

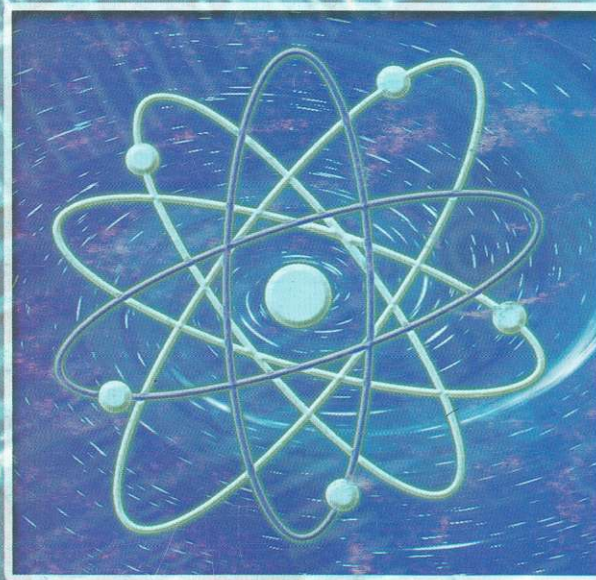
ISSN 1680-9165

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ПАВЛОДАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им.С.ТОРАЙГЫРОВА



1'2002

НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА



ҚАЗАҚСТАН
ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

10-тітто

**НЕЗАВИСИМОСТИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ПОСВЯЩАЕТСЯ**



	Жаратылыстану ғылымдары	
	<i>М.А. Сулейменов, К.А. Жубанов, Б.К. Акимкулов,</i>	
	<i>М.Б. Акимкулова, Г.З. Мопдахметова</i>	
- D	Павлодар алюминий зауығы шлактары нтгізінде	
- D	катализаторлардағы көмірсутегін пайдалану.....7	
	<i>А.М. Мұбарақов, Е.А. Туяқов</i>	
	Математика сабақтарында оқу қызметін ұйымдастыру	
	жәнг оны тексерудің бір тәсілі.....10	
	<i>А.В. Болдашевский, Г.Ж. Сейтенова, Л.Н. Сиромаша,</i>	
	<i>Р.Ж. Муканова, Р.К. Сеитова</i>	
	Былқылдақ өзеушің су мен биологиялық объектерлерің	
	құрамындағы сығаап құрамы.....19	
	<i>А.К. Курманқожаев, Т.П. Пентаев, С.Р. Оснапов</i>	
	Тасқынның гшметриялық жоғары моделічін	
	қатысуымен атмосфераның ластауының кснстіктік	
	таралуын бағалау теориясы.....22	
	<i>Б. Жакупов, М. Кантбекулы, А.А. Жармеиов,</i>	
	<i>С.Н. Калугин, А.О. Сыдықов, К.С. Идрисова,</i>	
	<i>В.В. Яковлев</i>	
o	Көмірмен натрий сульфатын қалпына келтіру	
	үрдісіне сипаттама.....27	
	<i>Б.Х. Мадиева</i>	
	Жас егфжүйрықтардың бауырына жаца тиімді	
	фармпрепарат ретінде қолдаылған жаңа	
	гепатопротектордың кейбір функционалдық	
	керсеткіштерінің әсерін зерттеу.....33	
	<i>В.В. Рындин</i>	
	Газ тұрақтылары және олардың физикалық мәні. 39	
	<i>Г.М. Асилова, Г.Е. Ергазиева,</i>	
	РЕДАЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ	-
	Нухулы А., д.х.н., проф. (<i>главный редактор</i>)	
	Утегулов Б.Б., д.т.н., проф. (<i>зам. гл. редактора</i>)	
	Члены редакционной коллегии:	
	Бойко Ф.К., д.т.н., проф.	
	Газалиев А.М., д.х.н., проф., член-корр. НАН РК	
	Гамарник Г.Н., д.т.н., проо.	
	Глазырин А.И., д.т.н., проф.	
	Даукеев Г.Ж., к.т.н., проф.	
	Ергожин Е.Е., д.х.н., проф., академик НАН РК	
	Ельмуратова А.Ф., к.т.н., доц.	
	Кислов А.П., к.т.н., доц.	
	Клецель М.Я., д.т.н., проф.	
	Кудерин М.К., к.т.н., доц.	
	Мансуров З.А., д.х.н., проф.	
	Мурзагулова К.Б., д.х.н., проф.	
	Пивень Г.Г., д.т.н., проф.	
	Сатинов А.С., д.т.н., проф., академик НАН 'К	
	Сулеев Д.К., к.т.н., проф-	
	Сейтахметова Г.Н. (<i>тех. секретарь</i>)	

\д|ре: редакция:
 ШГЧЗ» * Павлодар,
 я», Л ітшл., іі
 саг, 45-11-43
 •У.ііі 45-38-60
 п«•;Г :-:S2i 45-11-23
 Е.-Иві
 ri-kaSpsu.pv1.kz

№ 1 -ГООГ

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ АЛМАТЫ АЛМАТЫ АКАДЕМИЯСЫ

X III

8 АҚО МЕ

Издание зарегистрировано Министерством культуры, информации и общественного согласия Республики Казахстан. Свидетельство о постановке на учет средства массовой информации Ш924-Ж.

А.К. Умбетқалиев, К. Досымов

Гетерополиқышкылдар құралы бар катализатордағы толуола қышқылының ауадағы толық емес тотығуы 51

Е.А. Мәмбетқазиев, Ф.И. Лобанов,

Р.А. Момбетқазиева, А.Е.Исмұхамедова

Шахта суын тазалаудың тиімділігін арттыру.....56

Е.Е. Ергожиц Б.А. Мухитдинова, С.А. Шойыпбекова,

В.В. Шалыгина, Б.М. Нуранбаева

Жана азотты тотықтырғыш - қалпына келтіру

иондықауысымдар.....60

И.В. Кирилос, В.В. Казаногина, Л.А. Мусина

Пиридин шгіздеме ретіндегі электроершіткіштің

гкдрирленуі.....64

К.Ж. Телешее

Гранулирлшгея мыс шикі құрамынын

кебу ккаетикасы.....69

Ә.Кокаибнев

Безік керілу ұғымы туралы.....76

М, В. Чередниченко, К.В. Хацевский

Вакумл: слазмотронның катод жазығындағы үрдісті

эксперкмгнгті зертгл.....80

М.Р.Танашева, Ж.Р.Торегожиіа,

Л.К. Бейсембаева.А.Т. Омаров

Бордан тазалаудық ежркәсіпті су көздерін химия-

экологиялық жәш экология-экономикалық мәселелері95

Н.А. Закарина, М.К. Шаймерденова, Г.В. Ақулова

Н-гексан өлшем реакдиясындағы моио жәш

биметаллдық наноөлшемді pd-, pd-pt- жәш pd-cu- цеолит

кұрамды катализаторлар.....97

Н.К. Тусімбаев

Адсорбцияны зергтә/ және полиэтиленгликолдың

адсорбцияды қабатының құрылымы мен полистирольді

латекстегі анионды полиэжктролиттін кешендері ..103

Н.К, Тусімбаев

Полиэтиленгликол косындысымен полистирольді

латекс тұрақтылығының механизмі мен анионды

полиэлектролиттерінін кешендері туралы.....111

Р.К. Рахметулиаева, Е.Т. Ахметқалиева,

А.К. Қажиева, З.С. Нуркеева, Е.А. Мун

Этилшгликол және N-изопропиламанриламидтгін

винилдік эфир шгізіндегі жаңа термосезімді еріткіш

жәвг тігінді полимерлер.....118

Х.А. Юсупов

Токталымды зарядты кезіндегі детонация продектор

қысымының тириялық негіздемесі.....123

Ю.Е. Перменев, С.Е. Батырбекова,

Г.Д. Зоров, М.К. Ниуырызбаев

Қазақстан Республикасындағы ракета-

косметикалық қызметгін экологиялық мәселелерін

ІЧҒ1

" 2 D 0 2

шешудхң өзектілш

130

Техникалық ғылымдар

*Б.Б. Утегулов, А.Б. Утегулов,**Д.Б. Махметов, А.М. Шынтемір*

б - 10 КВ қуатты әдісімен логарифмдік өзгерістегі токтын бір фазалық өтімділігі жәш изоляциялдың толық жүргізілуінің бақылауы.....134

*Б.Б. Утегулов, Д.Б. Утицлова, Е.В.Мишина,**Г.К. Исабаева, В.В. Ткаченко, И.В. Кошкин*

Тұтынушы станциялардағы трансформаторлардың тиімді саны мен оны қосу.....139

В. А. Бороденко

Қозғалтқыштын жүктемесі бар түйіідердегі апатқа қарсы автоматиканың энергілікті құралдарының ерекшеліктері.....142 ,

*В.Г. Сальников, М.Н. Иванов,**Т.Ж. Токомбаев, Е.В. Иванова*

Жоғарғы керн^нлі асинхронды қозғаушы күшті желеге қосу барысында тораптағы жүктемелі қуаттың артуы.....146

В.М. Степаненко

Сығылмайтын ортадағы серпімділік тюрія есебінің сандықшешімі.....150

В. С. Сидельковский

Нейтральмен залалсыздандырылған жүйелрдің эжктроқауіпсіздігі.....155

*В.Т. Станевич, Б.О. Смаилова, В.И. Данилов,**Ш.К. Торпицев, С.С. Сайбулатов*

Огка қарсы керамикалық материалдар өндірісін қолдану максатында Май кшішінің сазын зертоу 161

И.В.Захаров

"Индуктор-тисеу" цилиндрлік жүйесінщ реактивтік қуат деңгейіш эсер етілгін факторларды талдау... 165

М.Г. Кузьмин, С.А. Кузин, Р.А. Бикеев, В.Ф. Хацевский

Доғалық болат қорығатын электр пештеріндегі электромеханикалық тербелістер.....174

Н.В. Третьяков

Электрмен камтамасың уту жүйесіндегі қуатты трансформаторлардын қуатты жарамдылығының техника-экономикалық бағасына сипаттам.....186

Ф.К. Бойко, Е.В. Птицына, С.Ф. Крутоус

Күрделі калыпты токтарды алуда пайдаланылатын индуктивтік орауыштарды тағдау әдістемесін жетілдіру.....192

Ақпарат

Біздің авторлар.....203

Авторларға арналған ережелер.....208

	Естественные науки	
	<i>М.А. Сумйменов, К.А. Жубанов, Б.К. Акимкулов,</i>	
	<i>М.Б. Акимкулова, Г.З. Молдахметова</i>	
	Способы утилизации углерода на катализаторах, основанных на шламах Павлодарского Аллюминиевого завода.....	7
2 1	<i>А.М. Мубараков, Е.А. Туяков</i>	
	Средства организации и проверки учебной работы на уроках математики.....	10
	<i>А.В. Болдашевский, Г.Ж. Сейтенова, Л.Н. Сиромеха, Р.Ж. Муканова, Р.К. Сеитова</i>	
	Содержание ртути в биологических объектах озера Былкыддак.....	19
	<i>А.К. Курманкожаев, Т.П. Пентаев, С.Р. Оспанов</i>	
	К теории оценки пространственного распространения загрязнения атмосферы с привлечением изоповерхностных моделей геометрии потоков.....	22
	<i>Б. Жакупов, М. Кантбекулы, А.А. Жарменов, С.Н.Калугин, А.О. Сыдыков, К.С. Идрисова, В.В. Яковлев</i>	
	Описание процесса восстановления сульфата натрия у гжм.....	27
	<i>Б.Х. Мадиева</i>	
	Изучение влияния нового гепатопротектора на некоторые функциональные показатели печени молодых крыс как критерий эффективности новых фармпрепаратов.....	33
	<i>В. В. Рындин</i>	
	Газовые постоянные и их физический смысл.....	39
	<i>Г.М. Асилова, Г.Е. Ергазиева, А.К. Умбеткалиев, К. Досумов</i>	
	Неполное окисление толуола кислородом воздуха на катализаторах, содержащих гетерополикислоты (ГИК).....	51
	<i>Е.А. Мамбетказиев, Ф.И. Лобанов, Р.А. Мамбетказиева, А.Е.Исмухамедова</i>	
	Повышение эффективности очистки шахтных вод....	56
	<i>Е.Е. Ергожин, Б.А. Мухитдинова, С.А. Шоннибекова, В.В. Шалыгина, Б.М. Нурапбаева</i>	
	Новые азотсодержащие окислительно-восстановительные ионообменники.....	60
	<i>И. В. Кирилос, В.В. Казаногина, Л.А. Мусина</i>	

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 не возвращаются.

При использовании материалов журнала ссылка на «Науку и технику Казахстана» обязательна.

<p>Г 2002</p> <p>Х I -</p> <p>Х 0</p> <p>С 0</p> <p>Х</p>	<p>0</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p> <p>6</p> <p>7</p> <p>8</p> <p>9</p> <p>10</p> <p>11</p> <p>12</p> <p>13</p> <p>14</p> <p>15</p> <p>16</p> <p>17</p> <p>18</p> <p>19</p> <p>20</p> <p>21</p> <p>22</p> <p>23</p> <p>24</p> <p>25</p> <p>26</p> <p>27</p> <p>28</p> <p>29</p> <p>30</p> <p>31</p> <p>32</p> <p>33</p> <p>34</p> <p>35</p> <p>36</p> <p>37</p> <p>38</p> <p>39</p> <p>40</p> <p>41</p> <p>42</p> <p>43</p> <p>44</p> <p>45</p> <p>46</p> <p>47</p> <p>48</p> <p>49</p> <p>50</p> <p>51</p> <p>52</p> <p>53</p> <p>54</p> <p>55</p> <p>56</p> <p>57</p> <p>58</p> <p>59</p> <p>60</p> <p>61</p> <p>62</p> <p>63</p> <p>64</p> <p>65</p> <p>66</p> <p>67</p> <p>68</p> <p>69</p> <p>70</p> <p>71</p> <p>72</p> <p>73</p> <p>74</p> <p>75</p> <p>76</p> <p>77</p> <p>78</p> <p>79</p> <p>80</p> <p>81</p> <p>82</p> <p>83</p> <p>84</p> <p>85</p> <p>86</p> <p>87</p> <p>88</p> <p>89</p> <p>90</p> <p>91</p> <p>92</p> <p>93</p> <p>94</p> <p>95</p> <p>96</p> <p>97</p> <p>98</p> <p>99</p> <p>100</p> <p>101</p> <p>102</p> <p>103</p> <p>104</p> <p>105</p> <p>106</p> <p>107</p> <p>108</p> <p>109</p> <p>110</p> <p>111</p> <p>112</p> <p>113</p> <p>114</p> <p>115</p> <p>116</p> <p>117</p> <p>118</p> <p>119</p> <p>120</p> <p>121</p> <p>122</p> <p>123</p> <p>124</p> <p>125</p> <p>126</p> <p>127</p> <p>128</p> <p>129</p> <p>130</p> <p>131</p> <p>132</p> <p>133</p> <p>134</p> <p>135</p> <p>136</p> <p>137</p> <p>138</p> <p>139</p> <p>140</p> <p>141</p> <p>142</p> <p>143</p> <p>144</p> <p>145</p> <p>146</p> <p>147</p> <p>148</p> <p>149</p> <p>150</p> <p>151</p> <p>152</p> <p>153</p> <p>154</p> <p>155</p> <p>156</p> <p>157</p> <p>158</p> <p>159</p> <p>160</p> <p>161</p> <p>162</p> <p>163</p> <p>164</p> <p>165</p> <p>166</p> <p>167</p> <p>168</p> <p>169</p> <p>170</p> <p>171</p> <p>172</p> <p>173</p> <p>174</p> <p>175</p> <p>176</p> <p>177</p> <p>178</p> <p>179</p> <p>180</p> <p>181</p> <p>182</p> <p>183</p> <p>184</p> <p>185</p> <p>186</p> <p>187</p> <p>188</p> <p>189</p> <p>190</p> <p>191</p> <p>192</p> <p>193</p> <p>194</p> <p>195</p> <p>196</p> <p>197</p> <p>198</p> <p>199</p> <p>200</p>	<p>Эжтрокаталитическесе гидрирование представителей пиридиновых оснований.....64 <i>К.Д. Телешев</i></p> <p>Кинетика сушки гранулированной медной шихты . . . 69 <i>А.Коканбаев</i></p> <p>Понятие о расширении поверхности.....76 <i>М.В. Чередниченко, К.В. Хацевский</i></p> <p>Экспериментальные исследования процессов в полости катода вакуумного плазмотрона.....80 <i>М.Р. Танашева, Ж.Р. Торегожина, Л.К. Бейсембаева, А.Т. Омаров</i></p> <p>Химико-экологические и эколого-экономические пробжмы очистки промышленных сточных вод от бора.....95 <i>Н.А. Закарина, М.К. Шаймерденова, Г. В. Акул-та</i></p> <p>Моно- и биметаллические наноразмерные pd-, pd-ot- и pd-cu-цеолитсодержащие катализаторы в реакции изомеризации н-гексана.....97 <i>Н.К. Тусунбаев</i></p> <p>Изучение адсорбции и структуры адсорбционного слоя полиэтиленгликоля и его комплексов с анионными полиэлектролитами на полистирольном латексе 103 <i>Н.К. Тусунбаев</i></p> <p>О механизме стабилизации полистирольного латекса добавками полиэтиленгликоля и его комплексов с анионными полиэлектролитами.....111 <i>Р. К. Рахметуллаева, Г. Т. Ахметкалиева, А.К. Кажиева, З. С. Нуркеева, Г. А. Мун</i></p> <p>Новые термочувствительные растворимые и сшитые полимеры на основе винилового эфира этиленгликоля и N-изопропилакриламида.....115 <i>Х.А. Юсупов</i></p> <p>Теоретическое обоснование давления продуктов детонации при рассредоточенных зарядах.....123 <i>Ю.Г. Перменев, С.Е. Батырбекова, Г.Д. Зоров, М.К. Наурызбаев</i></p> <p>Актуальность решения экологичесских проблем ракетно-космической деятельности в республике Казахстан 130</p> <p>Технические науки <i>Б.Б. Утегулов, А.Б. Утегулов, Д.Б. Махметов, М.А. Шынтемир</i></p> <p>Контроль полной проводимости изоляции и тока,</p>
---	--	---

КОРРЕКТОРЫ:
О Зейнулина (кат.)
1_аймарданова (рус.)

ВЕРСТКА
- С. Подминогин

им. С. Торайгырова

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 547.256:658.567 (574.25)

THE UTILIZATION WAYS OF HYDROCARBONS ON CATALYSTES BASED ON PAVLODAR ALUMINIUM PLANT'S DROSSESMA. Suleimenov, K.A. Jhubanov, B.K. Akimkulov,
M.B. Akimkulova, G.Z. Moldahmetova*The Pavlodar State University named after S. M. Toraigirov**Мәсәләда Павлодар алюминий зауытының қоқырлары негізінде гидрокарбонды пайдалану мәселелері қарастырылады.**В статье рассматриваются разные пути применения углеводорода на катализаторах, основанных на основе шламов Павлодарского Алюминиевого завода.**The different ways of utilization of hydrocarbons on catalysets based on Pavlodar aluminium plant's drosses.*

The process of acetylene oxidation has practically significant interest, because it gives an opportunity to synthesize such carbon combinations, as formaldehyde, formic and acetic acids [1 - 2]. The aim of this research is selecting conditions for incomplete oxidation on palladium contacts.

The oxidation process's direction is defined by unlimiting combinations, by catalyst's nature and process conditions [3].

The flowing on gas installation with a duck is user in this work [4].

Departing from reactor gasses is analysed on containing of CO and CO₂. acetylene, formaldehyde, glyoxal, formic and acetic acids by chromatographical and IR spectrumental methods. Th; experiments are carried out by atmospheric pressure, 283 - 373 I temperatures. The quantity of palladium catalyst varies from 0,2 x 10³ to 2,0 x 10³ kg, solvent's volume - from 3 x 10³ to 9 x 10³ m³. Every time 5 x 10³ m³ of acetylene - oxygen mixture is passed. Reproduction of kinetic data and an analysis of reaction products

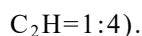
with expectation on using of Student's t - criteria don't rise for 90 % trusted level $\pm 10\%$ [5].

Palladium black made in Framptone's way, its mechanical

mixtures with various bearers, the same mixtures, being passed through mechanical activization on desintegratorUDA- 19areapplied in this work. The results are given in a table 1.

Table 1

Acetylene oxidation in dimethylformamide on 5% - palladium catalytest-on bearers (the speed of gas mixture flowing 21×10^J mole/s, 298 K, O_2 :

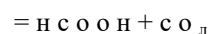
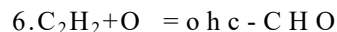
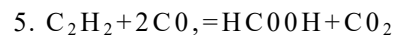
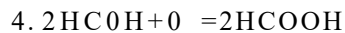
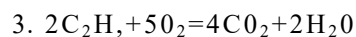
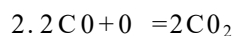
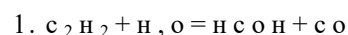


Catalyst	% Conversion		Exit of conversion main products, %				
	C ₂ H ₂	O ₂	CO _o	CO	HCOH	OI-ICCO	HCOOH
Pd-Black	25	100	4	23	23	45	5
Pd*	42	100	9	25	25	21	20
Pd/BaSO ₄	11	49	10	37	37	12	4
Pd/BaSO ₄ *	27	92	10	39	39	1	3
Pd/SiQz	13	55	10	33	33	18	6
Pd/SiO _i *	29	94	12	35	35	6	12
Pd/C	9	43	13	26	26	27	8
Pd/C*	21	90	17	21	21	20	21
Pd/SnO ₂	8	44	31	20	20	25	4
Pd/SnO ₂ *	19	85	35	18	18	8	21
Pd/Al ₂ O ₃	6	38	39	20	20	18	3
Pd/AlO ₃ *	11	79	40	18	18	11	13
Pd/sclam*	10	45	24	25	25	10	16
Pd/sclam**	23	92	26	23	23	11	17

* - a catalyst exposed to mechanochemical activation

** - Drosses - red drosses of Pavlodar aluminium plant

It shows, an oxidation flows as parallelly as sequentially to the main directions'.



The first and the sixth processes are deeply flowing on palladium black, the processes of an uncomplete acetylene oxidation. The mixing of Pd - black with bearer in mortar vitally changes the reaction's direction to the deepest level of oxidation. The processes connecting with forming CO, HCOOH are starting to predominate also they are increased while mechanochemical activation is used. At the same time the degree of conversion of initial components is increased. Therefore, mechanochemical processing serves as a unique way of contacts modifying: refresh of external surface by processes of disaggravating and aggregating of crystallites is taken place.

The activating of $C=C$ - bond on palladium contacts, according to [3], is producing by means of date transference of electrons from filled up d_n - metal orbit on vacant π^* - loosening C_2H , orbit. The activation of O, is the key stage of oxidizing processes.

The oxygen on d^0 - metals which are of spherical allocation of electron's solidity overcomes symmetry's barrier by n^2 - indefinite pair. Exactly this difficulty of oxygen activating allows to synthesize the uncomplete oxidation products in acetylene oxidation : glyoxal, formaldehyde.

Bearers weaken acceptableness of palladium on one hand, increase the reactivity of oxygen on another hand. The d - centers concentration is apparently increased in mechanochemical activation of catalyses.

The acetylene oxidation is of practical interest in two directions: complete oxidation of mixtures with low - containing of acetylene (1-2 %) to CO, and H₂O (purification of an air, oxygen, technological gases) and uncomplete oxidation of mixtures with 80% - containing to glyoxal, formaldehyde, formic acid.

Blasting bonds limit an application of mixtures with intermediate containing.

LITERATURE

1. U.N. Kuprimin, B.B. Kobozev, L.P. Morozova. About catalytical resolving acetylene into sorrel acid. Applied chemistry journal, 1970, issue 43, №12, p. 2759-2766.
2. O.N. Temkin, R.M. Flid. Katalytical resolving acetylene combinations in solution of metal complexes. M., Nauka, 1968, 188 p.
3. Ja. A. Dorfman. Catalyses and mechanisms of hydride & oxidation, Almaty, "Nauka" Kaz.SSE, 1984, 352 p.
4. D.V. Sokolskji. Hydride in solutions, Almaty, "Nauka" Kaz.SSR, 1962, 257 p.
5. A. Gordon, R. Jord. "Satellite of Chemist", m., mir, 1976, 543 j.
6. V.A. Druz, G.G. Udartieva. The ways of catalyses's preparing in Framptone's way., applied chemistry journal, 1980, №10, p. 2369-2371.

УДК 372.851

МАТЕМАТИКА САБАҚТАРЫНДА ОҚУ ҚЫЗМЕТІН ҰЙЫМДАСТЫРУ ЖӘНЕ ОНЫ ТЕКСЕРУДІҢ БІР ТӘСІЛІ

А.М. Мұбаракөв, Е.А. Тұяқов

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті

Математика сабағында оқушылардың қызметін ұйымдастыру және оқу нәтижесін дер уақытында тексеру - оқыту урдісінің маңызды құрамды бөліктерінің бірі. Бул мақалада осы ой туралы мәселг қозғалған. оны шешу үшін оқушының еңбек өнімділігін арттыруға мүмкіндік беретіндей әдістемелік ойлар айтылған.

Известно, что организация учебной деятельности учащихся (студентов) и адекватная их оценка является важным компонентом процесса обучения математике. В данной статье затронута это проблема и для решения ее предлагается методика организация самостоятельной деятельности.

It is known that the organization of educational activity of learning (students) and their adequate estimation is the important component of process of training to mathematics. In given clause the problem is mentioned it and for the decision her (it) the technique organization of independent activity is offered.

Қоғамымызда болып жатқан өзгерістерден білім беру саласы да шет қала алмайды. Себебі, кешегі әбден қалыптасып қалған ескі жүйе бүгінгі күннің талап-тілегін қанағаттандыра алмай отыр. Сондықтан, қазір оқытудың жаңа тәсілдері қарастырылуда. Солардың бірі-сабақ барысында оқытудың жаңа технологияларын қолдану. Ондағы мақсат оқушының өзінше ойлау қабілетін арттыру және

қазіргі заманғы компьютерлік құралдармен жұмыс істете үйрету.

Оқу процесінің маңызды компоненттерінің бірі - ұстаздың ұйымдастыруымен оқушылардың білімді жете меңгеруі болып табылады.

Мұғалім әрбір өтілген сабақтың маңызына сәйкес оқушыларға білім беруде, ақыл-ой қабілетін дамытуда, тәрбиелеуде олардың пәнге деген қызығушылығын үжмі арттырып оты-

руы тиіс. Бір сарынды етілетін сабақ, онда қолданылатын жалпылама сөздер оқушыларды тез жалықтырады, салғыртыққа ұшыратады және тіеннің беделін түсіреді.

Оқытудың нәтижелерін(білім, іскерлік және дағды) тексеру мен бағалау - пәнді оқыту үрдісінің ең маңызды құрамды бөліктерінің бірі.

Мұғалім үшін ол бағдарламалық материалды шәкірттердің игеру және меңгеру дәрежесін анықтайтын әдіс-лмал болса, ал олар арқылы балалар әздершің игерген білім, іскерлік және дағдыларының нақты деңгейі мен сапалық көрсеткіштерін байқап, өзін-өзі бағалауға үйренеді және оқу нәтижелерін бір жүйеге келтіреді.

Қазіргі оқытудың нәтижелерін тақырыптық тексеру мен бағалаудың барынша тиімді екендігін озат мұғалімдердің, тәжірибесі айқындап #тыр. Оның ең басты артықшылығы- қандай да материалды білмегендіктен алған оқушының нашар бағасы басқа оір мәселені жақсы игеруіне орай алған тәуір бағасымен түзетілмейтіндігі. Оқушы қайсыбір материалға қатысты алған нашар бағасын оны оқып білгеннен және жеткілікті игергеннен кейін қайтадан тапсыру кезінде ғана түзете алады. Бұл оқушыны оқу еңбегіне оаулиды және әр алуан тапсырмаларды өздігінея орындау дағдысын қалыптастырады, сондай-ақ, тарау материалдарының ішінен ең негізгі болып саналатын мәселелерді бағдарлама талабы деңгейінде игеруіне себепші болады. Демек тексеруді бұлайша ұйымдастыру оқушыларға білім беру және олар-

ды тәрбиелеудегі тиімді әдістемелік тәсілдердің қатарына жатады.

Тақырыптық тексеру мен бағалауды жүзеге асыру мұғалімнің үздіксіз іздшуін және оны ұйымдастыру тұрғысынан алғанда шеберлігін қажет етеді. Тақырып бойынша тексеру мет бағалау арнайы іріктелген және дайындалған оқу материалдары бойынша жүзеге асырылады. Оқушылардың танымдық белсеиділігі мш өз бетінше жұмыс істей білуін дамытудың маңызды құралы - әр түрлі өзіідік, жартылай өзіндік жұмыстар және оақылау жұмыстары.

Сондықтан аз уақыт ішііше оқушылардьвд білімдерінің, іскерліктері мен дағдыларының деңгейі туралы дұрыс мағлұмат алу үшін оқу жылының алғашқы күндерінен бастап сабақтардағы күнделікті жұмыстармен қатар, кейде сабақтан тыс уақытта алдыңғы сынып бағдарламасы бойынша «3»-тік бағасы бар оқушылармен білімдері мен дағдыларындағы кемшіліктерді анықтау мақсатында арнайы қысқа мерзімді өзіндік жұмыстар жүргізу пайдалы.

Тексеру жұмыстарын орындауға жұмсалатын уақыт жұмысты ұйымдастыру мен оның орындалуын жазудың біршама тиімді формаларын қолдануға тура тә>елді екен. Сондықтан тексеру жұмыстарының, текстерін балалар көшіріп жазбай, тапсырма бірден орындалуы тиіс. Ол үшін жұмыстардың мазмұнын мүмкіндігінше алдын-ала тактаға жазып қою, не дайын кесте түрінде ұсыну, не техникалық құралдардьщ бірі арқылы прсекциялау

2 ОНАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА

жөн. Қайткен күнде де текст!
 .муғалімнің сабақ үстінде жазуыяа
 және оны баиафйдаыш кошіруіне **уант**
 жүмегмау жз.ғіііі Баса еекеру керей.
 Мі :!лағ ^зіндік ясұммстар
 дық алға!-; білімдерік есептер айыға-
 руға колдэта бшу іскерлікгері мек дағ-
 дыларийі калыптастыруға жәж еслт-
 ке злува мүмкіяддк береді.

Кіі тема •£ йканы окі-пулы к қо. • \ -
 данбадық бэрыгыш іске асыру жәлд- "і
 РЫКЫҢ бірі ОҚДПШ 'ф ДЫК rCt'. ' \ -у
 ^дйш'ГПИ жек: ГрйфйКТИХ МОДІЛМС ііп
 кштыг"!.\!i:'шру фвлІЛЯ табы^а'гяи-ия
 ес^рйff,tanantajхукчыидгта«: »ыр!.. **n**
 әФндІн УМУСІ!.: рДгі ЖУ Йег.: V: "Ді
 п/руға ;зы. ү}>ліст
 ҚйрйСЫНДМ сту уш-гі оқулуы -т
 еідігіш! **yspvsst** жумьяжя
 і **i-iyu** тьііДД ^урГІ ;m
 т. і . ТОҚТ:ДЗІЙЫК -.
 оукі/і >к: і!
 .Еп :!І . , ; > і л р д - **m** :!
 (**u** . vu. дгггф-« м-

Гр;і ф;!!"тГ;іі" ФФ. П.! еС;.

Оқу іііі' угJ кс.тсі ть.асу ;—лп-
 ОО? Л-ІU

III' Se.4.
 x i m

m r 50 - cstr
 0! y - 7 - 0.

tiibynyz.

2 Фy-іКЦІЯНЫН Г~;;фЧг

J. >~<\ б) y' 0: fi

X-іНМііігдеріні/i

t-ii: •

• i -2iV •

f.) ysx| <

!ici>viv\ ие бот?;;;

V i	!				V	V: j
Парф^K	!	И	iii	rv		
1	5	6		40	1	ь i
II	4	7	; -2	i -9	i	i ;
III	3	8	: -3	I -8	3	j s ;
Fv	2	9	. L ... - i ..L	-7	4 ^	t J

Басқаша айтқанда, әрбір оқушы өзінің жұмысын өздігімен құрастырып, орындауға кіріседі. Есептің нөміріш сәйкес нөмірімен ол шешуді, қажетті чертеждерді және жауаптарды береді, бұлар қысқа және толық болуы тиіс. Графиктерді салғанда оқу жабдықтары кеңінен қолданылады. Шешу кезінде кездесетін есептеулерді математикалық кестелер, микрокалькуляторлар көмегімен орындаған жөн.

Оқушылардың жұмысын бақылай жүріп, мұғалім шешулерді

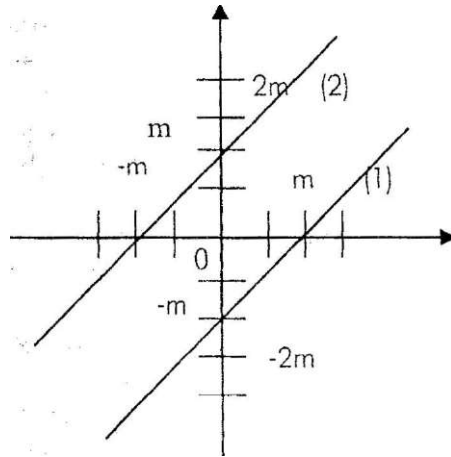
тексерудің оңай, жылдам тәсілдерін қолдана алады, яғни шешімдер ортақ формулаларымен беріледі. Мысалы:

$$a) y = \frac{x^2 - m^2}{x + m}, \quad m \in \mathbb{Z}; y$$

$$1) X = (-\infty; m) \cup (m; +\infty). \quad m(2)$$

$$2) 1. m > 0, y = \frac{x^2 - m^2}{x + m}$$

функцияның графигі $M(-m; -2m)$ нүктесі шығарылып тасталған түзу болады (Сурет-1, (1)).



Сурет 1

$m < 0, y = \frac{x^2 - m^2}{x + m}$ функциясының графигі $M(m; -2m)$ нүктесі шығарылып тасталған түзу болады (Сурет 1, (2)),

$$3) a) \{t\};$$

$$б) 1. t > 0, (t, +\infty);$$

$$2 t < 0, (t, -t) \cup (-t, +\infty);$$

$$в) 1. m > 0, (-\infty, -t) \cup \{-m, m\};$$

$$2. m < 0, (-\infty, t).$$

$$4) а) Ж; б) (-\infty, -t).$$

$$5) C(-m+1, -2t+1) \text{ нүктесі функ}$$

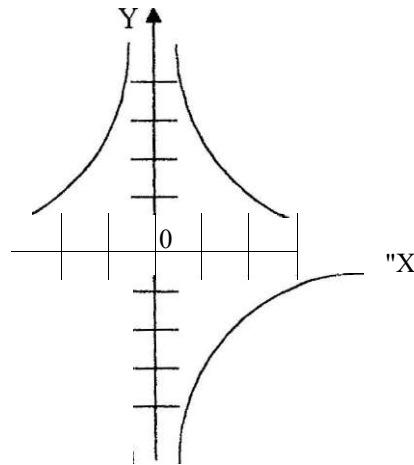
цияның графигіне тиісті;

6) Функция $(-\infty, -m)$ және $(-m, +\infty)$ аралықтарында өседі.

$$б) y = \frac{m}{x}, \quad m \in \mathbb{Z}; y$$

$$і) X = (-\infty; 0) \cup (0; +\infty).$$

2) $y = \frac{7}{x}$ функциясының графигін салу үшін бақылау нүктелерін таңдап алып, оларды сызбада белгілейміз. Лекалоның көмегімен графикті саламыз (Сурет-2).



Сурет - 2

1. $m > 0$, $y = \frac{1}{x^m}$ функциясының графигі I және III ширектерде жатады.

2. $m < 0$, $y = \frac{1}{x^m}$ функциясының графигі II және IV ширектерде жатады.

- 3) а) Ж; б) I. $m > 0$, $(0, +\infty)$;
 2. $m < 0$, $(-\infty, 0)$;
 в) 1. $m > 0$, $(-\infty, 0)$; 2. $m < 0$, $(0, +\infty)$.

4) а) $j - \frac{1}{j}$

б) 1. $m > 0$,

2. $m < 0$, $U(0, +\infty)$.

5) Берілген нүктелер функцияның графигіне тиісті емес.

б) 1. $m > 0$, функция $(-\infty, 0)$ және $(0, +\infty)$ аралықтарында кемиді.

2. $m < 0$, функция $(-\infty, 0)$ және $(0, +\infty)$ аралықтарында өседі.

Осы сияқты өзіндік жұмыстарды орындау кезіндегі жазулар барын-

ша қысқа, әрі ықшам болуы тиіс.

Сандар ұғымы математикада маңызды ұғымдардың бірі болып табылады. Сондықтан «Комплекс сандар» тақырыбы математика пәні тереңдетіліп оқылатын мектептердің бағдарламасына шгізілген. Осы тақырып бойынша ұйымдастырылған өзіндік жұмыстың бірін қарастырайық [2, 9-бет].

1. Амалдарды орында:

а) $\frac{m + ni}{\sqrt{m + ni}}$; б) $(m + ni)^2$; в) $\sqrt{m + ni}$.

2. Тригонометриялық түрге келтіріп шеш:

а) $m + ni$; б) $(m + ni)^{10}$; в) $\frac{1}{m + ni}$.

3. Ықшамда:

а) $(\cos m + i \sin m)(\cos i + i \sin i)$;

б) $(\cos m + i \sin m)^{20}$;

в) $\cos m + i \sin m$

в) $\cos n - i \sin n$

Өзіндік жұмыстың мазмұны ко-

20 НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА

Үсынылып отырған схема арқылы, математиканың әр саласы бойынша, оны оқудың әр сатысында өзіндік жұмыстарды жүргізуге болады екен. Мысалы, тригонометриялық теңдеулер бойынша өзіндік жұмысты жүргізудің келесі жобасын көрсетейік. Тақтада үш нұсқа жазылсын:

I - нұсқа

$$\sqrt{\sin(x) - a} \cdot (\cos(x) - a) = 0;$$

2) $\sin^2 a = 0.$

II нұсқа

1) $\sin \alpha = a;$

2) $\cos \alpha =$

III - нұсқа

2) $\sin(4x) \cdot \cos(x) = 0;$

Әр нұсқаның функциялары да, тұрақты сандары да белгісіз. Оқушылар олардың мәндерін төмендегі кестелерден алады:

Кесте 3

a.	a ₂	a.	«4	a _s	ак	a ₇	a ₈	a ₉	a ₁₀	a _П
	-1	1 42	- i 2	1 Л	0	1	1 2	1 Tz	1	S

Кесте 4

Ф ₁ (x)	Ф ₂ (x)	Ф ₃ (x)	Ф ₄ (x)
sin X	cos X	tgx	ctgx

Оқушы, мысалы, II - нұсқаны алсын және оған m=2, n=3, k=3, l=5 индекстердің мәндері берілсін. Онда ол келесі тапсырманы орындайды:

2) $\frac{1}{\sqrt{5j}}$

Мұндай көп нұсқалы өзіндік жұмыстар тақырыптың меңгерілу сапасын тексереді. Сонымен қатар, әрбір оқушының өз бетінше жұмыс істе/ін ұйымдастыруда үлкен маңызы бар, оқушыны табандылыққа, тапқ-

ырлыққа тәрбиелейді, оның ерік күшін дамытады, логикалық ойлауын тәртіпке келтіреді, анықтамалық материалмен және басқада оқу жабдықтарымен пайдалану дағдыларын нығайтады.

Сонымен, өзіндік жұмыстарды жүргізудің келесі жоспарын ұсынуға болады:

1. Мұғалім өзіндік жұмыстың тақырыбын хабарлайды, бұрын өтілген және жұмысты орындауда пайдалануға тура келетін ұғымдарды, формулаларды, анықтамаларды қайталайды.

2. Жұмыстық мақсаты қойылады. Әрбір оқушы жеке тапсырманың мазмұнымен және сипаттамасымен танысады, қысқаша түрде қажетті нұсқау беріледі (жұмыстың кезендері, есептеулерді орындау реті т.с.с.)

3. Жұмысты әрбір оқушы өз бетінше орындайды. Есептеулерге оларға ірафикті мұқият салып болғаннан кейін кіріседі.

4. Оқушылардың жұмысын бақылай жүріп, мұғалім оқушылардың жеке және ортақ қателерін көрсетеді. Дайындығы нашар оқушыларға ерекше көңіл бөледі.

Мұндай жұмыстарды математиканың барлық тараулары бойынша беруге болады, мысалы, «Координаталық жазықтық», «Сызықтық теңдеулер және теңсіздіктер; теңдеулер мен теңсіздіктер жүйелерін шешу», «Арифметикалық және геометриялық прогрессия», «Функцияның қасиеттерін зерттеу» және т.б.

Дұрыс ұйымдастырылған езілік жұмыстар тапсырманы өз бетінше орындауды қамтамасыз етеді және сабақта тыныш жұмыс істеуге қолайлы жағдай туғызады.

Өзіндік жұмыстардың мазмұны тақырыпша бойынша игерген білімдерін біршама өзгерген және жаңа жағдайларда қолдануға байланысты материалдардан тұрады. Оны орындау кезінде, әсіресе, үлгерімі өте

нашар оқушыларға қажетті ұсыныстар, нұсқаулар дер кезінде берілуі тиіс. Сондақ-ақ, олардың жұмысына басшылық яасау және олардың іс-әрекетін қадғалау мен бағыттаудың қажеттігін ескерген жөн. Өзіндік жұмысты тексеру және бағалау кезінде тәжірибе-де белгілі жазба жұмысын сағалау қормасын басшылыққа алуға солады.

Тексеру жұмыстарының құрымына қосымша тапсырмаларды енгізіп, үлгерімі жақсы оқушыларды орындауын ұсынылып отыруы тиімді сияқты; Жоғарыда қарастырылған нәтижелерді оқытудың нәтижелері: 5,-ім. :скерлік, дағды) тексеру жәе жүзеге асыруда пайдалану. ілдімен оны объективті жүргізуге негіз қалайды және оқытудың негізгі мақсатына сәйкес артықшылыққа ие болуға мүмкіндік береді.

Сонымен, математика пәні бойынша тақырыптық тексеру жұмыстарының біріктірілген тапсырмалары мол Біріншілік сыныпқағы барлық оқушылардың жұмыспен қамтамасыз етеді, әрбір оқушының белсенді түрде қатысуын қамтамасыз қылады. белсенділігі: оятуға түрткі болады.

Екікшілік. ер оқушы өзіне тән қарқынмен. өз білімінде деңгейінде жұмыс жүргізеді: қойылған мақсатқа жету үшін қажетсіз гөзімділікті қалыптастырады.

НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА

Үшіншіден, оқушылар өз еңбектерінің нәтижесін көріп, өзін-өзі бағалайды. Өз бетімен жұмыс істеу оқушылардың біліміне ғана әсер етпей, сонымен қатар, тәртібі мен мінезқұлқына да тигізер ықпалы зор. Оқушыларды тиянақтылыққа, бастаған ісін аяқтауға, төзімділікке, ұстамдылыққатәрбиелейді. Сонымен бірге, өзідік жұмыс оқушы бойындағы жауапкершілікті оятады. Жауапкершілікті сезіне отырып, оқушы

өзінің іздемпаздылығын, шығармашылығын дамытады.

Сөз соңында айта кететініміз, ұсынылып отырған тексеру жұмысының түрі, оқушылардың ойлау қабілеттерін арттыруға әсерін тигізеді демекпіз. Өзідік жұмысты ұйымдастырудың мұндай әдісін қандай-да бір тақырыпты оқудың бастапқы кезеңінен де бастаи беруге болады. Бұл мұғалімнің, әр уақытта дұрыс ақпарат алын тұруына мүмкіндік береді.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Қаниев С. Орта мектепте математиканы саралап оқыту. -Алматы: Мектел, 1991 75 бет.

2. Фадеев Д.К., Соминский И.С. Сборник задач по высшей алгебре. -Москва: Наука, 1968. 304 стр.

УДК 504.4:546.49.001.5

СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ ОЗЕРА БЫЛКЫЛДАК

А.В. Болдашевский, Г.Ж. Сейтенова, Л.Н. Сизомаха,
Р.Ж. Муканова, Р.К. Сеитова

*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

*Былқылдақ өзенінің су мен биологиялық объектілерінің құрамындағы
сынап зерттелген.*

*Исследованы вода и биологические объекты озера Былкылдак на
содержание ртути.*

The investigation on mercury water and biological object of lake Bylkyldak.

Существование человечества немислимо без взаимодействия с окружающей средой. С развитием промышленности, ростом городов и увеличением количества автомобильного транспорта происходит постоянное загрязнение окружающей среды: литосферы, атмосферы и гидросферы.

В последнее время тяжелые металлы вышли на одно из первых мест среди веществ, загрязняющих гидросферу. Особенностью поведения тяжелых металлов в водных экосистемах является то, что они не подвержены радиоактивному распаду (радионуклиды), не разлагаются

и не деградируют (как токсичные органические вещества). Они не исчезают из водных экосистем, а постоянно перераспределяются по отдельным компонентам, накапливаясь в гидробионтах различных трофических уровней, включая рыб [1].

Одним из основных загрязнителей-тяжелых металлов в нашем регионе является ртуть. По литературным данным [2], распределение ртути в земной коре обычно связано с ее месторождениями, из которых она рассеивается на большие расстояния. Содержание ртути в почвах колеблется от 1,0 до 14,0 мкг/л в растениях - 10^{-6} - 10^{-7} %. В орга-

пах и тканях животных и человека ртуть содержится в миллионных долях процента[3].

