последующее развитие полупроводниковой преобразовательной техники характеризовалось появлением новых схемотехнических и конструктивных решений, расширением номенклатуры устройств, созданием и разработкой теории новых схем, использующих различные виды модуляции, формированием самостоятельных научных школ -

Московской, Ленинградской, Украинской, Белорусской, Уральской и Сибирской.

Развитие Ленинградской школы полупроводниковых преобразователей электрической энергии началось с исследований коммутаторов вентильных двигателей и преобразователей частоты в лаборатории привода переменного тока Института Электромеханики (1). Руководили этими работами действительный член Академии наук СССР Михаил Полиевктович Костенко и член-корреспондент АН СССР Дмитрий Александрович Завалишин.

Последнее десятилетие прошлого столетия характеризовалось дальнейшим расширением номенклатуры систем с полупроводниковыми преобразователями для самых различных отраслей техники.

Характерными особенностями этих систем являются:

- использование современной полупроводниковой техники – полевых транзисторов и транзисторов IGBT и программируемых контроллеров в системе управления;

- электромагнитная совместимость с питающей сетью и высокие показатели качества потребляемой из сети энергии;

- малые удельные значения массы и объема на единицу мощности;

- возможность сопряжения с различными системами автоматизации и управления на базе персональных компьютеров;

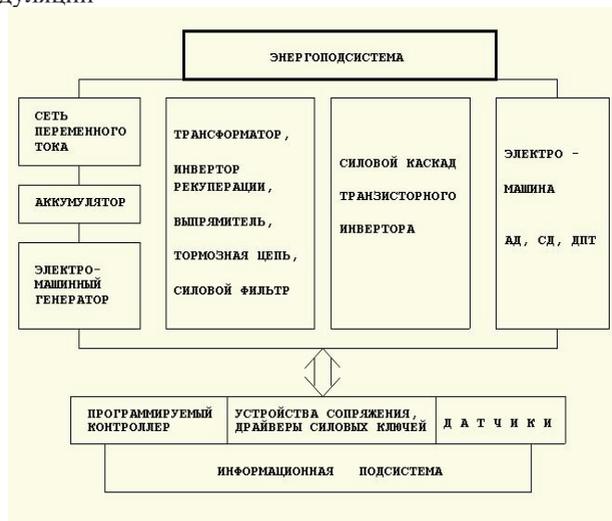
- встроенная самодиагностика, сводящая к минимуму техническое обслуживание и простой технологического оборудования.

Следует отметить тесную взаимосвязь первых двух особенностей современных систем с полупроводниковыми преобразователями электрической энергии, т.к. только с появлением мощных, полностью управляемых приборов появилась возможность, с помощью самих же преобразователей, работающих на стороне переменного тока с импульсной модуляцией на высоких частотах, активно влиять на показатели качества потребляемой ими электроэнергии.

Несмотря на эти преимущества силовой электроники, уровень преобразования электрической энергии в России систематически снижается и оценивается величиной в 20% против 38% в 1978 году. Особенно резкое отставание имеется в области вентильного электропривода переменного тока. При доле электропривода переменного тока в энергопотреблении по стране в 45%, доля регулируемого электропривода переменного тока не превышает 2% существующего парка электроприводов. Использование полупроводниковых преобразователей только для систем регулируемого электропривода позволило бы снизить потребление электроэнергии в России от 10 до 25%.

Наше отставание по промышленному использованию полупроводниковых преобразователей объясняется взаимосвязанными причинами: относительной дешевизной электрической энергии, а также относительной сложностью и дороговизной энергосберегающих мероприятий.

Структурные схемы импульсных полупроводниковых преобразователей и виды модуляции



Особенность большинства преобразователей приборных систем - силовое импульсное воздействие с прерывистой посылкой отдельных порций энергии к объекту регулирования посредством модуляции того или иного вида. Такой способ подвода энергии позволяет за счет дозировки длительности и интенсивности воздействия существенно повысить плотность подводимой к нагрузке энергии и реализовать оптимальные способы управления нестационарными и стационарными процессами в электромеханических, электронно-оптических, электротехнологических и других устройствах приборных комплексов.

Электротехнические комплексы и системы на базе полупроводниковых импульсных преобразователей электрической энергии разделяются на две подсистемы: энергетическую и информационную. Энергетическая подсистема включает в себя силовые цепи первичного источника питания, полупроводникового и электромеханического преобразователей и осуществляет двухсторонний обмен энергией между первичным источником питания и электрической машиной посредством коммутации силовых ключей. Информационная подсистема включает в себя систему управления полупроводниковым преобразователем с информационно-измерительной частью и осуществляет реализацию заданного алгоритма регулирования координат.

**Полупроводниковые преобразователи как элемент замкнутой системы регулирования приборных систем, методика их расчета и проектирования.**

В приборных системах к качеству выходной ЭЭ преобразователя предъявляются достаточно жесткие требования. Преобразователь должен обеспечивать:

- высокую точность стабилизации и низкий уровень пульсаций при широком диапазоне регулирования;

- высокую точность системы многофазных гармонических напряжений (токов), создающих равномерно вращающиеся магнитные поля;

- заданную форму импульсов выходного напряжения (тока), в некоторых случаях с достаточно крутым фронтом и срезом;

- возможность согласования внешней характеристики ИВЭ с нелинейной и изменяющейся в зависимости от режима работы характеристикой нагрузки.

Поэтому полупроводниковые преобразователи в приборных комплексах работают в составе замкнутых систем автоматического управления (САУ), содержащих энергетический и информационный каналы (рис.3). На САУ приборных систем могут быть возложены следующие функции: подавление автоколебательных режимов на субгармонических частотах, повышение быстродействия и обеспечение устойчивости системы, а также решение некоторых проблем ЭМС преобразователя с питающей сетью.

**Практические разработки электрических комплексов и систем с полупроводниковыми преобразователями**

Несмотря на большой спектр работ на кафедре, традиционными для нее являются работы по построению систем управления прецизионными комплексами позиционирования и слежения телескопов траекторных измерений и лабораторных источников тока программируемой формы для нужд нестационарного электролиза.

Комплексы позиционирования и слежения предназначены для преобразования кодов задания траекторий движения оптической оси станции, поступающих от центральной ЭВМ, в углы поворота следящих осей по двум координатам - углу места  $a$  и азимуту  $b$ .

Структурно комплексы, как электромеханотронные системы, как было отмечено выше, содержат энергетические и информационные подсистемы, отличающиеся разнообразием как инфраструктур и элементной базы, так и внешних связей. Точность традиционных систем, построенных на базе коллекторных двигателей с согласующими редукторами ограничена и в современных условиях наиболее перспективными являются привода на основе бесколлекторных высокомоментных электромеханических преобразователей с транзисторными усилительно-преобразовательными устройствами, цифровыми датчиками координат и регуляторами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Глазенко Т.А. Импульсные полупроводниковые усилители в электроприводах. - Л.: Энергия, 1965, -188 С.

2 Глазенко Т.А. Полупроводниковые преобразователи в электроприводах постоянного тока. - Л.: Энергия, 1973, - 304 С

3 Глазко Т.А., Пискарев А.Н., Сеницын В.А., Томасов В.С. Полупроводниковые широтно-импульсные преобразователи для быстродействующих следящих электроприводов постоянного тока. - Ленинград.:ЛДНТП, 1974, - 32 С.

4 Глазко Т.А., Сеницын В.А., Томасов В.С. Коммутационные процессы и принципы построения силовых каскадов ШИП и АИН систем электропривода на защищенных транзисторных ключах. - М.: Электротехника, 1983, №3, С.23-39.

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар. Материал поступил в редакцию 19.06.2012.