Ртуть встречается в природе в нескольких формах. Металлическая ртуть и ее неорганические соли выводятся из организма сравнительно быстро. Гораздо более ядовиты алкильные соединения ртути, в частности, метил-этилртуть. Эти соединения очень медленно выводятся из организма. Большая часть ртути, попадающей в природные воды, содержится в форме метил-ртути. Алкильные соединения могут образовываться в водоемах из металлической ртути под влиянием микроорганизмов, обитающих в донном иле и слизи, покрывающей тело и внутренние органы рыб[4].

Метил-ртуть относится к алкилирующим соединениям, обладающим выдающейся реакционной способностью, которая связана с тем, что они являются источником введения в азотистые основания молекулы ДНК метиловых, этиловых и других радикалов, то есть являются мутагенами. По своему биологическому действию многие алкилирующие соединения являются радиомиметиками, так как они близки по действию к ионизирующему излучению. Кроме азотистых оснований, алкилированию подвергаются фосфатные группы. Разрыв сахарофосфатной нити ДНК ведет преимущественно к летальности или появле-

нию структурных мутаций хромосом. Алкилирование и депуринизация оснований может приводить к летальным последствиям и появлению генных и хромосомных мутаций[5], поэтому ртутные соединения очень опасны для человека.

Экспериментально установлено[^]], что хотя во многих случаях метилированная ртуть обнаруживалась в воде водоемов в очень низких концентрациях, в тканях рыб содержание ртути за счет избирательного накопления увеличивалось в десятки раз.

В Павлодарском регионе действует ряд промышленных предприятий, которые оказывают неблагоприятное воздействие на окружающую среду, вследствие чего возникают проблемы сохранения здоровья людей.

В связи с этим первостепенное значение приобретает решение задач по разработке и внедрению мониторинговых технологий. На кафедре химии ведутся исследования динамики аккумуляции тяжелых металлов[^] (в частности, ртути), как в основных средах (почва, вода, воздух), так и отслеживание их миграции по пищевым цепям.

Цель данной работы - определение содержания ртути в различных органах и тканях рыб.

Для исследования нами был выбран водоем в Северной промзоне города Павлодара - озеро Был-

кылдак, наиоолее подверженный техногенному загрязнению ртути, сбрасываемой химическим заводом (АО «Химпром») по производству хлора и каустической соды методом электролиза с ртутными электродами.

Биологическим объектом для

отслеживания процесса аккумуляции ртути выбраны рыбы класса Костные; подотряда Ципридные; отряда Карпообразные.

Анализ проводился колориметрическим методом.

Результаты исследований приведены в таблице.

	В воде	В жабрах рыбы	В мышцах	В желудке	В мозгу	пдк
Содержание ртути, мг/кг	0,201	0,561	0,445	0,523	0,452	0,3

Анализ результатов подтверждает превышение норм ПДК по ртути в исследуемых объектах. Если учесть, что эта продукция попадает на прилавки рынков и магазинов, то стоит задуматься, какому риску мы

подвергаем наше здоровье. Ведь общеизвестно, что процесс круговорота ртути в природе практически бесконечен, т.е. пройдет много лет, прежде чем она станет безопасной для человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мур Дж. В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияний. -М.: Мир, 1987,- 287с.
2. Wood J.M. - Advances Environm. Sci. Techol., 1971, 2,39.
3. Jensen S., Jernelov A. - Nature, 1969, 223, № 5207, 753.
4. Ковалевский В.В Гололово А.Д. Методы определения микроэлементов в почвах, растительных и животных организмах.-М.: ВИЖ, 1959 г.
5. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах,- Изд. АН СССР, 1957г.
6. Дубинин Н.П., Пашин Ю.В., Мутагенез и окружающая среда. - М.: Наука, 1978 г.

УДК 502.55.003.12 (203)

К ТЕОРИИ ОЦЕНКИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ ИЗОПОВЕРХНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ ГЕОМЕТРИИ ПОТОКОВ

А.К. Курманкожаев, Т.П. Пентаев, С.Р. Оспанов

Казахская государственная архитектурно-строительная

III академия

Ш|§ Атмосферадағы зиянды заттардың концентрациялық, ағымда кеңістіктік дағы тараулының теориялық аспектісі берілген.

I||§ Изложены теоретические аспекты моделирования пространственного распространения потоков концентрации вредного вещества в атмосфере.

Theoretical aspects of modeling of space spread of consent rat ion stream ofharmfure substance in atmosphere are given.

В настоящее время проблема прогноза изменения экологических систем под влиянием естественных и антропогенных факторов приобретает жизненно важное значение. Исходным моментом является исследование геометрии процесса загрязнения окружающей среды вредными выбросами отходов как стационарных, так и нестационарных источников, что является частью более общей задачей сохранения внешней среды и рационального ис-

пользования природных ресурсов.

Проблема модельного описания закономерного и случайного характера распространения вредных веществ, загрязняющих атмосферный воздух и земную поверхность, являются одним из важных аспектов экологии в целом. В связи с чем рассмотрены целесообразность применения для этой цели системы изопографических (изогипсометрических) моделей распространенных в сфере наук геометрии недр и гео-

морфологии земной поверхности.

Как установлено, при оценке геометрии распространения любого признака в пространстве объекта выделяют две его структурных составляющих аспектов: пространственного размещения и статистического распределения, с учетом соответственно закономерной и случайной изменчивости значений изучаемого признака.

В данной работе рассматриваются теоретические аспекты создания рациональной модели геометрии пространственного распространения потоков концентрации вредного вещества в атмосфере, с привлечением концепции метода геометрии процессов и метода использования уравнений переноса и диффузии, веществ.

Как показывает анализ известных работ, на сегодня недостаточно решенными остаются основные задачи оценки закономерностей распространения примесей, особенностей загрязнения атмосферы и подстилающей поверхности пассивными и активными их видообразованиями. Если пассивным примесям присущи неизменяемость состава вплоть до выпадения на поверхность земли, то под активными примесями подразумевается та часть их, которые, вследствие вступления в химические реакции с водяным паром и т.д., до выпадения на землю успеет переходить из одного хи-

мического состояния в другое, т.е. претерпевают изменения.

Процесс распространения вредных выбросов в атмосфере происходит за счет адвективного их переноса воздушными массами и диффузии, обусловленной турбулентными пульсациями воздуха, что создает макромасштабные эффекты распространения примесей. Если выбрасываемые в воздух примеси состоят из крупных частиц (аэрозоли и т.д.), то, распространяясь в атмосфере, они диффундируют и под действием силы тяжести опускаются на землю. Характер функционирования этого процесса легко наблюдается как из видимого движения дымовых факел из заводской трубы, так и из выбросов от автотранспорта. Далее, как правило, происходит увлечение дымового факела потоком воздуха и постепенное его разбухание по мере удаления от источника вследствие мелко-масштабной турбулентности в форме вытянутого конуса, которая расширяется в направлении движения воздушных масс. Далее, увеличиваясь под влиянием крупно-масштабных турбулентных флуктуаций, этот факел распадается на изолированные вихревые образования. Тяжелые вещества, состоящие из крупных частиц, за счет силы тяжести спускаются с определенной скоростью в соответствии с Законом Стокса и осаждаются в основном под

2 О НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА

действием гравитационного поля, а легкие выбросы - в результате диффузионного процесса.

Оценка процесса распространения вредных тяжелых веществ может быть выполнена на базе общей теоретической задачи, формируемой в виде уравнений переноса и диффузии (движения) веществ, обеспечивающих единственность результатов решения. При этом решение задачи распространения переноса вещества из источника без учета диффузии приводит к получению единственной траектории, вдоль которой будет перемещаться изучаемое вредное вещество. Такая постановка задачи немедленно входит в противоречие с фактическими свойствами физического процесса по воздушному бассейну, ибо от точки источника, где вредные вещества выбрасываются в атмосферу, вдоль траектории, как правило, происходит некоторое его размывание, и вследствие чего получается не отдельная траектория, а целая область ненулевых значений плотности загрязняющих вредных веществ. Характеристиками такого размывания служат в первую очередь, мелкомасштабные флуктуации скорости ветра, свойственные статистической природе атмосферных движений.

Исследовательские работы по моделированию процесса распространения вредных выбросов незна-

чительны, и в основном в них для этой цели используются теоретические уравнения переноса и диффузии веществ. В них привлекаются функции, характеризующие взаимодействие вредных веществ с подстилающей поверхностью, с учетом боковой цилиндрической и полной поверхностью области (С).

Скорость опускания тяжелых веществ, поскольку подчиняется Закону Стокса и является величиной постоянной, предвычисляется с помощью задачи Стокса. Отсюда, в структуре уравнений переноса вредных примесей входит новое слагаемое в виде абсолютной величины вертикальной скорости веществ под действием силы тяжести. При дальнейшем преобразовании уравнения переноса и диффузии вредных веществ для случаев распространения тяжелых промышленных выбросов получается уравнение для определения количества выпавшего вредного вещества за конкретный интервал времени.

Один из основных недостатков метода оценки распространения вредных примесей, основанного на использовании теоретических уравнений переноса диффузии веществ, заключается в получении только дискретных значений вредного вещества, не раскрывая пространственного характера распространения его концентрации по окружающей среде.

Для оценки геометрии пространственного распространения вредной примеси по окружающей среде нами рекомендуется концепция использования для этой цели теории и модели геометрии потоков процессов. Объектами изучения метода геометрии потоков являются кинематика и динамика процесса формирования структур недр, течения подземных вод или процессов и т.д. Геометризация процессов, как изменение формы и свойства объекта по времени, обычно называется геометрией потока. При этом проблема геометрии потока изучается также с привлечением теории поля с использованием графического дифференцирования и интегрирования соответствующих векторно-географических построений.

Геометрические операции с поверхностями являются главным содержанием геометрии потока. Особое внимание здесь уделяется поверхности топографического порядка. Любой поток слоисто-струйчатый, и соответственно этому имеется возможность всегда отобразить его геометрически линиями тока - для струй и изоповерхностями - для слоев, изменение геометрии потока отображается изменением конфигурации изолиний (изоповерхностей).

Этот процесс изменения топографических поверхностей можно отобразить серией последовательных мгновенных состояний ее

изменяющихся изолиний. Весьма существенное отличие геометрии потока от любых других геометрий состоит в отношении к числам «мнимым», т.е. к квадратным корням из отрицательных чисел. Итак, топографическую поверхность следует понимать не только в виде изолинии векторов, но v в виде действительной (вещественной) и мнимой. Мнимая топографическая поверхность столь же реальна, как и топографическая поверхность действительна. Так как отличие между ними состоит в том, что в первом случае имеем дело с линиями потенциала, то во втором - с линиями потока.

Как видно, модель геометрии процессов (потоков) отображает от любого потока геометрическими линиями (тока) - для струй и изоповерхностями для слоев. Исходя из основных положений метода аналогии с учетом тождественных и других свойств, в качестве аналога величины потока принимается концентрация вредного вещества (поток-концентрация), а также аналог «изоповерхность-изоконцентрация». Изоповерхность пространственного контура распространения вредных веществ в атмосфере (или в почве) подразумевается как единство потоков -концентрации, состоящей из действительной (потенциальной) и мнимой (вихревой) частей, имеющих устойчивые и неустойчивые виды. Это значит поверхность кон-

НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА

тура распространения концентрации вредного вещества может быть отображена системой двух поверхностей- потенциальной (действительной) и вихревой (мнимой) формы, тем самым не только в виде изолиний и векторов, но и в виде действительной (вещественной) и вихревой.

Важным является задача оценки интенсивности (темпа) распространения потока концентраций в атмосфере (или в почве), т.е. процесс изменения состояния поверхности концентрации, которое может быть отображена серией мгновенных состояний ее изменяющихся изолиний. При этом для оценки интенсивности изменения состояния поверхности потока концентрации вредного вещества в атмосфере рекомендуется использовать величину дивергенции с некоторым преобразованием формулы ее определения применительно к условиям формирования экологических потоков концентрации вредных веществ. Дивергенция имеет определения: объемный коэффициент расширения, отнесенный к единице времени, и скорость изменения объема, отнесенная к единице объема. Аналогично определяется дивергенция площади, длины, массы, электрзаряда и т.п. *Дивергенция*- величина скалярная, имеет размерность... и может быть функцией любого вида от ко-

ординат и времени. Следовательно, дивергенция может быть числом положительным либо отрицательным, действительным либо мнимым и т.д.

Таким образом/положенная концепция создания рациональной модели геометрии экологического процесса пространственного распространения потоков концентрации вредного вещества рассматривает комплексное использование метода геометрии потоков в сочетании с теоретическими методами, основанными на уравнении переноса и диффузии веществ. Необходимые исходные данные о фактических значениях изучаемого вредного вещества, фиксированных в контуре потока концентрации для построения модели геометрии поверхности, определяются на основе метода оценки переноса и диффузии веществ с привлечением их аналитических уравнений.

Изложенные теоретические аспекты моделирования пространственного распространения загрязнения атмосферы с привлечением комплекса моделей изоповерхностей, геометрии потоков в сочетании с уравнениями переноса и диффузии веществ могут служить теоретико-методологической основой разработки рационального метода оценки геометрии распространения потоков концентрации вредных веществ в окружающей среде.

УДК 542.942.2:541.11

ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СУЛЬФАТА НАТРИЯ УГЛЕМ

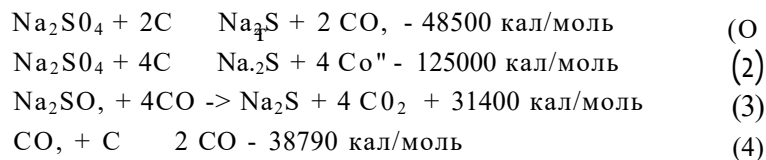
Б. Жакупов, М. Кантбекулы, А.А. Жарменов, С.Н.Калугин,
А.О. Сыдыков, К.С. Идрисова, В.В. Яковлев
РГП "НЦ КИМС РК", КазНУ им. аль-Фараби

lit Натрий сульфатының көмірмен қалтына қалу урдісін термодинамикалық талдау процесінің этаптық санатын арматура және осы этаптардың қасиетін алуға мүмкіндік береді.

III Термодинамический анализ процесса восстановления сульфата натрия углем позволил установить поэтапный характер процесса и получить термохимическое описание этих этапов.

!§ The thermodynamic analysis of the process of the sulphate sodium reduction by the carbon allowed to determine the process character and to get the thermochemical description of the stages.

При восстановлении сульфата натрия углем в зависимости от среды, температурного режима процесса, состава восстановителя и избытка последнего могут протекать следующие термохимические реакции:



Такой ход процесса подтверждается и результатами термодинамического анализа. Действительно, зная величины свободной энергии образования исходных и конечных продуктов, можно рассчитать термодинамику каждой указанной реакции и определить температурные режимы ее протекания.

Величины свободной энергии образования сульфата натрия, углерода, оксидов углерода (I) и (II), а также сульфида натрия описываются следующими уравнениями:

$$\begin{aligned} \Delta F_{\text{Na}_2\text{SO}_4} &= -327470 + 21,23T \lg T - 0,00125T^2 + 31,13T \\ \Delta F_{\text{CO}} &= -94110 + 1,38T \lg T - 0,000651T^2 + 0,0000001T^3 - 3,74T \\ \Delta F_{\text{C}} &= -26600 - 4,95T \lg T + 0,00215T^2 - 0,0000002T^3 - 8,20T \\ \Delta F_{\text{Na}_2\text{S}} &= -89756 - 0,83T \lg T + 0,00171T^2 + 12,4T \\ \Delta F_{\text{C}} &= 0 \end{aligned}$$

Изменение свободной энергии системы в результате протекания реакций вычислялось по следующему уравнению:

$$\Delta F_{\text{реакции}} = \sum \text{кон.прод.} - \sum \text{исх.прод.}$$

Подставляя уравнения, описывающие свободные энергии образования конечных и исходных продуктов, в данное уравнение, получаем уравнения свободной энергии реакций в зависимости от величины абсолютной температуры.

$$\begin{aligned} \text{Для реакции } \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{C} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + 2\text{CO}, \\ \Delta F_{\text{реакции}} &= 49494 - 19,32T \lg T + 0,00166T^2 - 26,2T + 0,00000022T^3 \\ \text{Для реакции } \text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{C} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + 4\text{CO} \\ \Delta F_{\text{реакции}} &= 131314 - 41,89T \lg T + 0,01156T^2 - 51,53T + 0,00000080T^3 \\ \text{Для реакции } \text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{CO} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + 4\text{CO}_2, \\ \Delta F_{\text{реакции}} &= -32320 + 3,25T \lg T - 0,0824T^2 - 0,89T + 0,0000024T^3 \\ \text{Для реакции } \text{CO} + \text{C} \rightarrow 2\text{CO} \\ \Delta F_{\text{реакции}} &= 40910 - 11,28T \lg T - 0,00495T^2 - 12,66T + 0,0000005T^3 \end{aligned}$$

Подставляя значения температуры в каждое уравнение, получаем изменение свободной энергии каждой реакции в зависимости от температуры. Эти изменения отображены в таблице 1 и рисунке 1.

Учитывая соотношение между свободной энергией реакции и константой равновесия, было рассчитано изменение констант равновесия реакций от изменения абсолютных температур. Это изменение отображены в таблице 2 и рисунке 2.

$$\Delta F = -2,3RT \lg K$$

где: ΔF - изменение энергии Гельмгольца для реакции;
 K - константа равновесия.

Таблица
Изменения свободной энергии реакций (1-4) при различных температурах

Температура, К	Реакция (1)	Реакция (2)	Реакция (3)	Реакция (4)
673	-4370,28	21895,19	-29739,67	8834,57
773	-13119,59	4493,71	-29573,94	3219,31
873	-21934,36	-12949,69	-29443,41	-2534,86
973	-30800,74	-30412,65	-29335,78	-8417,55
1073	-39707,47	-47878,44	-29238,32	-14419,90
I 1173	-48,556,65	-65159,84	49139,04	-20472,46
1273	-57605,78	-82770,61	-29021,49	-26753,30
1373	-66582,39	-100179,87	-28875,41	-13071,03

Таблица 2
Изменения констант равновесия реакций (1-4) при различных температурах

Температура, К	Реакция (1)	Реакция (2)	Реакция (3)	Реакция (4)
673	26,36	7,61 10 [*]	4,67 10 [*]	1,3410 ^{н-4}
773	5 Д 7 10 ⁵	5,35 10 ^о	2,35 10 ⁵	0,12
873	3,15 Ю ⁵	1,76 10 ^н	2,40 10 ^г	4,31
973	8,45 10 ^б	6,91 10 ^б	3,96 10 ⁶	78,16
1073	1,25 10 ^с	5,8 10 [*]	9,17 10 ^г	8,72 Ю ^г
1173	1,16 10 ^у	1,46 10 ^н	2,76:10 ⁵	6,64 10 ^г
1273	7,98 10 ^у	1,69 10 ^н	9,74 10 ^н	3,97 10 ^н
1373	4,08) 0 ^ш	9,24 10 ^н	4,00 10 ⁴	1,86 10 ⁵

Рассчитанные значения энергий Гельмгольца и констант реакций, несмотря на то, что они несколько отличаются от истинных, позволяют определить температурные режимы протекания процесса восстановления сульфата натрия. Так, в интервале температур от 600 до 800 К, реакции (1), (2), (4) не протекают ($DF > 0$). Единственной возможной реакцией является реакция (3). То есть процесс восстановления сульфата натрия при 600-800 К возможен только в атмосфере оксида углерода (II).

В интервале температур от 800 до 1000 К протекают все реакции ($DF < 0$). С ростом температуры величины DF для реакций (1 и 2) уменьшаются значительно. Также значительно изменяются, но в порядке увеличения, и константы равновесия этих реакций. Причем при $T = 900-1000$ К константы равновесия реакций (1), (2) и (3) выравниваются. То есть в интервале температур от 800 до 1000 К восстановление сульфата натрия возможно как за счет угля, так и за счет оксида углерода (II).

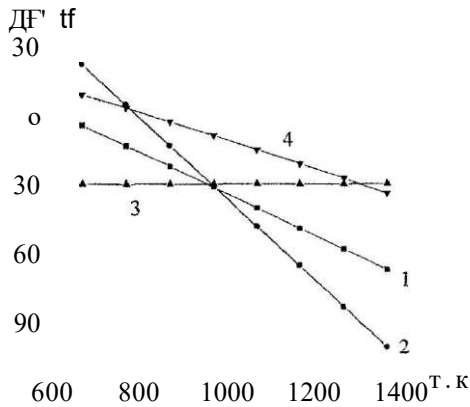


Рис.1. Изменение величин свободных энергий реакций (1-4) от температуры

1 - реакция (1); 2 - реакция (2);
3 - реакция (3); 4 - реакция (4)

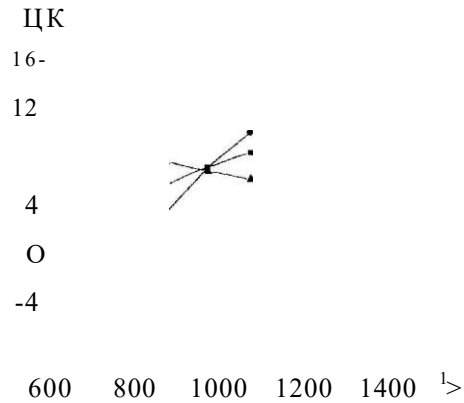


Рис.2. Изменение величин констант равновесия реакций (1-4) от температуры

1-реакция(1); 2-реакция (2);
3 - реакция (3); - реакция (4)

Наконец, в интервале температур от 1000 до 1400 К основными доминирующими реакциями являются реакции (1) и (2). Причем при 1300-1400 К основной уже является реакция (2). То есть восстановление сульфата натрия при 1000-1400 К происходит, в основном, за счет угля. Восстановление оксидом углерода (II) также происходит. Здесь необходимо учитывать, что с ростом температуры растет давление оксида углерода (II) за счет протекания реакций (2) и (4).

В интервале температур от 1200 до 1400 К суммарная константа равновесия реакции восстановления сульфата натрия углем и оксидом углерода (II) достигает максимальных значений.

Термодинамический анализ позволяет рассчитать соотношение реагентов. При $T=900-950$ К, ког-

да константы равновесия реакций (1), (2), (3) приблизительно равны, суммарная реакция восстановления будет следующей:



В этом случае соотношение углерода к сульфату натрия составляет 1:6. С ростом температуры константа равновесия реакции (2) увеличивается значительно быстрее, чем константа равновесия реакции (1), и соотношение реагентов зависит от соотношения констант равновесия реакций (2) и (1). При 1-1400 К, когда константа равновесия реакции (2) значительно больше константы равновесия реакции (1), соотношение реагентов составляет 1:3,1. В опытах, проведенных нами с коксом, было установлено, что соотношение реагентов составляет 1: (2,5³,0). Большой расход углерода объясняется частичным выгоранием угля в начале реакции.

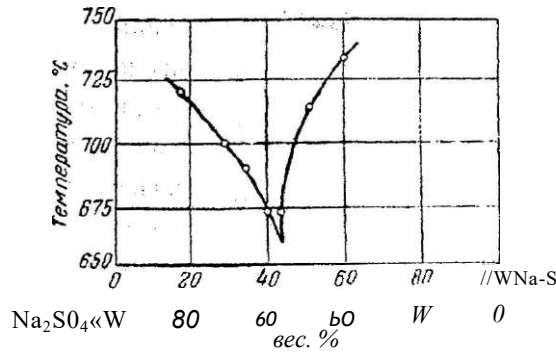


Рис. 3. Диаграмма плавкости в системе Na_2SO_4 - Na_2S

Реакция восстановления сульфата натрия углем и монооксидом углерода является гетерогенным процессом, поэтому реакция идет на поверхности сульфата натрия и угля, то есть скорость реакции определяется удельной поверхностью реагирующих веществ. Скорость реакции значительно увеличивается при плавлении смеси, в результате чего плав обволакивает частицы угля, тем самым увеличивает удельную поверхность реагирующих веществ.

Температура плавления сульфата натрия составляет 884°C. По

мере протекания реакции содержание сульфида натрия увеличивается и температура плавления смеси уменьшается (рис.3) вплоть до достижения эвтектической точки (42,5% Na_2S и 57,5% Na_2SO_4 , после чего по мере увеличения содержания сульфида натрия температура плавления смеси увеличивается до 1180°C - температуры плавления чистого сульфида натрия. Аналогично диаграмме плавкости смеси сульфата натрия и сульфида натрия выглядит диаграмма процесса восстановления сульфата натрия углем (рис.4).

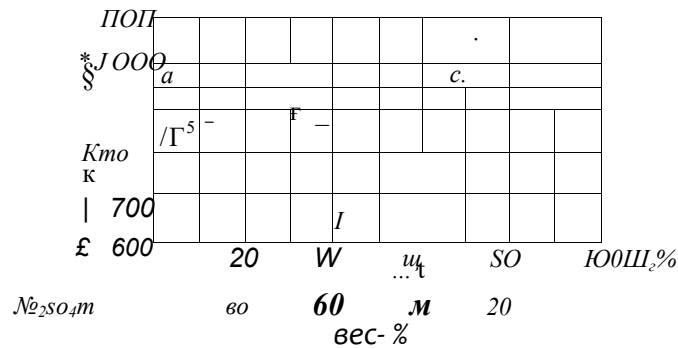


Рис.4. Диаграмма восстановления Na_2SO_4

2 О НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА

Анализ диаграммы восстановления сульфата натрия углем показывает, что реакция идет с заметной скоростью в жидкой фазе, т.е. в области выше кривой АЕВ. Жидкая фаза наблюдается постоянной в интервале температур от 1000 до 1100°C (соответственно 1273-1373 К). Установлено, что процесс восстановления (пунктирная кривая Аесd) можно проводить с заметной скоростью при 950°C (1223 К). При этой температуре жидкая фаза сохраняется вплоть до пересечения пунктирной прямой ab с кривой плавкости АЕВ в точке с. В этой точке (70% Na₂S и 30% Na₂SO₃), получающийся сульфид натрия кристаллизуется из расплава. Но реакция не прекращается, так как жидкая фаза не исчезает. Жидкая фаза сохраняется вплоть до точки d (Г=1000°C (1273 К); 85% Na₂S и 15% Na₂SO₄). После чего увеличение температуры до 1050-1100°C приводит к полному восстановлению сульфата натрия. Однако полного восстановления сульфата натрия добиваться необязательно, так как чистый сульфид натрия плохо выгружается. Оптимальным является проведение реакции до 85-90% превращения сульфата натрия.

Таким образом, результаты термодинамического анализа и анализ диаграммы восстановления сульфата натрия позволяют сделать вывод о том, что процесс восстановления сульфата натрия можно разделить на три этапа:

1. Начальный период, в течение которого происходит нагрев шихты до температуры плавления (800-850°C).

Этот период характеризуется малыми скоростями реакции восстановления, в основном, за счет взаимодействия монооксида углерода с поверхностью сульфата натрия. Поэтому в этот период необходима подача топочного газа, содержащего СО. В этот период образуются также в качестве побочных продуктов - карбонат, сульфит и силикат натрия натрия.

2. Главный период (900-1050°C), в течение которого шихта переходит из твердого состояния в жидкое и весь сульфат натрия восстанавливается в сульфид натрия по реакциям (3), (1) и (2). Это период характеризуется еще и тем, что по мере образования сульфида натрия реакционная масса густеет.

3. Конечный период, в течение которого плав загустевает в кашеобразную массу. В этот период содержание сульфида натрия достигает 85-90%. В конце этого периода сульфид натрия выгружается в бадьи и идет его остывание. Перед началом выгрузки необходимо проверить консистенцию плава. Если плав является очень густым, что свидетельствует об избытке непрореагировавшего угля, то плав трудно выгрузить. В этом случае плав разогревают до жидкого и добавляют дополнительное количество сульфата натрия. Если плав достаточно жидкий, то или добавляют дополнительное количество угля или пропускают топочный газ. В процессе остывания сульфида натрия происходит дополнительное восстановление сульфата натрия избытком угля, который добавляют на дно бадьи.

III УДК 615.2

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НОВОГО
ГЕПАТОПРОТЕКТОРА НА НЕКОТОРЫЕ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ
ПЕЧЕНИ МОЛОДЫХ КРЫС КАК КРИТЕРИЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВЫХ
ФАРМПРЕПАРАТОВ**

Б.Х. Мадиева

Карагандинская государственная медицинская академия

Гепатопротектор салсоколлинді жас егеурұйлықтардың баурырындағы комірсу аямасу урдісіне тетрахлорметанның токсикалық осері болганда, оның алдын алу үшін қолдануы зерттелді. Жас жануарлар бауырының гепатоциттерінде гликогеннің жиіюпалуы мен комірсуалмасу ферменттерінің белсенділігінің динамикасын зерттеу препараттың клеткалардың реактивті қасиеттеріне позитивті әсерін айқындады, ол гепатоциттердің улың әсеріне резистенттілігінде, оларда гликогеннің жснқталуы мен ЛДГ және Г— 6 - ЛДГ ферменттерінің белсенділігінің жоғары болуынан байқалды.

Изучалось профилактическое использование гепатопротектора салсоколлина при токсическом воздействии тетрахлорметана на процессы углеводного обмена в печени молодых крысят. Изучение динамики накопления гликогена и активности ферментов углеводного обмена в гепатоцитах печени молодых животных выявило позитивное влияние препарата на реактивные свойства клеток, что проявлялось в резистентности гепатоцитов к действию яда, накоплению в них гликогена и высоки.» показателей активности ферментов ЛДГ и Г-6-ФДГ.

The preventive usage of new hepatopmtector Salsocollin has been assessec after tetrachloromethane toxically effected carbohydrate metabolism in young rats" liver. The assessment of activity of carbohydrate metabolism enzymes in young rats" hepatocytes has revealed beneficial effect of the medicine on the cells" properties that has been shown by glycogen uptake, elevating of lactatdehydrogenase and glucose -6- phoaphatdehydrogenase activity and resistance of hepatocytes to the toxicant.

Гепатопротекторы - препараты, восстанавливающие строение, метаболизм и функцию паренхимы печени, используются в патогенетической терапии острых и хронических заболеваний печени и желчеотводящих путей. Ежегодно в качестве гепатопротекторных препаратов предлагается много новых веществ. Однако их эффективность в терапии заболеваний печени имеет спорные моменты, а их арсенал не обеспечивает возможность выбора для применения в клинике (Стандарты диагностики и лечения больных с заболеваниями органов пищеварения, 1998). Огромное значение имеет разработка фармакотерапевтических соединений, имеющих природное происхождение, поскольку потенциальными факторами риска поражений гепатобилиарной зоны являются ксенобиотики синтетического происхождения [1]. Одним из наиболее перспективных направлений в гепатологии и фармакологии является поиск и разработка новых соединений растительного происхождения [2]. Предпочтение отдается отечественным в силу доступности и относительной дешевизны препаратов. Препаратом выбора стал новый препарат салсоколлин, полученный из растения солянки холмовой (*Salsolla collina* Pall. Сем, *Chenopodiaceae*) исследователями Института фитохимии МОН АН РК [3]. Установлено, что растение со-

лянка холмовая содержит вещества флавоноидной природы, относящиеся к кверцитину, рутину, трицину и изорамнетин-3-глюкозиду [4]. Флавоноиды ингибируют гиалуронидазу, влияют на гранстпортные АТФ-азы, катехол-о-метил-трансферазы, протеинкиназы, циклооксигеназы, фосфодиэстеразы циклических нуклеотидов и др. Флавоноиды влияют на иммунные, выделительные, секреторные, сократительные и двигательные процессы, обладают противовоспалительным, противовирусным, капшяроукрепляющим действиями [5]. Данный препарат салсоколлин обладает выраженным лечебно-профилактическим действием, прошел стадию клинических испытаний и используется в терапии гепато-билиарной системы [6-9].

Общеизвестно, что воздействие окружающих ксенобиотиков, с которыми человек контактирует в течение всей жизни, отрицательно сказывается на молодом организме и, в первую очередь, на печени. Объем морфогенетических и пластических потенциалов гепатоцитов в различные периоды онтогенеза неодинаков и напрямую зависит от возраста [10]. Несовершенство структуры и функции органа в ювенильном периоде способствует развитию большого объема деструктивно-дистрофических процессов в печени при воздействии на орган токсических

веществ, в частности, тетрахлорметана [11].

Общеизвестно, что существуют фармакодинамические особенности у новорожденных и детей раннего возраста. Эти отличия еще недостаточно изучены и связаны с медленным созреванием рецепторных систем у детей в ранний период жизни. До настоящего времени не изучено, каково влияние салсоколлина на морфофункциональные свойства гепатоцитов печени молодых организмов. Требуется детального изучения влияния данного препарата на мну из основных функций печени -

участие органа в углеводном обмене и связанный с ним синтез гликогена в гепатоцитах. Изучение влияния салсоколлина на углеводный обмен связано с исследованием изменений активности ферментов, обслуживающих синтез и распад гликогена.

В связи с вышеизложенным целью исследования явилось изучение влияния профилактического использования салсоколлина на показатели углеводного обмена в гепатоцитах печени молодых крыс при токсическом поражении органа тетрахлорметаном.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Поражение печени CCl_4 воспроизводили на белых беспородных 3-месячных крысах. Токсикант вводили внутрижелудочно в течение 4 дней в виде 50% масляного раствора в дозе 2 мл/кг массы тела. Животным за 1 час до введения гепатотоксиканта вводили внутрижелудочно салсоколлин в дозе 100 мг/кг (n=17). Для сравнения были использованы интоксцированные животные, которым вместо салсоколлина вводили эквивалентное количество физиологического раствора (n=15). Контролем служили интактные животные соответствующего возраста (n=18). Животных выводили из эксперимента на 1 сутки после отмены препаратов, на 15 и на 30 сутки методом декапитации под легким

эфирным наркозом. Забой животных осуществляли в одно и то же время 11-12 ч с учетом биологических ритмов функционирования. Ткань печени брали для гистологического, морфометрического и гистохимического исследования.

Для гистологического изучения ткань печени фиксировали в жидкости Карнуа и формалине с последующей заливкой в воск-парафин. Срезы толщиной 5-7 мкм окрашивали гематоксилином и эозином. Гистохимически на срезах определяли содержание гликогена в клетках с соответствующим контролем амилазой слюны. Содержание ДНК, РНК и общего белка в клетках определяли по методу Фельгена и Брате. Для выявления компонентов со-

единительной ткани гистологические срезы импрегнировали солями серебра.

Для гистохимического исследования ткань печени животных замораживали в криостате и изготов-

ливали срезы толщиной 5-7 мкм, затем окрашивали по Нахласу для определения активности следующих ферментов: лактатдегидрогеназы (ЛДГ), глюкозо-6-фосфдегидрогеназы (Гл-6-ФДГ).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Острое поражение CCl_4 печени одномесячных животных привело к глубоким нарушениям в гистоархитектонике печени. Очаги из клеток с пикнотическими и лизированными ядрами располагались рядом с клетками с вакуолизированной цитоплазмой. Подавляющее большинство вакуолей цитоплазмы было представлено липидными каплями. Гликоген в центрлобулярных клетках не определялся, в остальных клетках количество его значительно уменьшалось. При импрегнации азотнокислым серебром срезов в препаратах выявлялось отчетливое огрубение околососудистых сплетений волокон. При исследовании гистохимических реакций гепатоцитов было установлено резкое снижение активности ЛДГ и Г-6-ФДГ в гепатоцитах. В гепатоцитах вокруг центральных вен гранулы формазана либо полностью отсутствовали, либо глыбки были межими и размытыми. Гранулы формазана определялись в периферических клетках дольки печени и располагались очагово в виде глыбок или

зерен в их цитоплазме.

Через две недели в паренхиме печени одномесячных крыс некротизированные клетки полностью исчезали, в некоторых гепатоцитах сохранялись признаки жировой дистрофии, снижение количества РНК. Привлекали внимание рассеянные гистиолимофоцитарные инфильтраты. Однако серебрение срезов определило ранние признаки склерозирования паренхимы органа в виде появления тонкой сети ретикулиновых волокон внутри печеночной дольки. Сохранялся дефицит гликогена в клетках центральных отделов печеночной дольки. Активность ферментов ЛДГ и Г-6-ФДГ возросла в сравнении с предыдущим сроком исследования, однако оставалась сниженной при сопоставлении со значениями интактного контроля

Через 30 дней у одномесячных животных в клетках паренхимы печени нивелировались деструктивно-дистрофические признаки, наблюдавшиеся спустя одни сутки. В цитоплазме гепатоцитов появились скопления гликогена, нарастали по-

•.. атс.ти активности ферментов, заслуживающих углеводный обмен. Контрольные показатели оставались на более высоком уровне в сравнении с опытом.

Профилактическое применение гепатопротектора салсоколлин оказало позитивное воздействие на степень деструкции в органе, уменьшая токсическое воздействие тетрахлорчстана. Спустя сутки после отмены яда при использовании препарата в печени одномесячных животных меньше встречались мелкие группы очагов некроза вокруг центральных вен. Признаки жировой дистрофии имели место во многих клетках. Вокруг портальных трактов гепатоциты были крупными с большими полихромными ядрами и базофильной цитоплазмой, богатые гликогеном. Накопление гликогена коррелировало с более высокими значениями активности ферментов ЛДГ и Г-6-ФДГ, в сравнении с аналогичными у животных без препарата.

Спустя 15 дней после отмены яда и препарата в паренхиме печени молодых крыс сохранялась макрофагальная инфильтрация. Отсутствовали некротизированные клетки. Привлекали внимание двуядерные гепатоциты. У молодых животных спустя две недели после опыта в паренхиме органа функциональные характеристики углеводного обмена клеток нарастали.

Через месяц в печени одноме-

сячных животных в отдельных клетках обнаруживались капли жира. Большинство гепатоцитов обогатились белком и РНК, ядра клеток были полихромными. Клетки, накопившие гликоген, располагались повсеместно, в большей мере вокруг центральных вен. В этой же зоне печеночной дольки активность ферментов ЛДГ и Г-6-ФДГ также нарастала. Показатели анаэробных процессов увеличивались в динамике и были значительно выше таковых у опытного контроля, однако оставались заниженными в сравнении с интактным контролем.

Таким образом, в результате исследования установлено, что тетрахлорметан вызывает у молодых животных деструктивно-дистрофические изменения в паренхиме печени. В дальнейшем репаративные процессы приводят к нивелированию деструктивных изменений. Отмечается накопление гликогена в цитоплазме гепатоцитов и медленное нарастание активности ферментов, обслуживающих гликогенез.

Изучение динамики репаративных процессов в печени у молодых животных в условиях профилактического использования салсоколлина выявило реализацию положительного влияния препарата на паренхиму органа при его токсическом поражении. Налицо более высокие адаптивные свойства гепатоцитов к неблагоприятным условиям, кото-

рые проявлялись в резистентности гепатоцитов к действию яда в условиях применения салсоколлина, на-

коплении гликогена и более высоких показателей активности ферментов ЛДГ и Г-6-ФДГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крамер Б., Билхарц Л.И. Несегроидные противовоспалительные препараты и поражение ЖКТ // Росс, журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колонопроктологии. - 1998.-№5 -С.77-79.
2. Бунятян Н.Д., Герасимова О.А., Сахарова Т.С., Яковлева Л.В. Природные антиоксиданты - как гепатопротекторы//Эксперимен. И клин, фармакологии.-1999.-№2.-С.64-67.
3. Токпаев А.С. Фармакологическая активность растительного препарата салсоколлина в эксперименте: Автореф.дисс. ... канд.мед.-наук.-Караганда, 1997.-16с.
4. Возможности изучения фармакокинетической фазы препарата "Салсоколлин" по его метаболиту / Д.Д. Бисикенова, Н.С. Умбеталина, С.К. Жаугашева, и др.// Валеологические аспекты профилактики и лечения болезни.- Астана,- 1998,- С.213.
5. БарабойВ.А. Растительные фенолы и здоровье человека. - М.: Наука, 1984.-160с.
6. Использование, салсоколлина в клинике / К.Д. Рахимов, С.М. Адекенов, К.Ж. Мусулманбеков и др.// Здравоохранение Казахстана.- 1995.-№11.-С.20-21.
7. Влияние салсоколлина на течение экспериментального гепатита/ Умбеталина Н.С., Варнавская Е.В., Епифанцева Е.М. и др.// Медицина и экология. - 1998.-№2.-С.66-68.
8. Конакбаева Р.Д., Епифанцева Е.М. Влияние салсоколлина на желчеобразовательную и желчевыделительную функции печени в норме и при хроническом экспериментальном гепатите// Медицина и экология. -2000.-№2.- С.76-79.
9. Конакбаева Р.Д. Влияние салсоколлина на морфологическую картину печени у больных хроническим вирусным гепатитом // Вопросы морфологии и клиники.- Алматы,2001 .-№6.-С.83-87.
10. Туровинина Л.П. Изучение объема биологических потенциалов гепатоцитов и эпителия желчеотводящих путей в онтогенезе и эксперименте // В сб. Компенсаторно-приспособительные механизмы внутренних органов и головного мозга в норме, патологии и эксперименте. -Тюмень, 1986.-С. 16-17.
11. Мадиева Б.Х. Морфофункциональные свойства гепатоцитов печени крыс в разные периоды онтогенеза в условиях применения гепатопротекторов. Сообщение 1. Некоторые особенности реактивных изменений в печени животных разного возраста при применении цитафата // Медицина и экология.-2001 .-№1 .-С.76-78.

УДК 536:621.1

ГАЗОВЫЕ ПОСТОЯННЫЕ И ИХ ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ

В.В. Рындин

*Павлодарский государственный университет
им. С.Торайгырова*

Газ тұрақтыларының таңдап алған заттың үлгісіне байланысты жіктелуі келтірілген. Газ тұрақтыларының, сонымен оір?е Больцмаг ширақтысының дамолекулалық мағынасы беріледі.

Приводится классификация газовых постоянных в зависимости от выбранной порции вещества. Дается молекулярный смысл гзювых постоянных, в том числе и постоянной Больцмана.

The classification of gas constants is resulted depending or. the chosen portion of substance. The molecular sense of gas constants, including Bohzrnann constant, is given.

Одной из главных задач пре-
сцивания физики вообще и термол-
из-: амики в частности следует счи-
іііэть формирование представления
основах единой научной карта-
вы мира, базирующей на достиже-
шійях современной науки. Между тем
именно эти вопросы не находят пока
лелжного отражения в существую-
шшеа учебниках. Естественное объяс-
нение этого противоречия состоит в
том, что целостная физическая кар-
тина мира создаётся буквально в
пази дни, поэтому работы, в кото-
рых происходит обобщение отдель-
на:х разделов физики, можно рас-
смаивать как необходимое допол-

нение к вузовским руководствам. В
этой связи изложение различных га-
зовых постоянных на основе единой
концепции актуально.

В настоящее время в учебни-
ках физики чаще всего использует-
ся молярная (универсальная) газо-
вая постоянная, обозначаемая R,
Дж / (моль-К). Например, в учебни-
ке И. В. Савельева [1, с. 215] отмеча-
ется:

«Опытным путём установле-
но, что при обычных условиях (г. е.
при комнатной температуре и ат-
мосферном давлении) параметры
состояния таких газов, как кислород
и азот довольно хорошо подчиняют-

ся уравнению

где b — константа, пропорциональная массе газа.

Согласно закону Авогадро при нормальных условиях объём любого газа постоянен. Отсюда следует, что в случае, когда количество газа равно одному молю, константа b в (1) будет одинаковой для всех газов. Обозначим константу b для одного моля буквой R . Константа R называется молярной газовой постоянной или **просто газовой постоянной**. Другие газовые постоянные в учебнике не приводятся.

В термодинамике же в качестве основной газовой постоянной используется удельная газовая постоянная, обозначаемая тем же символом, что и молярная газовая постоянная в физике, R , Дж/(кг·К), что отнюдь не способствует преемственности между этими дисциплинами. Например, в [2, с. 419] отмечается:

«Уравнение состояния идеального газа имеет вид

$$pv = RT,$$

где **газовая постоянная** R равна универсальной газовой постоянной, делённой *на молекулярную массу*» (правильно *молярную* массу),

В этих же учебниках приводится также и отношение молярной

газовой постоянной к постоянной Авогадро, именуемое постоянной Больцмана k . Постоянная Больцмана является одной из фундаментальных физических констант. Открытие этих констант следует считать одним из выдающихся достижений физической науки, поскольку они дают нам информацию о наиболее фундаментальных, основополагающих свойствах материи. В то же время физические постоянные представляют собой одну из крупнейших нерешённых проблем современной науки, так как, измеренные экспериментально с высокой степенью точности, они не имеют пока сколь-либо убедительной теоретической интерпретации. В этой связи раскрытие физического смысла газовых постоянных, включающих в себя и постоянную Больцмана, представляет несомненный научный интерес.

Ниже изложен новый **метод введения газовых постоянных**, основанный на аналогии с методом введения различных видов теплоёмкости (теплоёмкости тела, удельной, молярной и молекулярной).

Путём объединения (обобщения) газовых законов Гей-Люссака и Бойля-Мариотта можно получить следующее соотношение

$$pVI T - \text{const} = R_m \quad (2)$$

из которого следует, что для

данного количества (данной массы) разреженного газа отношение произведения давления на объём к термодинамической температуре есть величина постоянная. Эту постоянную величину, поскольку она относится ко всему телу (системе), назовём **газовой постоянной тела** (газобразного тела) и обозначим R .

Отношение газовой постоянной тела к массе газа называется удельной газовой постоянной (величины, получаемые от деления на массу, называются удельными) R , Дж / (кг·К)

$$R = R_{\text{тела}} / m, \quad (3)$$

$$\Gamma_0 = 273,15 \text{ К (0}^\circ\text{C)} \text{ и } P_0 = 101325 \text{ Па} = 760 \text{ ммрт. ст;} \\ - \text{л, } K_0 / \Gamma_0 = 101325 \cdot 22,4141 \cdot 10^{-3} / 273,15 = 8,31451 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)},$$

где $V_{\text{моль}} = V_0 / \nu = 22,4141 \text{ МО}\cdot\text{з м}^3 / \text{моль} = 22,4141 \text{ л} / \text{моль}$ — молярный объём при нормальных физических условиях [3].

Поскольку молярный объём при нормальных физических условиях для всех разреженных газов имеет одинаковое значение, то и **молярная** газовая постоянная для всех газов также имеет одинаковое значение. Это дало основание называть эту газовую постоянную **универсальной** газовой постоянной. Однако этот термин не соответствует уравнению связи (4) для молярной

Отношение газовой постоянной тела к количеству вещества газа называется **молярной** газовой постоянной (величины, получаемые от деления на количество вещества, называются молярными) R , Дж / (моль·К)

$$R_{\text{м}} = R_{\text{тела}} / \nu, \quad (4)$$

Решая совместно уравнения (2) и (4), можно выразить молярную газовую постоянную через Параметры состояния и вычислить её значение по соответствующим значениям этих параметров, например, для значений параметров состояния при нормальных физических условиях:

газовой постоянной и поэтому считается устаревшим.

Решая совместно уравнения (3) и (4), можно установить связь между удельной газовой постоянной и молярной газовой постоянной

$$R = R_{\text{м}} \cdot m, \quad \nu m = R_{\text{м}} \cdot M, \quad (5)$$

где $M = m / \nu$ — молярная масса вещества, кг / моль.

Отношение газовой постоянной тела к числу молекул газа можно назвать **молекулярной** газовой постоянной R_n , Дж / К

$$R_M = R_{\text{тела}} / N, \quad (6)$$

Молекулярная газовая постоянная определяет "долю" газовой постоянной тела, приходящуюся на одну молекулу.

Связь между молярной и молекулярной газовыми постоянными можно установить путём совместного решения уравнений связи (4) и (6):

$$\frac{R_M}{N} = R_{\text{тела}} \quad \frac{1}{N} = \frac{R_{\text{тела}}}{N} \quad \frac{1}{N} = \frac{R_{\text{тела}}}{N} \quad N_A = 6,0221367 \cdot 10^{23} \text{ Дж/К}, \quad (7)$$

где $N_A = N/V$ - постоянная Авогадро [3].

Следовательно, в соответствии с выражением (7) **постоянная Больцмана**¹ есть не что иное, как **молекулярная газовая постоянная**, определяемая отношением **газовой постоянной тела к числу молекул** газа.

Таким образом, предложенный метод, классифицирующий газовые постоянные в зависимости от выбранных порций вещества, предопределяет постоянную Больцмана в качестве газовой постоянной, определяемой для порции вещества в одну молекулу.

С учётом введённых газовых постоянных уравнение состояния (2)

можно записать для различных порций вещества в следующих видах:

$$- \text{ через газовую постоянную тела } R_{\text{тела}} \quad pV = R_{\text{тела}} T \quad (8)$$

- через удельную газовую постоянную R :

$$\text{ для газа объёмом } V \text{ (массой } m) \quad pV = mRT \quad (9)$$

$$\text{ для удельного объёма } \rho \quad p = \rho RT \quad (10)$$

$$\text{ для плотности } P \quad P = \rho RT \quad (11)$$

- через молярную газовую постоянную R , :

$$\text{ для газа массой } m \quad pV = mRT \quad (12)$$

$$\text{ для количества вещества } \nu \quad pV = \nu RT \quad (13)$$

$$\text{ для молярного объёма } V_m \quad pV_m = RT \quad (14)$$

- через молекулярную газовую постоянную R_m , или через постоянную Больцмана k :

$$\text{ для числа молекул } N \quad pV = NR_m T = NkT, \quad (15)$$

$$\text{ для концентрации частиц } N_y \quad N_y = N/V \quad p = N_y R_m T = N_y k T, \quad (16)$$

На практике наиболее часто используется уравнение состояния (11) для расчёта плотности газа в сосуде, трубе, комнате и т. п. по известным значениям давления и температуры. В термодинамике наи-

¹ Эту постоянную ввёл Планк в соотношение Больцмана $S = k \ln W$, устанавливающее пропорциональность между энтропией S и вероятностью состояния системы W , Планк также предложил постоянную k называть в честь Больцмана постоянной Больцмана. Соотношение Больцмана выгравировано на его памятнике в Вене.

сплынее применение находят уравнения состояния в виде (9) и (10), содержащие удельную газовую постоянную R .

В физике и химии чаще применяются уравнения (12) — (14), содержащие молярную газовую постоянную, остальные уравнения состояния в большинстве учебников по этим дисциплинам не приводятся. В результате в физике чаще всего оговариваются рассмотрением только одной молярной газовой постоянной (что обедняет физику), которая обозначается тем же символом R , что и удельная газовая постоянная в термодинамике, а это приводит к несогласованности учебников по термодинамике и физике. Учитывая выше изложенную классификацию газовых постоянных, каждая из которых находит самостоятельное применение, а также принятое обозначение молярных величин X^m , следует и молярную (именно молярную, а не универсальную — последнюю можно обозначать любым символом) газовую постоянную

обозначать символом R^m .

Остановимся кратко на эволюции уравнения состояния идеального газа, которое обычно связывается с именами Клапейрона и Менделеева.

Зарождение термодинамики связано с именем Карно³, издавшего самостоятельно (помимо редакции, которая холодно отнеслась к этой работе) в 1824 году свою работу (мемуар, как тогда говорили) «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу». В своём мемуаре Карно впервые объединяет в одно уравнение законы Бойля, Мариотта и Гей-Люссака, которое он записывает в виде [4]

$$p = jV(t^{\circ} + 267) / V, \quad (17)$$

или в современном написании $p = N(t + 273.15)$,

где N — «постоянная величина, зависящая от веса пара и выбранных единиц»;

• Применяемое в настоящее время обозначение молярных величин символом L^m (где индекс означает первую букву латинского слова "молярный") нельзя признать рациональным, так как такое обозначение совпадает с обозначением величин, получаемых от деления основной величины X на массу вещества m .

КАРНО Никола Леонард Сади (1796 — 1832) — французский физик и инженер, один из издателей термодинамики. Карно умер от холеры. По законам того времени всё это имущество, в том числе и рукописи, было сожжено. Предложил цикл (цикл Карно), который имеет наибольший коэффициент полезного действия среди всех возможных циклов, осуществляемых в одном и том же температурном интервале.

КЛАПЕЙРОН Бенуа Поль Эмиль (1799 — 1864) — французский физик и инженер, член Парижской АН. В 1820—30 работал в Петербурге. В знак признания научных заслуг был избран членом-корреспондентом Петербургской АН, награждён орденами.

Γ — температура Цельсия;

267 — число, обратное коэффициенту объёмного расширения газов $1 / 267$ (по данным на то время).

Карно умер, так и не услышав никакого отклика на свою работу. Печальный, но не единственный в истории науки факт. В 1834 году **Клапейрон**⁴ переработал труд Карно и почти под тем же названием («Мемуар о движущей силе огня») издал в сборнике Политехнической школы в Париже.

Клапейрон использовал в своём изложении, которое носило более строгий математический характер, графическое представление тепловых процессов в **диаграмме У-р**. Популярны сейчас **кривые — изомеры и адиабаты** — ведут свою историю от работ Клапейрона. Мемуар Карно в своё время был отклонён редакцией журнала «Анналы» Поггендорфа (крупнейшего физического журнала того времени). Мемуар же Клапейрона произвёл на редактора журнала Поггендорфа столь сильное впечатление, что он сам перевёл его на немецкий язык и напечатал в своём журнале в 1843 году.

В своём мемуаре Клапейрон записывает объединённое уравнение в виде

$$pV = A(t^{\circ} + 267), \quad (18)$$

где A — константа для данной массы газа. Это уравнение он называет «уравнением состояния Гей-Люссака-Мариотта» и широко использует его в данной работе.

Очевидно, что уравнение Клапейрона (18) тождественно уравнению Карно (17). Занимаясь в своём сочинении теорией Карно, Клапейрон нигде не говорит, что автором первого объединённого уравнения является именно Карно, правда, и себе он его не приписывает. Книга Карно быстро стала библиографической редкостью, и с ней мало кто был знаком. Поэтому неудивительно, что уравнение объединённого закона Бойля-Мариотта-Гей-Люссака стали приписывать Клапейрону. Правильнее было бы уравнение состояния идеального газа, записываемое через газовую постоянную тела, называть уравнением Карно-Клапейрона.

В 1862 году Клаузиус ввёл в уравнение состояния (17) термодинамическую температуру T , и оно приняло вид (8). Неудобство использования этого уравнения заключается в том, что в каждом конкретном случае в зависимости от массы тела необходимо заново вычислять газовую константу по формуле $\hat{\Lambda}_{\text{тв}} \sim R_{\text{сУУ}} T$. В 1862 году русский инженер И. П. Алымов, занимающийся изучением свойств газов, предложил пользоваться универсальной газовой постоянной. Рабо-

а Алымова была опубликована в малоизвестном среди физиков и химиков издании («Морской сборник») и не обратила на себя внимание.

В 1874 году на заседании Русского химического общества Д. И. Менделеев⁵ доложил своё обобщение уравнения Клапейрона в виде [4]

$$pV = \frac{M(C + t^\circ)}{A}$$

где M — масса газа; t° — температура Цельсия; p — давление (в мм рт.ст); V — объём (в л); A

молекулярный вес газа; C — постоянная величина, близкая к 273.

В современном написании это уравнение имеет следующий вид:

$$pV = \frac{m}{M} (Rt + \tau), \quad (19)$$

где m — масса; M — молярная масса; R — постоянная, введённая Менделеевым име-

ющая одинаковое значение для всех газов (близкое к 16000).

Если вместо τ в уравнение (19) подставить обратную ей величину R/t получим уравнение (12). В связи с этим уравнение состояния идеального газа (12), содержащее молярную газовую постоянную R_p , принято называть уравнением Клапейрона-Менделеева.

Молекулярный смысл температуры и газовых постоянных. Согласно основному уравнению кинетической теории газов⁶

$$p = \frac{1}{3} N \overline{mv^2} \quad (20)$$

давление молекул идеального газа численно равно двум третям средней кинетической энергии (КЭ) поступательного движения молекул, содержащихся в единице объёма.

Связь между средней КЭ поступательного движения молекул и температурой можно установить

⁵ **МЕНДЕЛЕЕВ Дмитрий Иванович (1834 — 1907)** — русский учёный, открыл в 1869 г. **периодический закон химических элементов** и на его основе создал **периодическую таблицу химических элементов**, написал более 400 работ, имел 130 дипломов и почётных званий различных обществ и академий, в том числе был членом Берлинской, Парижской, Лондонской и др. академий, а в России отказали быть академиком. И дело здесь не в симпатиях к революционно настроенному студенчеству и произволе царизма, как это иногда утверждалось, а в зависти и интригах действительных академиков, забаллотировавших его кандидатуру в Академию наук по химии в 1880 году.

Л вот физики и художники, чьи научные интересы не так остро пересекались с интересами Менделеева, избрали его членом-корреспондентом своих академий. Однако действительным академиком Менделеев так и не был избран в России. Аналогичная ситуация произошла и в наши дни, когда не были избраны в ряды действительных академиков медицины учёные мировой известности: Н. Амосов, Г. Илизаров и С. Фёдоров.

Эта формула впервые была получена в 1845 г. Ватерстоном (Уотерстоном), и её вывод был представлен в английскую академию наук. Рецензент отклонил эту статью, назвав её «– бессмысленной, непригодной даже для чтения обществом». Заново эта формула была открыта Максвеллом лишь в 1859 году.

путём совместного решения уравнений (16) и (20):

$$E_{\text{квт}}^* = W = k_R T, \quad (21)$$

$$\text{где } k_R = \frac{E_{\text{квт}}}{T} = \frac{1}{1 \text{ К}} = 2,070987 \cdot 10^{23} \text{ Дж/К} \quad (22)$$

новая газовая постоянная, численно равная средней КЭ поступательного движения отдельной молекулы при единичной температуре —

$$m = E_{\text{квт}} / R = \frac{1}{R} \cdot E_{\text{квт}} \quad (\text{Еквтост})$$

Откуда можно дать такой **физический** (молекулярный) **смысл температуры** (применительно к идеальному газу — газу, для которого выполняется линейная связь между давлением и температурой): числовое значение температуры показывает во сколько раз средняя КЭ поступательного движения молекул в данном состоянии отличается от кинетической энергии поступательного движения молекул при единичной температуре ($T=1 \text{ К}$), или от $1 / 273,16$ части КЭ поступательного движения молекул идеального газа, находящегося в термодинамическом равновесии с водой в тройной точке (в состоянии, когда жидкая, твёрдая и паровая фазы воды находятся в равновесии).

Следовательно, температура даёт отсчёт КЭ молекулы от КЭ,

$$(A_{\text{пост}}) = 1 \text{ К} \cdot k_{\text{пост}}$$

В соответствии с (22) k_R является ещё одной молекулярной константой. Её числовое значение может быть вычислено как $1 / 273,16$ части средней КЭ поступательного движения молекул многоатомного газа, или просто средней кинетической энергии движения молекул одноатомного газа, при температуре тройной точки воды $T_{\text{ттв}} = 273,16 \text{ К}$

Из (22) можно получить уравнение связи для температуры

принятой в качестве базовой (единичной по температуре). Так, температура 1000 К означает, что КЭ одноатомной молекулы в данном состоянии больше базовой КЭ молекулы (в базовом состоянии) в 1000 раз, а $T = 0,001 \text{ К}$ означает, что КЭ в данном состоянии в 1000 раз меньше базовой (единичной) энергии; $T = 0 \text{ К}$ означает, что КЭ молекулы в таком состоянии меньше базовой (единичной) КЭ в бесконечное число раз. В этой связи очевидна, с одной стороны, недостижимость абсолютного нуля, а с другой стороны. — возможность приближения к нему с любой точностью: бесконечность не может быть охарактеризована одним каким-либо большим числом (всегда найдётся большее число), поэтому нельзя назвать число, при котором $T = 0 \text{ К}$, но можно

„звать число, при котором температура может быть близка к нулю с собой степенью точности, например, $T = 10^{100}$ К. Сейчас достигнута температура 10^{-5} К.

Таким образом, как КЭ поступательного движения молекулы, так и температура, являются количественными характеристиками хаотического движения отдельных молекул газа. Однако более удобной величиной является температура, так как даже при температуре 10^6 К КЭ молекулы остаётся всё ещё малой величиной порядка 2410^{-17} Дж.

Порция (размер) движения, эквивалентная (характеризуемая) единичной (по температуре, т. е. взятая при единичной температуре $T = 1$ К) кинетической энергии $E_{\text{п.т}} = 2,070\,987 \cdot 10^{-23}$ Дж, названа **кельвином (К)**, а **физическая величина**, характеризующая запас движения в таких порциях, — **температурой T**.

Можно провести аналогию между температурой и количеством вещества. **Порция (размер) вещества (материи), эквивалентная** (характеризуемая) числу частиц, взятому в качестве базового (единичного) $N^1 = 6,0221367 \cdot 10^{23}$ (число Авогадро), названа **молем (моль)**, а **физическая величина**, характеризующая запас вещества (материи) в таких укрупнённых порциях частиц, — **количеством вещества**

$$z \lambda = N N_A - (N / N^1) - l \text{ моль.}$$

Следовательно, числовое значение количества вещества показывает, во сколько раз число частиц в данном теле отличается от единичного (базового) числа частиц NK

Наряду со средней КЭ поступательного движения молекул, определяемой средней квадратичной скоростью молекул, можно ввести наиболее вероятную КЭ молекул, определяемую наиболее вероятной скоростью молекул — наиболее часто встречающейся скоростью молекул (около этой скорости группируются скорости наибольшего числа молекул газа). Этой скорости соответствует максимум кривой распределения Максвелла. Исследуя на максимум функцию распределения Максвелла, в курсах физики получают следующее выражение для наиболее вероятной скорости поступательного движения молекул [1]:

$$c_{\text{в.г.}} = \sqrt{\frac{2kT}{m_m}}$$

где m_m — масса молекулы.

Откуда можно найти наиболее вероятную КЭ поступательного движения отдельной молекулы при температуре T

$$E_{\text{в.г.}} = \frac{1}{2} m_m c_{\text{в.г.}}^2 \sim \frac{1}{2} m_m \cdot 2kT = kT. \quad (23)$$

Разделив обе части этого выражения на температуру T , полу-

чим

$$k = E_{\text{вер}} / T = \xi^1_{\text{вер}} / 1 \text{ К}, \quad (24)$$

$$\text{где } \xi^1_{\text{вер}} = (E_{\text{ср}})_{T=1 \text{ К}} = 1,380658 \cdot 10^{-23} \text{ Дж} \quad (25)$$

наиболее вероятная единичная (по температуре, т. е. взятая при единичной температуре $T = 1 \text{ К}$) кинетическая энергия поступательного движения молекулы.

Из выражения (24) можно дать такой физический смысл постоянной Больцмана k : постоянная Больцмана численно равна наиболее вероятной КЭ поступательного движения одной молекулы при температуре 1 К, или $1 / 273,16$ части наиболее вероятной КЭ поступательного движения отдельной молекулы идеального газа, находящегося в термодинамическом равновесии с водой в тройной точке (короче, постоянная Больцмана численно равна единичной по температуре наиболее вероятной КЭ отдельной молекулы).

Иногда постоянную Больцмана рассматривают как коэффициент, переводящий единицы энергии (Дж) в единицы температуры (К), а температуру — как энергию поступательного движения молекул [5]. Здесь следует заметить, что температура и КЭ молекул **две различные физические величины**, так как имеют **различные единицы**, для которых переводной коэффициент не является безразмерной величиной.

Учитывая линейную связь между газовыми постоянными и числом частиц N , нетрудно дать молекулярную интерпретацию этих газовых постоянных.

Согласно выражениям (6) и (25) газовая постоянная тела

$$R_{\text{тела}} = \xi^1_{\text{вер}} N k = N E^1_{\text{вер}} / (1 \text{ К}), \quad (26)$$

численно равна наиболее вероятной кинетической энергии всех молекул тела при температуре 1 К. Поскольку число частиц N в различных телах различно, то и газовые постоянные для различных тел будут различными.

Если газовую постоянную тела в (26) умножить на температуру T , то с учётом (24) получим

$$R_{\text{тела}} T = N E^1_{\text{вер}} \{T\} = N E_{\text{ср}}, \quad (27)$$

откуда следует, что произведение газовой постоянной тела на температуру, **входящее** в правую часть уравнения состояния (8), есть не что иное, как наиболее вероятная кинетическая энергия поступательного движения всех молекул тела при заданной температуре T .

Покажем, что и левая часть уравнения состояния (8) также равна этой величине. Давление, определяемое соотношением (20), в соответствии с выражением (21) может быть представлено и таким известным соотношением:

$$p = N_y kT = N \kappa T / V, \quad (28)$$

Учитывая соотношение (23) для наиболее вероятной КЭ молекул, получим новое соотношение для давления

$$p = N_{\text{вер}} E_{\text{вер}} = N E_{\text{вер}} / V,$$

которое, в отличие от известного уравнения (20), не содержит числового коэффициента 2 / 3. В соответствии с этим выражением давление идеального газа численно равно наиболее вероятной кинетической энергии поступательного движения молекул, содержащихся в единице

$$K = 4N_{\text{вер}} E_{\text{вер}} / (IK) = N E_{\text{вер}} / (IK) = N E_{\text{вер}} / (IK) \quad \text{л.}$$

Следовательно, молярная газовая постоянная численно равна наиболее вероятной КЭ поступательного движения совокупности молекул, число которых равно числу Авогадро N при единичной температуре газа ($T = 1 \text{ K}$). Поскольку при определении молярной газовой постоянной для любых газов берётся одно « то же число молекул, равное чис-

$$r = r_{\text{тела}} / m = (N / m) [E_{\text{вер}}^2 / (1 \text{ K})] = W_{\text{м}} / (IK),$$

где $N_m = N / m$, кг^{-1} , — удельное число молекул, численно равное числу молекул, масса которых равна 1 кг. Отсюда можно дать такой молекулярный смысл удельной газовой постоянной: удельная газовая

объёма.

Из этого следует, что практическое значение давления идеального газа на единицу объёма

$$pV = N E_{\text{вер}} =$$

равно наиболее вероятной КЭ поступательного движения $E_{\text{вер}}$ молекул этого газа, а уравнение состояния (8) выражает собой наиболее вероятной кинетической энергии всех молекул газа. Значения для левой и правой частей уравнения через различные кинетические величины.

Решая совместно уравнения (4) и (26), получим

числу Авогадро, то и значение молярной газовой постоянной для всех газов имеет одинаковое значение: откуда и первоначально? Значение этой величины — универсальная газовая постоянная.

Решая совместно уравнения (3) и (26), получим следующее выражение для удельной газовой постоянной:

постоянная R численно равна наиболее вероятной КЭ поступательного движения молекул с общей массой 1 кг при температуре 1 К. Поскольку масса отдельных молекул различных газов различна, то и число мо-

НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА

лекул газа массой 1 кг будет различным, а значит будут различными и удельные газовые постоянные для различных по строению молекул.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев И. В. Курс физики: Учеб.: В 3-х т. Т.1: Механика. Молекулярная физика. — М.: Наука, 1989, — 376 с.: ил.
2. Новиков И. И. Термодинамика: Учеб. пособие для студ. теплотехнич., спец. вузов. — М.: Машиностроение, 1984. — 592 с.: ил.
3. Таблицы стандартных справочных данных. Фундаментальные физические константы. ГСССД 1-87. — М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1989. — 7 с.
4. Гельфер Я. М. История и методология термодинамики и статистической физики: Учеб. пособие. Т. 1. М.: Высш. школа, 1969. - 475 с.: ил.
5. А. К. Кикоин, И. К. Кикоин. Молекулярная физика: Учеб. пособие. М.: Наука, 1976.— 480 с.: ил.

УДК 661.744.1:66.094.3

НЕПОЛНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ТОЛУОЛА КИСЛОРОДОМ ВОЗДУХА НА КАТАЛИЗАТОРАХ, СОДЕРЖАЩИХ ГЕТЕРОПОЛИКИСЛОТЫ (ГИК)

Г.М. Асилова, Г.Е. Ергазиева,
А.К. Умбеткалиев, К. Досумов

*Институт органического катализа и электрохимии им.
Д.В.Сокольского МОН РК*

*Каталитатордағы ауа оттегі қыиқылымен толуол құрамындағы
алюмосиликатағы гетерополикислотаны газофазалық ңышңылданудың
зерттеу нәтижелері келтірілді.*

*Приведены результаты изучения газофазного окисления толуола
кислородом воздуха на катализаторах, содержащих гетерополикислоты
на алюмосиликате.*

*The results of study phase oxidation of toluol by air oxygen at catalyst
contained heteropolyacids at aluminosilicate are given.*

Бензойная кислота применяется в производстве фенола, капролактама, синтеза терефталевой кислоты и используется в пищевой, сельскохозяйственной (в качестве консервантов), парфюмерной промышленности, а также во многих других отраслях народного хозяйства [1].

В промышленности бензойную кислоту получают жидкофазным каталитическим окислением толуола кислородсодержащим газом (в частности, кисло-

родом воздуха) [2-8].

Известны и другие способы получения бензойной кислоты - декарбоксилированием фталевого ангидрида и синтеза бензойной кислоты на основе галоидпроизводных толуола [1], но по технологии они значительно уступают жидкофазному каталитическому способу.

Многоступенчатое разделение продуктов реакции окисления толуола при жидкофазном каталитическом способе и выделение чи-

20 НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА

стой бензойной кислоты [9, 10] приводят к значительным энерго-технологическим затратам.

Наиболее простым и экономически выгодным способом получения бензойной кислоты считается газофазное каталитическое окисление толуола кислородсодержащим газом.

Изучению кинетики и механизма газофазного окисления толуола на различных катализаторах посвящено немало работ [12-17], однако они не получили промышленного развития. Основной причиной яв-

Методика эксперимента

Образцы катализаторов готовились путем пропитывания алюмосиликата марки ШАС-2 с диаметром гранул 3-4 мм водным раствором гетерополиокислоты.

Газофазное каталитическое неполное окисление толуола проводили в обычной проточной установке при атмосферном давлении.

Скорость общего потока газовой смеси устанавливали и определяли по показаниям реометра [6] на выходе системы.

Концентрацию исходного и непрореагировавшего толуола с воздухом определяли на хроматогра-

Результаты экспериментов

Гетерополиокислоты (ГПК) считаются сильными протонными кислотами и превосходят обычные минеральные и твердые кислоты (H_2SO_4 , $Al_2O_3-SiO_2$, и т.д.) [18] и по эффективности превосходят тради-

руется низкая степень превращения толуола в бензойную кислоту, по сравнению с жидкофазным.

По литературным данным, катализаторы превращения ароматических углеводородов должны обладать свойствами твердых кислот [18].

В этом сообщении приведены результаты изучения газофазного окисления толуола кислородом воздуха на катализаторах, содержащих гетерополиокислоты (ГПК) на алюмосиликате.

фе Цвет-500, колонка ($l = 1,5$ м и $d = 4$ мм), которая заполнена Хроматоном - N - 2AW и пропитанный 15% апьезоном L.

Анализ CO, после реакции осуществляли на хроматографе Газохром-3101.

Продукты реакции окисления толуола - бензойную кислоту, бензальдегид и др. анализировали хроматографически на приборе Цвет-500 по методике [19, 20].

Кроме того, бензойную кислоту анализировали методом титрования щелочью 0,1 н NaOH по ГОСТ-10521-78.

Ионные кислотные катализаторы [21 - 24].

Исследование неполного окисления толуола кислородом воздуха, при различных температурах и объемных скоростях, проводили на катализаторах

ГПК/ШАС-2, разработанные в лаборатории окисления ИОКЭ МОН РК*. Носителем является шариковый алюмосиликат (ШАС-2) с диаметром гранул 3-4 мм.

Полученные результаты представлены в таблицах 1-2. Как видно из табл. 1, оптимальной температурой превращения толуола в бензойную кислоту на 15% ГПК/ШАС-2 в интервале объемных скоростей $500-1500 \text{ ч}^{-1}$ является 200°C . Наибольшая степень превращения (3,89%) толуола в бензойную кислоту при 200° на 15% ГПК/ШАС-2 катализаторе наблюдается при

1500 ч^{-1} . Увеличение объемной скорости до 2000 ч^{-1} на 15% ГПК/ШАС-2 катализаторе приводит к смещению температуры максимального превращения толуола в бензойную кислоту на 100°C , в сторону высоких температур и росту степени превращения толуола в бензойную кислоту до 6%. Дальнейшее повышение объемных скоростей (выше 2000 ч^{-1}) и температуры (выше 300°C) не привели к увеличению степени превращения толуола в бензойную кислоту, и эти данные не представлены в этом сообщении.

Таблица 1

Зависимость выхода бензойной кислоты от температуры на 15% ГПК/ШАС-2 при различных объемных скоростях, где толуол в исходной смеси составляет $20,59 \text{ г/м}^3$

Т,°С	Выход бензойной кислоты							
	500 л		1000 ч ⁻¹		1500ч ⁻¹		2000ч ⁻¹	
	г х 10 ⁻³ г	а, %	г х 10 ⁻³ г	а, %	г х 10 ⁻³ г	а, %	г х 10 ⁻³ г	а, %
170	3,6	1,65	4,5	2,06	4,3	1,97	.	.
200	4,5	2,06	6,0	2,75	8,5	3,89	8,0	3,7
250	4,3	1,97	5,0	2,3	7,7	3,52	10,7	4,9
300	3,8	1,7	4,3	1,97	6,6	3,02	13,0	6,0
350	3,1	1,42	3,6	1,65	4,3	1,97	5,0	2,3
400	1,7	0,78	3,0	1,37	3,6	1,65	.	.

Значительный рост степени превращения толуола до бензойной кислоты (до 12,6%) наблюдается при увеличении концентрации ГПК в 30% на алюмосиликате.

Заметное влияние на выход бензойной кислоты оказывает со-

держание толуола в исходной смеси (воздух + толуол). Так, при её снижении от $20,59 \text{ г/м}^3$ (табл.1) до $13,72 \text{ г/м}^3$ при оптимальных параметрах ($T=300^\circ\text{C}$ и $V=2000 \text{ ч}^{-1}$) степень превращения толуола в бензойную кислоту на 15% ГПК/ШАС-2 возрастает от 6,0 до 7,56%.

Таблица 2

Зависимость выхода бензойной кислоты от температуры на катализаторах ГПК/ШАС-2 при $W=2000 \text{ ч}^{-1}$ где толуол в исходной смеси составляет $13,72 \text{ г/м}^3$

T, °C	Выход бензойной кислоты			
	30% ГПК/ШАС-2		15% ГПК/ШАС-2	
	$m \times 10^{-2}$	a, %	от 10 г	a, %
200	9,4	7,9	6,5	5,46
250	12,0	10,1	7,8	6,55
300	15,0	12,6	9,0	7,56
350	8,5	7,1	6,9	5,8
400	-	-	4,9	4,1

Значительный рост степени превращения толуола до бензойной кислоты (до 12,6%) наблюдается при увеличении концентрации ГПК до 30% на алюмосиликате.

По данным хроматографических анализов, продуктами окисления толуола, при оптимальных па-

раметрах (300°C , $1500\text{-}2000 \text{ ч}^{-1}$), является в основном бензойная кислота, а также следы бензоальдегида и незначительного количества CO_2 .

Таким образом, нанесенные на носитель гетерополиокислоты могут быть использованы для неполного газофазного окисления толуола до бензойной кислоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бензойная кислота. Свойства, применение, производство. М., 1973. Обзорная информация.- Сер. Азотная промышленность. М., НИИТЭхим. -С.84.
2. Иоонас Р.Э., Серебрянников Н.Д.. Новое производство бензойной кислоты. - Нефтепереработка и нефтехимия, 1976, № 9. -С.23-24.
3. Пенчев В., Каназирев В., Минчев Х.. Превращение толуола на металлцеолитных катализаторах. - Нефтехимия, 1979, Т. 19, № 5. -С.672-678.
4. Катализаторы органического синтеза. -Алматы: Наука, 1992, ч.2. - С.65-69.
5. Брандт Б.Б., Махмудов Т.М., Перазич Д.И., Соколова А.И., Хайлов В.С. Каталитическое жидкофазное окисление толуола кислородом воздуха. - Химическая промышленность, 1967, № 12. -С.13-17.
6. Авт. свидет. СССР, № 187767. Бюлл.изобр. № 21,1969.
7. Авт. свидет. СССР, № 249363. Бюлл. изобр. № 25,1969.
8. Авт. свидет. СССР, № 852857.

№1, 2002г.

Бюлл. изобр. № 29, 1981.

9. Авт. свидет. СССР, № 213810.

Бюлл. изобр. № 11, 1968.

10. Павлова П.С., Омерский З.М., Попов Д.М. Выделение бензойной кислоты из продуктов окисления толуола. - Химическая промышленность, 1969, №7, С.2-5.11. Попов Д.М., Павлова П.С. Гибкость схемы ректификации многокомпонентной системы на примере разделения продуктов окисления толуола. - Труды ГИАП. М. 7472, вып. 15. -С. 155-159.

12. Шапринская Т.М. О кинетических зависимостях окисления бензола на окисно-ванадиевом катализаторе. - Кинетика и катализ. 1984, №25, вып.2 -С.382-385.

13. Раевская Л.Н., Пятницкий Ю.И. Кинетика окисления толуола и его производных на пятиокиси ванадия. - Там же, с.386-391.

14. Раевская Л.Н., Пятницкий Ю.И. О кинетической модели окисления ароматических соединений на окисных катализаторах. - Теоретическая и экспериментальная химия. 1983, №4 1. -С.96-99.

15. Попова Н.И., Кабакова Б.В. Окисление толуола на медных катализаторах с добавками окислов молибдена и вольфрама -Кинетика и катализ. 1964, Т. 5, вып.2. -С.324-329.

16. Попова Н.И., Вермель Е.Е., Мильман Ф.А. Окисление некоторых непредельных углеводородов на медных катализаторах. -Кинетика и катализ. 1962, Т.3. вып.2. -С.241-246.

17. Пятницкий Ю.И. Газофазное гетерогенно-каталитическое окисление ароматических углево-

дородов. - Успехи химии. 1976, Т.65, вып.8, с.1505-1532.

18. Кожевников И.В. Катализ гетерополикислотами в процессах тонкого органического синтеза. - В сб. тез. докладов II Всесоюзной конференции. Катализ и каталитические процессы химфарм заводов. -Москва, 15-16 ноября 1989 г., ч. 1, с. 119-120.

19. Казиник Е.М., Кулаков В.Н., Новорусская Н.В., Барк Д.С. Разделение продуктов окисления толуола при помощи газовой хроматографии. - Труды ВНИПИМ, г.Тула, 1969 г., т.1, выпуск 1, с.13-117.

20. Дмитриев М.Т., Казнина Н.И., Пинигина И.А. - Справочник «Саммарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде». Москва: «Химия». 1989, с.275-276.

21. Куликов С.М., Кожевников И.В. и др. Применение катализаторов на основе гетерополикислоты в синтезе витаминов. - В сб. тез. докладов II Всесоюзной конференции. Катализ и каталитические процессы химфармзаводов. Москва, 15-16 ноября 1989, ч.1, с.142-145.

22. Куликов С.М., Ханхасева С.П., Кожевников И.В. Синтез этилового эфира п-нитробензойной кислоты в присутствии фосфорновольфрамофой гетерополикислоты. -Там же, с.119-120.

23. Mamoru Al. Kinetics of Heteropoly Compounds as Catalytic Agents in Selective Oxidation - J.Catal. 1981, N 71, 111-117.

24. Okamoto T, Asini S. Infrared Photoelectron Spectroscopy of Mixed Catalysts Cr³⁺ and Mn²⁺ in Cr³⁺ Ring Methyl Oxidation. J.Catal. 1981, N 71, 111-117.

УДК 628.16.081:622.5

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ ВОД

Е.А. Мамбетказиев

Казахстанско-Американский свободный университет

Ф.И. Лобанов

"Штокхаузен-Евразия, Техника и окружающая среда"

Р.А. Шмбетказиева, А.Е. Исмухамедова

Эколого-технологический центр

Өлііемеді бөліктегі шхптдаға суды тазірту тиімділігін көтерудің жолдары берілді.

Рекомендации по повышению эффективности очистки шахтных вод от взвешенных частиц.

The recommendations on increasing of effecton rectification of shaft water from the suspended particles are given.

Охрана природных и очистка сточных и промышленных вод является одними из важнейших проблем в условиях сложившейся экологической обстановки Восточного Казахстана. При реагентном способе очистки воды часто возникают большие затруднения в связи с удалением взвешенных веществ, имеющих малые размеры частиц и высокую агрегативную и седиментационную устойчивость систем. Интенсификация процессов осаждения может быть достигнута за счет укрупнения частиц в агрегаты под действием коагулянтов и флокулянтов, и особенно их смесей. Достоинство данного метода - про-

стога, надежность и универсальность.

Разработка рациональных технологий и применение более эффективных флокулянтов с целью ускорения разделения фаз дисперсных водных систем при минимальном расходе и стоимости реагента являются необходимыми условиями для решения актуальных проблем горно-рудной и металлургической промышленности.

Очистка шахтных вод рудника Треховский" осуществляется физико-химическим методом при добавлении известкового молока, подача которого производится автоматически в импульсивном режи-

ме с помощью насосов-дозаторов в камере хлопьеобразования двух параллельных отстойников. Образующиеся в результате взаимодействия шламы труднорастворимых гидроксидов цветных металлов оседают, уплотняются и накапливаются в отстойниках в виде аморфной массы.

Годовой объем шламов - 160 гони, класс опасности отходов - IV. Химический состав и годовой объем отходов: pH = 6,9-7,3; Си - 0,75 %; Zn - 0,2%; Pb - 1 %; Cd - 0,003%; Fe - 5,0%; SiO₂ - 5,5 %; АҚО, - 6,9 %; S₂O₃ - 0,6f% ; CaO - 0,45% и т.д.

Прошедшие очистку шахтные воды Греховского месторождения сбрасываются круглосуточно в р.Берёзовка в количестве около 80 м³/час и относятся к категории недостаточно очищенных. Время прохождения сточных вод через отстойник сравнительно мало, эффективность работы очистных сооружений не соответствует нормативам, что является причиной сверхнормативных сбросов загрязняющих веществ в водоемы рек Бухтарма и Иртыш.

Из вышеизложенного следует, что применение одного известкового метода при существующих размерах отстойников недостаточно. В план мероприятий Зырянского орно-обогадательного комплекса на достижение нормативов ПДС на ' 999-2001 годы входит поиск, испытание и внедрение новейших способов очистки шахтных вод.

Применение флокулянтов позволяет значительно повысить производительность работы очистных

сооружений. В качестве флокулянтов используются высокомолекулярные полимеры, на звеньях, цепочки которых адсорбируются взвешенные твердые частицы.

На станции нейтрализации Греховского рудника нами проверена возможность применения современной технологии немецкой фирмы "Штокхаузен", апробированной в горнодобывающей промышленности России ООО "Штокхаузен-Евразия. Техника и окружающая среда". Эта технология основывается на применении реагента марки "Praestol" (Праестол).

Полимеры Праестол представляют собой синтетические полиэлектролиты на основе полиакриламида с высокой молекулярной массой. Они различаются как молекулярной массой, так и количеством анионных и катионных центров.

Технические чистые полиакриламиды проявляют нейтральные свойства. Сополимеры анионного типа придают полимерам отрицательный заряд в водной среде, а сополимеры катионного типа - соответственно положительный заряд. Все три группы полимеров применяются как в гранулах (твердый продукт), так и жидком виде.

Гранулированный продукт представляет собой белые сыпучие зерна размером от 1,0 до 0,1 мм. Они легко растворимы в воде и не содержат сопутствующих веществ. При сгорании образуются оксиды азота и углерода.

Полимеры Праестол способны флокулировать любые твердые частицы, коллоиды, например, та-

кие, как гидроксиды тяжелых металлов или биомассы. Они эффективны в системе с низкой электролитной концентрацией, вплоть до насыщенных растворов, но не используются для выделения растворенных в воде веществ; эффективны в диапазоне $pH < 1$ и > 14 , покрывают полный температурный диапазон, в котором "водная суспензия" является жидкостью, т.е. от $0^{\circ}C$ до $100^{\circ}C$. Во флокулированном состоянии осадок можно легко и полностью отделить от воды.

Реагент используется в виде высококонцентрированных растворов ($< 0,1$ % по массе) и могут быть приготовлены в холодной воде в течение 45-60 минут.

Настоящая работа выполнена по договору с ОАО "Казцинк". Цель работы - выдача рекомендаций по повышению эффективности очистки шахтных вод Греховского рудника ЗГОК от взвешенных веществ.

Исследования, по данной теме проводились в два этапа:

1. Лабораторный, позволивший выбрать марку, концентрацию и количество реагента.

2. Опытно-промышленный, позволивший проверить и уточнить результаты лабораторных исследований, непосредственно в условиях промышленной очистки.

На первом этапе рассматривалось влияние pH -среды на степень очистки шахтной воды. Наши данные полностью совпадают с литературными, т.е. полное осаждение известковым молоком ионов цинка наблюдается при $pH=9,0-9,2$;

ионов хрома в интервале $pH=8,0-9,5$; меди - $pH=8,0-10,0$; кадмия - $pH= 10,5- 11,5$ и свинца при $pH=9,0-10,0$.

Оптимальное значение pH осаждения гидроксидов цветных металлов приходится на область от 8,5 до 9,5, а для кадмия около 11,2, но при этом начинают растворяться другие гидроксиды. Для сульфидов металлов чем выше pH среды, тем полнее идет осаждение.

Для анализа использовались современные физико-химические методы - спектральные, фотокolorиметрические, хроматографические, реагентные на базе лабораторий ЗГОКа, ВКО управления охраны окружающей среды, Восточно-Казахстанского государственного университета.

Было проведено большое количество опытов (более 150) с использованием анионных марок Праесгола (FGA 1 FGA - 6), показавших, что все марки являются хорошими флокулянтами и для них можно вывести ряд активности при $pH = 9,0$:

$FGA-6 > FGA-3 > FGA-2 > FGA-1$.

Расход реагента составляет $0,5$ мг/дм³ до $4,0$ мг/дм³. Оптимальное количество зависит от марки реагента. При такой концентрации флокулянта процесс осаждения осадка полностью завершается за 1-2 минуты с высокой степенью осветления шахтной воды.

При проведении опытно-промышленных испытаний проверяли и уточняли лабораторные данные в условиях промышленной очистки шах-

тных вод. Определяли точку ввода реагента и отработывали технологический режим дозирования флокулянта для увеличения степени очистки при нестабильном значении рН.

Станция нейтрализации мощностью около 80 м³/час имеет два отстойника по 40 м³/час. Отстойник № 1 использовали как контрольный, а отстойник № 2 - в качестве опытного нами предложена конструкция установки по приготовлению, разбавлению и подачи раствора Праестола после камеры смешения шахтной воды с известковым молоком. Значение рН среды составляло 8,0 - 10,5.

В контрольном отстойнике нет четкой границы раздела, тогда как в отстойнике № 2 можно четко видеть границу раздела фаз и определить толщину водного слоя. Вода прозрачная, чистая, осадок

быстро укрупняется и оседает. Во время проведения испытаний количество FGA-6 изменялось 0,25 до 0,5 мг/м³ шахтной воды.

Образуются агломераты величиной до 1,0 см. Осадок распределен по дну отстойника неравномерно: от начала к концу отстойника его уровень понижается. Взвешенных частиц на сливе практически не наблюдается. Реагент анионной марки обладает не только свойством флокулянта, но и, за счет заряда на поверхности, является хорошим коагулянтом для таких металлов, как Си, Zn, Pb.

При использовании флокулянтов марки Праестол данные физико-химических методов анализа по улучшению степени очистки по сравнению с контролем приведены в таблице 1 (мг/дм³).

Таблица 1
Результаты анализов, юведенных ЗЦХЛ (22.09.00)

Содержание компонентов, мг/л	ПДС	Выход		степень очистки, %
		отстойник №1	отстойник №2	
рН	7.5-8.5	8.8	10.7	
Взвешенные вещества	320	19	10,6	44,2
Медь	0.34	0,04	0,03	25
Цинк	0.1	0,05	0,02	60
Свинец	0,0]	0,02	0,01	50
Марганец-ион	0,0197	0,25	н'о	
Кальций	413,8	282,9	376	
Сульфаты	1664	856,1	905,1	
Сухой остаток		472	870	

Осадок, образующийся в результате применения флокулянтов '-'-г ки Праестол, не прилипает к стенкам отстойника, пластичный, что упрощает его откачку насосами на иловые карты.

Примерный расход реагента 175 - 350 кг/год.

УДК 661.183.12

НОВЫЕ АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ИОНООБМЕННИКИ

**Е.Е. Ергожин, Б.А. Мухитдинова, С.А. Шоинбекова,
В.В. Шалыгина, Б.М. Нуранбаева**

*Институт химических наук им. А.Б.Бектурова
Министерства образования и науки Республики
Казахстан*

Моно этаполамчнің винил эфирінен, аллиламиннің, цианпиридиндердің, және иісті нитридердің, түрлі құрлысты хинондар негізінде жаңа редоксиониттердің синтезденді туралы айтылады.

Синтезированны новьередоксиониты на основе хиноновразличного строения, винилового эфира моноэтаполамина, аллиламина, цианпиридинов и ароматических нитрилов. •

The new redoxceonides on the bases of different structured henone of vinyl monoethapalamine ether, allylamine, cyanperedines and aromatic nitriles are synthesized.

Интенсификация исследований в области ионообменных материалов и создание на их основе перспективных сорбционных технологий позволят решить ряд проблем охраны окружающей среды, медицины, гидрометаллургии, фармацевтической и химической промышленности, водоподготовки и биотехнологии.

Большой интерес вызывают окислительно-восстановительные

полимеры. Традиционно их получают методами полимеризации, поликонденсации соответствующих мономеров, а также химической модификацией известных полимеров соединениями, содержащими окислительно-восстановительные группы. В качестве редокс-агентов часто используются хиноны, ди- и триоксибензолы, соединения с тиольными, пиридиниевыми, пиридиниевыми группами. Уникаль-

мая способность редоксонионов к регенерации и многократное использование компенсирует все первоначальные затраты на их получение и делает их перспективным классом высокомолекулярных соединений. Однако известные пути их синтеза сложны, многостадийны, часто протекают в жестких условиях, продолжительны во времени, а сами полимеры не всегда отвечают предъявляемым требованиям. Известные окислительно-восстановительные полимеры ограничены несколькими типами, и технология их производства не всегда удобна для реализации в промышленном масштабе. Ассортимент мономеров, пригодных для синтеза редоксонионов, ограничен. Поэтому остро стоит проблема поиска пригодных для этой цели мономеров, отличающихся достаточной реакционной способностью, доступностью и дешевизной, что может быть реализовано в случае использования местного сырья. Наряду с ценными, а порой и незаменимыми свойствами, большинство редоксонионов одновременно обладают неудовлетворительными кинетическими свойствами, что в значительной мере обусловлено малой набухаемостью и, вследствие этого, низкой или недостаточно высокой скоростью реакций окисления-восста-

новления. Введение в их состав ионогенных групп повышает гидрофильность продукта, но еще более осложняет технологию получения и, главное, не дает достаточного эффекта. Все эти недостатки сильно ограничивают их применение,

Ускорить окислительно-восстановительные процессы можно путем синтеза высокомолекулярных соединений макропористой или макросетчатой структуры, которые обеспечивают легкий доступ реагирующих компонентов к активным группам.

Одним из перспективных путей решения этой задачи является синтез новых реакционноспособных мономеров, обеспечивающих создание малостадийных и высокоэффективных методов получения окислительно-восстановительных и ионообменных полимеров.