В.П. МАРКОВСКИЙ, А.У. ГАБДУЛОВ  
 ҚАЗІРГІ АСПАПТЫ КЕШЕНДЕРДІҢ БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ  
 ИМПУЛЬСТЫ ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШ ТҮРЛЕНДІРГІШТЕР  
 V.P. MARKOVSKII, A.U. GABDULOV  
 IMPULSIVE SEMICONDUCTOR TRANSFORMERS IN SYSTEMS OF  
 MODERN DEVICE COMPLEXES MANAGEMENT

#### *Түйіндемe*

*Электротехниканың дамуының бірінші кезеңінде үстем болып тұрақты ток электроқуатын қолдануда ғылым және техниканың саласы маңызды рөл ойнайды, электротөлік, электротехнология, өнеркәсіп қондырғыларын автоматтандыру, балқыту және тұрмыстық техника және т.б.*

#### *Resume*

*Prevailed in the first phase of development of electrical engineering use DC continues to play an important role in many branches of science and technology, such as electric transport, electrical technology, the automation of industrial installations, welding, and home appliances, electronics, etc.*

УДК 621.314.263

### **В.П. МАРКОВСКИЙ, А.У. ГАБДУЛОВ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ МАТРИЧНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ.**

В последнее время внимание разработчиков радиоэлектронной аппаратуры все чаще акцентируется на элементной базе для средств неразрушающего контроля качества различных материалов и изделий. Для получения

визуального отображения дефектов внутренней структуры ферромагнитных материалов наиболее широко распространены магнитные методы, основанные на регистрации и отображении магнитных полей рассеяния от дефектов. В последние годы к известным методам диагностики ферромагнитных материалов, таким как магнитопоропсовый и магнитографический, добавился метод магнитной интроскопии, основанный на электронном сканировании приповерхностного магнитного поля объекта контроля и отображении его на экране видеоконтрольного устройства или персонального компьютера [1-4]. Достоинство магнитной интроскопии заключается в возможности проводить неразрушающий контроль ферромагнитных материалов, путем их локального намагничивания и регистрации карты распределенного магнитного поля от имеющихся структурных дефектов.

Линии магнитного поля, огибающие дефект в структуре ферромагнитного материала, имеют нормальную и тангенциальную составляющие вектора индукции  $B$ . С помощью матричного преобразователя магнитных полей состоящего из сенсоров, чувствительных к нормальной составляющей вектора индукции  $B_n$ , можно определить границы области дефекта, а с помощью матричного преобразователя магнитных полей состоящего из сенсоров, чувствительных к тангенциальной составляющей вектора  $B_t$ , можно определить центр области дефекта. Для полной характеристики структурного дефекта необходимы матричные преобразователи магнитных полей, состоящие из сенсоров чувствительных ко всем составляющим вектора магнитной индукции  $B$ .

Магнитный интроскоп для визуализации структурных дефектов ферромагнитных материалов, состоит из передвижного намагничивающего устройства, сканера распределенного магнитного поля, системы обработки и отображения информации на экране монитора или жидкокристаллическом индикаторе. Ядром сканера магнитного поля, является матричный преобразователь (МП) магнитного поля. Известны матричные преобразователи магнитных полей из дискретных магнитодиодов или магнитотранзисторов [5]. Недостатками МП, состоящих из дискретных магниточувствительных элементов (МЧЭ) является то, что они имеют не только большие габариты с большим количеством информационных выводов, но и низкую пространственную разрешающую способность, составляющую единицы миллиметров [5]. Разориентация кристаллов МЧЭ, возникающая при их монтаже на плату, приводит к разбросу основного параметра - магниточувствительности, что в свою очередь снижает точность диагностики. Известны также МП магнитных полей в виде матрицы из магниторезисторов [5]. Недостатками данных преобразователей является низкая пространственная разрешающая способность, большой ток потребления. МП состоящие из элементов Холла имеют большое количество информационных выводов, что ведет к увеличению пассивной площади кристалла, занимаемой контактными площадками.

В связи с выше изложенным актуальной является задача разработки и комплексного исследования МП магнитного поля с высоким уровнем разрешения, малой потребляемой мощностью, минимальным числом выводов, обладающих высокой надежностью и низкой стоимостью.

Установлено, что наиболее часто в качестве чувствительных элементов в МП используются дискретные элементы Холла и магниторезисторы [5]. МП на основе дискретных элементов имеют большие габариты, низкую разрешающую способность, высокий уровень токопотребления, большое количество информационных выводов, разброс чувствительности, низкую надежность. Совокупность всех этих недостатков является основным препятствием в разработке нового контрольно-измерительного оборудования для неразрушающего контроля. Известны также интегральные полупроводниковые матричные преобразователи (ИПМП), разработанные зарубежными специалистами, отличающиеся лучшими технико-экономическими показателями. Однако они имеют высокий уровень потребления.

Особенностью ИПМП на основе МОП-транзисторов является то, что при регистрации токов одной ячейки, или блока ячеек, происходит исключение их взаимовлияния, за счет ограничения по электрическому режиму включения.

В результате моделирования найден оптимальный режим включения БМТ, позволяющий избежать прямого смещения р-п перехода карман-подложка на величину напряжения, при котором возникает нестабильность работы БМТ. За счет настройки физических (времена жизни носителей заряда, скорости поверхностной рекомбинации, холловский коэффициент подвижности и т.п.) и геометрических параметров удалось добиться того, что отличие между экспериментальными и расчетными характеристиками БМТ не превышало 10-15%.

Установлено, что пространственная разрешающая способность разработанных ИПМП на основе МОП магнитотранзисторов составляет 300 мкм, а потребляемая мощность и величина относительной магниточувствительности имеет значение 0,54 мВт и 4,0 %/Тл, соответственно. ИПМП, разработанные на основе двухколлекторных биполярных магнитотранзисторов имеют следующие параметры: пространственная разрешающая способность составляет 200 мкм, при температуре 300 К. Величина относительной магниточувствительности и потребляемая мощность равны 10 %/Тл и 7,2 мВт, соответственно.

В результате исследования макета строки из биполярных транзисторов установлено, что разработанные конструкции ИПМП с высокой разрешающей способностью могут применяться в контрольно-измерительной аппаратуре для неразрушающего контроля качества ферромагнитных материалов и сооружений из них.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Неразрушающий контроль и диагностика, Справочник. Под ред. В.В. Клочова. - М.: Машиностроение, 1995, 488 с.

2 Шелихов Г.С. Магнитопорошковая дефектоскопия деталей и узлов. -М.: ГПНТЦ «Эксперт», 1995, 224 с.

3 Хусанов М.Х. Магнитографический контроль сварных швов. - М.: Недра, 1973, 216 с.

4 Сухоруков В.В., Вайнберг Э.И., Кажис Р-Й.Ю., Абакумов А.А. Неразрушающий контроль. В 5 . кн. Кн. 5. Интроскопия и автоматизация неразрушающего контроля: Практ. пособие. Под ред. Сухорукова В.В. - М.: Высш. шк., 1993, с. 290-322.

5 Амеличев В.В., Галушков А.И., Романов И.М., Чаплыгин Ю.А., Патент N2055422 от 11.04.96 г., «Двухстоковый МОП-магнитотранзистор», патентообладатель МИЭТ. 6. Амеличев В.В., Галушков А.И., Чаплыгин Ю.А., Шубин С.В Интегральные магниточувствительные матрицы с высоким уровнем разрешения // Известия вузов, Электроника, №1, 2000г., - с. 45-50.

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар. Материал поступил в редакцию 19.06.2012.

В.П. МАРКОВСКИЙ, А.У. ГАБДУЛОВ  
МАГНИТТІК ӨРІСТІҢ ИНТЕГРАЛДЫ ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШ  
МАТРИЦАЛЫҚ ТҮРЛЕНДІРГІШТЕРІ  
V. P. MARKOVSKII, A.U. GABDULOV  
INTEGRAL SEMICONDUCTOR MATRIX TRANSFORMERS OF  
MAGNETIC FIELD

### Түйіндеме

*Ферромагнитті материалдың ішкі құрылымының ақау көрініс бейнесін алу, онда көбінесе магниттік әдістер кең тараған ақаудан магниттік егістігінің шағылыуын бейнелеу және тіркелуге негізделген.*

### Resume

*For visualization of defects of the internal structure of ferromagnetic materials the most prevalent magnetic methods are based on the registration and mapping of the magnetic stray fields of the defects.*

УДК 621.313.13

**А.Н. НОВОЖИЛОВ, Е.Н. КОЛЕСНИКОВ,  
Т.А. НОВОЖИЛОВ, Е.В. ШКРЕБА  
АНАЛИЗ ЗАЩИТ ТРАНСФОРМАТОРОВ  
ОТ ВИТКОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ**

**Постановка задачи.** В состав электроэнергетических систем входит огромное количество трансформаторов большой и малой единичной мощности. Их эксплуатация неизбежно сопровождается электрическими повреждениями, на которые приходится до 51,9% от общего числа повреждений трансформаторов [1]. Одной из основных причин их возникновения является витковое замыкание. При этом затраты на ремонт трансформаторов от электрических повреждений нередко соизмеримы с их стоимостью.