С целью расширения ассортимента мономеров, пригодных для синтеза редоксонионов, в Институте химических наук им. А.Б. Бектурова МОН РК нами разработаны эффективные методы получения новых непредельных азотсодержащих мономеров с редокс-группами и полимеров на их основе, исследованы их физико-химические, окислительно-восстановительные характеристики. На основе ароматических нитри-

лов и цианпиридинов, способы синтеза которых были разработаны в институте под руководством академика НАН РК Б.В. Суворова и член-корреспондента НАН РК Д.Х. Сембаева, получены полимеры с ценными характеристиками, такими, как термическая стабильность, парамагнетизм, способность сорбировать ионы благородных металлов и т.д. Ранее эти мономеры для таких целей не привлекались.

Использование в качестве редокс-агента хинонов различного строения, то есть соединений, содержащих в своей структуре редокс-группу, а также местного дешевого сырья - винилового эфира моноэтаноламина (ВЭМЭА), который производится в Республике Казахстан (г. Караганда, АО «Карбид»), доступного аллиламина (АА), цианпиридинов и ароматических нитрилов позволяет снизить стоимость редокс-полимеров. Различная длина и состав боковых цепей ВЭМЭА и АА создает предпосылку для получения пространственных полимеров с регулируемым размером пор и сеток, а, следовательно, обладающих улучшенными кинетическими свойствами за счет повышения доступа реагирующих веществ к функциональным группам. Этот же эффект достигается благода-

ря наличию в исходных мономерах аминогрупп. Кроме того, в новом способе исключается дополнительная, трудоемкая стадия гидрофилизации полимера, а именно, аминирование.

Возможность использования дизамещенных производных хинонов различного строения в качестве сшивающих агентов для получения полимеров пространственного строения также позволит расширить ассортимент редоксонитов за счет комбинации окислительно-восстановительных свойств с разными линейными ионообменными полимерами, придавая им редокс-свойства. Наличие первичной аминогруппы в молекулах ВЭМЭА и АА позволяют вовлечь их в конденсацию с хинонами, а двойная связь - в полимеризацию и сополимеризацию с различными мономерами.

Синтезированные хиноидные производные ВЭМЭА достаточно легко вступают в радикальную полимеризацию, с такой же скоростью, как и N-замещенные метакриламиды (энергия активации производного ВЭМЭА и 2,3-дихлор-5,6-дициан-1,4-бензохинона составляет 47,34 кДж/моль). Сам же ВЭМЭА малореакционноспособен и не образует гомополимеры в этих условиях. Предложенный способ получения редоксонитов проводится в одну стадию,

в мягких условиях и обеспечивает образование редокситов с улучшенными кинетическими свойствами, с высокими выходами (61,2- 86,9%) и показателями статической обменной по 0,1 н NaOH (7,3-8,7 мг-экв/г) и редокс-емкостей (3,4-4,2 мг-экв/г). Полученные полимеры обладают высокой окисляющей способностью, которая оценивалась по выходу нафталина при дегидрировании тетралина. Полимеры на основе хиноидных производных ВЭМЭА могут быть использованы в качестве дегидрирующих агентов, наиболее высока она у полимера на основе производного ВЭМЭА и хлоранила (степень дегидрирования составляет 80,2%).

На основе п-оксибензонитрила и формальдегида при добавлении ди- и триоксибензолов в присутствии катализаторов получены сорбенты, селективно извлекающие ионы серебра: $COB_3 = 60-90$ мг/г смолы и термостойкие полимерные материалы. Полимеры устойчивы до 250°C, при дальнейшем повышении температуры выше 350-450°C начинается термическая деструкция полимера и наблюдается снижение редокс-емкости.

Исследование полимеризации нитрилов пиридинкарбоновых кислот в массе и в растворе показало, что полимерные

продукты образуются в присутствии катионных катализаторов. Синтезированные соединения представляют собой неплавкие порошки от коричневого до черного цвета, устойчивые к действию органических растворителей и щелочей, с трудом растворяемые в концентрированных кислотах. Исследование ионообменных свойств показало, что имеются различия между поведением восстановленной и окисленной форм в процессах ионного обмена. Так, восстановленная форма хорошо сорбирует ионы переходных металлов с достижением максимальной емкости по азоту пиридинового кольца (порядка 8-13 мг-экв/г), а также ионы серебра (6-14 мг-экв/г). Окисленная форма водорастворима, не сорбирует ионы переходных металлов, но обладает аномально высокой емкостью по ионам серебра (26-30 мг-экв/г), образует комплексы с ионами церия в кислых растворах и с ионами осмия (VIII).

Таким образом, разработка различных путей синтеза редокситов на основе новых азотсодержащих мономеров и изучение механизма их образования и основных свойств позволит расширить области возможного практического применения таких полимеров.

УДК 542.941.7; 541.138.3

ЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ ГИДРИРОВАНИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ПИРИДИНОВЫХ ОСНОВАНИЙ

И.В. Кирилле, В.В. Казаногина

ЗАО "Институт органического синтеза и углехимии РК"

Л.А. Мусина

Институт фитохимии МОН РК

Пиридин туындыларын электрокаталикалық қанықтыру кинетикасына радикалдардың әсері анықталды. Қоздырылған молекулалар орбитальдары әдісін пайдалану арқылы тәжірибелер нәтижелері түсіндірілді.

Показано влияние радикалов различных представителей пиридиновых оснований на кинетику электрокаталитического гидрирования. Для объяснения экспериментальных данных использован метод возмущений молекулярных орбиталей (ВМО).

It was show the influence of different pyridine basics on kinetics of electrocatalytic hydrogenation. The method of perturbed molecular orbital was used for explanation of experimental data.

В химических реакциях органических веществ особое внимание уделяется функциональным группам молекул, которые фактически и участвуют в процессе. Для электрокаталитических процессов гидрирования пиридиновых оснований такой функциональной группой является пиридиновое кольцо.

Как известно, пиридин легко гидрируется как в каталитической,

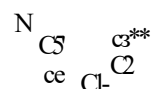
так и в электрокаталитической системе, известно также, что в электрокаталитической системе бензол не гидрируется, хотя в катализе этот процесс проходит, но при высоких давлениях. Для объяснения этого факта воспользуемся методом возмущений молекулярных орбиталей (ВМО) [1] и введем некоторые новые понятия и определения.

В бензоле 12 атомов лежат в

одной плоскости. Это четная альтернантная система. Каждый атом углерода связан с одним атомом водорода и шесть атомов углерода лежат в вершинах правильного шестиугольника. Каждый атом углерода находится в состоянии sp^2 -гибридизации будучи связан со своими тремя соседями 7-связями. Четвёртая $2p$ -АО может быть использована для образования p -связей между атомами углерода. Однако в бензоле p -связи не выделяются, а конфигурация молекулы приобретает промежуточное строение, при котором все $C-C$ связи имеют одинаковую длину (1,40А), промежуточную между длиной двойной связи (1,34А) и длиной одинарной связи (1,48А). Т.е. p -связи в бензоле образованы электронами, занимающими шестичетровые p -МО, составленные из всех шести $2p$ -АО атомов углерода. Поскольку каждый атом углерода в бензоле имеет электронную плотность в пределе -0,0536, то в целом можем представить себе плоскость на уровне $P = -0,0536e$, на которой размещены все 6 атомов углерода. Таким образом, энергетический уровень плоскости может характеризовать общий энергетический уровень молекулы в целом.

Однако, поскольку молекула бензола представляет собой альтернантную систему (АС), то мы определяем суммарную электронную плотность отмеченных атомов АС

(P^*) и не отмеченных атомов АС (P) и по разности этих уровней (DP) можем составить определённое представление о величине возмущения молекулярных орбиталей (ВМО).



$$\begin{aligned} P^* &= (p_{C_2} + p_{C_4} + p_{C_6}) = -0,1608 \\ P &= (p_{C_2} + p_{C_4} + p_{C_6}) = -0,1608 \\ \text{то } DP &= P^* - P = 0 \end{aligned}$$

Другое дело молекула пиридина. Эта молекула также представляет собой чётную альтернантную систему, однако заметим, что атомы C_2, C_3, C_5 находятся на уровне с электронными плотностями на атомах -0,0726; -0,0928 и -0,0728 соответственно, а электронные плотности на атомах N, C_4, C_6 на другом уровне -0,1382; -0,1816 и -0,1816. Через каждые три атома можно построить только одну плоскость, занимающую определённый уровень электронных плотностей: Таким образом, молекула пиридина имеет чётко выраженную двухуровневую систему. Возмущение молекулярных орбиталей такой системы также можно представить как разность уровней электронных плотностей и оно представляет весьма ощутимые величины:

$$\begin{aligned} P^* &= (p^*_{C_2} + p^*_{C_3} + p^*_{C_5}) = \\ &= ((-0,0726) + (-0,0928) + (-0,0728)) = \\ &= -0,2382 \end{aligned}$$

$$P = (pN + pC_2 + pC_4) =$$

$$= ((-0,1382) + (-0,1816) + (-0,1866)) =$$

$$= -0,5064$$

$$DP = P^* - P = (-0,2382) -$$

$$- (-0,5064) = 0,2682.$$

I

Высокое значение делокализации пиридинового цикла - 134,4 кДж/моль - говорит о его сильных ароматических свойствах и близко к величине делокализации бензола. Как и молекула последнего, молекула пиридина имеет плоскостное строение. Однако, в отличие от бензола, длины связей в пиридине не все одинаковые, межатомные расстояния С-С равняются 1,394 А, а межатомные расстояния С-N 1,340 А. Поэтому молекула пиридина не является правильным шестиугольником, что влечёт за собой неравномерное распределение электронных зарядов и возникновение дипольного момента [2], более того, атом азота в пиридине обладает электроноакцепторными свойствами "стягивает" на себя всю электронную плотность цикла, образование двух s-связей и одной р-связи между а-атомом углерода и атомом азота кольца приводит к тому, что оставшаяся несвязанная неподелённая пара азота оказывается снаружи кольца, а это способствует лёгкому образованию комплексов с кислотами Лью-

иса, повышению растворимости с ОН-растворителями и т.д.

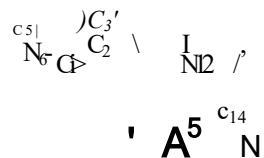
Определённый теоретический и практический интерес представляло гидрирование анабазина, поскольку, во-первых, в электрокаталитической системе пиридин гидрируется без особых трудностей, и можно было ожидать беспрепятственного прохождения процесса гидрирования, и, во-вторых, продукты гидрирования анабазина являются ценными исходными веществами в синтезе лекарственных веществ. Однако на деле всё оказалось гораздо сложнее, что, видимо, связано со структурными и энергетическими особенностями молекулы анабазина, химическая активность которого обусловлена не только наличием сопряженных связей в пиридиновом цикле, но и наличием в 7-положении пиперидинового цикла. Конформационным анализом установлено, что молекула анабазина может существовать в виде двух устойчивых конформеров, обусловленных вращением пиридилного и пиперидильного заместителей относительно объединяющей их связи С-С. При определённой пространственной ориентации пиперидинового фрагмента возможно сопряжение ароматической электронной системы пиридинового фрагмента с неподелённой парой атома азота пиперидильной части молекулы, и активность молекулы в целом резко

снижается относительно процесса гидрирования подобно бензолу [3].

Нам удалось встретить единственное упоминание о каталитическом гидрировании анабазина до 2,3-дипиперидила, авторы которого использовали для этой цели платиновый катализатор [2]. Кроме того, есть сведения о попытках получить дипиперидилы путём восстановления дииридинов и их частично восстановленных производных [4].

Исходя из имеющихся литературных данных, мы задались целью подвергнуть анабазин электрокаталитическому восстановлению с тем, чтобы получить 2,3-дипиперидил, который, с одной стороны, может обладать меньшей токсичностью, чем исходный алкалоид, а с другой стороны в молекуле образующегося соединения появляется ещё один центр, открывающий возможность трансформации анабазина в новые соединения с возможной физиологической активностью.

Согласно теории возмущений молекулярных орбиталей (ВМО) [1], молекулы бензола пиридина и анабазина относятся к чётным альтернантным системам. С этих позиций мы сделали попытку определить разность (DP) между уровнями плотностей зарядов отмеченных атомов альтернантной системы (*р) и неотмеченных атомов (р) в молекуле анабазина:



$$\begin{aligned}
 P &= pN_6 + pC_4 + p e, = \\
 &= (-0,140) + (-0,180) + (-0,113) = -0,433 \\
 P^* &= p^*C_5 + p^*C_3 + p^*C, = \\
 &= (-0,072) + (-0,095) + (-0,059) = -0,226 \\
 DP &= P^* - P = (-0,226) - \\
 &- (-0,433) = 0,207.
 \end{aligned}$$

Как видим, DP изменяется в ряду OP(бензол) < OP(анабазин) < DP(пиридин) и в такой же последовательности изменяются скорости электрокаталитического гидрирования указанных веществ, что может характеризовать их химическую активность. К этим же выводам можно было прийти с позиций локального возмущения молекулярных орбиталей. Действительно, в соответствии с теоремой парности плотность р-электронов в любом месте чётной альтернантной системы должна быть равна единице. р-Электроны движутся в поле атомного скелета, где каждый атом углерода несёт одну единицу (+e) заряда. Ввиду того, что в среднем с каждым атомом углерода ассоциируется один р-электрон, атомы в чётной альтернантной системе должны быть электрически нейтральными. Такие соединения должны быть поэтому неполярными. Именно так и обстоит дело в случае чётных альтернантных систем, дипольный момент которых

равен нулю (бензол).

В работе [1] указывается, что все правила, выведенные для альтернативных углеводородов, применимы и к изоопряжённым системам, содержащим гетероатомы. Существенно простые и существенно двойные связи остаются локализованными, правила ароматичности не изменяются, длины связей в ароматических системах не имеют тенденции чередоваться, тогда как связи в антиароматических системах чередуются, и соединения, для которых нельзя написать хотя бы одной классической структуры, должны быть нестабильными.

Внеиндексные группы также влияют на кинетику процесса, так, например, структура индексных групп для анабазина и 3-пиколина идентична, но различна в составе внеиндексных групп. Для анабазина радикал пиперидин $DP=0,207$ и скорость электрокаталитического гидрирования $W=3,0$ млН₂/мин, для 3-пиколина радикал метил $DP=0,183$ и при тех же условиях ско-

рость процесса $W=1,5$ млН₂/мин. Точно так же играет определённую роль и место расположения радикала. Например, для 2-пиколина $DP=0,3474$ и $W=3,5$ млН₂/мин, а для 4-пиколина $DP=0,341$ и $W=0,8$ млН₂/мин. И ещё пример, для 2,6-лутидина $DP=0,434$, $W=0,434$, а для 2,3-лутидина $DP=0,273$ и $W=0,01$ млН₂/мин. Однако в каждом примере прослеживается закономерность в том, что чем больше абсолютная величина DP , тем более разрыхлена структура индексной группы и тем выше её реакционная способность при гидрогенизации.

Все эти выводы подтверждены экспериментально. И пиридин, как бензол, является ароматическим, и длины связей в пиридиновом кольце имеют промежуточные значения, причём близкие к бензолу. Однако, поскольку атом углерода заменяется на атом азота, то изменение в энергии атомов будет равно разнице $d\epsilon_N$ между кулоновскими интегралами углерода и азота. Естественно было ожидать и различий в химической активности этих соединений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьюар М., Догерти Р. Теория возмущений молекулярных орбиталей в органической химии. - М.: Мир, 1977.-696с.
2. Орехов А.П. Химия алкалоидов. - М., 1955.
3. Казаногина В.В., Мусина Л.А., Закарин С.З., Кириллос И.В. Электрокаталитическое гидрирование анабазина // Материалы международной научно-практической конференции. - Павлодар, 2001.- Т.2.- С.47-51.
4. Smith C.R. // Am.Chem.Soc. 1931. Vol.53. -P.277.

УДК 531.1+669,046.4

КИНЕТИКА СУШКИ ГРАНУЛИРОВАННОЙ МЕДНОЙ ШИХТЫ

К.Д. Телешев

*Жезказганский медеплавильный завод ОАО "Корпорация
Казахмыс"*

Мыс шихтасын ылгалсыздануының математикалық моделін кинетикалық талдау процесс режимі ылгалсыздану дәрежесінің өсуіне қарай сыртқы диффузиядан белсенділеу қуатының артуымен қосарлана ішкіге өтуін көрсетті. Кептіру жылдамдылығының соңғы кезеңде түеыл тежелуі органикалық біріктіргіш лигносульфонатпен қалыптастырылған коллоидтың бөлшектерден ылгалдың кептуімен байланысты.

Кинетический анализ математической модели обезвоживания гранулированной медной шихты показал, что режим процесса по мере увеличения степени обезвоживания переходит от внешней к внутренней диффузии с соответствующим возрастанием энергии активации. Резкое замедление скорости сушки на последней стадии связано с удалением влаги из коллоидных частиц, образованных органическим связующим - лигносульфонатами.

The kinetic analysis of mathematics model of dehydration for pelletizing copper charge was shown, that the process conditions transfers from external to internal diffusion by the increasing of dehydration degree with corresponding increasing of activation energy. The sharp deceleration of drying rate on the last stage is connected with moisture removal from colloid particles formed of organic connected matter — lignosulfonates.

В последние годы на Жезказганском медеплавильном заводе происходит неуклонное повышение выпуска товарной меди за счет модернизации оборудования и интенсификации металлургических процессов. Это относится и к цеху под-

готовки шихты, работой которого определяется производительность последующих переделов. В ЦПШ основным оборудованием служат усовершенствованные печи фильтрующего слоя, способные высушивать гранулированную медную ших-

ту широкого фракционного состава [1]. Очевидно, для вскрытия не только аппаратурных, но и технологических резервов производительности необходимо определить лимитирующие механизмы сушки гранул,

для чего следует проанализировать кинетику этого процесса,

Ранее [2] в лабораторных условиях была получена математическая модель степени обезвоживания гранул (a , %) в элементарном объеме слоя:

$$v\tau(99,27 - 0,0099t + 0,00062 \times 0,01\Gamma + 0,006^{98,9} - 0,095n)^{-1} + 2Q, \quad (1)$$

где d - размер гранул, мм; v - скорость теплоносителя, м/с; t - продолжительность сушки, мин; t - температура теплоносителя, °С; Γ - содержание связующего (лигносульфонатов) в гранулах, %; n - содержание влаги в теплоносителе, г/нм³.

Согласно этой модели, сильное влияние скорости газового потока указывает на лимитирование процесса внешней диффузией, очевидно, за счет затруднений в отводе паров воды. В то же время определенно выражена и внутренняя диффузия: при увеличении диаметра гранул степень обезвоживания уменьшается. Испарение коллоидной влаги, как обычно, происходит менее активно, поэтому повышение концентрации связующего задерживает сушку гранул, чем подтверждается роль внутренней диффузии. Снижение степени обезвоживания от влагосодержания нагреваемого воздуха должно проявляться в любом случае, так как концентрационный перепад паров воды учитывается во всех моделях испарения. Режим

процесса, переходный от внутри - к внешнедиффузионному, отображается умеренным повышением степени обезвоживания с ростом температуры.

Высказанные суждения о лимитирующих стадиях процесса обезвоживания гранул можно обосновать более строго кинетическим анализом модели (1)*.

Поскольку реакция обезвоживания гранул является гетерогенной, в уравнение скорости должна входить площадь поверхности раздела фаз (жидкость-газ), которая по мере сушки будет уменьшаться в зависимости от степени обезвоживания

$$F = f(a). \quad (2)$$

Уравнение скорости испарения:

$$| = И с_{на с} - С), \quad (3)$$

где k - константа скорости, $C_{нас}$ - равновесная концентрация паров воды на поверхности жидко-

г: и (на границе раздела фаз), C - концентрация паров воды в теплоносителе.

Константа скорости

$$k = A_0 \exp[-E/(RT)] \quad (4)$$

включает A_0 - предэкспоненциальный множитель, E - энергию активации испарения, R - универсальную газовую постоянную, T - абсолютную температуру.

Основной целью кинетического анализа является определение энергии активации, по величине которой можно судить о том или ином механизме процесса. Обычно эту энергию определяют в аррениусовских координатах " $\ln K \sim 1/T$ ", в которых уравнение (4) превращается в уравнение прямой

$$= \quad (5)$$

поскольку фактор частоты соударений A_0 очень слабо зависит от температуры [3]. Этот же прием можно использовать и при обработке данных в координатах если в выражении для скорости процесса обеспечить постоянство всех переменных, кроме температуры.

Так, в уравнении (3) множитель $(C_{\text{нас}} - C)$ будет постоянным, если реакция проводится в потоке с заданной влажностью теплоносителя, чем обеспечивается постоянство C , а температура на границе раздел

фаз практически не изменяется, чем обеспечивается постоянство $C_{\text{нас}}$. Именно эти условия и соблюдаются при сушке гранул, так как во время эксперимента влажность теплоносителя поддерживалась постоянной специальным микродозатором влаги, а фронт реакции, перемещаясь в глубь гранулы, обеспечивает неизменность своей температуры за счет большой теплоты испарения влаги, благодаря чему и создается градиент температур между поверхностью гранулы и фронтом реакции. Поэтому и весь множитель $(C_{\text{нас}} - C)$ в данном случае можно принять постоянным.

Гораздо труднее обеспечить постоянство площади поверхности при изменении температуры, так как это равносильно сохранению неизменной степени реагирования, которая находится в определенной зависимости (2) от F . Экспериментально достичь такого постоянства практически невозможно, и здесь целесообразно воспользоваться математической моделью (1) в соответствии с общими процедурами ее преобразования в модель скорости процесса, в которой степень реагирования становится одним из факторов, а, следовательно, может быть задана на каком-либо уровне [4].

Для этого модель (1) необходимо, прежде всего, продифференцировать по времени, тем самым, получая выражение для скорости.

Поскольку берется частная производная, то все остальные переменные при дифференцировании обрабатываются как постоянные величины. Их можно объединить в общий множитель p . Для удобства выкладки и саму частную зависимость от времени можно представить с заменой численных значений на буквенные: a — 0,01, b — 0,0061. С этими обозначениями зависимость (1) бу-

дет выглядеть как

$$a = \frac{nm}{am + b} \quad (6)$$

Дифференцирование по времени в данном случае сводится к взятию производной от произведения двух элементарных функций от t :

$$a = \frac{nm}{am + b} \quad (7)$$

$$\frac{\partial a}{\partial t} = n(am + b)^{-1} - nm(am + b)^{-2} \cdot a \cdot \frac{nb}{(am + b)} \quad (8)$$

Далее необходимо произвести обращение переменных в уравнении (6)

$$m = \frac{ba}{n - aa} \quad (9)$$

продифференцировать t по a

$$\frac{dm}{da} = (n - aa)^{-1} + a(n - aa)^{-2} \cdot a \cdot \frac{bn}{(n - aa)^2} \quad (10)$$

и взять от (10) обратную величину

$$\frac{da}{dz} = \frac{n - aa \cdot Y}{bn} \quad (11)$$

получив тем самым уравнение скорости процесса, в котором степень обезвоживания становится задаваемым параметром (вместо t).

Теперь можно раскрыть p в соответствии с (1) и (6), и это в первую очередь необходимо сделать в отно-

шении частной зависимости от температуры, объединяя все остальные частные функции (по v , tl , I и w) как множитель m :

$$p = m(0,032t + 92,26). \quad (12)$$

Подставив (12) в (11), получим

$$\frac{\partial m}{\partial t} = \frac{[m(0,032t + 92,26)] \cdot aa}{mb(0,032t + 92,26)} \quad (13)$$

Это уравнение можно использовать для кинетического анализа при любой застабилизированной комбинации факторов a, v, d, l, w , но такой анализ был бы слишком обширным. Ограничимся вариацией степени обезвоживания, так как хорошо известно, что лимитирующая стадия процесса сильно зависит именно от глубины превращений.

Остальные же факторы зафиксируем на их обычных уровнях, которые реализуются в промышленных условиях. Эти данные для условий ЦПШ ЖМЗ равны: $v = 0,926$ м/с, $w = 29,53$ г/нм³, $l = 1,43$ %, $d = 6,7$ мм.

Подставляя эти данные, а также ранее принятые значения a и b в уравнение (13), получим расчетную зависимость

$$\frac{\partial a}{\partial t} = 9,9387 \cdot 10^{-3} (0,032/a + 92,26) - 0,01a^2 \quad (14)$$

$$Ih = 6,0626 \cdot 10^{-5} (0,032/a + 92,26)$$

Возвращаясь к классическому уравнению скорости (3), представим его в более развернутом виде, раскрыв F и k соответственно через выражения (2) и (4):

$$\frac{\partial a}{\partial t} = A_0 e^{-E/RT} f(a) (C_{нас} - C) \quad (15)$$

Логарифмирование правой и левой частей дает

$$\ln \frac{\partial a}{\partial t} - \ln A_0 - \frac{E}{R} \frac{1}{T} + \ln f(a) + \ln(C_{нас} - C) \quad (16)$$

Выше отмечалось, что постоянство A_0 и $(C_{нас} - C)$ гарантируется по теоретическим и технологическим соображениям, а неизменность a может быть задана в модели скорости процесса (14). Поэтому все эти величины могут быть сгруппированы в общую постоянную $\gamma = \ln[A_0/(a)(C_{нас} - c)]$, и тогда уравнение (16) примет вид

$$\ln \frac{\partial a}{\partial t} = \gamma - \frac{E}{R} \frac{1}{T} \quad (17)$$

который сводится к уравне-

нию $\ln \frac{\partial a}{\partial t} = \gamma - \frac{E}{R} \frac{1}{T}$ — с коэффициентом пропорциональности $-\frac{E}{R}$. Его можно определить либо графически, либо аналитически методом наименьших квадратов. Для этого необходимо по уравнению (14) рассчитать набор скоростей для набора температур при каждом заданном значении a , пересчитать эти данные на $\ln \frac{\partial a}{\partial t}$ и $1/T$, изобразить их графически в этих координатах, обработать прямолинейные участки на уравнение прямой, найти угловые коэффициенты

и из них вычислить энергии активации.

Эти данные приведены в таблице и на рисунке. Из них следует, что с повышением степени реагирования энергия активации довольно резко возрастает от единиц до десятков килоджоулей. Данный диапазон относится к диффузионным режимам, в которых, как известно [5-8], существуют две основные разновидности - внешедиффузионный и внутридиффузионный. Первый лимитируется диффузией вещества через газовую пленку на границе раздела фаз "жидкость-газ" и, следовательно, не требует больших энергетических затрат, что и характерно для первых стадий обезвоживания,

когда остаточной влаги еще много и она преимущественно в несвязанном состоянии, т.е. является физической влагой. Второй диффузионный режим лимитируется переносом вещества через конденсированную преграду (пленку, толщу вещества, узкие каналы и т.п.). На грани с этим режимом по энергетическим барьерам находятся процессы разрыва связей в коллоидных частицах или легкоразлагающихся кристаллогидратах. Очевидно, в гранулах с заметным содержанием связующего органического вещества - лигосульфоната такие коллоиды образуются, и они разрушаются в последнюю очередь, отдавая остаточное количество воды.

Таблица
Результаты расчета скорости обезвоживания по уравнению (14) и преобразования к аррениусовским координатам

%	°C	da/dx	$\frac{oa}{I \cdot C_{IT}^0}$	$\frac{1}{10^4} \frac{IT}{K^1}$	$-E/R$	$E,$ кДж/моль
20	120	97.87	4.584	2.544	-93	0,773
	140	98.86	4.594	2.421		
	160	99.86	4.604	2.310		
	180	100.86	4.614	2.208		
	200	101.86	4.624	2.114		
50	120	35.55	3.571	2.544	-193	1.605
	140	36.31	3.592	2.421		
	160	37.07	3.613	2.310		
	180	37.84	3.633	2.208		
	200	38.61	3.654	2.114		
80	120	4.129	1.418	2.544	-646.5	5,375
	140	4.446	1.492	2.421		
	160	4.771	1.563	2.310		
	180	5.106	1.630	2.208		
	200	5.450	1.696	2.114		
95	120	$4.480 \cdot 10^{-3}$	- 5,408	2,544	- 8255,8	68,64
	140	$2.243 \cdot 10^{-2}$	- 3,797	2,421		
	160	$5.385 \cdot 10^{-2}$	- 2,922	2,310		
	180	$9.848 \cdot 10^{-2}$	- 2,318	2,208		
	200	0.1561	- 1,858	2,114		

Наряду с этим, тормозящее действие оказывает удаление влаги из центра гранул по достаточно узким и длинным каналам, что вполне соответствует величине энергии активации при $a = 95 \%$.

Таким образом, в результате кинетического анализа математической модели обезвоживания получены убедительные аргументы по те-

оретическому обоснованию уменьшения содержания лигносульфонатов с точки зрения энергетики и скорости процесса сушки. В настоящее время расход лигносульфонатов существенно снижен как за счет внедрения более подходящей конструкции печи фильтрующего слоя, так и за счет частичной замены их на неорганические связующие.

$$\frac{a - 2\epsilon}{\dots}, \quad \frac{\dots}{\dots}$$

$\epsilon_6 \quad (1/7 > 10^3)$

Рисунок. Кинетический анализ математической модели обезвоживания. Точки - по данным таблицы, линии - по уравнениям сглаживающей прямой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Предпатент РК № 8451. Сушилка для кускового материала полифракционного состава /7 Малышев В.П., Телешов К.Д., Оралов Т.А. и др. -Бюлл. № 1, 2000. 1974.400 с.
2. Малышев В.П. Исследование и разработка технологических процессов шахтного обжига гранулированных материалов цветной металлургии. -Автореф. дисс. докт. - Свердловск, 1980. - 52 с.
3. Эмануэль Н.М. Кнорре Д.Г. Курс химической кинетики. -М., 1974.400 с.
4. Малышев В.П. Вероятностно-детерминированное отображение, -Алма-Ата, 1981. -116 с.
5. Лыков А.В. Теория сушки. - М., 1968.- 471 с.
6. Сажин Б.С. Основы теории сушки. -М., 1984.-320 с.
7. Мугитаев В.И., Ульянов В.М., Тимошин АС. Сушка в условиях пневмотранспорта. -М., 1984. -232 с.
8. Лыков А.В. Тепломассообмен. Справочник. -М., 1978. -479 с.

УДК 543.542

БЕТТІК КЕРШУ ҰҒЫМЫ ТУРАЛЫ

Ә.Қоқанбаев

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті

Мақалада химиялық түсінік бойынша беттік керілу ұғымын зерттеудегі әдістемелік негізі қарастырылады

В статье рассмотрены методические основы при изучении в курсе коллоидной химии понятия поверхностного натяжения

In the given article the methodological bases when reading in the course of colloid chemistry of surfaced tightening notion are considered

Кез келген гетерогендік жүйелерде, әсіресе дисперстік жүйелерде, фазалардың белу беттерінің; рөлі күшейе түсетіні ғылыми әдибиеттерден белгілі. Мысалы, коллоидтықжүйелерде адсорбция, адгезия, жұғу, катализ және т.б. құбылыстардың қарқынды жүретіні осы айтылғанға айғақ. Бұл құбылыстардың қарқынды болу себебі біріншіден бөлу бетінің ауданына, екіншіден беттік керілу шамасына байланысты.

Беттік ауданқық шамасы, оның, беттің размері, пішшіне байланыстылығы бізге геометриядан белгілі. Ал беттік керілу болса беттік құбылыстарға түсіндіруде ең маңызды шамалардың бірі.

Бұл ұғымды дұрыс түсіну үшін

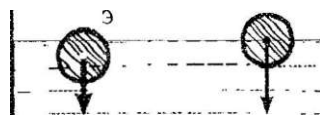
алдымен сұйықтықтардағы беттік керілуді қарастырайық

Егер сұйықтықтың молекуласы сол сұйықтықтың көлем ішінде болса, онда оған жан-жағындағы молекулардың бірдей әрекеттесуінің әсерінен шешуші күш 0-ге тең болады. /За-сурет/.

Ал егер қарастырып отырған молекуламыз бөлу бетінен өзінше әсер ететін радиусының мөлшерінен өз қашықтықта болса, онда молекулаға жан-жақтан әсер ететін күш әртүрлі болғандықтан, олар толық /компенсацияланбайды/ теңелмейді де, стрелкамен көрсеткендей шешуші күш пайда болады. /1ә - сурет/. Ол күш молекуланы беттің сол қвтм ішіне қарай тар-

туға тырысады. Бұл күштің ен, жоғары мәні молекула бетте болғанда ғана болады. /16 - сурет/. Қарастырылып отырған күшті ішкі, яғни молекулалық күш деп атайды. Кейде, молекулалық қысым деп те атайды. Молекулалық қысымның мәні заттың полярлығы өскен сайын жоғары болады. Өйткені бұл қысымның негізгі себебі молекулалардың, арасында болатын күштің, әсерінен болады. Мысалы: Судың ішкі қысымы - 14800 атм, ал бензолдікі -

3800 атм. Сонымен сұйықтықтардың ішкі қысымы бетте тұрған молекуланы көлем ішіне қарай тартып, қарастырылып отырған жаңағы сұйықтықтың беттік ауданан азайтуға тырысады. Бөлу бетінің 1 өлшем ұзындығына әсер етіп, сұйықтықтың беттік ауданын азайтатын күшті - беттік керілу күші, немесе жай беттік керілу деп атайды. Оның өлшем бірлігі дин /см. Бұл күш әрқашанда бетке перпендикуляр бағытылған.



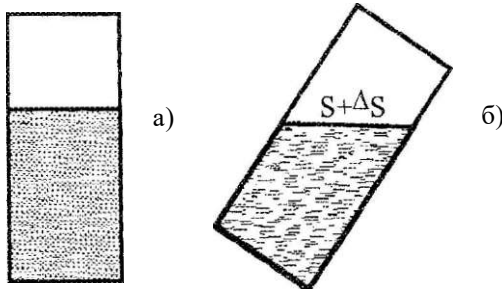
1. - сурет. Молекулалық күштер

Беттік керілу σ әрпімің белгіленді.

$$\sigma = \frac{F}{L} \quad (1)$$

Мұндағы: F - молекулалық күш
 L - беттің периметрі

Егер, молекуланы көлем ішінен бетке шығаратын болсақ, онда бетті көбейту үшін ішкі қысымды жеңетіндей жұмыс істеу керек. Ыдыс ішінде белгілі бір S беттік ауданы бар сұйықтықты қарастырайық. /2а - сурет/.



2. - сурет. Беттік керілуді түсіндіретін сұлба

Ыдысты қисайту арқылы сол сұйықтықтың бетін арттыруға болады. Әрине ол үшін көлемнен молекулалардың белгілі бір сақы бетке шығады. Ендеше шыққан молекулалардың саны сол жаңадан пайда болған бетке пропорционал. Сонымен, біз ыдысты қисайта отырып, ыдыстың ауырлық центрін өзгертетін механикалық жұмыстан басқа, бетті арттыратын жұмыс істедік. Қайтымды және изотермиялық процесс үшін, бірлік бетті құратын жұмыс сол беттің меншікті еркін энергиясына тең. Меншікті еркін энергияның өлшем бірлігі - эрг/см². Эрг/см²=дин/см тең, екенін еске алсақ, меншікті еркін энергия деп отырғанымыз беттік керілу екенін түсіну қиын емес. Ендеше:

$$a = \frac{1}{r} \frac{dW}{dS} \quad (2)$$

Соқымен беттік керілуге екі түрлі анықтама бердік. Біріншісінде оны бірлік периметрге эсер ететін, бетке перпендикуляр бағытталған ішкі, молекулалық күш ретінде қарастырсақ, екіншісінде оны бірлік бетті құруға жұмсалатын энергия ретінде қарастырдық. Оларға сәйкес өлшем бірліктері дин/см және эрг/см², ОЖ (СИ) жүйесінде Н/м және Дж/м²; Бір шаманың екі түрлі анықтамасы, екі түрлі өлшем бірлігі болуы нәтижеден сұрақ тууы мүмкін. Алайда Дж = Н м екенін еске алсақ, онда

$\text{Дж/м}^2 = \text{Н-м/м}^2 = \text{Н/м}$ шдеше екі өлшем бірлік бір-бірімен бірдей екен.

Басқаша айтқанда; $1 \text{ Дж/м}^2 = 1 \text{ Н/м}$; $1 \text{ дин/см} = \text{эрг/см}^2$; $1 \text{ Дж/м}^2 = 1000 \text{ эрг/см}^2$; $1 \text{ Н/м} = 1000 \text{ дин/м}$. Орыс тілінде жазылған химиялық оқулықтар мен оқу құралдарының кейбіреуінде беттік керілудің тек бірінші анықтамасы берілсе, басқаларында тек екіншісі ғана берілген. Оның еке/і де алғаш рет қазақ тілінде [1] — жұмыста бірге қарастырылған.

Алайда жоғары оқу орындарының студенттері беттік құбылыстарымен коллоидтық химия курсына толығырақ жанысады. Коллоидтық химия - құрылымдық - қисынды сұлба бойынша физиялық химиядан кейін оқылатын пән. Ендеше физикалық химияның термодинамика тарауында берілетін мәліметтерді пайдаланып, жоғарыда айтылғандарды қорытындылауғы болады.

Термодинамикадағы көптеген түрленімдер термодинамиканың бірінші және екінші заңының біріккен тендеуіне негізделген [2]:

$$dU = TdS - pdv - \alpha ds - \varphi dq - \int \mu_k dn_k - v f^i dx^i \quad (3)$$

Мұндағы T - температура; p - қысым; α - беттік керілу; φ - электрлік потенциал; μ_k - химиялық потенциал; μ_k - басқа да қосымша күй функциясы, немесе жалпыланған күштер. Бұлардың бәрі - күйдің интенсивтік (қарқындылық) параметрлері. Дифференциал астындағы шамалар: S -энтропия, V -көлем, s - беттік аудан, q - заряд, n_k - зат массасы, X_k - басқа жалпыланған координаттарлар. Осы кейінгі көрсетіл-

гш шамалардың бәрі - кұйдің экстш- сивтік (сыйымдылық) параметрлері.

Көрсетілгея тендеуден i - коом- понентінің химиялық потеяциалын мына формуламен табатыны бізге фи- зикалық химиядан белгілі:

$$- \quad ; S, V, s, \dots, X_k \text{ п.,, (4)}$$

Дәл осы сияқты беттік керілуді табатын болсак:

$$- t f j \quad S, V, q, i_{V_i} X_k (5)$$

Жоғарыда жазылған (3) - тенде-

$$K S \quad S, X_k = f f) \quad S, f^{\wedge} X_k =! \quad \Pi T, V, X_k = \left[\begin{matrix} T, P, X_k \end{matrix} \right] \quad (9)$$

(9) -тенд^дегі i, H, F жәш G эжр- гияларын басқаша оларға сәйкес изо- хорлы-изоэнтроптық, изобарлы-изоэнт- роптық, изохорлы-изотермиялық және изобарлы-изотермиялықтермодинами- калық потенциалдар деп те атайды.

Бұл жерде біз беттік керілуді түсіндіруде студенттерге теориялық ойлауды қалыптастыратын білім бе-

уді басқа да сипатамалық функциял- ларға, немесе термодинамикалық по- тшциалдарға (H - энтальпия, F - Гель- мгольц энергиясы, G - Гиббс энергия- сы) да жазуға болады [2-3]:

$$dH \sim -TdS + \sum \mu_i dn_i - \sum p_i dx_i \quad (g)$$

$$dF = -sdT - pdv - ad_s - rP_{ke} i_{Xk}$$

$$dG = SdT - Vdp - \sum \mu_i dn_i - \sum p_i dx_i \quad (g)$$

(3) - тендеуден беттік керілуді та- пқан сияқты ((5) - тендеу) осы соңғы үш тендсуден беттік керілуді табатын бол- сак, онда бір-біріж эквивалента беттік керілудің мынадай өрнекгерін аламыз:

рудің әдістанымдық (методология- лық) негіздерінің бірі - инвариантты меңгеру тәсілін [4] қолданып отыр- мыз.

Жоғарыда беттік керілуге бері- лген екі анықтаманы соңғы айтылған- дармен толықтару беттік керілу ұғымын толық түсінуге мүмкіндік бе- ретінін байқауға болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Ә. Қоқанбаев. Сорбциялық құбылыстар, Алматы, "Қазақ универ- ситет!", 2001 ж.

2. В.И. Горшков, И.В. Кузнецов. Физическая химия, Москва, "МГУ", 1986г.

3. Ә. Қоқанбаев. Физикалық хи- мияның қысқаша курсы, Алматы, "Білім" 1996 ж.

4. А.Г. Бесчастнов. Проблемно- методологическое обучение химии, Минск, "Университетское" 1990г.

УДК. 621.365.2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В ПОЛОСТИ КАТОДА ВАКУУМНОГО ПЛАЗМОТРОНА

М.В. Чередниченко

Новосибирский государственный технический университет

К.В. Хацевский

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

Бұл жұмыста вакуумды плазмотронның әртүрлі жұмыс режимі жағдайында доға параметрлерінің эксперименттік зерттелуі арқылы алынған нәтижелер ұсынылады. Әртүрлі процестердің өтуінің электр магниттік және судиналенкалық үлгілері негізінде алынған деректер және олардың эксперимент арқылы алынған нәтижелерге сәйкестігінің салыстырмалы талдауы жасалған.

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований параметров дуги в различных режимах работы вакуумного плазмотрона. Произведен сравнительный анализ данных, полученных на основе электромагнитной и гидродинамической моделей протекающих процессов, и их соответствие результатам экспериментов.

Results of experimental researches of arc's parameters in different modes of vacuum plasmotron processing are presented in this paper. Comparison analysis of data, came out on the base of electromagnetic and hydrodynamic models of running process and their correspondence to results of experiments is made.

Постановка задачи. Использование вакуумных плазмотронов с катодами в виде полужамкнутой полости в электротехнологиях позволило получить значительные плотности тепловых потоков на поверхности нагрева (до 1410^8 Вт/м²) при низких рабочих напряжениях (25-100 В). Перспективность использования этого вида разрядов в промышленных установках определяется возможностью получения высо-

• л о КПД (до 80-90%) в предпочтительном с технологической точки зрения диапазоне давлений от 0,1 до Ж Па.

В обычном варианте реализации рассматриваемого вакуумного дугового разряда осуществляется с использованием полого катода, представляющего собой цилиндрическую трубку с внутренним диаметром d_k , через которую подается газ в камеру низкого давления. Открытый конец трубки направлен в сторону плоского, или кольцевого, анода. Длина катодной трубки должна составлять несколько ее внутренних диаметров. Многообразие существующих конструктивных исполнений вакуумных плазмотронов определяется тем, что каждая конструкция катодов создавалась для конкретных целей: переплав слитков металлов, нагрев порошковых металлических и неметаллических материалов, оплавление поверхности титановых слитков после получения в ВДП, активизация поверхностей перед нанесением покрытий, вторичная обработка покрытий для улучшения их эксплуатационных свойств, увеличение единичной мощности плазмотронов, снижение эрозии и т.д. [1].

В зависимости от конкретного назначения вакуумные плазменные установки (ВПП) имеют различные технологические и конструктивные особенности, но общим для всех

установок этого типа является наличие вакуумного плазмотрона с полым катодом, имеющего один и тот же принцип действия. Для осуществления сильноточного дугового разряда с полым катодом любой конструкции обязательно выполнение следующих условий: наличие хорошо развитой эмиссионной поверхности катода; предварительный разогрев этой поверхности до температуры появления термоэмиссии; непрерывная подача в полость катода плазмообразующего газа; наличие отрицательного потенциала на катоде порядка 25 - 100 В; поддержание давления в рабочей камере в пределах от 0,1 до 100 Па [2].

При соблюдении этих условий между катодом и анодом формируется столб плазмы с четко выраженной формой и видимым диаметром, примерно равным диаметру полости катода. На рис. 1 показана типичная фотография разряда с полым катодом в сильноточном нормальном режиме работы, а на рис. 2 приведена схема модели дугового разряда.

Результаты экспериментальных исследований параметров дуги представлены на рис. 3. Как видно, внутри полости катода наблюдается максимум плотности плазмы, совпадающий по координате с максимумом температуры стенки катода. Спектральные исследования процессов на различных газах (аргон, ге-

лий, азот) показали, что, за исключением гелия, в излучении плазмы наблюдаются только линии ионизированных компонентов с энергией возбуждения, лежащей в интервале энергий от 19 до 25 эВ. В спектре излучения гелиевой плазмы наблюдаются только линии нейтральных атомов с энергией возбуждения, лежащей в этом же интервале энергий. Распределение потенциала на оси столба дуги (j_{n7}) свидетельствует о том, что практически все падение напряжения сосредоточено внутри полости катода [2]. Сопоставление этой характеристики с распределением плотности электронов в плазме, температурой электронов (T), топограммами эквипотенциальных поверхностей и линий равных температур электронов свидетельствует о существовании трех характерных областей во внешнем столбе разряда: $z < z_1$ (внутрикатодная и прикатодная область); $z_1 < z < z_2$ (столб разряда); $z > z_2$ (прианодная область). Электроперенос в столбе разряда имеет полевой характер в отличие от газодинамического характера в первой области (ток переноса). Вблизи координаты z , характеристики $n(z), j_z(z), T(z)$ имеют минимум. Положение координаты z_1 определяется процессами электродинамического автообжата столба при взаимодействии с собственным магнитным полем. Давление плазмы в столбе, равно

$P_T \sim P_n + P_e + P_e k T_e$, при $p = \dots$, с ростом тока возрастает по закону, близкому к квадратичному. Увеличение давления плазмы в столбе сопровождается высокой скоростью ионов вдоль столба против сил электрического поля. Это порождает рост потенциала плазмы в направлении анода и дополнительно разогреву электронов. На аноде наблюдается электронно-ионный нагрев поверхности с формированием отрицательного прианодного падения потенциала U . Наложение внешнего магнитного поля выравнивает параметры плазмы в столбе и повышает КПД - $\eta = P/P_S$.