Значительно сократить ущерб от ремонта при электрических повреждениях позволяет релейная защита. Однако, защиты от витковых замыканий в обмотках трансформаторов, как правило, не устанавливаются, так как отсутствуют простые и достаточно апробированные способы их выполнения. Поэтому, трансформатор отключают тогда, когда замыкание одного витка возрастет до повреждения 30-40% обмотки. В предлагаемой работе делается попытка определить перспективы развития релейной защиты трансформаторов от витковых замыканий путем анализа достоинств и недостатков известных технических решений.

Критерием чувствительности [2] токовых защит от витковых замыканий трансформатора служит требуемый ток срабатывания. защиты. Обычно его определяют по доле аварийной составляющей тока в сетевой обмотке. В относительных единицах ее определяют как

$$k_{act} = (I_{в3} w_{в3} / w_c) / I_{c,n} \quad \text{или} \quad k_{act} = (I_{c,k} - I_{c,n}) / I_{c,n} \quad (1)$$

где  $w_{в3}$  и  $I_{в3}$  - число замкнувшихся витков и ток в них;  $w_c$  и  $I_{c,n}$  - число витков в сетевой обмотке и номинальный ток в них;  $I_{c,k}$  - ток в сетевой обмотке при витковом замыкании.

В результате, требуемый ток срабатывания. защиты при витковом замыкании

$$I_{cз} = k_{act} I_{c,n} \quad (2)$$

По [2] для отключения полного или межкатушечного виткового замыкания в обмотках трансформатора при коэффициенте чувствительности  $k_q = 1,5 \div 2$  защита должна иметь ток срабатывания

$I_{cз} = (0,3 \div 0,5) I_{c,n}$ , а при  $I_{cз} = (0,03 \div 0,05) I_{c,n}$  она будет реагировать практически на все виды виткового замыкания.

Критерием времени срабатывания  $t_{cз}$  защиты трансформатора при витковых замыканиях в [3] предлагается считать время 20-50 мс.

Область применения токовых защит трансформатора регламентирует [4]. По нему в качестве основной быстродействующей защиты трансформатора 1000 кВА и выше следует использовать дифференциальную защиту, если токовая отсечка не обеспечивает необходимой чувствительности, а максимальная токовая защита имеет выдержку времени более 1с. Кроме того, ее следует использовать для защиты одиночно работающего трансформатора мощностью 6300 кВА и выше, а также параллельно работающих трансформаторах мощностью 4000 кВА и выше,

По [3] ток срабатывания максимальной токовой защиты трансформатора

$$I_{cз}^* = (k_n / k_g) I_{c,n} = 1,24 I_{c,n} \quad (3)$$

где  $k_n$  - коэффициент надежности отстройки, равный 1,05;  $k_g$  - коэффициент возврата, для реле типа РТ-40 равен 0,85.

Из этого выражения ясно, что максимальная токовая защита не чувствительна ко всем видам виткового замыкания в обмотках трансформатора.

Ток срабатывания токовой отсечки трансформатора [3]

$$I_{cз}^* = (k_n k_{кттн}) I_{c,n} = (6,5 - 11,2) I_{c,n}, \quad (4)$$

где  $k_n$  - коэффициент надежности отстройки, равный 1,3 - 1,4 для реле типа РТ-40, действующих через промежуточные реле;  $k_{кттн}$  - кратность тока намагничивания.

Очевидно, что токовая отсечка способна отключать только междуфазное короткое замыкание в линии или на выводах трансформатора.

Упрощенно ток срабатывания продольной дифференциальной защиты трансформатора можно оценить как

$$I_{cз}^* = (k_n k_I I_{нб} / 5) I_{c,n}, \quad (5)$$

где  $k_n$  - коэффициент надежности отстройки, равный 1,3;  $k_I$  - коэффициент трансформации трансформатора тока по питающей стороне;  $I_{нб}$  - максимальное значение тока небаланса на реле.

В результате, даже при отношении  $I_{нб} / 5 = 0,005$  и  $k_I = 100$ .  $I_{cз}^* = 0,65 I_{c,n}$ . Более чувствительны [2] только специальные продольные дифференциальные защиты на полупроводниковых элементах, которые способны реагировать на  $(0,3 \div 0,5) I_n$ . Из этого можно сделать вывод, что обычные дифференциальные защиты на большую часть витковых замыканий не реагируют.

Газовую защиту устанавливают на трансформаторах с масляным охлаждением и расширителем. Применение газовой защиты [4] является

обязательным на трансформаторах мощностью 6300 кВА и более, на трансформаторах мощностью 1000÷4000 кВА, не имеющих дифференциальной защиты или отсечки и если максимальная токовая защита имеет выдержку времени 1с и более и на внутрицеховых трансформаторах мощностью 639 кВА более независимо от наличия быстродействующих защит.

Газовая защита является универсальной и самой чувствительной защитой трансформаторов от внутренних повреждений. Ее работа основана на возникновении газообразование при любых замыканиях в обмотках. При междуфазном замыкании время срабатывания газовой защиты составляет 0,1-0,3 с. При виковом замыкании оно значительно больше, потому защита не способна на локализацию повреждения.

В результате стоимость ремонта мощного трансформатора [2] при коротком замыкании в обмотках, отключаемого его газовой или дифференциальной защитой, составляет 60-100% оптовой цены трансформатора.

Более перспективны устройства релейной защиты трансформатора, которые фиксируют ток в витках его обмоток путем измерения магнитных потоков рассеяния трансформатора. Для чего используются индукционные датчики, различающиеся как по конструкции, так и по месту их расположения.

Так А.Ф. Гагеном, Г.А. Комисаровым и Г.А. Чечушковым в Челябинском политехническом институте [5] было предложено устройство защиты от витковых замыканий трансформатора с использованием одного датчика на фазу, устанавливаемых на стенке бака напротив середины обмоток. Но оно в силу различных причин обладало низкой чувствительностью.

В 1978 году А.Ф. Гагеном [6] было предложено и исследовано устройство защиты от витковых замыканий трансформатора с использованием двух датчиков на фазу, устанавливаемых на стенке бака напротив торцов обмоток. Недостатком этого устройства является наличие «мертвой зоны» вблизи середины высоты обмоток. При необходимости обеспечения коэффициента чувствительности защиты  $k_{\text{ч}}=1,5$ , такая защита способна осуществить надежную защиту более 80% всей обмотки.

Разработанная в США [7] защита от витковых замыканий в реакторах и трансформаторах, использует две последовательно включенные катушки, охватывающие каждая соответственно верхнее и нижнее яра магнитопровода. Напряжение на выходе двух катушек пропорционально разности потоков рассеяния, замыкающихся между ярами. При витковых замыканиях напряжение каждой катушки возрастает, но их разность может быть недостаточна для срабатывания защиты при витковых КЗ в средней части рабочих обмоток, т.е. защита имеет «мертвую зону».

Устройство релейной защиты трансформаторов [8], предложенное в Японии, использует индукционные датчики, установленные между первичной и вторичной обмотками или на поверхности стержня магнитопровода. Устройство также имеет «мертвую зону» в середине высоты обмоток.

Измерительный преобразователь с датчиками поля рассеяния вблизи

поверхности магнитопровода [9] для выполнения высокочувствительной релейной защиты трансформатора, не имеющей мертвой зоны, разработан А.С. Засыпкиным в содружестве с ПО «Запорожтрансформатор».

Главным элементом преобразователя является измерительная обмотка, не охватывающая магнитопровод и размещенная между его стержнем и рабочими обмотками, например на внутренней поверхности изоляционного цилиндра. Измерительная обмотка состоит из плоских измерительных катушек, соединенных в две группы. Каждая группа структурно отстроена от потоков рассеяния неповрежденного трансформатора. Обе группы смещены друг относительно друга в аксиальном направлении, причем измерительные катушки каждой группы расположены несимметрично относительно средней части рабочих обмоток защищаемого объекта, чем и обеспечивается отсутствие мертвой зоны. Однако такие датчики сложны и их необходимо защищать от электрического пробоя со стороны обмоток трансформатора.

Одним из наиболее эффективных является устройство защиты однофазного трансформатора от замыканий в обмотках разработанное в Павлодарском государственном университете Новожиловым А.Н., Колесниковым Е.Н. и Новожиловым Т.А. для Аксуского завода ферросплавов в 2011 году. Индукционный датчик этой защиты выполнен в виде катушки индуктивности, которую следует размещать в геометрическом центре окна сердечника трансформатора, образованного внутренними поверхностями стержней и ярм. При этом продольная ось датчика должна располагаться параллельно стержням трансформатора.

Как показали эксперименты, такая защита способна отключить практически любой поврежденный трансформатор с одинаково выполненными катушками при  $I_{\text{сз}}^* = (0,05 \div 0,1) I_{\text{н}}$ , то есть практически при одном замкнувшемся витке.

Из проведенного анализа защит трансформаторов от витковых замыканий становится ясным, что:

1. Используемые традиционные защиты трансформаторов не обладают достаточной чувствительностью или достаточным быстродействием при витковых замыканиях в обмотках.

2. Известные защиты трансформаторов на индукционных датчиках имеют достаточную чувствительность к витковым замыканиям, но практически все они имеют зону нечувствительности в середине обмотки.

3. Предлагаемая защита однофазного трансформатора на одном индукционном датчике защищает всю обмотку однофазного трансформатора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Эксплуатация и совершенствование высоковольтных аппаратов и трансформаторов. - М.: Энергия, 1976. (Тр. ВНИИЭ; Вып. 49)
- 2 Засыпкин А.С. Релейная защита трансформаторов. - М. Энергоатомиздат, 1989. - 240 с.

3 Беркович М.А., Молчанов В.В., Семенов В.А. Основы техники релейной защиты. - М.: Энергоатомиздат, 1984.- 375 с.

4 Правила устройства электроустановок ПУЭ-76, разд. 3. –М.: Энергоиздат, 1981. -80 с.

5 А.С. №740170. СССР. Устройство для защиты силового трансформатора от виткового замыкания // Гагеном А.Ф., Комисаровы Г.А., Чечушковым Г.А. Оpubл. 25.06.1974.

6 Гаген А.Ф. Устройство защиты трансформаторов от витковых замыканий// Изв. вузов Электромеханика. – 1978.- № 9.- С.1015÷1016.

7 United States Patent 3.863.109. Short circuit sensing device for electromagnetic induction apparatus. Alexander E. Emanuel, Jitendra P. Vora - 1975.- Jan.28.

8 А.С. №740170. СССР. Способ обнаружения короткого замыкания обмотки трансформатора // Синичи Кудзе, Тосио Такаги. Оpubл. 05.06.80.

9 Засыпкин А.С. Устройства релейной защиты трансформатора с датчиками напряженности магнитного поля//Изв. вузов Электромеханика. -1979. -№9. -С.791-799.

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар. Материал поступил в редакцию 17.08.12.

А.Н. НОВОЖИЛОВ, Е.Н. КОЛЕСНИКОВ, Т.А. НОВОЖИЛОВ, Е.В. ШКРЕБА

ТҰЙЫҚТАЛҒАН ОРАМЫНАН ТРАНСФОРМАТОРЛАРДЫ ҚОРҒАУ ТАЛДАУ

A.N. NOVOZHILOV, E.N. KOLESNIKOV, T.A. NOVOZHILOV, E.V. SHKREBA

THE ANALYSIS OF PROTECTION OF TRANSFORMERS FROM WINDING SHORT CIRCUITS

### Түйіндеме

Тұйықталған орамынан трансформаторларды қорғау бойынша белгілі бағыт мүмкіндіктерінің талдауы жасалынды және жоғары әсергіштігімен қорғауды өңдеуге мүмкіндік беретін жаңа тұйықталған орамынан трансформаторларды қорғаулары ұйымдастырылды.

### Resume

The analysis of possibilities of the known directions in protection of transformers from winding short circuits is made and a new one, allowing to develop protection with hyper sensibility is formulated.

УДК 338

**В.Г. САЛЬНИКОВ\*, Р.М. МУСТАФИНА\*\*,**

**Г.М. МУСТАФИНА\*\*, А.Х. ТАНАТ\*\***

## **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ФЕРРОСПЛАВНЫХ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ**

Одним из наиболее экономически мало затратных путей повышения энергетической безопасности страны являются повышение энергоэффективности производства любого продукта и энергосберегающие мероприятия. Сопоставительный анализ уровня потребления энергоресурсов развитых стран и Республики Казахстан показывает, что удельная энергоёмкость внутреннего валового продукта республики превосходит мировые показатели, например, США – в 2,5 раза, Дании – в 3,5 раза, Японии – в 4 раза. Поэтому актуальными в настоящее время становятся исследования в области энергосбережения и повышения эффективности использования электрической энергии, являющихся составляющими обеспечения энергетической безопасности. Началом проведения энергосберегающей политики в мире принято считать энергетический кризис 70-х годов. Энергосбережение – это уменьшение потерь и увеличение коэффициента энергопотребления, а не искусственное ограничение энергопотребления. Поэтому возникает проблема исследовать пути и технические средства для обеспечения этих условий, определить возможные резервы экономии энергоресурсов в различных сферах экономики и на различных этапах потребления энергии в ней.

С этой целью в работе исследованы возможности повышения электрических и технико-экономических показателей электропечей ферросплавных заводов для обеспечения энергосбережения и повышения энергоэффективности.

Потребляемая активная мощность в электропечах ферросплавного производства расходуется на расплавление проводящей шихты и загруженных в печь материалов, горение электрических дуг между электродами и расплавом, а также на возгонку, химические процессы и покрытие тепловых потерь.

При этом активная мощность, расходуемая на расплавление проводящей шихты, зависит только от величины действующего значения фазного напряжения  $U^{\phi}$

$$P_{ш} = \frac{U_{\phi}^2}{R_{ш}}. \quad (1)$$

Активную мощность электрических дуг определяется по формуле

$$P_{\delta} = P_{пол} - P_{ш}, \quad (2)$$

где полезная активная мощность находится по формуле [1]

$$P_{\text{пол}} = \frac{G\omega_y}{365 * 24 * K_B * K_M}, \quad (3)$$

где  $G$  – производительность печи, т/год;

$\omega_y$  – удельный расход электроэнергии для данного сплава, кВт\*ч/т;

$365 * 24$  – число календарных часов в году, час;

$K_B$  – коэффициент использования календарного времени ( $K_B = 0,8-0,95$ );

$K_M$  – коэффициент использования максимальной мощности, учитывающий снижение мощности в процессе работы из-за технологических причин, колебаний питающего напряжения и электрического режима печи, наличия периодов перед остановкой печи и при её разогреве после простоя ( $K_M = 0,65-0,85$ ).

В ходе экспериментов при включении и отключении установок продольно-емкостной компенсации реактивной мощности были проведены специальные исследования электрических параметров рудовосстановительной печи типа РКЗ–16,5 при выплавке ферросилиция марок ФС–45 и ФС–25. Установки продольно-емкостной компенсации реактивной мощности позволяют уменьшить дефицит реактивной мощности  $Q$  и тем самым повысить активную мощность  $P$ , что, в свою очередь, приводит к повышению энергоэффективности ферросплавного производства.

Мощность, выделяющаяся в шихтовом слое, зависит только от фазного напряжения (1). Изменения тока  $I$  и активной мощности печи  $P$  при подъеме и опускании электрода происходят за счет изменения сопротивления электрической дуги  $R^{\phi}$ . При быстром подъеме электрода на работающей печи в каком-то положении происходит разрыв дуги и с этого момента уменьшение тока происходит только за счет сокращения площади контакта электрода с шихтой.

При подъеме электрода от нормального положения измеряли ток, соответствующий излому проводимости ванны рудовосстановительной печи. В некоторых опытах после обрыва электрической дуги под электродом ток не изменялся при подъеме электрода на 10–15 см, что свидетельствовало о глубоком погружении электрода в шихту к моменту начала подъема.

Расчеты показали, что средние значения полного сопротивления печи при выплавке 45 и 25% ферросилиция соответственно составляют 2,08 и 2,04 МОм, а активные сопротивления шихтового слоя 1,72 и 1,65 Мом, то есть сопротивления различаются незначительно. В то же время, мощности электрических дуг составляют соответственно 45 и 25% от активной мощности печи, что примерно соответствуют содержанию кремния в выплавляемом ферросплаве.

Из полученных данных следует, что выплавка ферросилиция требует значительных мощностей электрических дуг. Без выполнения этих условий выплавка ферросилиция не возможна.