Обсуждение результатов. Для реального представления взаимосвязи процессов, протекающих в полости катода и прилегающих к нему областей столба разряда, проанализируем течение плазмообразующего газа в полости катода на основе модели, приведенной на рис. 2. Примем, что ось разряда совпадает с осью z цилиндрической системы координат (z, r, j). Для общего предварительного анализа будем считать, что в полости катода диаметром $\eta_c - 2R$ и в прилегающей области течет частично ионизированный газ, по которому проходит электрический ток (область $z < z_1$, на рис. 3). Плотность тока в разряде имеет только одну составляющую $j_{z < z_1}$ которая совпадает по направлению с осью z . При отсутствии радиально-

го течения частично ионизированного газа полное давление газа не может меняться по радиусу (диамет-

ру канала в любом сечении, т.е. $\int \mathbf{j} \cdot d\mathbf{r} = 0$). Тогда для некоторого сечения результирующее статическое давление p_v будет равно:

$$p_v = p_n + p_e + p_i \sim p_n + n_e \cdot kT_e + n_i kT_i = \text{const} \quad (3)$$

где p_n, p_e, p_i - давления нейтрального газа, электронной и ионной составляющих плазмы, n_e, n_i, T_e, T_i - температуры и плотности электронов и ионов. При $n_e \ll n_i$ и $T_e \ll T_i$ имеем

$$p_v \approx p_n + p_e \cdot \left(\frac{T_e}{T_i}\right)$$

С другой стороны, протекание электрического тока через плазму вдоль канала катода и столба разряда порождает вихревое магнитное поле. Рассмотрим соотношения, позволяющие количественно оценить происходящие явления в полости катода и столбе разряда.

Собственное магнитное поле взаимодействует с током разряда и ввиду осевой симметрии системы объемная сила F_r , равная

$$F_r = -\mu_0 j \cdot \nabla p = -\mu_0 j \left(\frac{\partial p}{\partial r} + H \cdot \frac{\partial H}{\partial z} \right) \quad (6)$$

Под действием этой силы давление электронов внутри плазмен-

ного цилиндра возрастает по мере приближения по радиусу к оси 2. Поэтому

$$\frac{\partial p}{\partial r} = -F_r = -\mu_0 \left(n \cdot \frac{\partial p}{\partial z} + H \cdot \frac{\partial H}{\partial z} \right) \quad (7)$$

Это уравнение позволяет найти давление в любой точке объема,

занимаемого разрядом при любом распределении плотности тока по

$$K = M_0(j \cdot \nabla p) \quad (8)$$

будет иметь радиальное направление в сторону оси z. В этом выражении напряженность магнитного поля H имеет только касательную составляющую, которая по величине также зависит от координаты r. Применяя закон полного тока к контуру, охватываемому окружностью радиусом r, получим

$$H \cdot r = \int_0^r j_z \cdot r \cdot dr \quad (4)$$

Из уравнения (4) после интегрирования найдем

$$H = j_z r + \text{const} \quad (5)$$

Подставляя это выражение в (3), получим объемную силу

сечению разряда $j(r)$, если только сохраняется осевая симметрия системы [3].

Для равномерного распределения плотности тока

$$H_\phi = 1 - z/IKI^2, \quad (8)$$

$$p_e \sim \left\{ \frac{M_0 l^2}{4x^2 Y} \cdot I u^2 - z^2 \right\} / (I R^2) \quad (9)$$

где $\left\{ \frac{M_0 l^2}{4x^2 Y} \right\} = P_{\text{тах}}$ - давление электронного газа на оси z .

Распределение давления по сечению столба дуги

$$p_e = \left\{ \frac{M_0 l^2}{4x^2 Y} \cdot I u^2 - z^2 \right\} / (I R^2)$$

$$P_j P_{\text{тах}} \sim r^2 / R^2 \quad (10)$$

Выражение (10) показывает, что на поверхности столба разряда ($r = R$) сжимающее давление равно нулю, по с приближением к оси z значение p_e растет по параболическому закону и на оси дуги достигает максимального значения $p_{\text{тах}}$. На рис. 4 приведено относительное изменение давления электронного газа по диаметру полости, соответствующее уравнению (11).

Магнито гидродинамические процессы в сечении столба. В соответствии с уравнением (10) давление электронного газа $p_e(r)$ пропорционально квадрату протекающего тока P . Из этого следует, что в любом сечении разряда вблизи оси при $p_e = \text{const}$ статическое давление ней-

где γ - полный ток дуги, интегрирование (7) в пределах от 0 до R с учетом того, что напряженность H равна нулю при $r = 0$ (на оси разряда), дает следующее выражение для распределения давления электронного газа

$$p_e \sim \left\{ \frac{M_0 l^2}{4x^2 Y} \cdot I u^2 - z^2 \right\} / (I R^2) \quad (9)$$

трального газа в приосевой зоне уменьшается с ростом тока разряда. Происходит вытеснение нейтрального плазмообразующего газа в пристеночную область катода. Это приводит к режимам работы катодов, при которых внутри полости наблюдается полностью ионизированная плазма с параметрами, соответствующими приложенному напряжению. Это многократно подтверждалось при проведении спектрометрических исследований плазмы в полости катода и прикатодной области. В пристеночной части полости происходит интенсивная ионизация нейтрального плазмообразующего газа электронами термоэмиссии, выходящими из катода и ускоренными в прикатодном падении напряжения (осциллирующие электроны в полости катода) [3].

Вытеснение нейтрального газа в пристеночную область равносильно уменьшению проходного сечения, что при неизменном расходе плазмообразующего газа приводит

к возникновению пристеночного кольцевого сверхзвукового истечения нейтрального газа из полости катода. Это истечение стабилизирует пространственное положение внешнего столба плазмы относительно канала катода аналогично стабилизации столба дуги в спутном потоке газа. Таким образом, при наличии кольцевого истечения нейтрального газа из пристеночной области полости катода столб плазмы будет ориентирован на оси канала катода. Это стабилизирующее усилие эквивалентно некоторой эффективной жесткости разряда. Так как плотность нейтрального газа при истечении в вакуумный объем рабочей камеры ($p \gg 1410^3$ мм. рт. ст.) по мере удаления от катода падает, то эффективная жесткость будет максимальна вблизи среза катода, что подтверждается экспериментально. На рис. 5 приведена фотография трех полых катодов, работающих на отрицательном аноде (металл в кристаллизаторе). Как видно, стягивание разрядов происходит на некотором расстоянии от среза катодов, сохраняя прямолинейный отрезок разряда длиной 50 - 60 мм. Однако только этой стабилизации разряда оказывается недостаточной для объяснения на-

блюдаемых процессов. Одновременно возникают и развиваются процессы осевого движения плазмы.

Взаимодействие магнитогидродинамических процессов по оси разряда: В принципе собственное магнитное поле в однородном по сечению столбе плазмы не может вызывать осевого течения плазмы, так как радиальное давление во всех точках столба должно быть одинаково при постоянном его сечении. Однако даже в этом случае суммарное давление плазмы передается электродам - катоду и аноду. В рассматриваемом случае поверхность катода является соосной с разрядом и не может воспринимать давление плазмы. Кроме этого, при наличии локального сужения или расширения появляется осевой градиент давления, приводящий к движению плазмы в сторону уменьшения давления. Такой локальной неоднородностью является активная зона (см. рис. 2), где токовые линии от плазмы переходят на стенку катода с внутренней стороны канала (полости). В результате этого собственное магнитное поле тока изменяется от B_{max} до нуля в пределах активной зоны. В этом случае на основании уравнения (10) имеем

$$d p j c z = u j (R \cdot d l / d z - I d R / d z) / (2 n ^ 2 R ^ 3). \quad (12)$$

Выражение (12) показывает, что в пределах активной зоны возникает осевой градиент давления,

приводящий к движению плазмы вблизи оси канала навстречу потоку нейтрального газа. Значение ве-

личной $d p / d z$ определяется величиной протекающего тока и плазма перемещается навстречу потоку нейтрального газа только в сильноточных режимах горения разряда. На рис. 6 показан работающий катод с отверстиями при различных токах дуги. Однозначность спектральных измерений обеспечивалась тем, что в качестве плазмообразующего газа использовался гелий, а вакуумную камеру наполняли аргоном при давлении 133 Па (1410^{-2} мм. рт. ст.). Из сравнения фотографий отчетливо видно, что при малом токе (рис. 6 а) в верхних отверстиях от активной зоны плазма не наблюдается. При увеличении тока плазма видна во всех отверсти-

ях, начиная с некоторого критического тока (рис. 6 в). Установленное явление оказывается определяющим для создания полых катодов на большие токи, так как подача плазмы внутрь полости катода обеспечивает самоподдержание оптимальных параметров по давлению и энергиям плазмы внутри катода в области активной зоны.

Проведем численную оценку суммарного значения силы F , которая перемещает плазменный поток в полость катода.

$$F_n = \int_0^R \rho \frac{dF_n}{dr} = \rho \int_0^R 2\pi r dr$$

или интегрируя выражение (10), имеем

$$F_n = \frac{1}{2} \rho \pi R^2 \frac{dV}{dt} \quad (13)$$

Если ток измерять в амперах, магнитную постоянную $j_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Г/м, силу в Ньютонах, то

$$F_n = 5,0 \cdot 10^{-8} I^2. \quad (14)$$

Для цилиндрического катода большой длины для режимов, результаты которых приведены на рис. 3, будем иметь $I = 800$ А, $d_k = 2R = 1,8410^{-2}$ м; сила $F = 3,2410^{-2}$ Н, а давление в области активной зоны $p_e = 1254 \cdot 10^2$ Па (≈ 1 мм рт. ст.). Для промышленного плазмотрона с рабочим током $I = 8000$ А, $d_k = 6,04 \cdot 10^{-2}$ м; сила $F_n =$

$= 3,2410^{-2}$ Н, $p_e = 1130$ Па ($\approx 8,5$ мм рт. ст.). Как видно, давление в области фронта проникновения плазмы в полость катода может изменяться в 8,5 раз, и, следовательно, противодействующая сила для удержания плазмы в области активной зоны также должна изменяться.

При постоянном расходе плазмообразующего газа через полость (G) статическое давление нейтрального газа при истечении его в рабочую камеру уменьшается при приближении к открытому концу полости. Следовательно, при свободном

истечении плазмобразующего газа из полости катода должен существовать градиент давления этого газа, направленный в полость катода. Допустим, что давление нейтрального

газа меняется линейно по длине катода. Тогда

$$P_n = P_0 - \kappa z \quad (15)$$

где κ - градиент давления по z , P_0 - давление нейтрального газа на входе в полость. Из (7) и (10) имеем

$$p_z = p_0 - B + p j l \{ z i p^2 - z^2 \} / 4 \quad (Об)$$

Дифференцируя (16) по z , получаем

$$dp_z / dz = -\kappa + 0,5 j u J l (P_0^2 - \Gamma^2) dj_z / dz \quad (17)$$

Из выражения (17) следует, что вблизи стенки полости ($z \gg R$) второе слагаемое в (17) близко к нулю и осевой градиент dp_z / dz отрицательный, т.е. направлен в полость катода (газ вытекает в рабочую камеру). Вблизи оси полости ($r \approx 0$) в зависимости от величин, входящих в выражение (17), градиент давления может быть либо отрицательный, либо положительный. Так как первое слагаемое не зависит от тока дуги, то при достижении некоторой плотности тока с ростом тока дуги градиент давления всегда становится положительным (плазма втекает в полость катода из столба). В этом заключается отличие слаботочного и сильноточного режимов работы полых катодов вакуумных плазмотронов.

Следовательно, в области перехода тока из плазмы на катод в активной зоне, когда $dj_z / dz \gg 0$, при достаточно большой плотности

тока существует осевой градиент давления плазмы, направленный по оси z . Этот градиент давления порождает поток плазмы, противоположно направленный потоку нейтрального плазмобразующего газа. При монотонном течении нейтрального газа его скорость возрастает по мере продвижения к открытому концу полости катода. В этих условиях встречный поток плазмы, обусловленный электродинамической силой, не может быть удержан потоком нейтрального газа, так как его газодинамический напор при постоянном расходе уменьшается по координате вглубь полости. Этот поток плазмы обеспечивает поддержание высокой плотности плазмы в активной зоне (см. рис. 3, б).

Рассмотрим принцип обтекания нейтральным плазмобразующим газом встречного потока плазмы. Из теории обтекания имеем [4]

$$F = c\rho_i S_n / 2, \quad (18)$$

где F - сила, действующая на обтекаемый внутренний плазменный поток; ρ и v_g - плотность и скорость нейтрального газа; S_n - площадь миделевого сечения встречного потока плазмы; c - коэффициент лобового сопротивления. С другой стороны, расход нейтрального плазмообразующего газа

$$C e p u \text{ и } \gamma, \quad (19)$$

где S_K - площадь миделевого сечения полости катода. Тогда из (18) с учетом (19) имеем

$$F = 0,5cGu \cdot S_n / S_K \cdot (20)$$

Коэффициент лобового сопротивления является функцией числа Рейнольдса ($Re = O_2 \cdot t j v$) и зависит прежде всего от формы тела. Для фронта плазменного потока, близкому к параболоиду вращения (как следует из рис. 4), этот коэффициент для тела такой обтекаемой формы равен $c = 0,05$. [4].

В области подачи плазмообразующего газа в полость катода его скорость близка к нулю, т.е. $u \approx 0$. Следовательно, в этой области сила, действующая на встречный поток плазмы F , имеет небольшую величину, и проникновению в полость катода плазмы ничто не будет препятствовать.

Описанное явление действительно наблюдается в экспериментах при относительно больших токах для цилиндрического канала катода не слишком малого диаметра, обеспечивающего отсутствие смыкания пограничных слоев. В этом случае поток плазмы совместно с зоной токового контакта (активной зоны) непрерывно перемещается вглубь полости катода до тех пор, пока не произойдет шунтирования дуги вблизи открытого конца катода (в области координаты $r = 0$). Вновь образовавшийся токовый контакт также перемещается вглубь полости и т.д. В этом случае наблюдаются интенсивные колебания тока и напряжения разряда, и полый катод выходит из нормального режима работы.

Как следует из выражения (20), для устранения этого явления необходимо существенно увеличить силу F . Это оказалось возможным сделать путем увеличения скорости подачи плазмообразующего газа и, за счет создания конструкции катода с цилиндрической полостью, вход плазмообразующего газа в которую осуществляется через канал малого диаметра (0,1...0,2 диаметра полости катода). В этом случае при достаточно высоком перепаде давлений на входе и выходе этого малого канала (не менее 2-х) поток плазмообразующего газа в полости на выходе из малого канала имеет сверхзву-

ковую скорость. Этот режим течения в исходном (до зажигания разряда) состоянии должен занимать всю длину полости катода. При этом длина катода должна выбираться меньше критической. При таком режиме течения подогрев газа в результате его взаимодействия с нагретой поверхностью полости катода только уменьшает число Маха, оставляя поток сверхзвуковым.

В рабочем режиме встречный поток плазмы, порожденный собственным магнитным полем тока дуги, инициирует образование скачка уплотнения в потоке нейтрального газа типа ударной волны, в котором нейтральный газ из сверхзвукового режима течения переходит в дозвуковой. При этом встречный поток плазмы затормаживается на этом скачке, так как при продвижении вглубь полости скорость потока нейтрального газа в скачке возрастает. Как следует из (20), сила газодинамического напора (F) увеличивается. Реализация описанных процессов работы полых катодов в сильноточных режимах обеспечивает устойчивое положение активной зоны в полой катодной трубке, высокий градиент плотности плазмы на ее передней границе (рис. 3,6) и независимость этого градиента от тока дуги. При этом, вследствие вязкой диссипации энергии, интенсивность скачка по мере продвижения к открытому концу полости катода уменьша-

ется. С увеличением расхода плазмообразующего газа торможение встречного потока плазмы происходит на меньшей глубине в полости, т.е. в этом случае активная зона перемещается к открытому концу катода. Если увеличивать ток дуги, то, как следует из выражения (16), возрастает диаметр встречного потока плазмы и в соответствии с (20) увеличивается S_n и сила газодинамического напора F . Эта сила перемещает тормозящий скачок к открытому концу полости катода. Равновесие электродинамических и газодинамических сил обеспечивает местонахождение активной зоны, в которой развиваются процессы электропереноса и энергообмена внутриполостной плазмы с поверхностью полости катода.

Обратимся вновь к анализу экспериментальных результатов, приведенных на рис. 3,6. Ниже по потоку от активной зоны, когда градиент тока по оси z становится примерно близок к нулю ($dj/dz \gg 0$), второе слагаемое выражения (17) существенно уменьшается, и градиент статического давления, направленный противоположно оси z ($dP/dz \ll 0$), порождает поток плазмы из полости катода, т.е. происходит вторичный после затормаживания и формирования скачка уплотнения разгон плазмы из полости катода в вакуумный объем рабочей камеры. Кроме этого, при истечении плазмы

из полости в вакуумный объем, вследствие различия в скоростях ионов и электронов, вблизи среза катода ($z \gg 0$) образуется двойной электростатический слой, дополнительно ускоряющий ионы. Наблюдается существенное уменьшение плотности плазмы относительно области активной зоны (см. рис. 3,б). В результате этого из области заторможенности встречного потока плазмы при истечении из полости катода] скорость плазмы достигает большой величины с формированием отрицательной напряженности электрического поля в этой области

$$E_z = \frac{1}{j} (Rdl/dz - IdRjdzfITz^2 en_e K^e)^{1/2} - \quad (21)$$

где принято допущение, что ток разряда равномерно распределен по сечению полости катода. Подобное выражение по структуре можно получить и для случая [3], когда распределение плотности тока в сечении токнесущего столба имеет параболический или какой-либо другой характер. Для доказательства правомерности излагаемой модели работы полого катода и механизма формирования отрицательного участка распределения потенциала и напряженности электрического поля в полости катода был проведен специальный эксперимент.

Анализ выражения (21) показывает, что напряженность электрического поля в полости катода E_z для

ти разряда с переносом почти всего приложенного напряжения на разряд во внутрикатодную полость (рис. 3,в,г,д).

Таким образом плазма, проникая вверх по потоку относительно плазмообразующего нейтрального газа, тормозится сверхзвуковым течением плазмообразующего газа из сужающейся части канала катода. Но в заторможенной плазме градиент давления dp/dz компенсируется пространственным зарядом и соответствующим ему электрическим полем. Следовательно, можно записать $dp/dz = e-n_e E_z$. Тогда с учетом (12) имеем

рассматриваемых сильноточных режимов определяется не только значением интегрального тока, его изменением по оси z , но и геометрией канала катода (nR/di). Для проверки этой зависимости были проведены эксперименты с коническим катодом с сужающейся к открытому концу формой. На рис. 7 приведены вольт-амперные характеристики, которые показывают, что в сильноточных режимах в конических катодах осевая напряженность электрического поля оказывается выше, чем в цилиндрических или расширяющихся к открытому концу катодов.

Образующийся высокоскоростной поток плазмы, вытекающий из полости катода, стабилизирует

пространственное положение столба дуги, ориентируя его по оси канала катода. В дальнейшем при продвижении по внешнему столбу скорость потока не увеличивается, плотность плазмы несколько уменьшается за счет потерь составляющих компонент при объемной рекомбинации.

Положение координаты z существенно зависит от тока разряда и диаметра полости катода; эта точка на характеристиках $n_e(z)$, $j_m(z)$, $T(z)$ может располагаться за пределами полости катода ($z_l > 0$) и внут-

Это выражение конкретизирует термины «сильноточная дуга» и «слаботочная дуга». Если $P_{л} \gg P_{с}$, то дуга сильноточная. Например, дуга с силой тока 1000 А, горящая в канале $d = 20$ мм при давлении газа $p = 100$ Па является сильноточной ($p \gg p_н$). Однако эта же дуга, горящая при атмосферном давлении, будет слаботочной ($p_m < p$).

В столбе разряда ($z_l < z < Z$) плотность плазмы для всех сечений приблизительно линейно зависит от тока дуги, а температура электронов возрастает быстрее, чем по линейному закону. Следовательно, на этот участок оказывает влияние условие истечения плазмы из полости катода. Возрастание температуры элект-

ри полости катода ($z, < 0$). Определяющим параметром является отношение давления соответствующего магнитного поля тока дуги к давлению газа в полости: $K_p = p_m / p_н$. Интегрируя выражение (7) в предположении что распределение плотности тока в полости имеет параболический характер:

$$r = J_0(l - r^2/R^2), \quad \text{получаем}$$

$$P_m = M_0 I^2 / \pi^2 d^2,$$

где $p_н$ - магнитное давление на оси столба плазмы.

Тогда

i_2

тронов определяется высокой скоростью движения ионов вдоль столба против сил электрического поля. Это приводит к росту потенциала плазмы в направлении анода (см. рис. 3, в) и дополнительному увеличению температуры электронов (рис. 3, г). При этом часть быстрых электронов преодолевает удерживающее электрическое поле и покидает столб плазмы, создавая дополнительный рост потенциала и увеличение сечения столба разряда. На этом участке столба происходит максимальная потеря энергии из плазмы в результате ухода части электронов на стенки камеры и излучения плазмы. Наложение внешнего продольного магнитного поля препятству-

ет диффузии электронов на стенки камеры, уменьшает потери энергии из столба и делает столб плазмы более однородным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чередниченко В. С., Чередниченко М. В. Вакуумные плазменные электроды с полыми катодами.-Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999.-138 с.
2. Анализ развития конструкций вакуумных плазменных электродов/ М В. Чередниченко, С. А. Зырянов и др.-Экологически перспективные системы и технологии. - Сб. науч. тр. НГТУ.-Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000.-Вып.4.-С. 74-89.
3. Чередниченко В. С., Косинов В. А. Дуговой разряд с полым катодом// Изв. СО АН СССР. Сер. Технические науки,-1980.-№13,- Вып. 3.-С. 22-30.
4. Кузьмичев В. Е. Законы и формулы физики/ Отв. ред. В.К. Тартаковский.-Киев: Наук, думка, 1989.- 864 с.

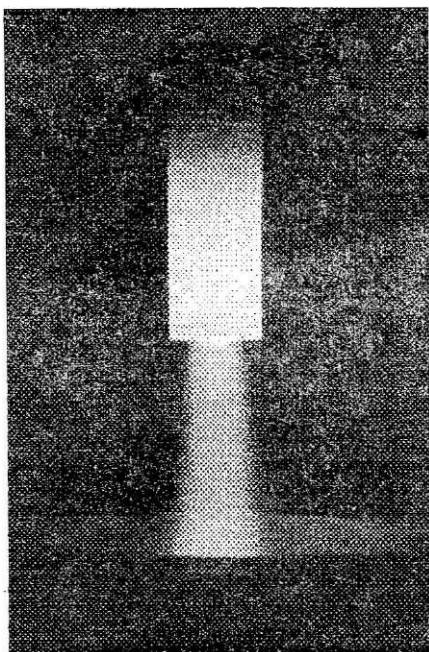


Рисунок 1. Разряд с полым катодом

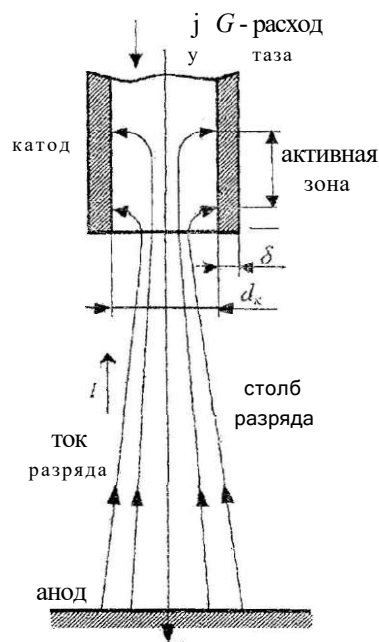


Рисунок 2. Схема модели дугового разряда с полым катодом.

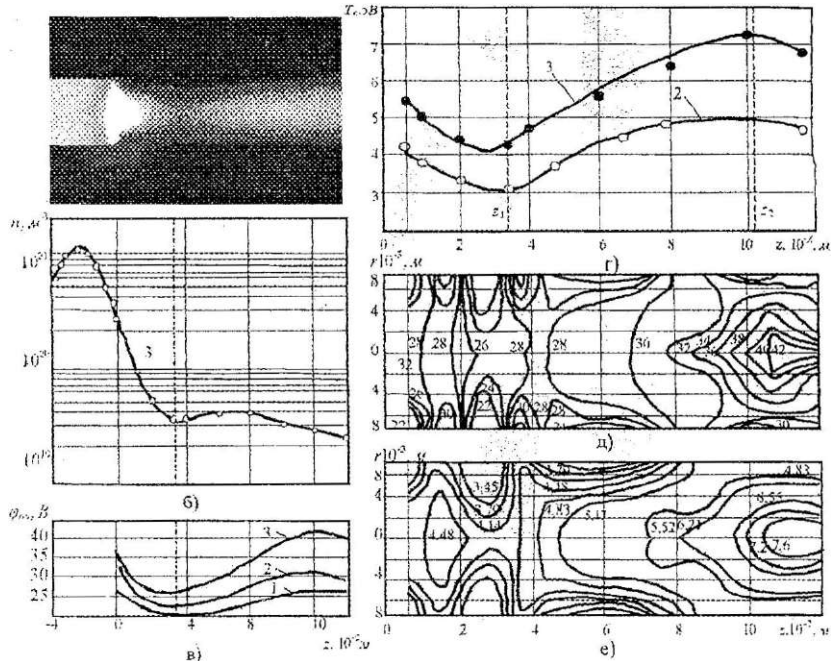


Рисунок 3. Общий вид разряда (а), распределение концентрации электронов в разряде (б), потенциала плазмы на оси столба (в), распределение температуры электронов в столбе (г), распределение эквипотенциальных поверхностей (д) и линий равных температур электронов (е) при токе 400 А (1), 600 А (2), 800 А (3); расстояние между катодом и анодом -0.156 м, диаметр полости катода $-1,8 \cdot 10^{-2}$ м, расход аргона $-3,5 \cdot 10^{-5}$ кг/с

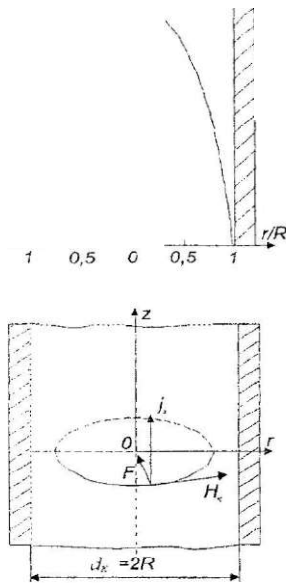


Рисунок 4. Распределение относительного давления электронного газа в столбе дуги по его диаметру

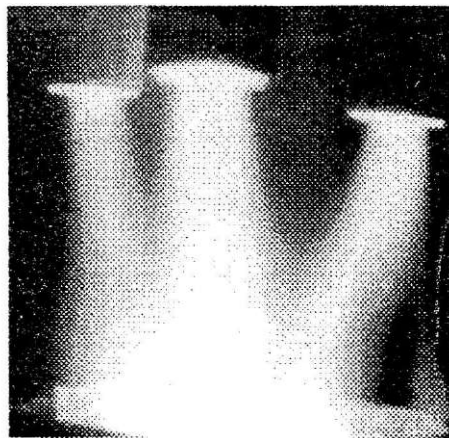


Рисунок 5. Пространственное расположение трех вакуумных разрядов, работающих на один анод: $I=1500$ А; $G=2,3 \cdot 10^{-5}$ кг/с; $L_t=156$

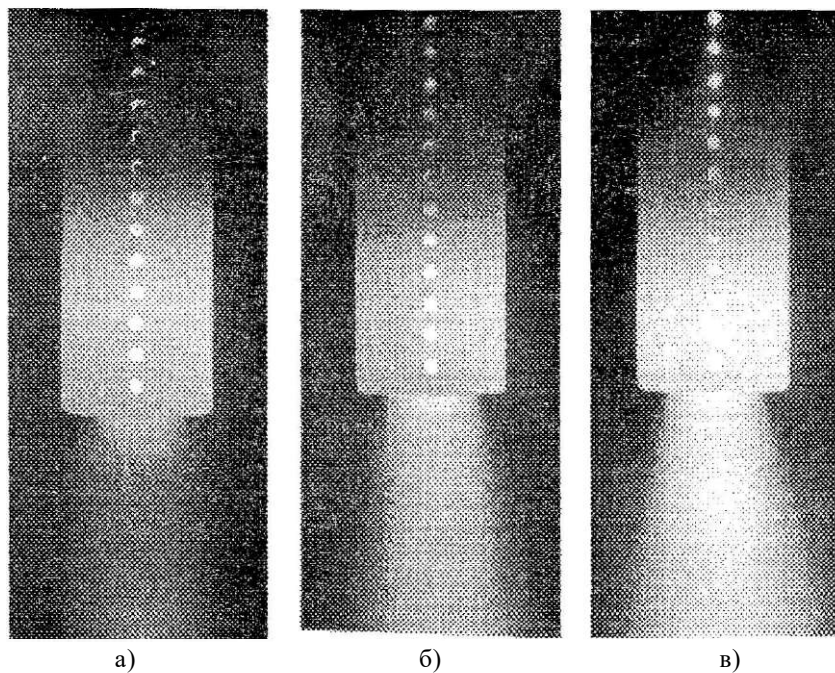


Рисунок 6. Изображение катодов с отверстиями, иллюстрирующие процесс проникновения плазмы в полость катода при расходе плазмообразующего газа (гелия) $5 \cdot 10^5$ кг/с при увеличении тока: а - 280 А; в - 1000 А. Внутренний диаметр катода - 20 мм

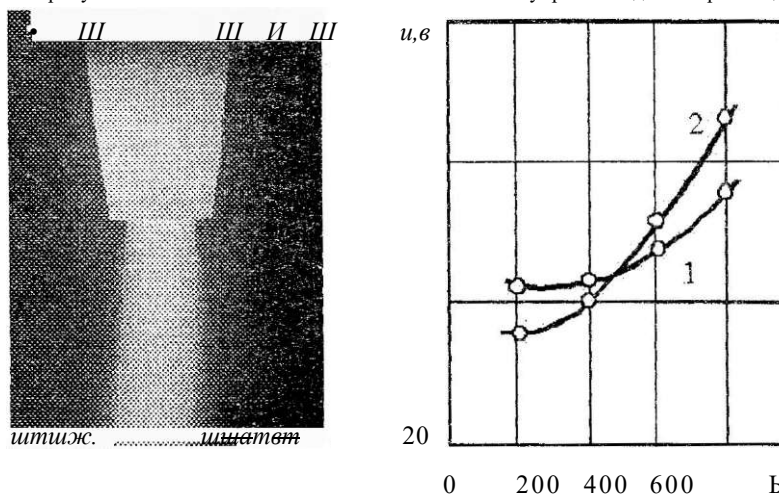


Рисунок 7. Разряд с коническим катодом и вольт-амперные характеристики разряда: катод с цилиндрической полостью (1); катод с конической полостью (2)

УДК 628.31 (574)

ХИМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГО- ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ БОРА

М.Р.Танашева, Ж.Р.Торегожина,

Л.К. Бейсембаева, А.Т. Омаров

*Казахский государственный национальный университет
им. аль-Фараби*

*Фчаика-химиялық талдау әдісімен бордан өнеркәсіптік су көздерін
тазалаудың тиіледі жағдайлары қарастырылды.*

*Методами физико-химического анализа выявлены оптимальные
условия очистки промышленных сточных вод бора.*

*By method of physicochemical analyses the optimal conditions of indus-
trial sewage clearing from boron are revealed.*

Казахстан обладает уникальным месторождением природного борного сырья - Индерское месторождение. При переработке минерального борного сырья па полезные продукты образуются большие количества жидких и твердых борсодержащих отходов. Переработка борного сырья традиционно в Казахстане производится на Алгинском химическом комбинате. Город Алга расположен в районе сформировавшейся устойчивой природно-техногенной биохимической провинции с повышенным содержанием бора в объектах окружающей среды. Оценка состояния окружающей среды показала, что в воздухе, воде и почве содержание бора в несколько раз превышает фоновое содержание. Особую тревогу вызывает повышение уровня бора во

многих видах овощных культур (капусте, картофеле, особенно в свекле), выращенных на прилежащих к Алге территориях. В докладе обсуждаются новые подходы и результаты по экстракционному извлечению борной кислоты, как из природных борсодержащих вод, так и из промышленных сточных вод борперерабатывающей промышленности. В качестве экстрагентов бора использованы N,N-замещенные амиды карбоновых кислот и их смеси в различных разбавителях (парафин, высшие карбоновые кислоты). Определены оптимальные условия извлечения борной кислоты как из достаточно концентрированных по бору промышленных сточных вод, так и из природной питьевой воды, содержащей микроколичества бора. Методами химического анализа, распределения, креоскопического титрования, ИК-спектроскопии выявлены составы экстрагируемых в фазу экстрагентов комплексов. Совокупность используемых в работе методов позволила дифференцировать процессы взаимодействия и распада извлекаемого комплекса, определить числа гидратации и сольватации. Показано, что в фазе экстрагента протекают слабые химические взаимодействия с образованием соединений состава 1:2, 1:1 (Незамещенный амид - H_3BO_3). Рассчитаны термодинамические константы экстракционного равновесия в системе $H_3BO_3 - H_2O - N,N$ -замещенный амид. Проведены эколого-экономические расчеты с учетом общеэкологического и социально-экономического положения природоохранных мероприятий по очистке питьевой воды Актюбинском регионе Казахстана от бора.

УДК 541.6

МОНО И БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ НАНОРАЗМЕРНЫЕ Pd-, Pd-Pt- И Pd-Cu- ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИЕ КАТАЛИЗАТОРЫ В РЕАКЦИИ ИЗОМЕРИЗАЦИИ n-ГЕКСАНА

Н.А. Закарина, М.К. Шаймөрденова, Г.В. Акулова

*Институт органического катализа и электрохимии им.
Д.В.Сокольского МО и Н РК*

n-Гексанының изомеризациялық реакциясында түрлі тасушылар құрамына енген, тұз-қышқылдар мен моно және біцеталдардың Pd-, Pd-Pt- және Pd-Cu-катализаторларының зерттеу нәтижелері көрсетілді.

Представлены результаты изучения Pd-, Pd-Pt- и Pd-Cu- катализаторов из соответствующих солей и кислот, а также из моно- и биметаллических зольей, нанесенных на различные носители, в реакции изомеризации n-гексана.

The results of investigation of Pd-, Pd-Pt- and Pd-Cu- catalysts out of conformed sodiums and acids and also out of mono-, bimetallic sols put at the different carrier in n-hexan isomerization reaction are given.

Процесс гидроизомеризации n-алканов протекает по бифункциональному механизму на катализаторах, имеющих кислотную и гидрирующе-дегидрирующую функции. Этим требованиям отвечают металлические цеолитсодержащие катализаторы, в которых цеолит и металл платиновой группы обеспечивают необходимые активные центры. Золи платиновых металлов, стабилизированные носителем, имеют свойства как гомоген-

ных, так и гетерогенных катализаторов. Введение металл-добавки в золи палладия путем восстановления второго металла из соответствующих солей позволяет регулировать донорно-акцепторные у каталитические свойства основного металла [1,2].

В настоящей работе представлены результаты изучения Pd-, Pd-Pt- и Pd-Cu-катализаторов из соответствующих солей и кислот, а также из моно- и биметаллических зольей,

нанесенных на различные носители, в реакции изомеризации н-гексана. В качестве носителей использовались цеолитсодержащие алюмосиликаты (Ц-10) и композиции цеолита У в замещенной форме и природного клиноптиллолита со связующим. Содержание активных центров металлов составляло 0,35%. Металл вводили методом пропитки. Катализаторы на основе Pt и Pd с добавками испытаны в процессе превращения н-гексана при атмосферном давлении водорода и температурах 250-450°C в проточном лабораторном реакторе. Продукты реакции анализировались хроматографически с использованием капиллярной колонки, заполненной метилсиликоновой неподвижной фазой SE-30. Идентификацию образующихся углеводов проводили по индексам Ковача.

Активность промышленного алюмосиликатного катализатора Ц-10, промотированного добавками 15% цеолита У в ред коземельной форме, но не содержащего платиновых металлов, не высока и колеблется в пределах 1,1-3,1% в интервале температур 250-450°C (табл. 1), причем реакция превращения н-гексана идет только по изомеризационному направлению. На Pt/I J-Ю катализаторах конверсия н-гексана составляет 44-45%, а селективность по изомерам 96 и 90% при 350 и 450°C соответственно. Активность Pd/Ц-10

катализатора более высокая (54 и 61%), чем Pt/Ц-Ю катализаторов. Селективность же несколько ниже, чем у Pt-содержащих образцов - 94-87%. Алюмосиликатный катализатор, промотированный палладиевым золев с размером частиц 25 А, также проявляет высокую активность в реакции изомеризации н-гексана (табл.1, N 6). При этом селективность по изомерам при 350°C на образцах с Pd золев составляет 100%, что свидетельствует о более равномерном распределении частиц палладия на поверхности носителя и преимущественной их локализации рядом с кислотными центрами цеолита.

Показано, что степень промотирующего влияния второго металла зависит от природы металла и его содержания, а также способа введения металла - добавки. В случае Pt-Pd-систем, полученных путем одновременной пропитки из растворов соответствующих кислот, обнаружено, что введение небольших количеств платины (10-30% от суммы благородных металлов) в Pd-катализаторы на промышленной матрице Ц-10 приводит к уменьшению конверсии н-гексана на 12-18% при 350°C (табл.1). В этих условиях введение платины приводит к небольшому увеличению селективности по изомерам. Так, при 350°C на Pd-Pt (30%)/Ц-10 катализаторе селективность по изомерам растет до 98,8% по сравнению с 93,2% на Pd/Ц-Ю катализаторе. Рост конверсии н-гексана с повышением температуры до 450°C на

Pd-Pt/Ц-Ю катализаторах обусловлен увеличением доли процессов гидрокрекинга, что привело к падению селективности по изомерам до 80,9-83,4%. Влияние второго

металла более ярко выражено при нанесении биметаллических Pd-Pt-золей на промышленную цеолитсодержащую алюмосиликатную матрицу Ц-10.

Таблица 1

Изомеризация Н-гексана на цеолитсодержащих Pt-, Pd-, Pd-Pt/Ц - 10 катализаторах

Модифицирование из растворов кислот					Модифицирование из золей металлов				
№	Катализатор	Температура гоомеризации °С	Кошерсия гексана %	Селективность по изомерам, %	№	Каталюатор	Температура изомеризации. °С	Конверсия- гексана %	Селекп- вность по изомерам, %
1	Ц-10	250	и	100	6	Pd/Ц-Ю	250	26,9	100
		350	2,5	100			350	38,4	100
		450	3,1	100			450	40,2	89,9
2	Pt/Ц-Ю	250	2,9	100	7	Pd-Pt/Ц-10	250	24,8	100
		350	43,9	96,0			350	41,4	83,4
		450	44,9	89,6			450	46,2	76,8
3	Pd/Ц-Ю	250	30,8	100	8	Pd-Pt/Ц-10	250	17,1	100
		350	53,9	93Д			350	40,3	96,9
		450	61,4	87,3			450	47,0	78,2
4	Pd-Pt/Ц-10	250	21,9	99,6					
		350	41,1	93,6					
		450	47,9	80,9					
5	Pd-Pt/Ц-10	250	17,7	100					
		350	35,7	98,8					
		450	38,8	83,4					

При введении 10-30% Pt в Pd-золи и нанесении их на алюмосиликатную матрицу Ц-10 найдено, что активность и селективность полученных катализаторов повышается по сравнению с исходным Pd/Ц-Ю катализатором. Активность лучшего образца на основе золя Pd-Pt (30%)/Ц- 10 составляет 40,3 % при селективности по изомерам 95,9% при 350°С. Сравнение с данными на катализаторе такого же состава, но из растворов кислот по-

казывает, что их активность несколько ниже (35,7%) при более высокой селективности (98,8%). Введение биметаллических композиций Pd-Pt в состав алюмосиликатных цеолитодержащих матриц как в виде золей, так и из соответствующих растворов кислот показало, что степень промотирующего влияния второго металла зависит от природы матрицы и поиподы предшественника металла.

Нами была разработана ашомо-

силикатная матрица с использованием композиции СеНУ с природной активированной глиной, содержащей 65% клиноптилолита, который обладает собственной каталитической активностью в реакции гидроизомеризации н-гексана (табл.2). Из данных таблицы 2 видно, что конверсия н-гексана на самой матрице Г-111 составляет 10,4-25,9% при 350-450°C и селективностью по изомерам 85,3- 86,7%. Конверсия н-гексана на Pt/Г-Ш катализаторе растет до 36,2- 51,0% при 350-450°C. Следует отметить, что на катализаторе с использованием природного клиноптилолита конверсия и селективность по изомерам растут с повышением температуры. Из данных таблицы 2 видно, что на активность катализаторов РУГ-11 1 влияет и природа связующего. Конверсия н-гексана в интервале температур 350-450°C снижается при переходе от алюмокремнегеля к гидроксиду алюминия в качестве связующего. Однако необходимо отметить, что Pd/Г-Ш* катализатор обладает значительно более высокой селективностью (99,3%), чем Pt/Г-Ш (84,5%) при 350°C. Изучение Pt-Pd- катализаторов из золей, из растворов кислот, нанесенных на матрицу из природного клиноптилолита с добавками цеолита У в цериевой форме, показало, что введение 10% Pt в палладиевый катализатор снижает конверсию н-гек-

сана с 36,2 до 28,4% с одновременным ростом селективности по изомерам с 84,5 до 96,4% при 350°C. Однако при 450°C небольшое снижение конверсии сопровождается уменьшением изомеризирующей активности (табл.2). Платина, нанесенная на Г-111, обладает высокой активностью, однако селективность по изомерам на Pt/r-111 катализаторе намного ниже, чем на Pd И Pd-Pt катализаторах.

Введение Си (10-60%) в растворы платинохлористоводородной кислоты или в золи палладия с последующим нанесением их на катализатор Ц-10 показало (табл.3), что небольшие количества меди (10%), независимо от металлического предшественника, приводит к существенному снижению конверсии н-гексана по сравнению с результатами на Pd/Ц- 10 катализаторах. При дальнейшем увеличении содержания меди конверсия при 250-450°C растет за счет повышения гидрокрекирующей способности. При оптимальном соотношении Pd:Си=1,0:0,3 наблюдается одинаковая конверсия н-гексана на Pd-Си/Ц-Ю и Pd/Ц-Ю катализаторов, полученных из соответствующих золей, однако с введением меди в палладиевый катализатор селективность по изомерам снижается со 100 до 80,1% при 350°C. Особенно резкое снижение селективности наблюдается на Pd-Си/Ц-Ю катализаторе при 450°C.

Сопоставление свойств Pd- и Pd-Si/Ц-Ю катализаторов, полученных из растворов солей и кислот и из соответствующих биметаллических золь, показывает, что катализатор на основе золь отличаются более высокой изомеризующей активностью.

таллических золь, показывает, что катализатор на основе золь отличаются более высокой изомеризующей активностью.

Таблица 2

Изомеризация n-гексана на цеолитсодержащих катализаторах, модифицированных Pt, Pd и их бинарными композициями с применением природного клиноптилолита

Модифицирование из растворов кислот Модифицирование из золь металлов

№	Катализатор	Температура изомеризации, °С	Конверсия гексана %	Селективность по изомерам, %	№	Катализатор	Температура изомеризации, °С	Конверсия гексана %	Селективность по изомерам, %
1	Г-111	250	0,6	100	5	Pd/T-111*250	250	2,2	97,4
		350	25,9	85,3			350	20,5	99,3
		450	10,4	86,7			450	18,7	90,8
2	Pd/Г-Ш	250	0	0	6	Pd-Pt/Г- Pd ш 1:0,1	250	1,1	86,6
		350	36Д	84,5			350	28,4	97,2
		450	51,0	91,1			450	38,8	81,1
3	Pd-Pt/T- 111 1:0,1	250	1,3	85,1					
		350	28,4	96,4					
		450	46,9	86,8					
4	Pt/Г-Ш	250	0	0					
		350	29,1	77,8					
		450	59,7	73,7					

Г-111 - HCeY+клиноптилолит+АКГ

Г-111*- HCeY+клиноптилолит+А 1 (ОН),

Электронномикроскопическое изучение Pd/Ц-Ю катализаторов из золь методом реплик с экстракцией показало, что основная масса частиц имеет размеры 25 А и очень редко встречаются отдельные крупные частицы, имеющие признаки огранки с размерами 100 А и более. Микрофракционная картина от скопления частиц с размерами 25 А представлена двумя диффузными кольцами, которые

можно отнести к PdOz (ASTM, 34-1101). Микрофракционная картина от более крупных частиц представлена двумя кольцами, относящимися к PdO (ASTM.6-515)

На примере Pd-, Pd-Pt- и Pd-Si- катализаторов показана более высокая изомеризующая способность биметаллических катализаторов, синтезированных из золь металлов благодаря равномерному распределению частиц металла на

поверхности носителя и более полному использованию металлических центров кластерных размеров с высокой удельной поверхностью. Промотирующее влияние второго

металла усиливается при приготовлении катализаторов на основе биметаллических зольей благодаря глубокому взаимодействию Ме-Ме в каждой частице предшественника катализатора.

Таблица 3

Изомеризация н-гексана на биметаллических Pd-Cu/Ц-Ю катализаторах

Модифицирование из растворов кислот				Модифицирование из зольей металлов			
Катализатор	Температура изомеризации, °С	Конверсия Гексана %	Селективность по изомерам, %	№ Катализатор	Температура изомеризации, °С	Конверсия гексана %	Селективность по изомерам, %
1 Ц-10	250	1,1	100	5 рад н о	250	26,9	100
	350	2,5	100		350	38,4	100
	450	3,1	100		450	40,2	89,9
2 Pd/Ц-Ю	250	30,8	100	6 Pd-Cu/Ц-10	250	4,2	100
	350	53,9	93,2		350	13,3	100
	450	61,4	87,2		450	14,7	47,8
3 Pd-Si/АьОз	250	0,5	100	7 Pd-Cu/Ц-10	250	22,6	96,4
	350	1,5	99,0		350	32,3	80,4
	450	11,5	61,0		450	36,7	73,0
4 Pd-Si/ЛьОз	250	0,4	100	8 Pd-Cu/Ц-10	250	12,1	100
	350	1,9	98,0		350	29,6	92,4
	450	35,0	57,5		450	39,8	71,4
				9 Pd-Cu/Т-111	250	1,5	100
					350	21,7	94,4
					450	35,8	80,6

ЛИТЕРАТУРА

1. Н.А. Закарина, М.К. Юсупова, Л.Р. Крылова, А.С. Куанышев. -Ж.физической химии, 1994,- С.614-618.
2. N.A. Zakarina, M.K. Shaimerdenova, L.K. Komashko. Eurasian Chem.-Techn. J.2001, v.3.