Из формулы (1) следует, что интенсификация процесса производства ферросилиция возможна при повышении фазного напряжения  $U_{\phi}$ , но при этом необходимо увеличить ток  $I$  на электродах, чтобы сохранить оптимальное соотношение  $I/U_{\phi}$ . А это в свою очередь приводит к дефициту реактивной мощности и падению коэффициента мощности печной установки [2].

Современные электрические печи оборудованы установками продольно-емкостной компенсации реактивной мощности (УПК), которые сокращая дефицит реактивной мощности  $Q$ , повышают активную мощность  $P$ .

Исследования влияния компенсации реактивной мощности при применении УПК проводились на двух печах типа РКЗ–16,5 при выплавке 65% ферросилиция при стабильном режиме их работы. Измерения электрических и технологических параметров проводились при отключенных и включенных УПК [3].

Наблюдение за работой печей при отключенном УПК проводилось в течение 27 суток, а при включенном УПК – 14 суток. Анализ полученных данных показывает, что увеличить активную мощность печи можно при условии, что печь не работает на предельной мощности и есть возможность увеличения пропускной способности короткой сети на некомпенсированном участке. Мощность, потребляемая печью при выплавке ферросилиция, может без нарушения технологического процесса достигать номинально установленной мощности. Такую мощность можно получить, увеличивая рабочий ток и напряжение при сохранении их рационального соотношения и высоком коэффициенте мощности, когда доля активной, преобразованной в тепло, мощности достигает максимума. Такой режим работы печи возможен при оборудовании печи искусственной компенсацией реактивной мощности.

Для исследования непрерывного технологического процесса рекомендуется использовать теорию случайных процессов. Материалом для этого могут служить данные, представляющие непрерывные наблюдения за сутки или смену. Для ферросплавных печей наиболее характерными являются суточные показатели [3]. При таком временном шаге сечений непрерывного технологического процесса удастся наиболее полно избежать влияния «шумов» (сбоев в работе отдельных механизмов печи) на результаты измерений и расчетов электрических и технико-экономических показателей ферросплавной печи.

При проведенном исследовании продолжительность непрерывных наблюдений за работой печи была не меньше 24 часов. Общее количество наблюдений составило 30. Эта величина обусловлена возможностью цеха подготовки шихты поддерживать строго определенный состав шихты из руды одного поступления для работы в течение месяца двух рудовосстановительных печей типа РКЗ –16,5.

Первым этапом дисперсионного анализа является группирование значений по следующим изучаемым факторам:  $P$  – активная мощность,  $Q$  – реактивная мощность,  $\cos \varphi$  – коэффициент мощности цепи,  $G$  – производительность печи,

$\omega_y$  - удельный расход электроэнергии для данного сплава. Для определения центра группирования, вокруг которого сосредоточено все распределение, приняли математическое ожидание случайной величины  $X$  согласно формуле [4]

$$M[x] = \sum_{i=1}^n x_i p_i, \quad (4)$$

где  $x_i$  - возможное значение исследуемой величины с вероятностью появления  $p_i$ .

Характеристика разброса случайной величины около ее математического ожидания (дисперсия) определялась по формуле

$$D[x] = \sum_{i=1}^n (x_i - M[x])^2 p_i \quad (5)$$

Для наглядной характеристики разброса пользовались среднеквадратическим (стандартным) отклонением

$$\sigma[x] = \sqrt{D(x)}, \quad (6)$$

измеряемым в тех же единицах, что и исследуемая величина.

Результаты измерений и расчетов математических ожиданий  $M[P]$ ,  $M[Q]$ ,  $M[\cos \varphi]$ ,  $M[G]$ ,  $M[\omega_y]$  и среднеквадратических отклонений  $\sigma[P]$ ,  $\sigma[Q]$ ,  $\sigma[\cos \varphi]$ ,  $\sigma[G]$ ,  $\sigma[\omega_y]$  при выплавке 65% ферросилиция в рудовосстановительных печах типа РКЗ-16,5 без УПК и с УПК приведены в таблице 1.

Применение установок продольно-емкостной компенсации реактивной мощности позволило повысить активную мощность электропечи на 6,58%.

Реактивная мощность печи с УПК уменьшилась на 41,16%, вследствие чего коэффициент мощности увеличился на 17,49%. Суточная производительность благодаря увеличению потребляемой активной мощности и повышению напряжения, обусловленному компенсацией реактивной мощности, возросла на 12%. Удельный расход электроэнергии снизился на 4,63%, что представляет собой значительное энергосбережение.

Влияние УПК на электрические параметры рудовосстановительной печи типа РКЗ-16,5 исследованы при устойчивой работе печи на 6–8 ступенях регулятора напряжения печного трансформатора с УПК и без неё. Выбор ступеней напряжения обусловлен требованиями технологической инструкции, которая рекомендует осуществлять технологический процесс при выплавке 65% ферросилиция на этих ступенях напряжения [3]. Измерения осуществлялись при работе с УПК и сразу же после её отключения, чтобы уменьшить погрешность влияния технологического процесса на параметры электрического режима.

Таблица 1

Параметр	$P, \text{MВт}$	$Q, \text{Мвар}$	$\cos \varphi$	$\sigma_y,$ $\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}$	$G,$ $\text{м} / \text{сут}$
УПК отключена					
$M[X]$	13,84	11,13	0,778	7606	43,67
$\delta[X]$	0,796	0,676	0,27	17,11	2,16
УПК включена					
$M[X]$	14,75	6,56	0,914	7254	48,80
$\delta[X]$	0,621	0,506	0,18	15,71	1,93

Из экспериментального исследования режимов рудовосстановительной печи типа РКЗ-16,5 по производству ферросилиция как потребителя активной мощности можно сделать следующие выводы:

- полные и активные сопротивления печи при выплавке ферросилиция марок ФС 45 и ФС 25 отличаются незначительно;

- мощности электрических дуг составляют при выплавке ферросплава марки ФС 45 около 45% от активной мощности печи, при выплавке ФС 25 около 25%.

Экспериментальные исследования режимов работы рудовосстановительной печи типа РКЗ-16,5 доказывают недопустимость отключения УПК при выплавке ферросилиция.

Из анализа полученных экспериментальных результатов с включением УПК на различных ступенях печных трансформаторов можно сделать следующие выводы, подтверждающие повышение эффективности использования электрической энергии и энергосбережения:

- напряжение распределительной сети повышается с 10,00 до 10,25 кВ, то есть на 2,5%;

- дефицит реактивной мощности снижается на 35–40%;

- коэффициент мощности повышается на 8–12%;

- потребление реактивной мощности увеличивается на 7–12% и полной мощности на 2–3%;

- повышение суточной производительности ферросилиция на 12%.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Производство ферросилиция: Справочник. – Новокузнецк: Кн.изд-во, 2000 –426 с.

2 Данцис Я.Б. Короткие сети и электрические параметры дуговых электропечей. – М.: Металлургия, 1987 – 320 с.

3 Клименко В.Ф. Параметры, определяющие производительность электрических установок/ В.Ф. Клименко, В.И. Кулинич, Н.Г. Головачев и др. – Сталь, 2002, № 5, с.30-34.

4 Смирнов Н.В. Курс теории вероятностей и математической статистики/ Н.В. Смирнов, И.В. Дунин-Барковский. – М.: Наука, 1965 – 511 с.: ил.

\*Академия водного транспорта, г. Новосибирск; \*\*Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар. Материал поступил в редакцию 10.04.2012.

В.Г. САЛЬНИКОВ, Р.М. МУСТАФИНА, Г.М. МУСТАФИНА,  
А.Х. ТАНАТ

ФЕРРОҚОРЫТУ ЭЛЕКТР ПЕШТЕРІ ЖҰМЫСТАРЫНЫҢ  
ЭНЕРГИЯЛЫҚ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ЖОЛДАРЫ

V.G. SAL'NIKOV, R.M. MUSTAFINA, G.M. MUSTAFINA,  
A.K. TANAT

WAYS OF INCREASING POWER EFFICIENCY OF FERROALLOY  
ELECTRIC FURNACES

*Түйіндеме*

*Мақалада ферроқорыту электр пештері жұмыстарының тиімділігін арттыру мүмкіндіктері зерттелген.*

*Resume*

*The possibilities to increase the efficiency of ferroalloy electric furnaces are investigated in the present article.*

УДК 620.197.3

**К.В. УШАКОВ, Г.Т. ЛИПАРТЕЛИАНИ, В.А. ГЛАЗЫРИН  
ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ**

Ингибиторы коррозии – вещества, находясь в коррозионной среде в достаточной концентрации, сильно замедляют либо вообще прекращают коррозионное разрушение металла. Ингибитором коррозии может быть как одно соединение, так и смесь нескольких.