УДК 541.183-035.277

ИЗУЧЕНИЕ АДсорбЦИИ И СТРУКТУРЫ АДсорбЦИОННОГО СЛОЯ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ И ЕГО КОМПЛЕКСОВ С АНИОННЫМИ ПОЛИ- ЭЛЕКТРОЛИТАМИ НА ПОЛИСТИРОЛЬНОМ ЛАТЕКСЕ

Н.К. Тусупбаев

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

Полиэтиленгликольдың адсорбциясының зерттеу заңдылықтарының қорытындысы берілген. Сонымен қатар полистирольдың латексте полиакрилдың және полиметакрилдың қышқылы бар құрылымымен және олардың латекстің электрокинетикалық потенциалының әсер ету туралы мәліметтер мен оның параметрінің негізінде адсорбциялық полимердік қабатының бағасы берілген.

Приведены результаты исследования закономерностей адсорбции полиэтиленгликоля (ПЭГ) и его комплексов с полиакриловой (ПАК) и полиметакриловой (ПМАК) кислот на полистирольном латексе и данные о влиянии их на электрокинетический потенциал латекса и оценки на его основе параметров адсорбированного полимерного слоя.

The results of investigation of regularity of polyethylenglicol adsorption with its complexes at polystyrol latex and data of them influence latex electrokinetic potential and assessment of parameter of adsorbed polymer layer are given.

Устойчивость коллоидных дисперсий в водных растворах неионогенных полимеров и анионных полиэлектролитов определяется величиной адсорбции и структурой адсорбционного слоя. Между тем комплексные электроповерхностные исследования адсорбции мак-

ромолекул на такой модельной системе, как монодисперсный отрицательно заряженный полистирольный латекс, позволяет получить более детальную информацию о механизме адсорбции, конформации адсорбированных макромолекул, параметрах адсорбционного слоя и двой-

ного электрического слоя, представляющие интерес не только для теории устойчивости дисперсных систем, но и для теории адсорбции полимеров [1,2].

В данной работе приводятся результаты исследования закономерностей адсорбции полиэтиленгликоля (ПЭГ) и его комплексов с полиакриловой (ПАК) и полиметакриловой (ПМАК) кислот на полистирольном латексе и данные о влиянии их на электрокинетический потенциал латекса и оценки на этой основе параметров адсорбированного полимерного слоя.

Модельной гидродисперсией служил безэмульгаторный отрицательно заряженный полистирольный латекс со средними диаметрами частиц 120 нм. Он синтезирован по известной методике. Удельная поверхность латекса, определенная по адсорбции метиленового голубого, составил 24 м²/г. В качестве неионогенного полимера использовали фракции полиэтиленгликоля с молекулярными массами 1,5·10³, 4·10³ и 4·10⁴, которые обозначены через ПЭГ-1, ПЭГ-2 и ПЭГ-3, соответственно, производства фирмы «Schuchardt» (Германия) без дополнительной очистки, а анионными полиэлектролитами были выбраны - полиакриловая (ПАК) и полиметакриловая (ПМАК) кислоты с молекулярными массами 1,2·10⁵ 1-Ю⁵ соответственно.

Адсорбцию полимера определяли по разности его концентрации в растворе до и после контакта с дисперсной фазой, отделенной от интермицеллярной жидкости центрифугированием. Концентрацию полимеров определяли интерферометрически после 12 часов контакта (достаточного для достижения адсорбционного равновесия) раствора с частицами латекса при комнатной температуре.

Электрокинетический потенциал частиц латекса рассчитывали по известной формуле Смолуховского [1], то есть без учета поляризации двойного электрического слоя, вкладом которой в условиях наших опытов можно было в первом приближении пренебречь. Погрешность измерения ζ , ψ - потенциала составила ± 1 мВ.

Адсорбция водорастворимых полимеров акрилового ряда и их смеси с неионогенными полимерами на поверхности полистирольного латекса практически неизучена, несмотря на высокую эффективность этих полимеров как регуляторов устойчивости различных дисперсий [1].

Изотермы адсорбции индивидуальных полимеров на поверхности частиц отрицательно заряженного полистирольного латекса приведены на рис. 1. Из рисунка видно, что все изотермы относятся к изотермам высокого сродства. Довольно быстрый выход на насыщение этих полимеров свидетельствует о достаточно узком молекулярно-массовом распределении

изученных полимеров. Следовало ожидать, что повышение молекулярной массы полимера приводит к увеличению его адсорбции. Изотермы адсорбции ПЭГ, ПАК, ПМАК на полистирольном латек-

се характерны для адсорбции полимеров [1]: при низких концентрациях (до 50 мг/л) происходит полное извлечение ПЭГ, ПАК и ПМАК из растворов, а затем наблюдается плавное увеличение адсорбции с выходом на плато.

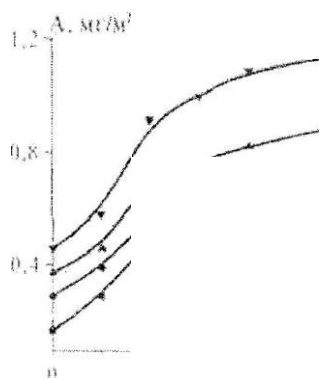


Рис. 1. Изотермы адсорбции полимеров частицами отрицательно заряженного полистирольного латекса 1 - ПЭР-2; 2 - ПЭГ-3; 3 - ПАК; 4 - ПМАК. $T=298$ К, $pH = 4$ и ионная сила раствора $7 \cdot 10^{-5}$ мол/л КС I.

Если учесть, что на поверхности безэмульгаторного полистирольного латекса отрицательный заряд обусловлен, в основном, $-SO_3^-$ и частично OH^- группами [2], то увеличение адсорбции ПМАК по сравнению с другими полимерами, по всей вероятности, связано с гидрофобным взаимодействием этого полимера за счет α -металльных групп с гидрофобными участками латекса. Для остальных полимеров, по видимому, превалирует доля водородных связей между кислородными атомами молекул ПЭГ и недиссоциированными карбоксильными группами ПАК и гидроксильными

группами латекса.

На рис.2 приведены изотермы адсорбции поликомплексов ПАК-ПЭГ-3 и ПМАК-ПЭГ-3, из которых видно, что количество адсорбированного ПЭГ-3 на модифицированной ПАК и ПМАК поверхности латекса увеличивается, достигая постоянного значения. Это можно объяснить образованием поликомплекса за счет водородных и гидрофобных взаимодействий [1,3].

Кривые зависимости ψ - потенциала частиц латекса от концентрации прибавленного к нему ПЭГ, ПАК, ПМАК и смеси ПМАК-ПЭГ-3 представлены на рис.3). Вид-

но, что во всех случаях при добавлении ПЭГ и его смеси ПАК с ПМАК к раствору латекса С, потенциал частиц монотонно снижается, стремясь к некоторому предельному значению. Это происходит для неионных олигомеров и ПАВ вследствие перемещения плоскости скольжения фаз в глубь раствора и выражено тем сильнее, чем значительнее этот сдвиг [4]. Незначительное снижение С, потенциала частиц латекса в случае ПАК и ПМАК (см.рис.3) может быть обусловлено тем, что эти полимеры могут адсорбироваться на поверхности частиц латекса в виде

уплотненных статистически свернутых клубков, контактирующих небольшими долями сегментов макромолекул. По данным адсорбционных опытов, суммарная адсорбция смеси полимеров больше величины адсорбции индивидуального полимера - компонента смеси - при той же концентрации. Следовательно, более резкое снижение ξ - потенциала в присутствии полимерных смесей, по-видимому, обусловлено увеличением А в смесях за счет комплексообразования между ними и конформационными изменениями макромолекул в адсорбционном слое,

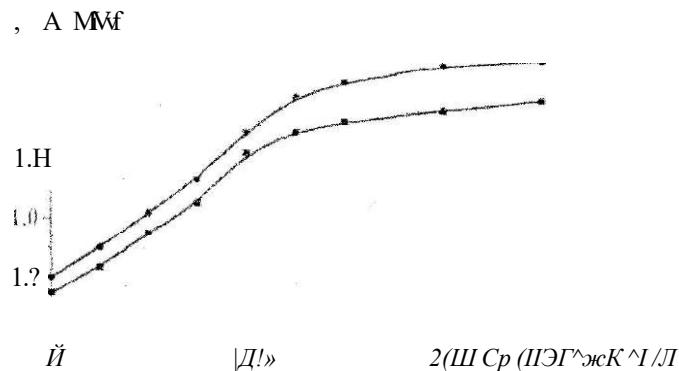


Рис.2. Изотермы адсорбции смеси полимеров частицами отрицательно заряженного полистирольного латекса. 1 -ПАК-ПЭГ; 2-ПМАК-ПЭГ. Постоянная величина адсорбции ПАК и ПМАК в системе равна $0,75 \text{ мг/м}^2$ и $1,04 \text{ мг/м}^2$, соответственно. $T=298 \text{ К}$, $pH = 4$ и ионная сила $1 \cdot 10^{-3} \text{ мол/л КС 1}$.

На основании данных об электрокинетическом потенциале

без полимера (ξ_0) и в присутствии полимера (ξ) по формулам теории диффузного двойного слоя

$$A_k T = A_k T \exp(-\gamma \cdot D)$$

(где j^1 - величина дебаевского радиуса экранирования; γ - заряд противоиона; e - элементарный заряд; kT - произведение константы Больцмана на абсолютную температуру) были вычислены электрофоретические толщины адсорбционных слоев (d) изученных полимеров на латексе (рис.4). Ранее этот метод был использован для расчета d при ад-

сорбции полиоксиэтилена, поливинилового спирта и метилцеллюлозы на частицах йодида серебра, сульфида сурьмы [1]. При этом для ПЭГ-3 толщины адсорбционных слоев на поверхности латекса составили 9-11 нм. Толщины адсорбционных слоев смесей, например, ПЭГ-3 - ПМАК в области $\pi = [\text{ПЭГ-3}] / [\text{ПМАК}] = 0,3 - 0,6$ составили 14- 19 нм (рис.4).

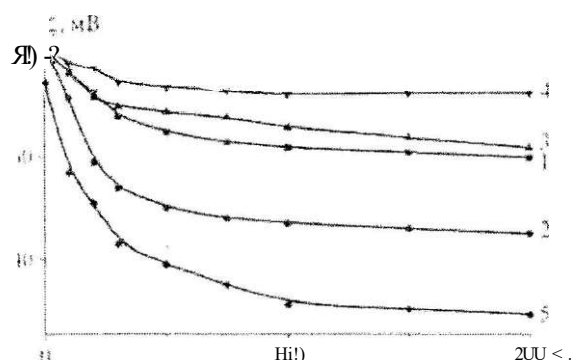


Рис. 3. Зависимость электрокинетического потенциала частиц полистирольного латекса от концентрации полимеров и поликомплекса. 1 - ПЭГ-2; 2 - ПЭГ-3; 3 - ПАК; 4 - ПМАК; 5 - ПМАК + ПЭГ-3. Постоянная величина адсорбции ПМАК в системе равна 1,04 мг/м².

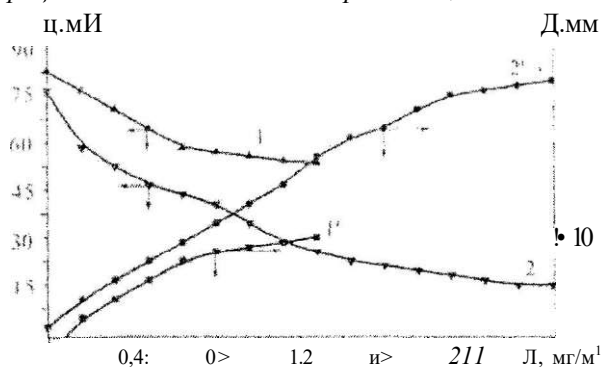


Рис. 4. Изменение электрокинетического потенциала частиц полистирольного латекса и толщины полимерного слоя на них в зависимости от количества адсорбированного полимера и поликомплекса. 1, 1' - ПЭГ-3; 2, 2' - ПЭГ-3-ПМАК. Постоянная величина адсорбции ПМАК в системе равна 1,04 мг/м.

Для расчета вклада полимерного покрытия в энергию взаимодействия частиц необходимо располагать данными о количестве адсорбированных единиц поверхности

петель v и их длине, т.е. о числе сегментов в одной петле. Согласно [4], распределение петель по размерам для гомополимера (к которому относятся ПЭГ, ПАК, ПМАК) выражается уравнением:

$$n_i = p \cdot b \cdot l^{-i} \cdot \Gamma^{3,2} \exp[-\chi b^2 l(i)^2], \quad (1)$$

где p - число петель на единицу поверхности с i числом звеньев в петле; p - общее число петель на единицу площади; J - среднее число звеньев в петле; b - численная константа, равная 0,7. Для вычисления J воспользовались описанным Флиир и Ликлема [5] приемом. Из выражения для распределения плотности сегментов адсорбированного гомополимера [3,4], справедливого при условии уравнения (1), и с учетом скачкообразного изменения плотности сегментов на границе плотного (первого) слоя [5] выводится зависимость:

$$\frac{\Gamma}{I \cdot P_n} = \frac{2bS'}{J}, \quad (2)$$

связывающая искомое J с длиной сегмента макромолекулярной цепи (l). Для ПЭГ, ПАК, ПМАК и по-

ликомплексов ПЭГ-ПАК, ПЭГ-ПМАК нами вычислены значения / из данных вискозиметрии и геометрических параметров скелета макромолекулы. Параметр p_n является функцией доли связанных с поверхностью элементарных звеньев θ и безразмерной константы K_n , величина которой (меньше единицы) определяется гибкостью полимерной цепи [5]:

$$P_n = \frac{K_n \theta}{1 - \theta}; \quad (3)$$

Величина Q вычисляется из адсорбционных данных как отношение числа звеньев в первом слое A_n его находили из данных посадочных звеньев выше перечисленных компонентов и предположении 70%-ного покрытия поверхности полимером [1] к их общему числу на поверхности $\cdot 4 \cdot A_n = -y$. Константа K_n подбирается, таким образом, чтобы вычисленная из соотношения:

$$\frac{K_n - P_0}{P_0} = P_0 \quad (4)$$

теоретическая зависимость толщины слоя d от количества адсорбированного полимера наилуч-

шим образом совпадали с опытной кривой $d = f(A_m)$. В выражениях (4) S' - толщина звеньев в первом

слое

$$p_0 - S' = a_0 \quad (5),$$

а p_0 вычисляется на основа-

$$\frac{N}{\sqrt{2}} \frac{a}{r} \approx \frac{3r'}{2S} \quad ; \quad (6)$$

где N - число элементарных звеньев в сегменте; S и r - радиус инерции и радиус полимерного клубка, соответственно.

Параметры макромолекулярной цепи ПЭГ и его комплексов с

нии теории растворов полимеров [5] как плотность полимерного клубка с радиусом, соответствующим гидродинамическому радиусу свободной цепи

ПАК и ПМАК в поверхностное слое частиц латекса, рассчитанный нами из результатов адсорбционных, электрокинетических и вискозиметрических измерений, приведены в табл. 1,2.

Таблица 1

Параметры макромолекулярной цепи водорастворимых полимеров в растворе и в поверхностном слое частиц латекса

Образец	м. дл/г	M*10 ³	η _{sp} /c, нм	[η], л/м ³	a	H, нм	i, рассчитанные при Kn=0,27		
							1	2	1,91
ПЭГ-2	0,534	0,04	163	147	1,1	1,29	7,2	10,9	13,8"
ПЭГ-3	0,660	0,4	285	241	1,18	1,61	9,6	14,7	18,5
ПАК	1,12	1,2	371	357	1,04	2,41	11,2	22,6	28,5
ПМАК	0,98	1,0	354	341	1,04	2,53	12,1	29,8	33,4

Таблица 2

Параметры макромолекулярной цепи поликомплексов ПАК-ПЭГ и ПМАК-ПЭГ в растворе и в поверхностном слое частиц латекса

Образец	η _{sp} /c	Mер*10 ⁵	[η], нм	[η] ₀ , л/м ³	a	H, нм	i при Kn = 0,35 мг/м ²		
							1,04 мг/м	1,83 мг/м	2,92 мг/м
ПЭГ-ПАК (n=1)	1,34	0,74	395	374	1,06	3,31	25,2	39,7	40,5
ПЭГ-ПМАК (n=0,5)	1,26	0,68	382	369	1,03	3,73	26,1	43,6	44,3

Величину (i^{-2}) , для адсорбированных цепей определяли из соотношения $(\xi^2) = a^2 i^2$

Как и следовало ожидать, найденные описанным способом

величины i по мере увеличения степени покрытия поверхности возрастают (табл. 1,2). Этот факт служит подтверждением высказанных соображений [5] о том, что после заполнения пер-

вого (плотного) слоя дальнейшая адсорбция ПЭГ и его комплексов с ПАК и ПМАК приводит, в основном, к удлинению хвостов и петель адсорбированных макромолекул, но мало отражается на числе их контактов

с поверхностью. Результаты определения длины адсорбированных петель (J) будут использованы для вычисления вклада полимерной оболочки в энергию отталкивания частиц, покрытых ПЭГ и его комплексов в следующей статье.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баран А.А. Полимерсодержащие дисперсные системы. -Киев, 1986. -244 с.
2. Нейман Р.Э. В кн.:Успехи коллоидной химии. -Киев: Наукова думка, 1983, с.212-221.
3. Барановский В.Ю., Досева В., Щенков С. Коллоид.журн., 1995, т.57, № 3, с.293-298.
4. Hesselink F.Th. J. Phys. Chem., 1969. V.73, N 10, p. 3488-3490.
5. Fleer C.J., Lyklema J. J.Colloid and Interface Sci.. 1974. v. 46, N 1, p.1-12.

УДК 541.183-035.277

О МЕХАНИЗМЕ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛИСТИРОЛЬНОГО ЛАТЕКСА ДОБАВКАМИ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ И ЕГО КОМПЛЕКСОВ С АНИОННЫМИ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТАМИ

Н.К. Тусупбаев

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

Полишерлік кабықтың тоғысуындағы кері энергия күйінің стгалы есебін есептеу мен ПЭТ, ПАК адсорбировтік қасиетті мен ПАК-ПЭТ, ПМАК-ПЭТ қоспасы бар өліімді энергия қарыш-қатынасы қарастырылады.

Предпринята попытка качественного учета вклада энергии отталкивания, обусловленного наличием полимерной оболочки, в суммарную •энергию взаимодействия коллоидных частиц, содержащих адсорбированный ПЭТ, ПАК и смеси ПАК-ПЭТ и ПМАК-ПЭТ.

An attempt of the qualitative calculation of contribution of repulsion energy caused by polymer cover presence in total energy of the colloid particles interaction contained adsorbed PEG, PAA mid mixsture PAA-PEG, PMAA-PEG is made.

Данная работа является продолжением [1] исследований, посвященных выяснению механизма стабилизации полистирольного латекса адсорбционными слоями полиэтиленгликоля и его комплексов с полиакриловой и полиметакриловой кислотами.

В качестве объекта исследования был выбран безэмульгаторный отрицательно заряженный полистирольный латекс со средними диаметрами частиц 120 нм. В качестве неионогенного полимера использовали

фракции полиэтиленгликоля с молекулярными массами $1,5 \cdot 10^3$, $4 \cdot 10^3$ и $4 \cdot 10^4$, которые обозначены через ПЭГ-1, ПЭГ-2 и ПЭГ-3, соответственно, а анионными полиэлектролитами были выбраны - полиакриловая (ПАК) и полиметакриловая (ПМАК) кислоты с молекулярными массами $1,2 \cdot 10^5$ и $1 \cdot 10^5$ соответственно.

Предпринята попытка количественного учета вклада энергии отталкивания U , обусловленного наличием полимерной оболочки, в суммар-

ную энергию взаимодействия коллоидных частиц, содержащих адсорбированный ПЭГ, ПАК, и смеси ПАК-ПЭГ и ПМАК-ПЭГ. Результаты расчетов сопоставлены с экспериментальными данными о влиянии добавок указанных компонентов на устойчивость полистирольного латекса; мерой последней служили коагулирующие концентрации противоионов.

Расчет изменения свободной энергии системы, связанной с взаимодействием адсорбированных полимерных цепей, производили по теории Хесселинка, Врия и Овербека (ХВО) [1], учитывающий экспоненци-

альный характер распределения плотности сегментов адсорбированных петель с расстоянием [2]. В общем случае U_p состоит из двух членов, учитывающих потерю конфигурационной энтропии адсорбированных петель и хвостов при их сжатии в результате приближения второй поверхности (эффект ограничения объема и) и связанного с изменением взаимодействия полимер-растворитель при взаимном проникновении и перекрывании макромолекулярных цепей (осмотический эффект и_м [1]). Теория [1] дает следующее выражение для расчета U_{VR} и U_M :

$$U_{VR} = 2\nu - kTV(I, d) \quad (1)$$

$$U_M = \frac{1}{2} \kappa \Gamma(a^2 - \nu) \kappa T \nu^2 (z^2) M \{I, cI\} \quad (2)$$

В (1) и (2) $V(J, d)$ и $M(J, d)$ дают увеличение свободной энергии в единицах kT в зависимости от расстояния между поверхностями (d) для средней петли; они зависят от способа связывания макромолекулы с поверхностью и среднего числа сегментов в петле (I), ν - число петель, приходящееся на единицу поверхности,

$$n = \frac{1}{2} \nu \gamma \exp[-\frac{b}{I}] \quad (3)$$

где γ - количество петель с i числом сегментов в петле; π - общее число петель на единицу пло-

- среднеквадратичное расстояние между концами полимерной цепи, a - коэффициент линейного набухания полимера в данном растворителе.

Распределение адсорбированных петель по размерам для изученных полимеров и поликомплексов принимали в виде экспоненциальной зависимости [3]

щади; b - численная константа, равная 0,7. При соблюдении условия (3) значения функций $V(I, d)$ и $M(J, d)$ даются в виде [1]:

$$V(i, d) = -I \sum_{j=1}^{\infty} n_j \ln \Gamma(1 - \frac{2V^2 d^2}{i l^2}) \exp(-6V^2 d^2 / i l^2) di \quad (4)$$

No], 2002г.

$M(i,d) - 2a$

где $p = \exp(-bd)$ и $b = 2al/6/6//l$ - длина сегмента макромолекулярной цепи. Для слу-

чая равных петель и при условии $d/l \ll 1$ Расчет $V(l,d)$ и $M(J,d)$ можно произвести по приближенным уравнениям [1]:

$$V(i,d) = -2(1 - 12d^2/l^2) \exp(-6c^2/l^2) \quad (6)$$

$$M(J,d) = (3; \gamma)^{1/2} \{6^2/l^2 - 1\} \exp(-3d^2/l^2) \quad (7)$$

С помощью ЭВМ «Pentium» проведен численный расчет значений $V(J,d)$ и $M(J,d)$ и соответственно u_n и i'_u для трех моделей связывания макромолекул с поверхностью: а) в предположении, как это сделано авторами теории [1], равных размеров макромолекулярной цепи в растворе и в поверхностном слое, т.е. $r^2 = il^2$ и $v = coN_a/M$, где co - количество адсорбированного полимера в г/см²; M - его молекулярная масса, N_a - число Авогадро; б) для модели адсорбции полимеров в виде равных петель, т.е.

при условии применимости уравнений (6) и (7) и в) для случая адсорбции полимеров с экспоненциальным распределением адсорбированных петель по размерам, т.е. используя уравнения (3), (4) и (5). Для моделей б) и в) число адсорбированных единиц поверхности находили как $u = pL$, где p - количество связанных с единицей поверхности элементарных звеньев в виде петель, вычисленное как разность между величинами суммарной адсорбции ($A_{ю}$) и адсорбции в первом слое (A_0).

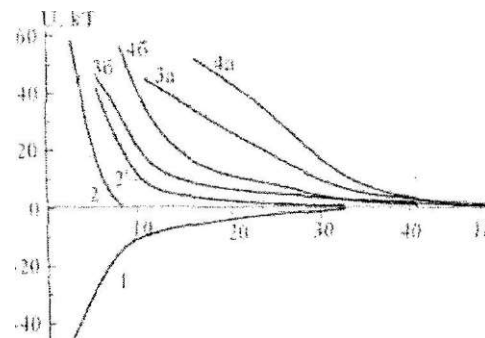


Рис. 1. Различные составляющие суммарной энергии взаимодействия частиц латекса, содержащие адсорбированный ПЭГ-3. 1 - V_A ; 2 - u_m в М растворе KCl ($C = -35$ мВ); 2' - u_k в 1*-КУ³ М растворе KCl ($Q = 62$ мВ); 3 - U_{VR} ; 4 - u_v для модели адсорбции в виде равных петель (а) и для модели адсорбции с экспоненциальным распределением петель по размерам (б), а.б - $A = 0.75$ мг/м² ($l = 21,6$).

На рис. 1-3 приведены несколько примеров, изменения U , U_p , U_{VR} , U_u при изменении расстояния между поверхностями частиц латекса, содержащих различное количество адсорбированных водорастворимых полимеров (ВРП). В соответствии с выводами теории ХВО отталкивание, обусловленное перекрыванием и смещением адсорбированных цепей (C'), проявляется на более далеких расстояниях, чем отталкивание, вызванное ограничением их объема (U_{VR}). Вклад в U и U_{VR} вносит взаимодействие петель и хвостов.

Однако данная теория предсказывает, что при взаимодействии на больших расстояниях, а именно такое взаимодействие и определяет в исследованных системах поведение частиц латекса, по рис.1 взаимодействием петель можно пренебречь для второго (т.е. сжатия гибкой полимерной цепи) требуется достаточное приближение второй (ограничивающей) поверхности. Как видно из рис.1, с увеличением степени покрытия поверхности полимером рост U_{K1} и U_{VR} начинается при все больших и больших расстояниях H . Связано это с ростом длины петель J при их неизменном числе, приходящихся на единицу поверхности, что приводит к увеличению отталкивания

на одну петлю, концентрации петель на обеих поверхностях $U_m \sim v^2$, соотношение (2), которая, как отмечалось, резко увеличивается при уменьшении H . Анализируя рис. 1-3, необходимо отметить следующее. Модель: а) приводит для ПЭГ, ПАК, ПМАК и особенно для их поликомплексов к появлению значительных сил отталкивания на расстояниях, превышающих удвоенную толщину полимерной оболочки для данных образцов.

Это служит дополнительным подтверждением необоснованности предложения [1] об отсутствии деформации макромолекулярной цепи при адсорбции и непригодности предлагаемой теорией ХВО модели для расчета U в рассматриваемой (реальной) системе.

Модель адсорбции в виде равных петель (б) дает резкий рост U_m и U_{VR} на расстояниях, меньших толщины полимерной оболочки для данной степени покрытия поверхности ВРП, тогда как расчет U для модели в) указывает на возникновение сил отталкивания на расстояниях, близких к удвоенной толщине защитного слоя. Это связано с тем, что в последнем случае учитывается также и вклад во взаимодействие длинных петель.

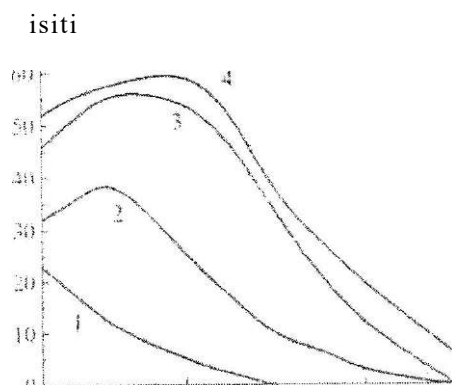


Рис.2. Потенциальные кривые взаимодействия частиц полистирольного латекса, адсорбированных 0,65 мг/м² (1), 1,15 мг/м² (2), 1,75 мг/м² (3) и 2,2 мг/м² (4) поликомплекса. ПЭГ-3-ПМАК, в виде равных петель в 1 • 10⁻⁷ моль/л КС1. Для всех случаев $U = U_A + u_a + U_{VR} + U_M$. Постоянная величина адсорбции ПМАК в системе равна 0,35 мг/м².

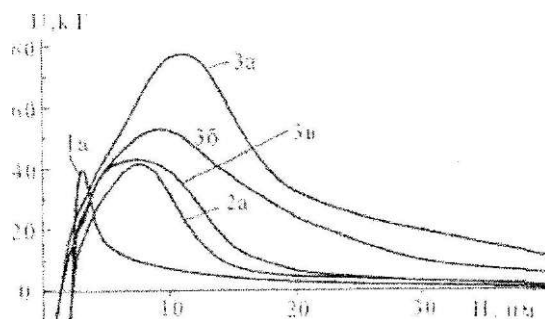


Рис.3. Потенциальные кривые взаимодействия частиц полистирольного латекса, адсорбированных 0,65 мг/м² (1), 1,15 мг/м² (2) и 1,75 мг/м² (3) поликомплекса. ПЭГ-3-ПМАК. а - $U = U_A + u_R + U_{VR} + U_M$; б - $U = U_A + u_R + U_{VR}$. Постоянная величина адсорбции ПМАК в системе равна 0,35 мг/м². Вклады отталкивания полимерных цепей рассчитаны для модели экспоненциального распределения адсорбированных петель по размерам.

На рис. 2 приведены кривые потенциальной энергии взаимодействия частиц латекса, содержащих адсорбированные ПЭГ- ПМАК, рассчитанные как суммы различных вкладов

($U = U_A + u_R + U_{VR} + U_M$) во взаимодействие.

Вычисления были проведены как для модели связывания макромолекул с поверхностью в виде равных петель (рис.2),

как и для модели, учитывающей экспоненциальное распределение адсорбированных петель полимера по размерам (рис.1,3) в растворе 1-1-валентного электролита различной концентрации. Поскольку трудно себе представить одновременный и равный вклад в энергию отталкивания эффекта ограничения объема и осмотического эффекта на всех межчастичных расстояниях (первый из них преобладает, видимо, на малых, второй - на больших H), то был вычислен вклад не только их суммы ($U = U_M + U_{VR}$), но и каждой составляющей в отдельности (U или $U_p = U_{VR}$). В согласии с данными рис. 1,2 на кривой $U = U_A + u_R + U_M$ и и: обнаруживается более высокий барьер, чем на кривой $U = U_A + u_R + U_{VR}$, что говорит о большем вкладе u_v по сравнению с u_v в энергию отталкивания полимерных цепей. На рис. 1,2 видно также, что в концентрированном растворе электролита (1М КС1), когда двойной электрический слой (ДЭС) сильно сжат, взаимодействие частиц определяется только балансом сил ван-дер-ваальсового притяжения и сил отталкивания полимерных цепей. По мере уменьшения концентрации электролита (утолщение ДЭС) и снижения степени покрытия поверхности полимером (уменьшение длины петель)

будет увеличиваться вклад отталкивания ДЭС; уже в 1М растворе КС1 ($j = 10^{-1}$ Ю нм) при $A = 0,625$ мг/м² вклад u_k будет существенным (рис.1). Высота барьера на кривых $U(H)$ с уменьшением степени покрытия поверхности ВРП постепенно снижается, а при $A = 0,625$ мг/м² даже исчезает. Таким образом, существует критическая степень полимерного покрытия, ниже которой адсорбированное высокомолекулярное вещество стабилизировать латекс не может.

С целью проверки изложенных теоретических выводов было изучено влияние электролитов в присутствии изученных компонентов на устойчивость полистирольного латекса. Эти данные показаны на рис. 4; на оси ординат здесь отложены концентрации противоионов, на оси абсцисс - количество адсорбированного полимера или поликомплекса в латексе.

Четко прослеживается зависимость стабилизирующего действия ПЭГ и их поликомплексов. Между результатами адсорбционных измерений, и опытов по стабилизации (рис.4) имеется полная корреляция: чем лучше данный образец адсорбируется, тем при меньшей его концентрации в золе наступает рост коагулирующих концентраций противоионов. Резкое отличие ста-

билизирующего действия различных образцов ПЭГ в случае их поликомплексов от ПАК до ПМАК можно объяснить, если принять во внимание различный ход изотерм адсорбции [3], т.е. с увеличением адсорбции и с ростом в этом ряду гидрофобности полимерных цепей этот эффект усиливается. Из данных рис.4 видно, что степени покрытия поверхности, при которых

начинается резкий подъем кривых устойчивости, для различных образцов полимеров и их поликомплексов мало отличаются (не более чем в 2 раза), чем соответствующие этим степеням покрытия концентрации полимера в латексе. Резкий рост коагулирующих концентраций противоионов в этом случае начинается с величины адсорбции $-0,625$ мг/м.

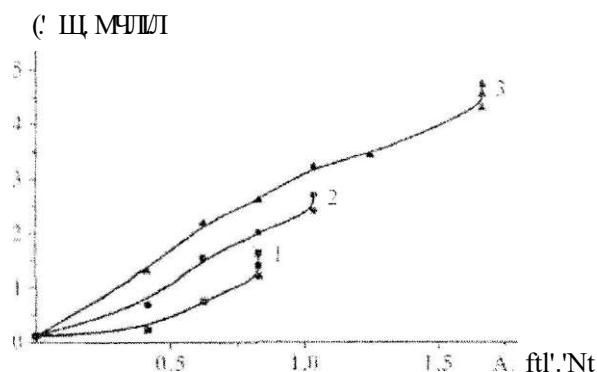


Рис.4. Изменение коагулирующих концентраций противоионов K Оля полистирольного латекса в зависимости от количества адсорбированного полимера и поликомплекса 1-ПЭГ-3; 2- ПМАК; 3-ПМАК-ПЭГ.

Замечательно, что эта адсорбция приблизительно совпадает с теоретически вычисленной для $U = U_A + U_R + U_{VR}$ (или U_M) и предсказанной величиной; именно с этой адсорбции появляется значительный барьер на пути сближения защищен-

ных добавками ВРП частиц латекса (рис. 4). Все это свидетельствует о правильности выбранной для теоретических расчетов модели [1], несмотря на приближенность оценки многих параметров и ряд упрощающих допущений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hesselink F.Th., Vrija A., Overbeek J.Th.G. On the theory of stabilization of dispersions by adsorbed macromolecules. J.Phys.Chem., 1971, V.75.N 14, p. 2094-2103.
2. Hesselink F.Th. On the theory of stabilization of dispersions with by adsorbed macromolecules. - J.Polym.Sci.: Polym.Symp., 1977, N 61, p. 439-450.
3. Fleer C.J., Lyklema J. J.Colloid and Interface Sci., 1974, v. 46, N 1, p. 1-12.

УДК 541.64:54.057

НОВЫЕ ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРИМЫЕ И СШИТЫЕ ПОЛИМЕРЫ НА ОСНОВЕ ВИНИЛОВОГО ЭФИРА ЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ И N-ИЗОПРОПИЛАКРИЛАМИДА

Р.К. Рахметуллаева, Г.Т. Ахметкалиева,
А.К. Кажиева, З.С. Нуркеева, Г.А. Мун

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

Этиленгликольдың винилдік эфир негізіндегі жаңа термосезім полимері талданады, олардың пайда болуының негізі заңдылықтары танылады және полимерлік макромалекулардағы молекулярлық топтардың орналасу есебі көрсетіледі.

Синтезированы новые термочувствительные сополимеры на основе винилового эфира этиленгликоля и N-изопропилакриламида, установлены основные закономерности их образования, проведен статистический расчет распределения молекулярных звеньев в макромолекулах сополимеров.

The new thermosensitive copolymers on the basis of vinyl ether ethylene glycol are synthesized. The basic formation regularities are set. The statistic account of molecule links distribution in macromolecules of so polymers is carried out.

В последние годы отчетливо проявляется интерес исследователей ведущих научных центров к полимерным гидрогелям - редкосшитым гидрофильным полимерам, способным удерживать значительные объемы воды [1, 2]. При этом экстремально большое изменение объема в десятки и сотни раз, связанное с их способностью набухать, или коллапси-

ровать, под действием различных факторов, может быть вызвано незначительными вариациями внешних параметров - температуры, рН, ионной силы раствора и др. Однако, судя по опубликованным данным, спектр известных водонабухающих полимеров, способных адекватно реагировать на внешнее воздействие, довольно узок и пред-

ставлен, главным образом, полимерными производными акриловой и метакриловой кислот, акриламида, N-винилпирролидона и т.д. [1,2]. Среди стимул-чувствительных полимеров особое значение придается термочувствительным, в связи с перспективой их практического использования в различных областях медицины и биологии, электроники и т.п. Обладающие термочувствительным свойством гидрогели обычно представляют собой полимерные сетки, содержащие как гидрофильные, так и гидрофобные мономерные фрагменты, или звенья [1]. Целью настоящей работы является получение новых термочувствительных полимеров линейной и сетчатой структуры на основе винилового эфира этиленгликоля (ВЭЭГ) и N-изопропилакриламид (НИПАА)].

Новые полимеры получали радикальной сополимеризацией

ВЭЭГ и N-изопропилакриламид (НИПАА). Процесс полимеризации осуществляли при вещественном иницировании (термораспадом ДАК), а также под действием γ -излучения.

На рис. 1 представлены данные по кинетике бинарной сополимеризации ВЭЭГ с НИПАА/, полученные методом дилатометрии. Видно, что изученная система проявляет кинетические особенности, характерные для сополимеризации сомономеров с резким различием в реакционной способности. Скорость таких процессов определяется концентрацией в реакционной смеси более активного компонента, в данном случае НИПАА. По мере исчерпания НИПАА конверсией, скорость реакции существенно замедляется, и на кинетических кривых обнаруживается явление «предела полимеризации», при котором увеличение продолжительности реакции не сопровождается повышением выхода сополимера.

А1 ло вл кл Ж! шш яд јеа якгш 1»**

Рисунок 1. Кинетика бинарной сополимеризации ВЭЭГ-НИПАА
Состав мономерной смеси:

[M1]:[M2] 1-90:10 2-80:20 [ДАК]= $2 \cdot 10^{-2}$ моль/л T-60 °C

Состав полимеров, выделенных на начальных стадиях конверсии, был определен по результатам ПМР-спектроскопии и элементного анализа. На основании данных по составам сополимеров рассчитаны константы сополимеризации: r_1 (ВЭЭГУ) $0,02 \pm 0,01$; r_2 (НИПАА) $= 2,85 \pm 0,01$ и статистические параметры распределения мономерных звеньев в макромолекулах сополимеров, а также кривые композиционного распределения по составу полученных сополимеров.

Для полученных линейных сополимеров ВЭЭГ-НИПАА было изучено их гидродинамическое поведение. Установлено, что с повышением температуры приведенная вязкость η_{sp}/c растворов уменьшается, что, очевидно, связано с ухудшением термодинамического качества растворителя из-за разрушения водородных связей полимер-растворителя, а также с усилением гидрофобных взаимодействий. Одновременное влияние двух факторов стабилизирует более компактные конформации макромолекул при повышении температуры.

Диаграммы фазового состояния для водных растворов сополимеров ВЭЭГ-НИПАА различного состава представлены на рис. 2, по ним видно, что для данных сополимеров характерны нижние критические температуры растворения (НКТР). Видно, что значения последних

можно регулировать в достаточно широких пределах, а именно: с увеличением содержания в составе сополимеров гидрофобных звеньев НИПАА значение НКТР снижается с 319К до 310К. Следовательно, линейные сополимеры ВЭЭГ-НИПАА проявляют заметную чувствительность к воздействию температуры.

Сшитые сополимеры ВЭЭГ-НИПАА были синтезированы методом трехмерной γ -инициированной сополимеризации с использованием дивинилового эфира диэтиленгликоля (ДВЭДЭГ) в качестве сшивающего агента.

На рисунках 3,4 представлены температурные зависимости набухающего отношения для полученных полимерных сеток ВЭЭГ-НИПАА различного состава, из которых видно, что для новых, полимерных гидрогелей характерно явление термоиндуцируемого коллапса - достаточно резкого изменения объема при повышении температуры. Кроме того, из полученных данных следует, что параметры термочувствительного поведения гидрогелей существенно зависят от условий синтеза, а также от плотности сшивания полимерной сетки. При переходе от сильно сшитых гелей (с низким значением равновесной степени набухания α) к сеткам с более высокой величиной α (с низкой плотностью сшивания) коллапс заметно обостряется и протекает в более узком интервале из-

менений температур. В то же время повышение содержания НИПАА в составе полимерной сетки на 4 мол.% мало влияет на температуру перехода из набухшего состояния в сконденсированное. Эти данные хорошо коррелируют с результатами, полученными

при исследовании фазовых диаграмм в системе линейный полимер-вода. Можно предположить, что при более высоком содержании НИПАА в составе сеток температура перехода будет более заметно сдвигаться в область низких значений, аналогично изменению величины НКТР.

mX

» — —

Рисунок 2. Диаграмма фазового состояния для водных растворов сополимеров ВЭЭГ- НИПАА

Состав сополимеров, мол.%

1 -ВЭЭГ-НИПАА 40,2:59,8

2 - ВЭЭГ-НИПАА 36,1:63,9

3-ВЭЭГ-НИПАА 21,0:79,0

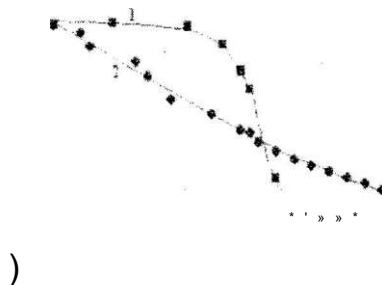


Рисунок 3. Температурная зависимость величины V/V_0 для гидрогелей сополимеров ВЭЭГ-НИПАА

Состав сополимеров: [ВЭЭГ] : [НИПАА]=40,2:59,8 (мол.%)

m.-

«...»I..

Рисунок 4. Температурная зависимость величины V/V_0 для гидрогелей сополимеров ВЭЭГ-НИПАА

Состав сополимеров:

[ВЭЭГ] : [НИПАА]=36,1:63,9 (мол.%)

Таким образом, в работе осуществлен синтез новых термочувствительных сополимеров ВЭЭГ-НИПАА линейной и сетчатой структуры. Установлены основные закономерности их образования, проведен статистический расчет распределения молекулярных звеньев в макромолекулах сополимеров, изучены гидродинамическое поведение линейных сополимеров в растворе, а также набухающие характеристики для полимерных сеток на их основе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галаев И.Ю. «Умные» полимеры в биотехнологии и медицине. - Успехи химии. -1995. -Т. 64. -№5. -С 505-524.
2. Osada Y., Okuzaki H.I., Ggong J.P. Elektro- driven gel actuators. Trends in Polymer Science., 1994. V.2. P. 61-66.

УДК. 622.272

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДАВЛЕНИЯ ПРОДУКТОВ ДЕТОНАЦИИ ПРИ РАССРЕДОТОЧЕННЫХ ЗАРЯДАХ

Х.А. Юсупов

*Казахский национальный технический университет
им. К. И. Сатпаева*

Бұл мақалада өндіріс орнында өткізілген аттыру жұмыстарының арқасында алынған қопару жұмысы сапасының үдірістерге байланысты орыс тіліне келтірілген.

В статье приведены полученные зависимости качества отбойки от ее параметров по результатам экспериментальных условий.

In the article the qualities, obtained to dependence, from it of parameters by results of experimental conditions are indicated.

Детонация взрывчатых веществ (ВВ) во многих случаях возбуждается ударной волной, создаваемой тем или иным способом в колонковом заряде. Ударная волна инициирует детонацию в тех случаях, когда первоначально процесс в заряде возбуждается в форме горения, которое может через несколько стадий перейти в детонационную форму взрыва. Механизм возбуждения детонации ударной волны сводится к следующему. При взрыве возникшая ударная волна создает в пассивной части рассредоточенного колонкового заряда ВВ зону сжатия конечных размеров, в которой сра-

зу же за фронтом ударной волны возникают экзотермические химические реакции. Для неоднородных взрывчатых систем (прессованные и литые заряды и т.д.) наиболее высокая скорость химических реакций проявляется в горячих точках, как известно, являющихся наиболее вероятными очагами взрыва [1].

Для рассматриваемых рассредоточенных зарядов причинами возникновения горячих точек могут быть:

1) трение между кристаллами и твердыми частицами компонентов взрывчатой системы;

2) вязкостный разогрев в ре-

зультате быстрого течения вещества;

3) трение на поверхности сдвига при прочностном разрушении локального объема под действием касательных напряжений;

4) взаимодействие элементарных косых ударных волн, возникших в результате неоднородности системы;

5) адиабатное сжатие газовых включений.

Если параметры ударной волны, возникающие во взрывчатой системе, выше некоторых критических значений, то в заряде возбуждается детонация. Критическое давление обычно составляет $(10^{-4} \text{--} 10^{-5}) \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2$, а температура разогрева в горячих точках достигает $700\text{--}1800^\circ \text{ К}$.

Очаги, образовавшиеся в горячих точках, укрупняются и сливаются. Энергия химических реакций в очагах поддерживает и даже усиливает распространяющуюся по заряду ударную волну. Передача энергии из очагов химических реакций осуществляется сильными волнами сжатия или вторичными ударными волнами, возникшими за счет быстрых химических реакций и взрывов в очагах.

Предельные условия инициирования в работе [2] охарактеризованы интегрально - минимальная интенсивность ударной волны, способная еще возбудить детонацию. Так как параметры ударной волны связаны между собой гидродинамическими зависимостями, то ее интенсивность можно охарактеризовать одним давлением.