По типу среды ингибиторы коррозии различают:

- ингибиторы нейтральных коррозионных сред;
- атмосферной коррозии;
- ингибиторы кислых сред;
- сероводородной коррозии;
- ингибиторы нефтяных сред.

В разных коррозионных средах один и тот же ингибитор может вести себя совершенно по-разному.

Классификация ингибиторов коррозии по механизму действия:

- пассивирующие ингибиторы;
- адсорбционные ингибиторы.

По характеру защитного действия различают ингибиторы: анодные, катодные, смешанные.

По химической природе ингибиторы делятся на: летучие, органические, неорганические.

Адсорбционные ингибиторы коррозии адсорбируются на поверхности защищаемого изделия, образуя пленку, и тормозят электрохимические реакции. Адсорбционными ингибиторами чаще всего являются ПАВ (поверхностно-активные вещества), а также органические соединения. При воздействии на изделие они дополнительно усиливают защитные свойства оксидной пленки.

Пассивирующие ингибиторы коррозии играют важную роль при образовании на поверхности металла защитной пленки, которая пассивирует ее. Пассиваторами чаще всего являются неорганические соединения, обладающие окислительными свойствами (нитриты, молибдаты, хроматы). Пассивирующие соединения считаются более эффективными, чем большая часть неактивных.

Неорганические ингибиторы коррозии используются чаще всего. К ним относятся некоторые пассиваторы, катодные, анодные, пленкообразующие ингибиторы и т.д. К неорганическим ингибиторам коррозии относятся фосфаты, бихроматы, хроматы, нитриты, полифосфаты, силикаты и т.д.

Органические ингибиторы коррозии считаются веществами смешанного действия. Они замедляют катодную и анодную реакции. Очень часто их используют при кислотном травлении.

Ингибиторы нейтральных сред

По Розенфельду ингибиторы данного вида классифицируют так:

- с окислительными свойствами (хроматы, нитрит натрия, органические соединения, которые содержат нитро и карбоксильную группу);

- ингибиторы, которые образуют труднорастворимые соединения, но не имеют окислительных свойств (бораты, силикаты, фосфаты, карбонат натрия, гидрат натрия);

- ингибиторы со слабым окислительным действием с анионами типа (MetO<sub>4</sub>)<sup>n-</sup> (ванадаты, хроматы, вольфраматы, молибдаты).

Среди ингибиторов нейтральных сред можно выделить: ОЭДФ, НТА, ФБТК, ЭДТА, НТФ.

Ниже рассмотрено несколько групп часто применяемых ингибиторов коррозии нейтральных сред.

Самое широкое распространение среди ингибиторов нейтральных сред получил анодный ингибитор нитрат натрия. Он применяется при межоперационной защите металла. Для этого его поверхность обрабатывают 10% водным раствором ингибитора. Концентрация нитрата натрия во многом зависит от количества в воде ионов хлора. Концентрация данного вещества должна быть раз в 10 больше концентрации ионов хлора. Нитрит натрия не применяется для защиты меди и цинка, при рН более 5.

Фосфаты – довольно сильные ингибиторы, с продуктами коррозии образуют на поверхности стали труднорастворимые соединения, которые со временем уплотняются, изолируя поверхность. Фосфаты, как и нитрит натрия, является опасным ингибитором, т.к. если ввести его в систему в слишком малом либо большом количестве – это приведет к усилению коррозионного разрушения. 10 мг/л – часто используемая концентрация фосфатов для защиты стали в воде.

Хроматы относятся к универсальным ингибиторам, т.к. применяются для защиты почти всех металлов. Концентрация хроматов должна превышать концентрацию хлор ионов не менее, чем в 2 – 3 раза. С повышением температуры эффективность действия хроматов сразу значительно уменьшается. Если при повышенной температуре в коррозионной среде содержится недостаточное количество ингибирующих добавок – коррозия носит локальный характер. Хроматы применяются только для защиты металла в оборотной воде.

Ингибиторы атмосферной коррозии.

Для защиты металла от атмосферной коррозии применяют контактные и летучие ингибиторы.

Контактные ингибиторы наносятся непосредственно на поверхность защищаемого изделия (как пленка, например) или же ими пропитывают пропиточные материалы. К контактным можно отнести хроматы, нитриты, бензоаты, фосфаты и др. Это, в основном, неорганические соединения, состоящие из веществ, воздействующих на кинетику электродных реакций.

Летучие ингибиторы атмосферной коррозии самопроизвольно адсорбируются на поверхности изделия, находятся при нормальной температуре в летучем состоянии. Воздействуют на кинетику электродных реакций. К ним относятся соли слабых неорганических и органических кислот, аминов (бензоаты, нитриты, фосфаты, кетоны, нитрофеноляты, нитробензоаты и др.) Для защиты металлов от атмосферной коррозии во время перевозки, хранения и консервации очень часто используют ингибированную антикоррозионную бумагу. При производстве ингибированной бумаги, основным ее активным элементом является ингибирующее вещество. Для

защиты черных металлов от атмосферной коррозии широко применяется ингибированная упаковочная бумага, которая содержит ингибитор УНИ.

Ингибитор для защиты от атмосферной коррозии УНИ – это смесь двух веществ, нитрита натрия и уротропина в одинаковом соотношении. Это белый кристаллический порошок. С него делается раствор, которым пропитывают специальную бумагу. Только потом она становится ингибированной, антикоррозионной. Порошок, растворившись в воде, образует прозрачную жидкость. рН 30%-го раствора составляет 8 - 8,5. Порошкообразный ингибитор УНИ хорошо растворяется в воде, плохо в спирте и совершенно нерастворим в углеводородах. Ингибитор летучий и малотоксичен. Ингибитор УНИ абсолютно не влияет на кожу, текстиль, органические покрытия, дерево, упаковочную бумагу и лакокрасочные материалы.

Ингибиторы кислых сред (кислотной коррозии)

Ингибиторами кислотной коррозии называются вещества, которые при малых их концентрациях в кислотах либо кислых средах значительно уменьшают скорость. Ингибиторы кислотной коррозии: ХОСП-10, И-2В, ПА-6, ПБ-8, КИ-1, ИК-40, КПИ-3, И-1-А, ИК-45, катапин, С-5, ЧМ, ПКУ, КХ, ТДА, ХОД, пеназолин др. Ингибиторы кислотной коррозии тормозят процесс разрушения металла за счет увеличения поляризуемости анодного, катодного либо обоих электродных процессов. Самыми эффективными ингибиторами кислотной коррозии считаются соединения, в состав которых входят кислород, сера, азот.

Ингибитор ЧМ (Р + П) – один из первых ингибиторов, выпущенных в Советском Союзе. Применяется при травлении черных металлов (малолегированная и углеродистая сталь, чугун) при температуре до 70 °С в растворах серной кислоты.

Пеназолин (ПАВ-446) – ингибитор двойного действия. Кроме ингибирующих свойств пеназолин (ПАВ-446) образует на поверхности растворов плотную и густую пену (к тому же еще и устойчивую). Пеназолин нетоксичен. Рекомендуется применять в растворах серной и соляной кислот. Ингибитор пеназолин применяется при температурах от 20 до 95 °С. Концентрация пеназолина в растворах соляной кислоты должна составлять около 0,01%, в растворах серной кислоты 0,01 – 0,05%.

Ингибитор КИ-1 относится к комбинированным ингибиторам, которые состоят с нескольких составных частей, в данном случае это водный раствор 25% катапина и 25% уротропина. КИ-1 - это немного мутная или прозрачная жидкость от желтого до коричневого цвета, плотностью 1,15 – 1,18 г/см<sup>3</sup> при температуре 20 °С. Изготавливается по стандарту ТУ 6-04689381.006-97 (Россия). Срок хранения вещества – 1 год. Вещество эффективно в растворах фосфорной и серной кислот (концентрацией до 50%), а также плавиковой и соляной (концентрацией до 30%). КИ-1 рекомендовано применять при температурах до 100 °С при кислотной очистке оборудования теплоэнергетического, скважин от различных загрязнений. Аналогами ингибитора КИ-1 являются ингибиторы: ПБ-5, ПКУ-Э, Синол-ИКК и БА-6.

Ингибитор ХОСП-10 – это синергетическая смесь технических продуктов, хорошо растворим в фосфорной, соляной, серной, уксусной, муравьиной кислотах, но совершенно не растворяется в щелочах. Ингибитор ХОСП-10 улучшает качество поверхности металла, пластические свойства сталей, предотвращает наводораживание и расслаивание. При травлении в 20% соляной кислоте изделий из цветных металлов при температуре 20 - 50 °С. При температуре около 90 °С в 20% серной кислоте степень защиты ингибитора, концентрацией 0,05% составляет более 99%!

Для травления в растворах серной кислоты (концентрацией до 40%) мало-, средне- и высокоуглеродистых сталей при повышенной температуре (95 – 99 °С). применяют ингибитор С-5. Он относится к комбинированным ингибитором и обладает синергетическим действием. Хорошо растворяется в воде, водных растворах щелочей и кислот. Применять ингибитор С-5 можно не только в растворах серной кислоты, но и в очень слабом растворе азотной (до 15%) при температуре не выше 35 °С. При температуре 80 °С в 20% растворе серной кислоты степень защиты ингибитора (данные для Ст3) составляет 98%. При 25 °С в 12% азотной кислоте степень защиты 99,8%.

Ингибитор БА-6 – Это нерастворимый в воде технический продукт. В органических растворителях (спирт, ацетон, эфир и др.), а также кислотах (фосфорная, соляная, серная) ингибитор коррозии БА-6 растворяется хорошо. Применяется ингибитор БА-6 для защиты при соляно-кислой обработке оборудования нефтяных и газовых скважин. Его концентрация должна составлять около 0,5 – 1%.

Ингибиторы коррозии для газо- и нефтепромышленности.

Наличие в нефти различных примесей, растворенного сероводорода делает ее очень агрессивной коррозионной средой. Ингибирование применяют на всех стадиях добычи, переработки, хранения нефти. При этом используется одно и то же вещество. Большинство ингибирующих добавок образуют на поверхности металла пленку, гидрофобизируют ее. В нефть также вводятся ингибиторы парафинообразования, антивспениватели, антивоспламенители. Для защиты металла от сероводородной коррозии (газо-, нефтепромышленность) хорошо себя зарекомендовали ингибирующие добавки на аминной основе. Распространенные ингибирующие добавки в газо- и нефтепромышленности: типа ИФХАНгаз, сульфаноЛ П, АМДОР-ИК, Олазол-Т2П, Корексит-6350, ИСА-148, Сепакор 5478, Додиген 4482-1, т.д.

Катодные, анодные, смешанные ингибиторы.

В большинстве случаев ингибиторы защищают изделие от коррозии по электрохимическому механизму, т.е. воздействуя на скорость прохождения катодного, анодного, либо обоих коррозионных процессов. Суть ингибирования заключается в замедлении этой скорости.

Анодные ингибирующие добавки воздействуют на анодную реакцию. Это соединения, обладающие окислительным воздействием (нитриты, хроматы). Они способствуют образованию на анодной части металлического изделия очень тонкой пассивной пленки, которая значительно замедляет скорость коррозии на этом участке. Анодные ингибиторы называют еще пассиваторами. Механизм действия анодных ингибиторов: за счет образования пассивной пленки площадь анодной поверхности уменьшается; торможением анодного перехода основного металла в раствор. К анодным ингибиторам относятся фосфаты, силикаты, карбонаты щелочных металлов, гидрофосфаты и многие другие

Катодные ингибиторы замедляют катодную реакцию, растворение металла. Стационарный потенциал системы сдвигается в отрицательную сторону, идет уменьшение коррозионного тока. На поверхности образуется адсорбционная пленка. Проходит химическая реакция, в результате которой связывается деполяризатор. На поверхности защищаемого металла образуются труднорастворимые соединения, которые замедляют коррозию, блокируют поверхность. К ним относятся сульфит натрия, гидразин.

Смешанные ингибиторы коррозии тормозят анодную и катодную реакцию. Поэтому считается, что смешанные ингибиторы более эффективны. Большинство таких соединений работают по окислительному типу. Ярким примером данного вида веществ можно считать хроматы.

Эффективность действия ингибиторов коррозии можно оценить по двум показателям: степени защиты ( $Z$ , %) и коэффициенту торможения коррозии  $\gamma$  (защитный эффект ингибитора).

Формула для определения степени защиты  $Z$ :

$$Z = \frac{K_1 - K_2}{K_2} * 100 = \frac{i_1 - i_2}{i_1} * 100$$

где  $K_1$ ,  $K_2$  – скорость коррозии (растворения) металла в среде без ингибитора и с ним [г/(м<sup>2</sup>•ч)];

$i_1$ ,  $i_2$  – плотность коррозионного тока в неингибируемой среде и ингибируемой, соответственно [А/см<sup>2</sup>].

Значение  $Z$  равно 100% тогда, когда металл полностью защищен, скорость коррозии сводится к 0.

Защитный эффект ингибитора рассчитывается по формуле:

$$\gamma = \frac{K_1}{K_2} = \frac{i_1}{i_2}$$

Коэффициент торможения показывает, во сколько раз под действием ингибитора уменьшается скорость коррозии.

Между коэффициентом торможения и степенью защиты существует связь, определяющаяся формулой:

$$Z = \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) * 10$$

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Манске Р., Кулка М. Органические реакции. -М.: Издательство. -1956. -т.7.
- 2 Эльдерфильд Р. Гетероциклические соединения. -М.: Издательство. -1955. -т.4.
- 3 Михайлов Г.И. Химические реактивы и препараты // Труды УРЕА. -вып.25. -М. -1963. -С.66.

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар. Материал поступил в редакцию 19.06.2012.

К.В. УШАКОВ, Г.Т. ЛИПАРТЕЛИАНИ, В.А. ГЛАЗЫРИН  
 KORROZIA INHIBITORLAR  
 K.V. USHAKOV, G.T. LIPARTELIANI, V.A. GLAZYRIN  
 CORROSION INHIBITORS

#### *Түйіндемe*

*Осы ғылыми жұмыста коррозия ингибиторлары, олардың түрлері және қорғау әдістері келтірімен.*

#### *Resume*

*The article examined corrosion inhibitors, their classification and methods of protective action.*

### НАШИ АВТОРЫ

**Айтеев Д.С.** - Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Амренова Дана Темирболатовна** - старший преподаватель кафедры Радиоэлектроники и телекоммуникации, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Бергузинов Асхат Нурланович** - старший преподаватель, магистр теплоэнергетики, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Бобеев А.Б.** - к.т.н., профессор.

**Габдулов Асет Уралбаевич** - бакалавр электроэнергетики, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Глазырин Василий Александрович** – преподаватель, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Глазырин Сергей Александрович** - к.т.н., доцент, заведующий кафедрой "Теплоэнергетика", Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Джундибаев В.Е.** - д.т.н., профессор.

**Дудаков Николай Степанович** – к. т. н., профессор кафедры машиностроения и стандартизации, факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Дюсенова Женисгуль Жагипаровна** - старший преподаватель кафедры радиоэлектроники и телекоммуникации, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Ержанов Калый Шаймерденович** - к.т.н., доцент, кафедры энергетика, Институт нефти и газа, Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга имени Ш. Есенова, г. Актау.

**Жолдыбаева Г.С.** - к.т.н. КазУТБ, г. Астана.

**Жумадинова Алия Кайрулловна** - к.т.н, доцент, кафедра электроэнергетики, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Итьбаева Галия Тулеубаева** – к. т. н., доцент кафедры машиностроения и стандартизации факультета металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Каиржанов Руслан Ерланович** – студент кафедры механики и нефтегазового дела, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Карменов Канат Масгутович** - бакалавр, магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

*Касенов Асылбек Жумабекович* – к. т. н., доцент кафедры машиностроения и стандартизации факультета металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар,

*Кислов Александр Петрович* - к.т.н., профессор декан энергетического факультета, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

*Колесников Евгений Николаевич* - магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

*Копырин Владимир Сергеевич* - к.т.н., профессор, директор НПЦ «ЭНЭК», г. Екатеринбург.

*Куанышкалиева Гульшат Канатовна* – студент, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

*Кырыкбай Амир* - магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

*Липартелиани Гурам Тристанович* – студент, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

*Лукинова Дарья Сергеевна* – студент, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

*Магомадова Ксения Майрбековна* – студент, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

*Марковский Вади́м Павлович* - к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С.Торайгырова, г. Павлодар.