Согласно принципу Харитона [1,3] об устойчивом распространении детонации по заряду, следует, что устойчивая детонация в заряде возможна в том случае, если время химической реакции больше времени движения боковой волны разрежения к центральным частям заряда, энергия которой передается во фронт ударной волны и поддерживает ее интенсивность на необходимом уровне.

Время химических реакций в установившейся детонационной волне t меньше времени возбуждения и развития химических реакций в зоне сжатия, которое определяется природой и физическим состоянием взрывчатого вещества.

Взрывчатые системы обладают способностью противостоять внешним воздействиям, протекающим в той или иной форме, результатом которых является взрыв. Эти внешние воздействия, вызывающие взрыв, называются начальным импульсом или инициирующим импульсом. Известно, что взрывчатые вещества различаются по чувствительности к внешним воздействиям. Чем меньше воздействие, необходимое для возбуждения взрыва, тем больше чувствительность ВВ.

Поэтому чувствительность ВВ к внешним воздействиям должна характеризоваться минимальной величиной начального импульса, который при определенных условиях требуется для возбуждения устойчивой детонации в пассивной части рассредоточенного заряда. Однако количе-

. [во энергии, необходимое для возбуждения взрыва, даже для одного и того же ВВ, при заданном его состоянии непостоянно и меняется в зависимости от вида начального импульса и характера передачи воздействия взрывчатому веществу. При этом для устойчивой передачи детонации через влияние от активной части рассредоточенного колонкового заряда к его пассивной части требуются импульсы, существенно отличающиеся по интенсивности при изменении величины воздушного промежутка в полости заряда.

Исходя из вышеизложенного, можно утверждать, что основными факторами, влияющими на передачу детонации через влияние за счет ударно-волнового воздействия, являются масса заряда, давление продуктов детонации, начальный импульс, скорость ударной волны или массовая скорость, образующаяся при инициировании активной части рассредоточенного колонкового заряда.

Влияние давления продуктов детонации на передачу детонации через влияние за счет ударно-волнового воздействия между отдельными частями рассредоточенного колонкового заряда рассмотрим ниже. При взрыве активного заряда детонация передается к пассивному. При этом давление продуктов детонации будет изменяться в зависимости от величины воздушного промежутка. Считаем, что скорость осевого разлета продуктов детонации выше скорости движения границы "продукты взрыва - порода".

Длину инициирующего активного заряда обозначаем l_1 , длину воздушного промежутка - $l_{ви}$, длину пассивного заряда - l_2 .

Считаем, что изменение давления продуктов детонации в полости колонкового заряда ВВ происходит по адиабатическому закону:

$$PV^n = \text{const}, \quad (1)$$

где P - давление продуктов детонации, кг/см²; V - объем продуктов детонации, см³; n - показатель политропы.

Если принять P_0 и V - первоначальные давления и объем продуктов взрыва, то текущие значения давления P_x и объема V_x будут связаны следующей формулой:

Тогда из равенства (2) получим зависимость текущего давления от текущего объема, занимаемого продуктами взрыва при известных начальных значениях давления и объема продуктов взрыва:

$$P_x f P_0 W \quad (3)$$

Поскольку шпуровой заряд имеет цилиндрическую форму, то его первоначальный объем равен

(4)

где r_3 - радиус заряда, равный радиусу шпура, см.

L^* - длина активного заряда, см.
Текущий объем продуктов

взрыва определим формулой:

$$V \cdot r^{\alpha} + x); \quad (5)$$

здесь x - текущая координата раздела продуктов детонации в пределах воздушного промежутка ($x < 1_{вп}$).

Подставляя (4) и (5) в уравнение (3), получим

$$P = W W'' \quad (6)$$

Однако при проведении опытных взрывов по передаче детонации между отдельными частями рассредоточенного заряда забойка в полости шнура не ставилась. В этом случае распространение продуктов детонации будет происходить в обоих направлениях. Поэтому для определения давления продуктов детонации при подходе ударной волны к пассивной части заряда необходимо в формуле (6) принять $x < 21_{вп}$, т.е.

$$P_x = P_{i, Г_{аз}} \cdot (1 + 21_{вп})^{\alpha}. \quad (7)$$

Первоначальное значение давления P_n , возникающее при инициировании 1 кг ВВ, рассчитывается из выражения, полученного из основного закона Бойля - Мариота и Гей-Люссака по формуле [4]

$$P_n = P_0 V_0 T_{РВВ} / (1 - \alpha_p / 273), \quad (8)$$

где P_0 - нормальное атмосферное давление при температуре 0°C ,

$$P = 1,01 \cdot 10^5,$$

V_0 - объем газов взрыва ВВ, при температуре 0°C и давлении P_0 ; T - температура взрыва, считая от абсолютного нуля, K ; ρ , - плотность заряжения, $\text{кг} / \text{м}^3$; a - новолем газов взрыва; $\rho_{ВВ}$ - плотность ВВ, $\text{кг} / \text{м}^3$.

Но в формуле (8) необходимо учесть вес инициирующего активного заряда t ; (рис 1), тогда

$$P_n = T \cdot P_0 Y_0 T_{РВВ} / (1 - \alpha_{P,i}) \cdot 273. \quad (9)$$

Новолем газов взрыва при плотности до $1 \text{ г} / \text{см}^3$:

$$a = 0,001 V_0; \quad (10)$$

при плотности более $1 \text{ г} / \text{см}^3$:

$$a = 0,0006 V_0. \quad (11)$$

Плотность заряжения

$$\rho = \rho_{ГЗ} \cdot d_n^2 / d_{ш}^2, \quad (12)$$

где d_n - диаметр патрона, см ;

$d_{ш}$ - диаметр шнура, см .

Формула (7) с учетом (9) примет следующий вид:

$$P_x = P_{i, рда} \cdot D \cdot 1 \cdot x \cdot P_{i, Г} \cdot 273 \cdot 0,3 \cdot (1 + 21_{ш}) \cdot Г, \text{ОЗ}$$

Длину заряда при заданном весе заряда $m_{i,j}$ и диаметре шнура d_m определяем из соотношения

$$m_{i,j} = \rho_{ГЗ} \cdot Y = \rho_{ГЗ} \cdot d^2 \cdot l_{ш} \cdot \gamma \quad (14)$$

откуда

$$l_{ш} = 4 T D T_{ш P_3}. \quad (15)$$

Таким образом, используя закон изменения давления в зарядной камере при передаче детонации в шпуре и результаты ранее проведенных опытов по установлению расстояния передачи детонации между активными и пассивными частями заряда, разделенного воздушными промежутками, можно дать оценку инициирующему давлению в полости колонкового заряда.

В таблицах 1 и 2 приведены

$$P = (97,66 + 142,26 t_{\text{ц}} - 54,621 t_{\text{вп}} + 256,70 t_{\text{з}}^2 - 131,98 P_{\text{вп}} + 78,06 t_{\text{з}}) \cdot 10^6, \quad (16)$$

для гранулита АС-8

$$P = (441,25 + 225,63 t_{\text{з}} - 376,811 t_{\text{вп}} + 344,29 t_{\text{з}}^2 - 23,851^2 t_{\text{вп}} + 87,33 t_{\text{з}}) \cdot 10^6. \quad (17)$$

Давление детонационной волны в заряде в плоскости Чепмена-Жуге рассчитывается по формуле

$$p = p_i \cdot D^2 / (n+1). \quad (18)$$

Коэффициент политропы определяем по формуле:

$$n = \frac{D}{p \cdot 5^2 \cdot a} \quad (19)$$

где D - скорость детонации ВВ, м/сек; Q - удельная теплота взрыва, ккал/ кг.

расчетные значения давления продуктов детонации аммонита 6 ЖВ и гранулита АС -8 для различных величин воздушных промежутков в полости колонкового заряда.

Статистической обработкой данных таблиц 1 и 2 получены эмпирические формулы для определения давления от веса активного заряда $t_{\text{з}}$ и величины воздушного промежутка $t_{\text{вп}}$:

Для аммонита 6 ЖВ

Плотность ВВ в детонационной волне

$$C'' = 4/3 c \quad (20)$$

В ударной детонационной волне давление вдвое выше, чем давление P_d в конце зоны реакции, т.е. на заднем фронте детонационной волны. Давление P_d , в свою очередь, вдвое выше стационарного давления мгновенного взрыва вычисляемого по формуле (8).

ЛИТЕРАТУРА

1. Физика взрыва. - М.: Наука, 1975.
2. Баум Ф.А., Станюкович К.П., Шехтер Б.И., Физика взрыва. - М.: Физматгиз, 1959.
3. Харитон Ю.Б. Сборник по теории взрывчатых веществ. - М.: Оборонгиз, - 1940.
4. Беляев А.Ф. Горение, детонация и работа взрыва конденсированных систем. - М.: Наука, 1968.

Таблица 1

Давление продуктов детонации аммонита 6 ЖВ в полости рассредоточенного колонкового заряда

Масса заряда (m-i), кг	Длина активного заряда (lаз), см	Давление продуктов детонации $P \cdot 10^6$, Па (X - БВП)						
		Длина воздушного промежутка (X - ЛВИТ), см						
		X=0	X=30	X=60	X=90	X=120	X=150	X=160
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,050	5	155.2	3,088	0,652	0,388	0,186		
0,100	10	310.4	11.422	3,352	1,893	1.304	0,776	0,776
0,150	15	495,6	32,115	11.597	5,352	4,113	3,023	2,082
0.200	20	620.8	58.790	21.914	12,354	8.443	5,153	5,153
0.300	30	931	141,326	60,329	32.864	18,527	15.455	15.455
0.400	40	1242	261,565	117.617	67.192	43.843	29,063	29.063
0.500	50	1552	399,330	189.189	118,262	76.203	47.786	48.267
0.600	60	1863	573.245	282,803	176.426	120.722	82.531	82.531
0,700	70	2173	762.288	400.701	249.460	178.621	129,076	129.076
0,800	80	2483	954.714	522,920	320.555	235.140	174,803	160.898
0,900	90	2794	1172.362	665,251	424.129	301.473	229,667	212.903
1,000	100	3104	1376,934	798,659	546,304	378,378	293,949	274,083

ю
со

з
з\

X
1C
X
>

зs
00

0
V
x
V

Таблица 2

Расчетные значения давления продуктов детонации гранулита АС-8 в полости рассредоточенного колонкового заряда

Масса заряда (пъ), кг	Длина активного заряда (1аЛ, см)	Давление продуктов детонации $P^* 10 \Gamma a_n (X - L^m)$						
		Длина воздушного промежутка $(X - W)$, см						
		X=0	X=30	X=60	X=90	X=120	X=150	X=160
1	0	3	4	5	6	7	8	9
0.100	10	231	16.216	5,567	3,465	2,541	1.686	1,686
0.150	15	346	36.33	15.708	8.339	6.712	5.19	3,806
0.200	20	462	66,297	29.429	18.388	13,444	8.963	8.963
0.300	30	692	146.496	72,66	44,080	27.542	23,736	23.736
0.400	40	923	255,857	132,451	83,624	58.795	41.904	41,904
0.500	50	1154	377,243	203,912	138,48	96,474	73,510	66,240
0.600	60	1385	524.777	293,205	198,748	145.425	106,368	106.368
0.700	70	1616	681.952	401,576	271,811	206,363	157.883	157.883
0.800	80	1847	840.754	511,988	342,249	265,045	207,603	193,935
0.900	90	2078	1016.350	637,530	439,913	332.272	265.361	249.36
1.000	100	2309	1182.208	754,812	552,313	407.308	331.342	313,100

%, УДК 504.065 (574)

I АКТУАЛЬНОСТЬ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ РАКЕТНО- II КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В И РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Ю.Г. Перменев, С.Е. Батырбекова.

§§§ Г.Д. Зоров, М.К. Наурызбаев

||| *Центр физико-химических методов исследования и анализа Казахского национального университета им. аль-Фараби*

' . *Ракета-космети калың қызмет әрекетін жасауда экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз сумақсатында РФ үкіметі 11.11.96 №1310 «РФ қарулы күштерінің қызметінде экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етудегі бірінші кезектегі шаралар» туралы қаулы қабылдады және экологиялық қауіпсіздік саласындағы зерттеулер бойынша бірнеше Ресей-Қазақстан бағдарламасы жасалынды.*

В целях обеспечения экологической безопасности при осуществлении деятельности ракетно-космической техники правительством РФ принято постановление от 11.11.96 №1310 О первоочередных мероприятиях по обеспечению экологической безопасности при осуществлении деятельности Вооруженных Сил РФ" и разработан ряд Российско-Казахстанских программ по проведению исследований в области экологической безопасности.

For the purpose of ecological safety supply when using cosmo-rocket ecptiforment by the Russian Federation government, Deciee № 1310 dated 11.1 J. 96 "About first act events on ecological safety supply when canying out the Russian Federation military forces activity" was adopted, and a row of Russia-Kazakhstan pmgrammes of conducting research in the field of ecological safety, was worked out.

Развитие космической деятельности сопряжено не только с новыми открытиями, достижениями и прогрессом цивилизации, но и с ее все возрастающим негативным влиянием на ближний космос, атмосферу и поверхность Земли. Нарушение природных характеристик ближнего космоса, наличие «космического мусора», загрязнение синтетически-

ми соединениями, неизвестными в природе, территорий, непосредственно прилегающих к местам расположения ракетных пусковых установок, и земель, отторгнутых под районы падений остаточных частей степеней ракет-носителей, - это лишь часть экологических проблем, возникших с появлением ракетно-космической деятельности.

Расположение стартовых площадок таково, что трассы пусков ракет-носителей проходят, главным образом, над сушей. Вследствие этого территории площадью десятки тысяч квадратных километров подвержены воздействию компонентов ракетного топлива (КРТ) и их производных. Из хозяйственного обращения в Казахстане выведены площади под космодром «Байконур» - 6,7 тыс. квадратных километров и 22 эллипса падения первых ступеней ракет-носителей (РН) - 46 тыс. квадратных километров.

С начала функционирования космодрома «Байконур» (1955–56 гг.) и по настоящее время проведено около 2 тыс. различных запусков, в среднем 45 пусков в год.

Среди жидких ракетных топлив, используемых для наиболее тяжелых ракет-носителей, в частности, «Протон», «Рокот», «Циклон», которые используются для запуска ракет на космодроме «Байконур», наиболее токсичным является несимметричный диметилгидразин

(НДМГ). НДМГ, относящийся к группе канцерогенных и мутагенных агентов первого класса, в 6 раз по токсичности превосходит синильную кислоту и ее соли. Продукты его превращения: нитрозодиметиламин, тетраметилтетразен, диметиламин, формальдегид - также высокотоксичные соединения.

По Российским данным, падение первых ступеней ракет-носителей «Протон», «Космос», «Циклон» с высоты 50 и 120 км. сопровождается проливом на грунт или водоемы от 0.6 до 4 тонн диметилгидразина и до 4 тонн азотных окислителей, которые относятся к 1 классу соединений по санитарной опасности. Кроме того, по интенсивности сжигания топлива работа только первой степени ракеты эквивалентна работе 1 млн автомобилей, а по уровню загрязнения - 100 тыс. автомобилей, площадь нарушения природного равновесия составляет свыше 1 млн. квадратных километров. При этом каждый запуск сопровождается примерно 20%-ным снижением массового содержания кислорода в воздухе.

Степень загрязнения окружающей среды в местах падения отдельных частей ракет-носителей зависит от сочетания техногенных и природных факторов, в том числе, климатических условий, состояния и свойств природной среды. Так, в глине, загрязненной НДМГ,

протекают процессы трансформации, приводящие к его превращению в различные азотсодержащие продукты, такие, как метилтриазол, диметилтриазол, N, N-диметилформамид и гуанидин. Эти продукты растворимы и могут мигрировать под действием грунтовых и почвенных вод, в результате чего загрязненная территория может увеличиться приблизительно в пять раз.

Загрязнение почв НДМГ создает опасность стойких изменений функционирования экосистем, нарушая биотические процессы и изменяя численность и видовой состав микробных и растительных сообществ. За одни сутки полтора литра из пятна проливали аэрогенного следа распространяется водным путем на расстояние 50-80 км, а ветром на сотни и тысячи километров.

На сегодня пока не найдены эффективные методы обезвреживания НДМГ и продуктов его распада. По данным ученых, длительность самоочищения почв от диметилгидразина составляет 34 года, керосина - 5 лет.

В целях обеспечения экологической безопасности при осуществлении деятельности ракетно-космической техники правительством РФ принято постановление от 11.11.96 № 1310 «О первоочередных мероприятиях по обеспечению экологической безопасности при осуществлении деятельности Вооруженных Сил РФ» и разработан ряд Российско-Казахстанских программ по проведению исследований в

области экологической безопасности.

Центр физико-химических методов исследования и анализа включен исполнителем научно-исследовательских работ по следующим программам:

1. Совместная Российско-Казахстанская программа научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по оценке воздействия и уменьшению вредного влияния запусков РН «Протон» на окружающую среду 1999-2001 (Российское космическое агентство и МЭиМР РК).

2. Республиканская целевая научно-техническая программа «Оценка влияния запусков ракет-носителей с космодрома «Байконур» на окружающую среду» 2000-2004 (МЭиМР РК).

3. Программа совместных Российско-Казахстанских работ по исследованию и использованию космического пространства, утвержденная Генеральным директором Российского авиационно-космического агентства Ю.Н.Коптевым и Министром энергетики и минеральных ресурсов РК В.С.Школьником 22 февраля 2000 г.

Исследования, проводимые в республике по указанным проблемам, являются только началом той большой и ответственной работы, которая поставлена перед учеными. Последствия, с которыми столкнется человечество в результате деятельности полигонов, сегодня непредсказуемы, они могут

№ 1, 2002г.

космодрома «Байконур», для нас белыми пятнами остаются полигоны «Сарышаган», «Эмба», лелно-испытательные полигоны, казахстанская часть ракетно-ядерного полигона «Капустин Яр», ракетные дивизии, располагавшиеся в районах гг. Тараза, Державинска, Жангизтобе и других местах, действующие с 1965 по 1996 гг., а некоторые и по настоящее время, оснащенные современными тяжелыми ракетами. Влиянию ракетно-космической деятельности в целом подвергается примерно 1/3 часть всей территории Казахстана.

В связи с вышеизложенным Центр физико-химических методов исследования и анализа считает весьма актуальным постановку исследований по влиянию ракетно-космической деятельности на объекты окружающей среды по следующим основным направлениям:

1) исследования динамики химических и фазовых превращений, загрязняющих выбросов, обусловленных штатной эксплуатацией РКК;

2) состояние почвенного покрова и почв, природных ландшафтов, загрязненных остатками ракетного топлива;

3) влияние НДМГ и его производных на видовой состав почвенных микроорганизмов и выявление микроорганизмов-деструкторов;

4) действие НДМГ и его производных на растения и выявление растений-гипераккумуляторов для фиторемедиации загрязненных тер-

риторий;

5) разработка био.топг-гг-)-.*@ методов очистки загрязненных ~ :як

6) разработка химических методов очистки загрязненных ~ :чв:

7) влияние ракетного т:~лги-ва на животный мир (изучение разнообразия животных на зудо-ненной территории);

8) исследование механизмов® токсического действия НДМГ и его производных на живой :ггз-низм в эксперименте (морф;::гн-ческие, биохимические, лиг-:хи-мические показатели, состслЕме биомембран);

9) изучение мутагеннсн активности НДМГ и его произЕ: ннъя на различных биологг-:?:»а тест-объектах (микрооргаитчы растения, животные);

10) поиск веществ-претек: ø" ров токсического и мутаген-:::го действия НДМГ и его произЕс-п-т<x::

11) проведение непергрозного мониторинга состояния окг•.та-ющей среды на террит:-чи... прилегающих к полигону

Проведенный, таким комплекс научно-исслед: в^телыг-ких работ, направленных Ні :жза-ну окружающей среды. пгм:жгг выйти на решение основных, ттрв-блем экологической безенынссш эксплуатации ракетно-косминеязш комплексов и направит рлгеталь космическую деятельность г.: .эаи-лизованному пути развит?:?

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621.3 16:3

1 КОНТРОЛЬ ПОЛНОЙ ПРОВОДИМОСТИ \ ИЗОЛЯЦИИ И ТОКА ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 6 - 10 КВ МЕТОДОМ н ЛОГАРИФМИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

**Б.Б. Утегулов, А.Б. Утегулов,
 Д.Б. Махметов, А.М. Шынтемир**

•_s *Павлодарский государственный университет
 им. С. Торайгырова*

III *Қалыпты қуынымдағы олием нақтылығын котеру мақсатында
 изоляцияның толық өтімділігі мен логарифмикалық өзгерістегі 6 - 10 кВ
 қуаттылығымен тоқтың 1 фазалық ток соғысының математикалық
 моделін анықтауы беріледі.*

*Разработана математическая модель определения полной
 проводимости изоляции и тока однофазного замыкания на землю в сетях
 напряжением 6-10 кВ путем логарифмического преобразования, с целью
 повышения точности искомых величин.*

*The mathematical model of definition of isolation's complete conductivity
 and current of single-phase short circuit on ground in networks by a voltage 6 -
 10 kV is developed by logarithmic transformation, with the purpose of increase of
 accuracy of required sizes.*

1. Метод определения полной проводимости изоляции и тока одно- фазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью напряже- нием выше 1000 В

Для обеспечения роста уровня работаны косвенные методы опре-
 электробезопасности и повышения деления параметров изоляции и тока
 надежности системы электробезо однофазного замыкания на землю.
 пасности энергетических, промыш- Анализ исследований методов
 ленных и горных предприятий раз- определения параметров изоляции и

тока однофазного замыкания на землю показал их значительную раз-
новидность, как по исполнению
схемных, так и по трудоемкости ис-
пользования в электроустановках.
Это обусловлено различием матема-
тических формул, по которым опре-
деляются параметры изоляции и
тока однофазного замыкания на
землю.

В настоящее время нашел ши-
рокое применение метод определе-
ния тока однофазного замыкания на
землю и полной проводимости изо-
ляции в сети с изолированной нейт-
ралю напряжением выше 1000 В.

Метод основан на измерении
величин модулей линейного напря-
жения - $U_{л}$, напряжения фазы отно-
сительно земли - E_{J} , напряжения
нулевой последовательности U_0 ,
после подключения между одной из
фаз электрической сети и землей до-
полнительной емкостной проводи-
мости - b .

По измеренным величинам
модулей линейного напряжения,
напряжения фазы относительно зем-
ли и напряжения нулевой последо-
вательности после подключения
между одной из фаз электрической
сети и землей дополнительной емко-
стной проводимости определяют:

- полную проводимость изоля-
ции сети

$$i . c \quad (I)$$

- ток однофазного замыкания
на землю

$$1 \quad i , \cdot i_{\text{фо}} \quad B_0 \quad (2)$$

Разработанный метод опреде-
ления полной проводимости сети и
тока однофазного замыкания на зем-
лю поясняется схемой электрической
принципиальной (рисунок I) содер-
жащей: трехфазную электрическую
сеть с фазами А, В, и С; трансформа-
тор напряжения TV - типа НТМИ 6
(10); вольтметр, измеряющий величи-
ну линейного напряжения - PV1;
вольтметр, измеряющий величину
напряжения фазы относительно зем-
ли PV2; вольтметр, измеряющий ве-
личину напряжения нулевой после-
довательности - PV3; выключатель
нагрузки, дополнительную емкост-
ную проводимость между фазой А
электрической сети и землей - QF;
полную проводимость изоляции сети
Y; дополнительную емкостную
проводимость - B.

Метод имеет существенныс
недостатки, так как само косвенное
определение подразумевает визуаль-
ное снятие значений напряжения
фазы относительно земли, линейно-
го напряжения, значение напряже-
ния нулевой последовательности и
т.д., а также ручные расчеты, что
ведет к потере оперативности полу-
чения необходимых выводов, к сни-
жению надежности системы опреде-
ления электробезопасности, к затра-

там человеческих ресурсов, следовательно и к материальным затратам,

На основе вышеизложенного необходимо разработать мик-

ропроцессорное устройство контроля параметров изоляции и тока однофазного замыкания на землю в сетях напряжением выше 1000 В.

Схема электрическая принципиальная метода определения полной проводимости сети и тока однофазного замыкания на землю

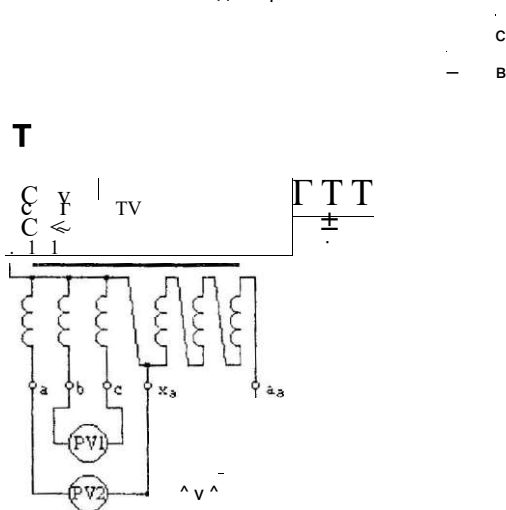


Рисунок 1

2. Разработка математической модели контроля полной проводимости изоляции и тока однофазного замыкания на землю в сети 6 - 10 кВ методом логарифмических преобразований

Проблема состоит в том, что значения сигналов $11_{\text{ф0}}$ и U_0 , входящих в формулы определения полной проводимости (1) и тока однофазного замыкания на землю (2), изменяются в широком диапазоне: от 0 до 100 В. Это создает определенные трудности при схемном проектировании, так как динамический диапазон схемы зависит от диапазона каждого элемента схемы. Выполнение арифметических операций умножения и деления при параметрах, из-

меняющихся в диапазоне от 0 до 100 В, также являются препятствием при схемной реализации. Многие из этих проблем можно избежать и свести до минимума путем использования логарифмически преобразователей, которые, как правило, сжимают динамический диапазон сигнала, обрабатывают его в сжатой форме, а затем при необходимости растягивают его при помощи обратных преобразований.

Путем использования логарифмических преобразований

Nq 1, 2002г.

рифмических схем производятся арифметические операции с использованием следующих тождеств:

$$X \cdot Y = e^{(\ln X + \ln Y)} \quad (3)$$

$$\frac{X}{Y} = e^{(\ln X - \ln Y)} \quad (4)$$

Уравнения (1) и (2) преобразуем в соответствии с математическими зависимостями (3) и (4)

$$\ln Y = \ln U_{\text{ф0}} - \ln U_0 + \ln b_0, \quad (5)$$

3. Структурная схема логарифмического преобразователя

Логарифмический преобразователь (рисунок 2) состоит из:

U_1, U_2, U_3 -- трех логарифмических усилителей;

S_1 - сумматора;

S_2 - вычитателя;

U_4 - антилогарифмического усилителя.

Все три значения напряжения U_1, U_2, U_3 поступают на логарифмические усилители U_1, U_2, U_3 соответственно. С выхода усилителей сигналы значениями $\ln U_1, \ln U_2, \ln U_3$ поступают на сумматор S_1 . С выхода сумматора S_1 и с выхода усилителя U_3 сигналы значениями $\ln U_1 + \ln U_2$ и $\ln U_3$ соответственно поступают на вычитатель S_2 . С выхода

$\ln U_1 + \ln U_2 - \ln U_3$ поступает сигнал

Полученные уравнения (6) позволяют значительно упростить схемные решения при разработке микропроцессорного устройства определения полной мощности изоляции и тока короткого замыкания на землю в сетях с напряжением 6 - 10 кВ. Устройство состоит в том, что в нем используется устройство, выполняющее математические операции сложения и вычитания.

вычитателя S_2 , сигнал значениями $\ln U_1 + \ln U_2 - \ln U_3$ поступает на антилогарифмический усилитель U_4 . И наконец, с выхода антилогарифмического усилителя U_4 мы получаем значение I_0 .

Эта схема верна как для формулы (5), так и для формул (6). Только во втором случае с усилителя U_1 сигнал не снимается, а снимается сигнал Y - проводимости сети. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать устройство для формулы (5).

Значение b_0 пропорционально значению коэффициента усиления антилогарифмического усилителя U_4 .

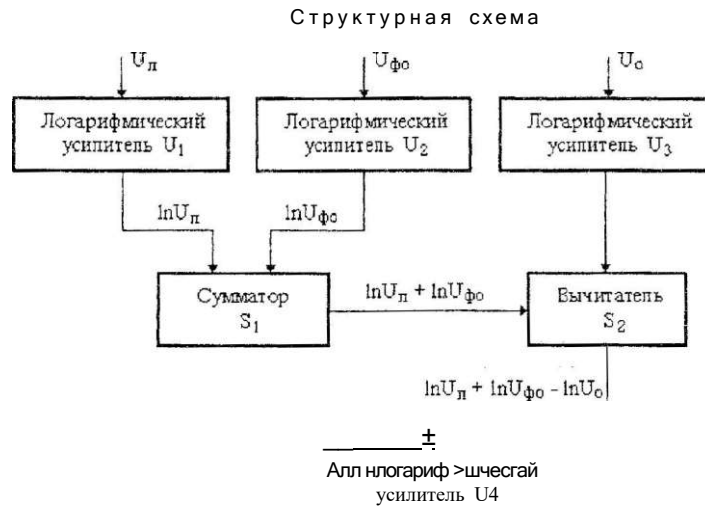


Рисунок 2.

Устройство для определения значений тока однофазного замыкания на землю и полной проводимости изоляции в сети с изолированной нейтралью напряжением выше 1000 В состоит из интегральных микросхем, представляющих собой операционные усилители в различных режимах включения. Отсюда следу-

ет минимальный объем и вес конструкции, минимальные затраты средств на наладку и установку устройства, высокая надежность и помехоустойчивость устройства, а также относительная недороговизна устройства. Структура устройства предполагает универсальность применения, как для формулы (5), так и для формулы (6).

4. Выводы

На основе вышеизложенного в работе сформулированы следующие выводы:

- разработана математическая модель путем логарифмического преобразования математических зависимостей определения полной проводимости изоляции и тока однофазного замыкания на землю в сетях напряжением 6 - 10 кВ;

- для повышения точности оп-

ределения параметров изоляции и тока однофазного замыкания на землю, а также для автоматизации контроля состояния изоляции и защиты электроустановок от однофазного замыкания на землю требуется создать архитектуру микропроцессорного устройства контроля параметров изоляции и тока однофазного замыкания на землю в сетях напряжением выше 1000 В.

УДК 621.633.32

ОПТИМАЛЬНЫЕ КОЛИЧЕСТВО И ЗАГРУЗКА ТРАНСФОРМАТОРОВ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПОДСТАНЦИЙ

Б.Б. Утегулов, Д.Б. Утегулова,

Е.В. Мишина, Г.К. Исабаева

*Павлодарский государственный университет
им.С. Торайгырова*

В.В. Ткаченко, И.В. Кошкин

*Костанайский государственный университет
им.А.Байтурсынова*

ТП 10/0,38 тұтынуларындағы қуштік трансформаторларының оңтайлы санының негіздемесі берілген.. Стандарттың қуштік трансформаторлардың өте пайдалы жүктемесіне талдау жасалған және тұтынушының есептеу жүктемесіне сәйкес келетін стандарттық трансформаторлардың оңтайлы қуатын таңдауы үшін ұйығарылды.

Приведено обоснование оптимального количества силовых трансформаторов в потребительских ТП 10/0,38. Выполнен анализ наиболее выгодной загрузки стандартных силовых трансформаторов и выведено выражение для выбора оптимальной мощности стандартного трансформатора, соответствующего расчетной нагрузке потребителя.

The substantiation of optimum quantity (amount) of power (force) transformers in consumer ТП 10/0,38 is given. The analysis of the optimal loading of standard power (force) transformers is executed and the expression for a choice of optimum capacity of the standard transformer appropriate to settlement loading of the consumer is deduced (removed).

Основной технико-экономической характеристикой трансформатора является величина приведенных затрат, определяющая стоимость трансформации электрической энергии. С помощью этого кри-	терия устанавливается оптимальное соотношение между конструктивными особенностями трансформатора и его рациональным использованием, т.к. приведенные затраты включают в себя как стоимость
--	--

трансформатора, так и годовые издержки на его эксплуатацию.

Рассматриваемые затраты в

$$i_j^{tr} \sim P_{tr}^{\wedge} + \gamma_{\%} \cdot T_{\text{вкл}} + \frac{f_{\text{тах}}}{5} \cdot \frac{P_{\text{к-т-ц}}}{J} \quad (1)$$

где ρ - норма отчислений от стоимости трансформатора; $\rho = E + p_a$;

K_{tr} - стоимость трансформатора, тенге;

$P_{\text{ст}}, P_{\text{к}}$ - потери мощности в трансформаторе (в стали и в обмотках) при номинальных условиях работы, кВт;

$T_{\text{кл}}$ - годовое время включения трансформатора, час;

$S_{\text{тах}}, S_{\text{н}}$ - расчетная и номинальная мощности трансформатора, кВА;

зависимости от максимальной нагрузки трансформатора можно выразить так:

ц_- - стоимость потерь электроэнергии, тенге/кВтЧас.

Используя выражение (1), можно произвести оценку рациональности применения двух трансформаторов вместо одного равноценной мощности. С этой целью следует определить изменение приведенных затрат при переходе от одного трансформатора большей мощности к двум трансформаторам меньшей мощности. Это изменение при данной нагрузке S составит:

$$D3 = \rho \cdot \left(\frac{P_{\text{к1}}}{S_{\text{н1}}} + \frac{P_{\text{к2}}}{S_{\text{н2}}} \right) + T_{\text{кл}} \cdot \text{ц}_- \cdot \left(\frac{1}{S_{\text{н1}}} + \frac{1}{S_{\text{н2}}} \right) \quad (2)$$

где индексы 1 и 2 относятся соответственно к параметрам трансформаторов большей и меньшей мощностей.

Анализ справочных данных [1] позволяет сделать вывод, что для трансформаторов смежных мощностей значения в скобках выражения (2) больше нуля, т.е. $D3 > 0$. Следовательно, замена одного трансформатора на два трансформатора меньшей смежной мощности ведет к увеличению приведенных затрат.

При числе трансформаторов больше двух разница в приведенных затратах увеличивается.

Таким образом, оптимальным вариантом электроснабжения участка площади предприятия будет являться вариант с установкой одного трансформатора максимальной для данной нагрузки мощности.

Наряду с определением зоны рационального использования трансформатора стандартной мощности, можно поставить вопрос о

его наивыгоднейшей загрузке $S_{\text{тонт}}$. Эта нагрузка характеризуется минимальным значением приведенных затрат на трансформацию электрической энергии. Для определения

$S_{\text{тонт}}$ необходимо значение приведенных затрат (1) отнести к передаваемой мощности S и определить условия, при которых удельные затраты имеют минимальное значение.

$$Y_{\partial} \sim \frac{P_{\text{мп}}}{S} \sim \frac{P_{\text{х}} \cdot T_{\text{вкл}} \cdot \mu_{\text{э}}}{S} + \frac{P_{\text{к}} \cdot m \cdot \mu_{\text{э}}}{S^2} \quad (3)$$

Возьмем производную от выражения (3) и приравняем ее нулю.

$$\frac{d Y_{\partial}}{d S} = \frac{P_{\text{х}} \cdot T_{\text{вкл}} \cdot \mu_{\text{э}}}{S^2} - \frac{2 \cdot P_{\text{к}} \cdot m \cdot \mu_{\text{э}}}{S^3} = 0$$

Отсюда наивыгоднейшая нагрузка рассматриваемого трансформатора:

$$S_{\text{тонт}} = \sqrt{\frac{P_{\text{х}} \cdot T_{\text{вкл}} \cdot \mu_{\text{э}}}{2 \cdot P_{\text{к}} \cdot m \cdot \mu_{\text{э}}}} \quad (4)$$

Из выражения (4) можно определить значение стандартной номинальной мощности трансформатора соответствующей оптимальной расчетной нагрузке S_{D} :

$$S_{\text{D}} = S_{\text{тонт}} \cdot \sqrt{2} = \sqrt{\frac{P_{\text{х}} \cdot T_{\text{вкл}} \cdot \mu_{\text{э}}}{P_{\text{к}} \cdot m \cdot \mu_{\text{э}}}} \quad (5)$$

Таким образом, для электроснабжения потребителей с известной нагрузкой S , оптимальным будет являться вариант с установкой одного трансформатора с номинальной мощностью, определенной по выражению (5).

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети / Под. ред. Федорова А.А. и Сербиновского Г.В. - М.: Энергия, 1980. - 576 с.

УДК 621.316.925

ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ В УЗЛАХ С ДВИГАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ

В. А. Бороденко

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

Электр қозғалтқыштары бар қосалғы станциялардағы автоматика құрылғыларын құрастырудың ерекшеліктері қарастырылады.

Рассматриваются особенности построения устройств автоматики на подстанциях с электродвигателями.

The problems of power system automatic unit design arc describes.

Развитие энергосистем одновременно сопровождается качественным и количественным изменением состава нагрузки потребителей: от ограниченного числа асинхронных двигателей малой мощности до появления в узлах нагрузки массивов асинхронных и синхронных электродвигателей (ЭД) большой единичной мощности. Кроме того, увеличивается объем специфических производств с непрерывным технологическим процессом, не допускающих перерывов питания длительностью более 0,5... 1,0 с. Все перечисленное предъявляет повышенные требования к эффективности

функционирования локальных средств противоаварийной автоматики (ПА).

Как следствие, происходит изменение параметрических и структурных характеристик средств ПА в узлах нагрузки - прежде всего автоматики включения резервного питания (АВР) и частотной разгрузки (АЧР).

Быстродействие обычных органов пуска АВР на реле минимального напряжения при перерывах электроснабжения оказывается недостаточным из-за медленного затухания остаточного напряжения на секции с выбегающими ЭД. Для ус-

коренного выявления аварии в этом случае используют тот факт, что изменение уровня частоты остаточного напряжения может быть зафиксировано намного раньше, чем отклонение амплитуды.

Учитывая возможность ложного срабатывания частотных органов АВР в режиме общесистемного снижения частоты вследствие дефицита активной мощности, обычно предлагается блокировать их действие по направлению активной мощности на рабочем вводе. В нормальном режиме и при снижении частоты в энергосистеме активная мощность направлена к потребителю, при потере питания переток мощности по вводу прекращается. Короткое замыкание на питающей линии приводит к тому, что ЭД подстанции переходят в режим генераторов активной и реактивной мощности и подпитывают место неисправности, вследствие чего направление активной мощности на вводе противоположно нормальному.

Рассмотренный принцип пуска АВР реализуется стандартной схемой минимальной защиты частоты с блокировкой по направлению активной мощности [1]. Блокировка по направлению активной мощности на вводе предлагается и для предотвращения ложного действия децентрализованных устройств АЧР, размещенных на объектах с двигательной нагрузкой [2].

Опыт эксплуатации и допол-

нительный анализ выявили некоторые дефекты, органически присущие принципам, положенным в основу описываемых органов ПА.

Так, в условиях совместного выбега ЭД на нескольких подстанциях, связанных через питающую сеть, происходит обмен мощностью между ними: часть ЭД сохраняет двигательный режим, другие переходят в режим генераторов активной мощности, подпитывая остальную нагрузку. Отсюда на вводе некоторых подстанций при понижении уровня частоты будет сохраняться направление активной мощности от источника к ЭД - это ведет к ложному действию устройств АЧР и отказу срабатывания АВР [3].

В энергосистемах малой мощности или дефицитных районах энергосистем зафиксированы случаи, когда при набросе нагрузки приводами мощных прокатных станов понижается системный уровень частоты, а после сброса нагрузки образуется на заметный промежуток времени переток активной мощности в сеть при достаточно низком уровне частоты, отсюда опять-таки возникает вероятность срабатывания АЧР в первом режиме и быстрое действие АВР - во втором.

Переключение мощных тормозящихся синхронных электродвигателей (СД) на резервный источник питания в цикле АВР способно привести к полному погашению подстанции и длительной остановке производства из-за того, что в про-

цессе качаний СД изменяется направление активной мощности на вводе, а значение частоты напряжения на секции ниже уставки автоматики. Наоборот, действие АЧР в данном случае будет неправильным.

Описанные режимы чреваты ущербом прежде всего для производств, в системах электроснабжения которых используются рассматриваемые средства. Однако проведенные исследования дают возможность выделить случаи, когда автоматика с контролем частоты и направления активной мощности отрицательно влияет на сохранение устойчивости энергосистемы при значительном дефиците активной мощности.

Известно [2], что при сокращении общего числа и объема мощности генерирующих станций возрастает число районов и узлов, удовлетворяющих львиную долю потребности по электрическим связям со стороны, и, как следствие, увеличивается вероятность возникновения больших местных дефицитов мощности при аварийном отделении этих узлов и районов.

Отмечалось, что в подобных случаях на протекание переходного процесса положительно влияет увеличение значения эквивалентной механической постоянной инерции нагрузки $t_{зк}$. Поскольку значительная часть генерирующих мощностей отключена, переходный процесс в большей степени начинает опреде-

ляться величиной $t_{зэн}$.

Однако при этом не учитывалось действие локальных средств ПА. Между тем, при глубоком дефиците активной мощности изменение частоты в энергосистеме может происходить со скоростью, равной или даже превышающей аналогичную скорость на выбеге подключенной к секции синхронной машины. Обозначив соотношение эквивалентных постоянных инерции нагрузки и энергосистемы как $t_{H=k-t}$, определим время относительного рассогласования фаз электродвижущей силы СД E_d и эквивалентного генератора системы E на угол $\Delta\delta = \delta_n$ (угол нагрузки загруженного СД), не учитывая регулирующий эффект нагрузки других узлов и действие АЧР в энергосистеме

$$t_{H=k-t} = \frac{1}{\omega \cdot 9000(\text{Лг} - 1)}$$

Очевидно, что при совпадении векторов ЭДС обмен активной мощностью P между потребителем и энергосистемой по питающему вводу прекращается в соответствии с зависимостью

$$P = \frac{E_d E}{x_{св}}$$

где x - сопротивление связи.

С дальнейшим торможением генераторов энергосистемы высокоинерционная двигательная нагрузка переходит в режим генератора ак-

тивной мощности, синхронизируясь с новыми условиями работы энергосистемы. Чем меньше нагрузка СД в исходном режиме, тем раньше наступает совпадение векторов ЭДС и дольше длится переток активной мощности в систему.

Таким образом, частота напряжения на секции оказывается в этом случае выше, чем в энергосистеме, а направление активной мощности на вводе подстанции соответствует режиму потери питания. Поэтому устройства АЧР отказывают в действии именно тогда, когда оно особенно необходимо. Увеличивается общее время срабатывания АЧР даже при отсутствии блокировки по активной мощности, так как снижение частоты на секции с высокоинерционной нагрузкой (при $k > 1$) будет запаздывать относительно общей характеристики понижения частоты в энергосистеме.

Излишнее действие устройств АВР на подстанции с электродвигателями в этом случае также являет-

ся дестабилизирующим фактором. Во-первых, отключается мощная нагрузка, которая замедляла процесс снижения частоты в энергосистеме. А во-вторых, при переключении выбегающих ЭД на другую секцию происходит дополнительный наброс мощности на энергосистему, который тем неприятнее по последствиям, чем больше успели затормозиться двигатели, либо чем дальше от синфазного производится включение СД на резервное напряжение.

Таким образом, выбор структуры и параметров срабатывания локальных средств ПА в узлах нагрузки необходимо производить с учетом собственных характеристик потребителя, соотношения характеристик потребителя и энергосистемы, взаимодействия отдельных средств автоматики между собой. В частности, вопрос применения органов ПА с контролем частоты и направления активной мощности на объектах с двигательной нагрузкой целесообразно решать после дополнительного анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Слодарж М.И. Режимы работы, релейная защита и автоматика синхронных электродвигателей. М.: Энергия, 1977.

2. Рабинович Р.С. Автоматическая частотная разгрузка энергосистем/ Под ред. Е.Д. Зейлидзона. - М.: Энергия, 1980.

3. Барзам А.Б., Корогодский В.И. Выполнение автоматической частотной разгрузки на подстанциях промышленных предприятий. Инструктивные указания по проектированию электротехнических промышленных установок. ТПЭП, М., 1977, с.3-8.

УДК 669.2/8:621.311

КОММУТАЦИОННЫЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ В УЗЛЕ НАГРУЗКИ СЕТИ С ВЫСОКОВОЛЬТНЫМИ АСИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

В.Г. Сальников, М.Н. Иванов

*Павлодарский государственный университет
им. С.Торайгырова*

Т.Ж. Токомбаев, Е.В. Иванова

*Павлодарское представительство
РГП "Госэнергоэкспертиза"*

Электр энергиясымен қамтамасыз ету немесе оны пайдалану жүйесін жоспарлауда факторларға сүйене отырып қуат артуының» коэффициенті анықтауға болатын математикалық анықтама алынды.

Получено математическое выражение, которое позволяет определить коэффициент перенапряжений в зависимости от факторов, на которые можно воздействовать при проектировании системы электроснабжения или ее эксплуатации.

The mathematical equation has been gotten by them It gives everybody the possibility to define the coefficient of supertension depending on the factors on which they can influence projecting the electrical systems or their exploitation.

Электрические двигатели напряжением 6-10 кВ занимают особое место среди систем электроснабжения насосных станций, дробильных и размольных отделений промышленных предприятий как наиболее важные и дорогие элементы. Изоляция этих двигателей является наиболее слабым звеном в изоляции присоединений РУ 6-10 кВ. Минимальная допустимая кратность перенапряжений на изоляции по отношению к номинальному фазному рабочему напряжению составляет всего 2,8 [1].

Наиболее низкую надежность работы изоляции РУ 6,3 кВ имеют присоединения с высоковольтными

электродвигателями, имеющими постоянный момент сопротивления на валу (электроприводы дробилок, мельниц и т.д.). При отключении пусковых токов таких электродвигателей возникают значительные коммутационные перенапряжения, которые вызывают пробой изоляции питающих кабелей, их концевых заделок, выводов обмоток или самих обмоток электродвигателей.