*Мендыбаев Сергазы Амиргалиевич* - к.т.н., профессор, преподаватель кафедры автоматизации и управления, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

*Мусина Жанара Керейовна* – к. т. н., доцент кафедры машиностроения и стандартизации факультета металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С.Торайгырова, г. Павлодар.

*Мустафина Гульжаухар Мухаметжаровна* – старший преподаватель кафедры «Радиотехника и телекоммуникация», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

*Мустафина Раиса Мухаметжаровна* – к.т.н., профессор кафедры «Радиотехника и телекоммуникации», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

*Нарынбаев Дамир Серикович* - к.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

*Новожилов Александр Николаевич* - д.т.н., профессор, кафедра автоматизации и управления, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

*Новожилов Т.А.* - Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

*Оразова Гаухар Отегеновна* - старший преподаватель кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникация» Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

*Рындин Владимир Витальевич* – к. т. н., профессор кафедры механики и нефтегазового дела, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

*Сагинаева Асемгуль Толепбергеновна* – студент кафедры механики и нефтегазового дела, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

*Сальников Василий Герасимович* – д.т.н., профессор кафедры электрических станций и сетей, Академия водного транспорта, г. Новосибирск.

*Танат Азамат Хапбасулы* – магистр электроэнергетики, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

*Уразалимова Дария Сансызбаевна* - магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

*Ушаков Кирилл Владимирович* – студент, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

*Шкрёба Е.В.* - Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ****ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ**

**(«ВЕСТНИК ПГУ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»,  
«ӨЛКЕТАНУ- КРАЕВЕДЕНИЕ»)**

1. В журналы принимаются статьи по всем научным направлениям в 1 экземпляре, набранные на компьютере, напечатанные на одной стороне листа с межстрочным интервалом 1,5, с полями 30 мм со всех сторон листа, название статьи: кегль - 14 пунктов и дискета со всеми материалами в текстовом редакторе «Word 7,0 (97, 2000, 2007) для Windows».

2. Общий объем статьи, включая аннотацию, литературу, таблицы и рисунки, не должен превышать 8-10 страниц.

3. Статья должна сопровождаться рецензией доктора или кандидата наук для авторов, не имеющих ученой степени. Для статей, публикуемых в Вестник химико-биологической серии, требуется экспертное заключение.

**Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами:**

1. УДК по таблицам универсальной десятичной классификации;
2. Название статьи - на казахском, русском и английском языках, заглавными буквами жирным шрифтом, абзац центрованный;
3. Имя, отчество, фамилия (-и) автора(-ов), полное название учреждения;
4. Резюме на казахском, русском и английском языках: кегль - 10 пунктов, курсив, отступ слева-справа — 1 см, интервал 1,0; для Вестников химико – биологической серии требуется также экспертное заключение (см. образец);
5. Текст статьи: кегль - 14 пунктов, гарнитура - Times Nev Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times Nev Roman (для казахского языка).
6. Межстрочный интервал 1,5 (полуторный);
7. Список использованной литературы (ссылки и примечания в статье обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). Список литературы должен быть оформлен в соответствии с ГОСТ 7.1-84 (см. образец).

**На отдельной странице**

В бумажном и электронном вариантах приводятся:

- **сведения об авторе:** - Ф.И.О. полностью, ученая степень и ученое звание, место работы (для публикации в разделе «Наши авторы»);
- **полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, E-mail** (для связи редакции с авторами, не публикуются);
- название статьи и фамилия (-и) автора (-ов) на казахском, русском и английском языках (для «Содержания»).

1. Иллюстрации. Перечень рисунков и подрисовочные надписи к ним представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

2. Математические формулы должны быть набраны как Microsoft Equation (каждая формула - один объект).

3. Автор просматривает и визирует гранки статьи и несет ответственность за содержание статьи.

4. Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи. Рукописи, диски и дискеты не возвращаются. Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

5. Оплата за публикацию в Вестнике составляет 5000 (Пять тысяч) тенге.

6. Статью (бумажная, электронная версии, оригинал квитанции об оплате) следует направлять по адресу:

140008, Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Издательство «Кереку», каб. 137

Тел. 8 (718-2) 67-36-69, (внутр. 147; 183) факс: 8 (718-2) 67-37-02.

E-mail: kereku@mail.ru

Наши реквизиты:

РГКП Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова  
 АО «Цеснабанк»  
 Код сектора экономики – 6  
 Признак резиденства - 1

РНН 4 5 1 8 0 0 0 3 0 0 7 3  
 БИН 990 140 004 654  
 ИИК 579 9 8 F T B 0 0 0 0 0 3 3 10  
 БИК T S E S K Z K A

**ОБРАЗЕЦ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ:**

ISSN 1811-1815. Вестник ПГУ. Сер. гум., 2010. № 2  
 УДК 316:314.3

**А.Б. ЕСИМОВА**  
**СЕМЕЙНО-РОДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ КАК**  
**СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ**  
**В РЕАЛИЗАЦИИ РЕПРОДУКТИВНОГО МАТЕРИАЛА**

Одной из актуальных проблем современности является проблема демографическая. Еще в XX веке исследователи активно занимались поиском детерминант рождаемости, выявлением факторов, определяющих реализацию репродуктивных планов семей, индивидов. ....

Продолжение текста публикуемого материала.

Пример оформления таблиц, рисунков, схем:

Таблица 1

Суммарный коэффициент рождаемости отдельных национальностей

	СКР, 1999 г.	СКР, 1999 г.
Всего	1,80	2,22

Диаграмма 1

Показатели репродуктивного поведения

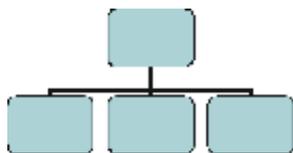
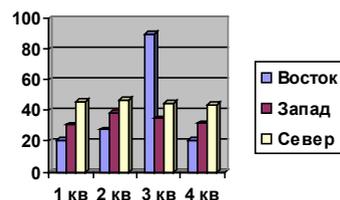


Рисунок 1 – Социальные взаимоотношения

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Этнодемографический ежегодник Казахстана. Статистический сборник. – А., 2006. – С.424.

2 Бурдые П. Формы капитала // Экономическая социология. – Т.3, №5. – 2002.-С.66.

Место работы автора (-ов):

Международный Казахско-Турецкий университет имени Х.А. Яссави, г. Туркестан.

А.Б. ЕСИМОВА

ОТБАСЫЛЫҚ-ТУЫСТЫ ҚАТЫНАСТАР РЕПРОДУКТИВТІ МІНЕЗ-ҚҰЛЫҚТЫ ЖҮЗЕГЕ АСЫРУДАҒЫ ӘЛЕУМЕТТІК КАПИТАЛ РЕТІНДЕ

A.B. YESSIMOVA

THE FAMILY-RELATED NETWORKS AS SOCIAL CAPITAL FOR REALIZATION OF REPRODUCTIVE BEHAVIOS

#### Түйіндеме

Бұл мақалада автор Қазақстандағы әйелдердің отбасылық –туыстық қатынасы арқылы репродуктивті мінез-құлықты айырмашылықтарын талдайды.

#### Resume

In given article the author analyzes distinctions of reproductive behaviour of married women of Kazakhstan through a prism the kinship networks.



Теруге 08.12.2012 ж. жіберілді. Басуға 22.12.2012 ж. қол қойылды.  
Форматы 70x100 1/16. Кітап-журнал қағазы.  
Көлемі шартты 6,97 б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.  
Компьютерде беттеген О.А. Гладкий  
Корректорлар: Б.Б. Әубәкірова, А. Елемескызы, А.Р. Омарова  
Тапсырыс №1949

Сдано в набор 08.12.2012г. Подписано в печать 22.12.2012 г.  
Формат 70x100 1/16. Бумага книжно-журнальная.  
Объем 6,97 ч.-изд. л. Тираж 300 экз. Цена договорная.  
Компьютерная верстка О.А. Гладкий  
Корректоры: Б.Б. Аубакирова, А. Елемескызы, А.Р. Омарова  
Заказ №1949

«КЕРЕКУ» баспасы  
С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті  
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.  
67-36-69  
E-mail: [publish@psu.kz](mailto:publish@psu.kz)  
[kereky@mail.ru](mailto:kereky@mail.ru)