В связи с этим были проведены экспериментальные исследования коммутационных перенапряжений, возникающих при отключении

заторможенного асинхронного электродвигателя серии А3 ($P = 400$ кВт, $U_n = 6$ кВ, $I_n = 48$ А, $\cos \varphi_n = 0,87$, $n = 985$ об/мин, $I_{пуск}/I_{ном} = 6,2$). Целью этих исследований является определение зависимости между параметрами процесса перенапряжения (влияющие факторы) и величиной коэффициента перенапряжений.

Такая постановка задачи позволяет представить ее как экстремальную, решение которой возможно методом планирования эксперимента. На рис. 1 представлена схема эксперимента.

I_c V

Присоединение
РУ 6,3 кВ

K_n

Т

Рис.!

На основании физической модели явления перенапряжений при отключении индуктивностей были определены основные влияющие факторы: емкостной ток замыкания фазы на землю присоединения РУ 6,3 кВ с высоковольтным двигателем (I_c , А) и величина отклонения напряжения от номинального рабочего напряжения (V , %). Откликом или выходной величиной является кратность (коэффициент) перенап-

ряжения на изоляции по отношению к номинальному рабочему, фазному напряжению.

Отклик удовлетворяет следующим основным требованиям:

- является количественной величиной, доступной непосредственному измерению;
- имеет простой физический смысл;
- обладает однозначностью.

Характеристика влияющих факторов приведена в табл. 1.

Таблица 1

Фактор	Основной уровень, x_0	Интервал варьирования, Δx	Верхний уровень, x_{\max}	Нижний уровень, x_{\min}
x_1 ? I_c , А	0,65	0,55	1,2	0,1
x_2 ? V , %	0	5	5	-5

Использование схемы полного факторного эксперимента 2^2 теории планирования эксперимента позволило установить величину влияющих факторов при эксперименте устанавливалась в соответствии с матрицей планирования эксперимента. Количество плановых опытов определялось по формуле

$$n = 2^k$$

где y [КД], y [κ_n] - соответственно среднеквадратичные отклонения измерения коэффициента перенапряжений и выборочного среднего значения.

Каждый плановый опыт повторялся три раза.

Схемное метрологическое обеспечение опытов по осциллографированию фазных напряжений и тока двигателя при отключении масляным выключателем типа ВМП-10 осуществлялось в соответствии с действующими правилами и инструкциями. Коммутация осуществлялась в цикле «В-т-О» при $t=0,64 - 0,72$ с. Осциллографирование переменных величин осуществлялось осциллографом типа Н023. Электродвигатель отключался релейной защитой при $I_d=270$ А. На рис.2 приведена схема измерения перенапряжений тока двигателя.

3 кВ

с,

С: Т u_t

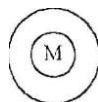


Рис.2

Математическая обработка данных эксперимента производилась методами математической ста-

тистики. При этом произведена оценка математических ожиданий и дисперсий коэффициента перенап-

ряжений. Доказана однородность и равнозначность полученных данных, а также то, что информативность экспериментальных данных не вызывает сомнений[2].

Получена математическая модель зависимости коэффициента перенапряжений на присоединении РУ 6,3 кВ от интегрального параметра цепи присоединения I_c и уровня напряжения в узле нагрузки V .

$$K_n = 3,77 - 0,73I_c + 0,06V \quad (2)$$

Геометрическая интерпретация этого математического выражения, полученная на основе применения ЭВМ (рис.3), наглядно представляет величину коэффициента коммутационных перенапряжений на изоляции РУ-6,3 кВ при отключении высоковольтного асинхронного двигателя с заторможенным ротором.

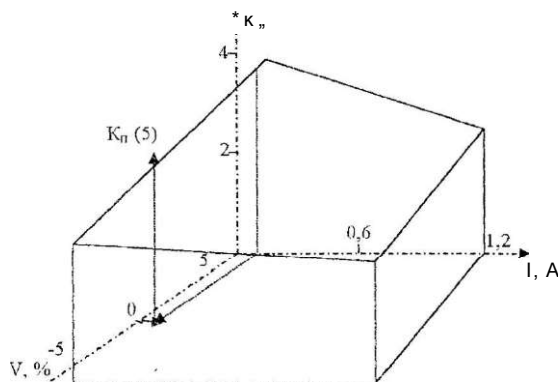


Рис.3

Доказано, что с вероятностью 0,95 значение коэффициента находится в пределах:

$$(\langle K_n \rangle \pm 0,12) + 0,157 > K_n, > \{K_n \pm 0,12\} - 0,157 \quad (3)$$

Относительная ошибка расчетов по формуле составляет менее 7%. Проверку адекватности математической модели (2) данному статистическому материалу проводили на основании данных, полученных при дополнительном опыте в точке внутри области эксперимента (рис.3). Доказано, что математическая мо-

дель (2) адекватна.

Таким образом, получено математическое выражение, которое позволяет определить коэффициент перенапряжений в зависимости от факторов, на которые можно воздействовать при проектировании системы электроснабжения или ее эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сальников В.Г. Руководство по выбору структуры и параметров системы электроснабжения пред-

приятия с мощными сериями электролизеров цветных металлов. - М.: МЦМ СССР, 1985.-77с.

УДК 539.3

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ ДЛЯ НЕСЖИМАЕМОЙ СРЕДЫ

В.М. Степаненко

Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова

Бұл мақалада сығылмайтын ортада серпімділік теория еееінің сандық шеіімінің схемасы к/арастырылды.

В статье рассмотрена разностная схема для численного решения задачи теории упругости для несжимаемой среды.

The article deals with difference schemes for numerical decision of theory of elasticity for incompressible material.

Для аппроксимации статической задачи теории упругости

$$\dot{L}_{10} \varepsilon = \frac{\partial \sigma_n}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} + F_i$$

$$\sigma_{ij} = \lambda \varepsilon_{kk} \delta_{ij} + 2\mu \varepsilon_{ij}$$

$$\sigma_{..} = A - S_{1j} \cdot (\dots) + s_A + \varepsilon_{33} + 2// \cdot e_{ij} \quad (1)$$

$$I_{j=1}^n (AO) \dots 0, \quad M'ey$$

в параллелепипеде $D = \{0 < x_i < l_i\}$ рассмотрим разностную схему

$$(L_{1h}) L_{1h} \sigma_{ij} + (a_{12})_{x_i} + (a_{13})_{x_j} + F_{1h} = 0$$

$$C \& (c r_{21})_{x_i} + F_{21} = 0$$

$$(L_{1h} \sigma_{ij} + (a_{33})_{x_i} + F_{3h} = 0 \quad (2)$$

$$\Gamma_{ij} = \Gamma_{ji} + \Gamma_{ij} \cdot \dots, \quad i = j * k$$

$$h_{,Xl} + (\dots)_{Xl} = \dots + Шц, \quad i \quad K \quad j \quad * \quad k$$

$\langle \tau_{nh} = 0$ на границе $X_r = 0$, $z = l$.

в сеточной области

$$\Omega, - \{ \{ l^2, mK; p h_3 \} / = \quad = 0 \wedge p = \text{ВД} = A. \}$$

Эта разностная схема отличается от схемы для плоской статической задачи теории упругости [] лишь способом аппроксимации тех уравнений совместности Сен-Венана, для которых $\Phi_{j,i} = \Phi_{k,j} = \Phi_k$.

Выясним вопрос о влиянии коэффициента Ламе D на скорость сходимости разностной схемы (2).

Обозначим

где $a_{i\alpha}, b_{i\alpha}^x$ - решения задачи (1),
 $a_{i\alpha}, b_{i\alpha}^x$ - решения схемы (2).

Известно [2], что

$$\frac{1}{K} \frac{1}{2(1+K_3)} \ll \frac{1}{2(1+K)} \mathbf{b} + \frac{1}{K} \mathbf{A} \quad (3)$$

где $M = \quad =$

а константы K - таковы, что

$$z_h > K \cdot (z_h, z_h), (v_{jc}, v_{jc}) \leq K_2 (\omega - \phi, z_h - p), (\mathbb{R}_{jc}, \mathbb{C}, \cdot) < (z_h, z_h)$$

Так как

$$\{ \tau_{nh}, z_h \} = (B-z_h z_h) > \min A_{ff} \cdot (z_h, z_h) = \frac{1}{3\gamma + 2l} \cdot (iLJ, l \text{ то } K_1 - \frac{1}{31 + 2l\gamma}$$

(Здесь

$$B \begin{vmatrix} a & b & h & 0 & 0 \\ b & a & b & 0 & 0 & 0 \\ b & h & a & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad c_i \quad A' z_{II} \quad , b = \quad \frac{\gamma}{2l(3\gamma + 2l)} x - \quad \{ l \}$$

Далее

$$(\phi_h - \phi, I_h - cp) = (Ш_h - \phi, B^{-x}(Ш_h - \phi)) >$$

$$m m \quad (Ш_h - \phi, Ш_h - \phi_h) = i i (Ш_h - \phi_h, Ш_h - \phi_h) > \mu \cdot K_A (v_h, v_h),$$

откуда

$$(v, \cdot, \cdot) < K_2 (\ddot{u})_h - \phi, z_h - \bar{c} p), \quad \text{где } \mu, \gamma, f^c, \bar{c}, \bar{c} > \quad - \text{ константа}$$

неравенства Корна.

Наконец

$$K. \quad) = (B \cdot z_h \gg 5, \wedge) \wedge \tau a x V \cdot (\Gamma \mu > z_h) = - O^*, \quad) >$$

A' -- L

т.е. I^2

Теперь из (3), с учетом констант K_1 , для $\mu > \mu_0$ будем иметь

$$I = [5 \cdot Z], I < \text{шах Я}_0 \parallel z_h J = 0(A). \quad (4)$$

Для реализации разностной схемы (2) введем итерационную разностную схему [1]

$$(\delta u)_a \wedge [b \quad a_{h+} F_{lh}] \setminus b,$$

$$2 \{ S_{ij} \} \setminus = [L_i \quad h a_h + F_j \quad h j' Y + \setminus L_j \quad h a_h + F_j < h f, \quad , \quad / * j$$

$$a - (e_u) \quad a - s \quad y - \delta \quad v$$

$$< \cdot = 0, \quad x, = 0 \quad \cdot X, = / , , \quad / , 7 = 1, 2, 3$$

или в матричной форме

$$B - v_{Ka} + A_h a_h + g_h = 0. \quad (5)$$

Так как при однородных граничных условиях

$$K(B a_h, a_h) < (A_h a_h, a_h) < \quad 12(3 \wedge \quad 2^+ \quad 2m) (B - a_h, \quad a_h),$$

где k не зависит от h и 1 то для сходимости итерационной разностной схемы (5) достаточно положить [3]

$$a = \frac{2h^2}{K - h^2 + 12(31 + 2p)}$$

а для разности решений задачи (2) и схемы (5) справедлива оценка

$$\|I^* - I\| < \frac{12(31 + 2p) - K}{12(31 + 2p) + K - h^2} \quad \text{НИ} \quad (6)$$

$$E = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ L_y & 0 & 0 & 4z \\ 0 & 0 & A_3 & 0 & A_3 & A_3 \\ A_3 & A_3 & 0 & A_1 & A_3 & A_3 \\ A_3 & 0 & A_3 & A_3 & D_2 & A_3 \\ 0 & A_3 & \cdot^{23} & A_i & \cdot^{21} & A_3 \end{pmatrix}$$

$$L_y = (\cdot), \dots, A_1 = (-) \%_3 \quad C \quad A_1, \wedge + b_{22}, \quad A_2 \quad + Z_n, \quad D_1 = L_{22} + L_{33}.$$

Покажем, что решение статической задачи теории упругости для несжимаемого материала [4] можно получить предельным переходом из решения разностной схемы (5).

Теорема. Решение итерационной разностной схемы (5) сходится к решению статической задачи теории упругости для несжимаемого материала

$$\begin{aligned} & \Delta \Theta + F = 0, \\ & \Delta \chi, \quad \frac{d^2 e_i}{dx_j dx_j} - \frac{d^2 s_k}{dx_i dx_k}, \\ & s_u + s_{22} + f_{33} = 0, \\ & cr_u(M') = 0, x = 0; l, \end{aligned} \quad (7)$$

при $H \rightarrow 0, 1 \rightarrow \infty, \frac{h^2}{n} \rightarrow 0, \frac{n}{h^2} \rightarrow \infty.$

Доказательство. Пусть u^h - решение итерационной разностной схемы (5), u^n - решение задачи (1), u^* - решение схемы (2), а u - решение задачи (7). Тогда

$$\|u^h - u^n\| \leq \frac{2\|u^h - u^*\|}{1 - \gamma} + F \quad (8)$$

Для первого слагаемого правой части неравенства (8) справедлива оценка (6), а для второго оценка (4). Из [5] известно, что

$$\lim_{h \rightarrow 0} \|u^h - u\| = 0$$

Таким образом, если $\lim_{h \rightarrow 0} \|u^h - u\| = 0$, то

$$\lim_{h \rightarrow 0} \|u^h - u\| = 0.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Коновалов А.Н. Итерационная разностная схема для численного решения плоской статической задачи теории упругости в напряжениях // Численные методы механики сплошной среды, -1975.-т.6, №2.
2. Коновалов А.Н. Решение задач теории упругости в напряжениях.-Новосибирск, 1979.-92 с.
3. Самарский А.А., Гулин А.В. Устойчивость разностных схем.-М: Наука, 1973.-415 с.
4. Кобельков Г.М. Об эквивалентных нормировках подпространств L_n // Analysis mathematica... (Budapest,) 1977.-т.3.
5. Степаненко В. М. Аппроксимация решения задачи теории упругости для несжимаемого материала // Численные методы механики сплошной среды,-1978.-Т.9, №6.

№ 1, 2002г.

ш УДК 622:621.316.1

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ СЕТЕЙ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

В. С. Сидельковский

Алматинский институт энергетики и связи

Велгілі техника құралдары оқияуланбаған бейтарапты торапта: үшін электр қауіпсіздігінің қажетті талаптарын қамтымайды. Мақалада қорғаныстық шунттандыру сулбалары және аппаратуралары ұсыналды: алар электрмен жабдықтау үзілістерін қысқартады және сақтаулі; қорғапты жасайды.

В статье показано, что известные технические средства обеспечения электробезопасности сетей с изолированной нейтралью не обеспечивают выполнение требований правил безопасности сетей и электроустановок. Предложены схемы и аппаратура защитного шунтирования обеспечивающего щадящую защиту и сокращение перерывов электроаппаратуры.

It is shown in the article the well-known technical facilities that provide the electric security of the networks with the isolated neutral wire do not guarantee meeting the demands of the rules of the security of networks and electric installations. Schemes and equipment of the safety shunting which provides the safety and decrease of the pauses in the electric supply are proposed.

В настоящее время на многих производствах с тяжелыми и опасными условиями эксплуатации (шахты, рудники, нефтяные и газовые промыслы и т.п.) используются электрические сети с изолированной нейтралью, оснащенные устройством защитного отключения (ЗО), настроенные на срабатывание и отключение сети при возникновении тока утечки на землю величиной $I = 25$ мА [1]. Этой величине тока для

промышленных сетей с номинальным напряжением $U_{ном} = 380$ В ($U_{ф} = 220$ В) соответствует активное сопротивление изоляции относительно земли $R = 10,5$ кОм на фазу $Y \sim$ сопротивление однофазной утечки $R_{ф} = 7,5$ кОм. При этом реле аппарата ЗО должно срабатывать при сопротивлении с ЗН > фазной утечки $R_{ф} = 7,5$ кОм, с сопротивлением изоляции фаз $R_{ф} = \Gamma \times$ и т.п. агировать на снижение изоляци

фаз при достижении отключающего сопротивления трехфазной утечки $r'' =] 0.5$ кОм на фазу при сопротивлении однофазной утечки $\Gamma - 00$.

Примем эквивалентные отключающим сопротивлениям r' и r'' значения сопротивлений R'_c и R^{TM} изоляции сети оперативному току аппарата 30 и соответствующие им условия $R'_y, \wedge y$ срабатывания равные:

$$R'_b = R'_v \frac{r' r''}{3r' + r} \quad (1)$$

$$r' = R'_c \frac{r' r''}{3r' + r} \quad (2)$$

В частном случае сопротивлением утечки r' может оказаться сопротивление тела человека $R_{чел}$, случайно коснувшегося токоведущего элемента сети или электрооборудования. В этом случае аппарат 30 должен отключить сеть. Однако отключение сети может и не произойти, например, при достаточно высоком сопротивлении изоляции r фазы или высоком сопротивлении тела человека $R_{чел}$.

Определим, используя выражение (1), величину сопротивления изоляции, при котором отключение сети защитным устройством при касании человека к фазе не произойдет:

$$\Gamma', Ken \sim R'_y \quad (3)$$

Анализируя неравенство (3), можно видеть, что при $R_{4e} > R'_v$ сеть защитным реле отключена не будет и не исключена вероятность опасного длительного воздействия тока на человека. Величина этого тока определяется по общеизвестной формуле [1]

$$I_{чел} = \frac{U_{ф.}}{R_{чел} + r}$$

Если в этой формуле вместо величины r подставить правую часть выражения (3), то получим уравнение

$$I_{чел} = f(R_{4e}, R'_v, R_{чел}, R_{4e}, R_{чел}) \quad (4)$$

Исследуем выражение (4) как функцию $I_{чел} = f(R_{4e})$ на экстремум. Первая и вторая производные соответственно равны:

$$C = \frac{R'}{R_m} \quad (5)$$

$$Ken = -2 \cdot \frac{0}{чел}$$

Вторая производная функции $I_{чел} = f(R_{4e})$ при любых заданных значениях параметров $U_{ф.}, R'_v$ меньше нуля, поэтому функция $I_{чел} = f(R_{4e})$ имеет максимум. Приравнявая выражение (5) нулю, находим что при $R_{4e} = 2 R'_m$ функция $I_{чел} = f(R_{4e})$ приобретает максимум.

Величина сопротивления изо-

№1, 2002г.

ляции, при котором касание человека, имеющего сопротивление тела $R_{чел} = 2 \cdot 10^3 \Omega$, не приводит к отключению сети и при этом через него проходит максимальный ток, найдется из равенства (3) при подстановке в него выражения $R_{iejl} = 2 R_{ejl}$, в результате имеем:

$$I = 67 \cdot \frac{U}{R} \quad (6)$$

Решая уравнения (5) и (6), получим соотношение $I = 3 \cdot \frac{U}{R}$

$$I = 3 \cdot \frac{U}{R}$$

из которого видно, что независимо от величины уставки реле максимальный ток, проходящий через человека, будет иметь место при наиболее неблагоприятном соотношении сопротивления изоляции фазы и человека, равном 3.

Таким образом, для сетей с $U_n = 380 \text{ В}$ и уставке реле 30 $R_{кл} = 2 \cdot 10^3 \Omega$ значения сопротивлений изоляции и человека, не приводящие к отключению сети, равны: $g = 6 \cdot 7,5 = 45 \text{ кОм}$ на фазу, $R_{чел} = 45/3 = 15 \text{ кОм}$, при уставке $R_{ф} = 10,5/3 = 3,5 \text{ кОм}$, $g = 6 \cdot 3,5 = 21 \text{ кОм}$ на фазу, $R_{чел} = 21/3 = 7 \text{ кОм}$.

Ток по формуле (4) $I_{щл} = 7,35 \text{ мА}$ при уставке 7,5 кОм и $I_{кл} = 15,8 \text{ мА}$ при уставке 3,5 кОм (Ю,5кОм на фазу), а поскольку в этот интервал

токов попадает так называемый отпускающий ток величиной $I_{отп} = 15,8 \text{ мА}$, то не исключается электроавтоматизм и при действующей аппаратуре 30.

Найденная выше величина, тока $I_{чел} = 15,8 \text{ мА}$ возрастает в сетях с несимметричной проводимостью изоляции отдельных фаз относительно земли, что можно оценить, используя прилагаемую ниже зависимость:

$$I_{чел} = \frac{U}{R_{чел}} \cdot \frac{K_y + 2}{K_y} \quad (?)$$

где U - проводимость изоляции фазы относительно земли;

$R_{чел}$ - проводимость тела человека; $K_y = \frac{U_{ф}}{U_{у}}$ - коэффициент несимметрии проводимости изоляции, здесь $U_{ф}$ - проводимость утечки.

Устойчивое значение несимметрии в сетях с изолированной нейтралью с $U_n = 380 \text{ В}$ для большинства сетей, например, рудничных, находится в пределах $K_y = 1,2 - 1,5$.

С учетом несимметрии, например $K_y = 1,5$ для условий предыдущего примера: $U_{ф} = 220 \text{ В}$, $U_{у} = 1/21 \text{ мСм}$, $I_{чел} = 1/7 \text{ мСм}$ имеем

$$I_{чел} = 11,5 \text{ мА}$$

т.е. касание человека с сопротивлением $R_{чел} > 7 \text{ кОм}$ и уровне сопротивления изоляции $g > 21 \text{ кОм}$ на фазу не приводит к защитному от-

ключению и возможно длительное протекание через человека тока неотпускающей величины 18,5 мА > 10 мА, что на 17% выше, чем в симметричных сетях с $K_g = 1$.

Положение с выполнением требований электробезопасности усугубляется также из-за наличия в сетях емкости фаз относительно земли. Предельное значение емкости, предложенное авторами [2,3], с использованием предлагаемой ниже формулы, учитывающей емкостную несимметрию K_b , можно определить следующей величиной:

$$U_{\phi} \sqrt{\frac{K_g + 2,27(K_{II+})}{K^2 + K_g + 1}} \quad (8)$$

жет служить предлагаемая ниже формула:

$$U_{\phi} - C_{чел} = \frac{\sqrt{-(K_g + 2) + 6 - K_e}}{1} \sqrt{\frac{G_{4ei}^2 + [6(K_g + 2)]^2}{g(K_g + 2) + G_{4ei}^2}} \quad (9)$$

где G_{4ei} - проводимость тела человека;

g, ν - активная и емкостная проводимости изоляции фаз относительно земли;

K_g, K_b - коэффициенты активной и емкостной несимметрии проводимости изоляции фаз.

При $G_{4ea} = 1/7$ мСм; $g = 1/21$ мСм; $\nu = 0,0153$ мСм; $K_g = 1,5$; $K_b = 1,25$ по (9) получим

$$25 > T = 19 > 10 \text{ мА,}$$

где I_{ϕ} - длительный безопасный ток;

K_b - коэффициент несимметрии емкостной проводимости фаз относительно земли.

При $U_{\phi} = 220$ В; $I_{\phi} = 10$ мА; $K_b = 1,25$ [3]; $\nu = 0,0153$ мСм на фазу предельная величина емкости не может быть скомпенсирована серийными автокомпенсаторами АЗАК, АЗТС и др. с достаточной точностью, т.к. сопоставима с погрешностями в работе этих устройств, поэтому некомпенсированный емкостной ток при оценке электробезопасности должен быть добавлен к рассчитанному выше неотпускающему току I . Исходной для этой цели мо-

что на 20% выше, чем в симметричных сетях при отсутствии емкости. Такое состояние сети при бездействующей защите (ЗО) весьма распространено и может сопровождаться летальным исходом (асфиксия) для человека, коснувшегося фазы, т.к. через него проходит ток, превышающий отпускающую величину (10 мА) почти в 2 раза, а ЗО не срабатывает.

В связи с этим возникает настоятельная необходимость совер-

№1, 2002г.

шенствования как методов оценки электробезопасности сетей с изолированной нейтралью, так и аппаратуры защиты от утечек тока на землю в этих сетях.

В результате исследований, проведенных автором на лабораторной модели сети и в натуральных условиях в сетях с изолированной нейтралью напряжением 220/380/660 В, был разработан новый метод и аппаратура защиты путем замыкания фазы с коснувшимся человеком на землю (защитное шунтирующее устройство ЗШУ). Устройство (рисунок 1) состоит из пофазных управляемых ключей КИР, замыкающих или размыкающих закоротки фаз сети с землей через ограничивающие шунтирующие сопротивления R_{ui} и определителя поврежденной фазы (ОПФ), воздействующего на ключи КШР.

При отсутствии утечки тока на землю или отсутствии касания человеком фазы ключи КШР разомкнуты. При проявлении утечки, например, с фазы А на землю (влага, металлопроводная пыль или касание человека) ОПФ определяет поврежденную фазу, например, фазу А и даст импульс на замыкание этой фазы с землей через сопротивление R , т.е. шунтирует утечку или тело человека малым сопротивлением, благодаря чему ток через тело человека будет сведен к минимуму (1-6 мА), и он самостоятельно или рефлексно освободится от проводника.

Напряжение на резисторе R_m фазы: Я возрастает, возникает сигнал в vi_e перепада напряжения на резистор; R_{in} , который через ОПФ будет подаваться на снятие шунта, т.е. на размыкание ключа КШР фазы А, таким образом, сеть возвратится в нормальное исходное положение, что обеспечивает щадящую защиту человека без перерыва электроснабжения. Если человек при постановке закоротки все же не освободился от фазы, например, из-за потери сознания, механической травмы и т.п., то по истечении 1,75с. сеть будет отключена путем воздействия реле времени на автомат А питающей подстанции.

Предложенный способ и аппаратура позволяют:

- ограничить ток через человека, соприкоснувшегося с фазой отпускаяющей величины (6мА), включая долю тока от ЭДС отключенных двигателей и емкости сети;

- исклочить срабатывание 30 при кратковременных самоустраняющихся утечках при одновременном ограничении тока $1_{вел}$ отпускаяющей величины;

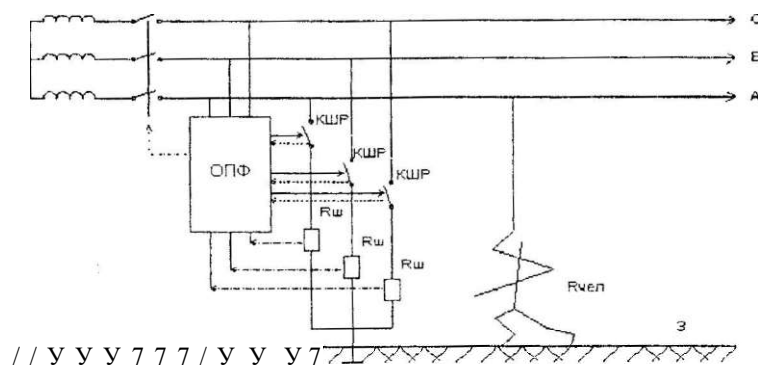
- отключить сеть с выдержкой времени в случае продолжения действия тока на человека, не сумевшего освободиться по каким-либо причинам;

- выполнить устройство на безинерционных бесконтактных элементах и микросхемах с самоконтролем цепей защиты и автоматики,

например, оптронах и логике ТТЛ.

При лабораторных испытаниях величина резистора, имитирующего сопротивление тела человека, составляла 0,5 - 3,0 кОм, сопротивление изоляции 2-6-10-20-30-60 кОм на фазу. Без защитного шунтирования ток $I_{\text{чел}}$ достигал 150-200 мА, при ра-

боте защиты (1-10 мА). Проведенные испытания в производственных условиях позволили установить сокращение в 2-3 раза числа перерывов в электроснабжении за счет защитных отключений от кратковременных самоустраняющихся токов, утечки от влаги и пыли длительностью до 1,75 с.



сигнал на включение КШР
сигнал на отключение КШР
сигнал на снятие шунта
сигнал на отключение автомата А

КШР - ключ шунтирования - расшунтирования
ОПФ - определитель поврежденной фазы
 $R_{\text{чел}}$ - сопротивление тела человека
 $R_{\text{ш}}$ - шунтирующее сопротивление
п/ст- трансформаторная подстанция
А - автомат подстанции
З - земля

Рисунок 1 Защитное шунтирующее устройство

ЛИТЕРАТУРА

1. Лейбов Р. М. Озерной М. И. В. Гладина. - М.: Недра, 1966. Электрфикация подземных горных работ. - М.: Недра, 1972, с 15
2. Изоляция подземных электроустановок шахт и электробезопасность. - Сб. под редакцией проф. Л.
3. Sahulkan. Bestimmung des Isolationswiderstandes und der Kapazität einzelner von Wechselstromanlagen während des Betriebes. ETZ, 1907, S. 457-1913.

УДК 666.646

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛИН МАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ЦЕЛЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОГНЕУПОРНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

В.Т. Стакевич, Б.О. Смаилова,

В.И. Данилов, Ш.К. Торпищев

*Павлодарский государственный университет
им. С.Торайгырова*

С.С. Сайбулатов

*Казахская государственная архитектурно-строительная
академия*

Осы жұмыста Павлодароблысы Май оңца төзімді балшықты табу мен пайдаланудың негізгі заңдары қарастырылған. Химиялық, минералогиялық құрамы мен негізгі физикалық-механикалық және керамикалық қасиеттері берілген. Керамикалық құрылыстық және отқа төзімді материалды өндіруге Май кентінің балшығын пайдаланудың мүмкіндігімен қажеттігі көрсетілген

В работе рассмотрены основные этапы разведки и использования в промышленном производстве беложгущихся огнеупорных глин Майского месторождения Павлодарской области. Приведены химический, минералогический состав и основные физико-механические и керамические свойства. Показана возможность и целесообразность использования глин Майского месторождения для производства керамических строительных и огнеупорных материалов.

The basic steps of exploration and use in the industrial production of white-burning refractory clay of Maysky clay field, Pavlodar region, are considered in the work. Chemical and mineralogical contents and the basic physical and mechanical and ceramic characteristics are brought up. Opportunity and expediency of Maysky field clay use for the production of ceramic constructional and fireproof materials are showed.

Майское месторождение огнеупорных глин находится на левом берегу Иртыша в 175 километрах к юго-западу от города Павлодара.

Впервые месторождение огнеупорных глин выявлено в 1929 году и неоднократно разведывалось Западно-Сибирским геологическим управлением в качестве сырьевой базы Западно-Сибирского металлургического комбината для производства алюмосиликатных огнеупоров [1,2,3].

Первоначально запасы огнеупорных глин были утверждены ГКЗ (государственным комитетом запасов) СССР в количестве 3559 тысяч тонн. Запасы, оставшиеся на балансе, на сегодняшний день составляют 545 тысяч тонн.

Месторождение эксплуатировалось с 1930 по 1983 год Западно-Сибирским горно-металлургическим комбинатом. Эксплуатационные работы прекращены из-за отработки основных запасов, располагающихся в пределах основной линзы [4].

Продуктивная толща сложена переотложенными каолиновыми

глинами михаиловской свиты среднеолигоценного возраста, образовавшихся за счет каолинизации верхнедевонских порфиров. Она представлена горизонтально залегающим пластом, прослеженным на протяжении 4 км шириной 250-700 метров. Мощность огнеупорных глин колеблется от нескольких сантиметров до 11 метров. Среди огнеупорных глин выделяются малопесчаные, песчаные, сильнопесчаные разновидности. Промышленное значение имеют две первые. Подстиляется толща песками, на отдельных участках - пестро цветными охристыми глинами. Перекрывается четвертичными песчано-галечными отложениями общей мощностью от 3 до 12 метров [5].

Основным минералом глин является каолинит, в незначительном количестве присутствует монотермит и, в зависимости от степени их запесоченности, кварц, содержание которого колеблется в довольно широких пределах.

Химический состав и огнеупорность глин представлены в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав и огнеупорность глин

Колебания	Наименование компонентов, %			Огнеупорность, °С
	АЬОз	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
1 сорт				
От	29,1	1,07	47,7	1690
До	35,6	2,48	54,6	1750
Среднее	31,4	2,14	53,9	1710
2 сорт				
От	26,01	1,16	48,3	1670
До	34,4	3,50	62,8	1720
1 Среднее	27,7	2,13	59,4	1690

Гранулометрический состав и пластичность глин представлены в таблице 2.

Таблица 2

Гранулометрический состав и пластичность глин

Колебания	Размер фракций в мм, содержание, %							Число пласти ЧЮСТИ
	Более 0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,02	0,002-0,001	Менее 0,001	
От	0,0	0,9	0,8	2,5	30	1,5	18,5	15-25
; до	3,1	4,3	25,6	39,5	27,4	25,2	92,0	
Среднее	1,2	1,6	10,9	15,8	19,2	7,0	44,1	

Керамические свойства глин приведены в таблице 3.

Таблица

Керамические свойства

Колебания	Водо-содержание, %	Воздушная усадка, %	Огневая усадка, % при температуре, °С			Температура спекания °С	Водо-поглощение, %	Связность ГЛИЩ, кг/см
			900	1100	1300			
От	26,5	3,5	6,8	14,7	16,5	1190	0,8	25,9
До	27,7	4,1	7,5	18,1	18,3	1280	2,4	30,9

Согласно ГОСТ 9169-75 глины относятся к группе дисперсных сильноспекающихся глин, средне-температурного спекания с низким и средним содержанием красящих оксидов. Интервал спекания около 100 °С. Эти данные говорят о возможности использования глин Майского месторождения для изделий огнеупорной и строительной керамики [6,7,8,9].

В 1984 году в процессе поисковых работ в 100 километрах к северу от Майского месторождения выявлено широкое площадное раз-
витие каолиновых глин светлых

окрасок, приуроченных к низам новомихайловской свиты среднего олигоцена (Сухановский участок). Залегают они в виде пластообразной залежи мощностью от 1 до 7,6 метров. Мощность перекрывающих слоев 22-31 метр. Минералогические глины представлены каолинитом с незначительной примесью тоткодисперсного кварца и гидростюд. Огнеупорность их составляет 1710-1730 °С. Химический состав (%): Al₂O₃- 30,4 - 37,5; SiO₂ - 50,3 - 54,1; Fe₂O₃-1,0 - 1,7; , TiO₂,-0,8 - 1,2.

Глины характеризуются высоким содержанием (60 - 80%) частиц

менее 0,001мм, для них характерно число пластичности 18-20.

Глины продуктивной толщи соответствуют требованиям, предъявляемым к аналогичным разностям Вселовского месторождения глин (Украина) марки ВГО-2 (ТУ- 21-25-203-81). Геологические запасы их оцениваются в сотни миллионов тонн.

Качество глин необходимо исследовать в направлении возможности использования их для производства алюмосиликатных огнеупоров, строительной керамики (в т. ч.

сантехфаянса), а лучших разностей в фарфорофаянсовой промышленности.

В настоящее время в Республике Казахстан назрела необходимость в развитии предприятий по производству огнеупорных материалов, керамической плитки для облицовки стен, фасадов и полов, сантехфаянса, керамического кирпича и черепицы, так как потребность в этих материалах в связи с ростом экономики постоянно растет, и все их приходится импортировать из стран ближнего и дальнего зарубежья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольдшмид М.М., Девятых Н.Ф. Геолого-экономический обзор сырьевой базы строительных материалов Павлодарской области. - Караганда, 1985 г. - 236 с.
2. Абдулин А.С., Абдулкабирова М.Б., Барготде Мадни А.В. Кадастр месторождений и рудопроявлений полезных нерудных ископаемых и строительных материалов Центрального Казахстана. - Москва, 1955 г. - 306 с.
3. Геология СССР. Центральный Казахстан. - Геологическое описание. - Том XX, книги 1 и 2. - М.: Недра. - 1972 г. 565 с.
4. Скорыгин В.С. Майское месторождение огнеупорных глин. - Новосибирск, Фонды ЦКПГО, 1955 г. - 96 с.
5. Ястрембович Г.П. Геологический отчет по Майскому месторождению огнеупорных глин. - Новосибирск, Фонды ЦКПГО, 1955г. - 214 с.
6. ГОСТ 21286 - 75. Каолин, обогащенный для керамических изделий. Технические условия. - Изд-во стандартов, 1976 г. - 12 с.
7. ГОСТ 530-95. Кирпич и камни керамические. Технические условия. - Изд-во стандартов, 1996г. - 15 с.
8. ГОСТ 6161 - 82 (СТ. СЭВ 2047 - 79). Плитки керамические. - Изд-во стандартов, 1983 г. - 14 с.
9. ГОСТ 9169-75 Сырье глинистое для керамической промышленности. - Изд-во стандартов, 1976 г. - 16 с.

УДК 621.365.5

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ НА РЕАКТИВНУЮ МОЩНОСТЬ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ "ИНДУКТОР-ЗАГРУЗКА"

И.В.Захаров

*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

"Индуктор-тиеу" цилиндрлік жүйесінің реактивтік қуат деңгейіне эсер етілгін факторларға және олардың эсер ету дәрежесіне тиідау жүргізілген.

Проведен анализ факторов и степени их влияния на уровень реактивной мощности цилиндрической системы "индуктор-загрузка".

The analysis of the factors and degree of their influencing on a level of a reactive power of a cylindrical system "inducer—loading" is conducted.

При постановке задач повышения эффективности работы индукционных нагревателей функцией цели в большинстве случаев определяют коэффициент полезного действия индуктора. Теоретически достижимое расчетное значение еще одного из основных энергетических показателей - $\cos < \rho$, как показано в [1], равно 0,707, как при нагреве цилиндрической, так и плоской загрузки. Достичь такой цифры практически очень сложно, и большинство индукционных нагревателей имеют $\cos < \rho$, как правило не выше 0,3. Это относится в первую очередь к индукционным нагревателям с водяной системой ох-

лаждения. Индукторы с обмотками, охлаждаемыми до уровня температур 20–77 К, имеют $\cos < \rho$ еще почти на порядок меньше. Однако низкое значение $\cos < \rho$ индукторов данного типа следует объяснять резким снижением (в десятки раз) активного сопротивления обмотки вследствие их глубокого охлаждения.

Ситуация с низким $\cos < \rho$ индукционных нагревателей ранее не была предметом достаточно серьезного рассмотрения. При этом на практике повышение данного параметра до нормативного значения осуществлялось и осуществляется в основном традиционными средства-

ми искусственной компенсации - конденсаторными батареями. Однако эти объекты занимают значительные производственные площади и составляют до трети стоимости индукционной установки в целом. К недостаткам данного способа компенсации следует отнести также чувствительность конденсаторов к качеству напряжения и аварийным замыканиям питающей сети.

Для того, чтобы создать возможность оптимизации конструкции индуктора по данному параметру, необходимо рассмотреть степень влияния различных факторов на $\cos \varphi$ (р индукционных нагревателей. При этом рассматривается осесимметричная система "индуктор-загрузка" для нагрева загрузки цилиндрической формы.

Все факторы, в той или иной

$$\cos \varphi = \frac{P_1 + P_2}{\sqrt{(P_1 + P_2)^2 + (Q_1 + Q_2 + Q_3)^2}} \quad (1)$$

На рисунке 2 приведены кривые зависимости $\cos \varphi$ от относительного радиуса нагреваемого цилиндра R , при различных значениях отношения диаметра индуктора d_1 к диаметру загрузки d_2 , определяющего зазор между индуктором и загрузкой. Верхняя кривая дает предельное значение $\cos \varphi$ (р, теоретически достижимое при нагреве металлического цилиндра при $d_1/d_2 = 1$. Однако подобное отношение не соответствует большинству практических случаев, в силу наличия, на-

степени воздействующие на уровень реактивной мощности в цилиндрической осесимметричной системе "индуктор-загрузка" делятся на факторы, связанные с собственными электрофизическими и геометрическими параметрами элементов, составляющих систему: удельное электрическое сопротивление и относительная магнитная проницаемость металла загрузки, относительные длина и радиус загрузки и индуктора, и т.д., и факторы сторонние: частота источника питания, внешние магнитопроводы (рисунок 1).

Коэффициент мощности системы "индуктор-загрузка" определяется соотношением значений реактивных и активных мощностей соответственно в индукторе Q_1 и P_1 , загрузке Q_2 и P_2 , зазоре между индуктором и загрузкой Q_3

пример технологического зазора. Увеличение отношения d_1/d_2 , соответствует увеличению значения Q_3 в знаменателе выражения (1), что в свою очередь уменьшает $\cos \varphi$ системы "индуктор-загрузка". Как отмечается в [2], d_1/d_2 оказывает достаточно большое влияние на $\cos \varphi$ системы. При увеличении d_1/d_2 , от 1,0 до 2,0 значение $\cos \varphi$ уменьшается в 10 - 15 раз.

В работе [3] было проведено исследование влияния зазора и радиального размера загрузки на энерги-

тические характеристики многослойного индуктора с обмоткой, охлаждаемой до низких (77 К) температур. При постоянном зазоре внутренний диаметр индуктора менялся с изменением диаметра загрузки. Было показано, что энергетические показатели системы, в частности, $\cos(\rho)$, улучшаются с увеличением диаметра нагреваемой загрузки. Как видно из рисунка 3 (кривая 1), $\cos(\rho)$ возрастает в 4-5 раза при изменении диаметра загрузки от 30 до 180 мм. Однако даже в лучшем случае (при предельных диаметрах загрузки, нагреваемой под пластическую деформацию) значение $\cos(\rho)$ не превышает диапазон значений $\cos(\rho)$ криорезистивных индукторов, т.е. остается достаточно низким.

При использовании в индукционной установке многослойного индуктора с обмоткой, охлаждаемой до низких температур, приходится также иметь дело с увеличением радиальных размеров обмотки и, как следствие этого, уменьшением значения $\cos(\rho)$ вследствие возрастания электромагнитного рассеяния (рисунок 3). Исследования, проведенные для обмотки с различным числом слоев W и относительной толщиной токонесущего проводника δ/d , показывают, что при увеличении числа слоев с 4 до 24 значение $\cos(\rho)$ снижается почти вдвое.

На радиальные размеры подобного индуктора влияет также наличие радиальных зазоров t_r между слоями для циркуляции хла-

дагента. Это также приводит к увеличению реактивного сопротивления индуктора и снижению его коэффициента мощности. На рисунке 4 показано изменение $\cos(\rho)$. Необходимо отметить, что наибольшее изменение $\cos(\rho)$ происходит при большом числе слоев. Так, например, при $W = 16$ увеличение t_r с 2 до 6 мм уменьшает $\cos(\rho)$ на 18%. Следовательно, при большом числе слоев индуктора ($W > 10$) необходимо обеспечивать минимальный зазор между проводниками, а также рассматривать возможность перехода на охлаждение только по аксиальным каналам.

В практике индукционного нагрева используются системы "индуктор-загрузка" конечной длины. Конечность размеров системы предопределяет действие "краевых эффектов", которые искажают электромагнитное поле и распределение источников тепла в концевых зонах элементов системы. Влияние относительной длины l/d индуктора с обмоткой, охлаждаемой до низких температур, на его $\cos(\rho)$ иллюстрирует рисунок 5. Как показал анализ, систему можно считать длинной с точностью, например, по $\cos(\rho)$ 3% при отношении длины индуктора l к его внутреннему диаметру $d_{\text{внут}}$ более 4.

Более активно воздействовать на значение $\cos(\rho)$ системы "индуктор-загрузка" можно, изменяя частоту фисточника питания. На рисунке 6 приведены зависимости

$\cos(\rho)$ от частоты источника питания, рассчитанные по (1) при $j_u = 1$. Из рисунка видно, что при нагреве стальной немагнитной загрузки до температуры ниже точки Кюри $\cos(\rho)$ системы увеличивается с увеличением fJ , а максимумы сдвигаются в сторону более низких частот [4]. В соответствии с теорией индукционного нагрева, в случае нагрева металлического цилиндра уменьшение частоты источника питания соответствует увеличению глубины проникновения D , электромагнитной волны в материал цилиндра, что приводит к уменьшению его относительного радиуса $R_n = r, l/2/D$, т.е. уменьшению абсциссы на рисунке 2. Таким образом, при уменьшении частоты источника питания $\cos(\rho)$ системы снижается. Следует отметить, что данный способ в большинстве случаев ограничен требованиями технологии, поскольку рациональная частота источника питания определяется диаметром нагреваемого цилиндра.

При нагреве металлической загрузки с малым удельным электрическим сопротивлением (алюминий, медь и др.) $\cos(\rho)$ системы "индуктор-загрузка" снижается, так как у большинства таких металлов относительная магнитная проницаемость $\mu - 1$. Зависимость $\cos(\rho)$ системы "индуктор-загрузка" от относительной магнитной проницаемости μ и частоты источника питания f для диаметра заготовки $d_2 = 60$ мм представлена на рисунке 7.

Уменьшение f и загрузки приводит к уменьшению R_2 нагреваемого цилиндра, что неблагоприятно сказывается на значении $\cos(\rho)$ системы. Особенно существенное снижение (в два раза и более) происходит на границе раздела низких и средних частот. В области высоких частот разница не так значительна.

Для некоторого улучшения энергетических характеристик индукционных нагревателей в промышленности применяют магнитопроводы. Анализ энергетической эффективности использования магнитопроводов для цилиндрических индукторов [5] показал, что при сравнительно больших длинах индукторов магнитопроводы оказывают малое влияние на их энергетические характеристики. При нагреве сплошных цилиндрических заготовок из стали использование магнитопроводов изменяет общий уровень активной мощности, потребляемой от сети, на 1-3%.

Для коротких индукторов, диаметр которых в 2 и более раз превышает их длину, при нагреве ферромагнитной загрузки использование магнитопроводов позволяет повысить электрический КПД на 13% $\cos(\rho)$ на 17%.

При нагреве немагнитной загрузки рост КПД не превышает 5% при уровне 0,45-0,6, реактивная мощность снижается на 10-15% [6].

Обобщая сказанное, можно сделать вывод, что способы оптимизации конструкции индукционных

нагревателей с учетом факторов, действующих на реактивную мощность системы необходимо принимать во внимание и по возможности использовать. Однако их нельзя признать эффективными, поскольку степень их влияния (даже самых существенных: изменение зазора между индуктором и загрузкой; изменение частоты источника питания) на $\cos \varphi$ незначительна. Тем более, что в большинстве случаев она ограничена чисто технологическими рамками (требования технологии к рациональной частоте источника пи-

тания; наличие как минимум технологического зазора между индуктором и загрузкой),

Развитие технологий индукционного нагрева и современных конструкционных материалов позволило на основе их достижений найти эффективный выход - использовать для целей электронагрева индуктор с самокомпенсацией реактивной мощности [7-9], предложенный учеными кафедры АЭТУС МЭИ и ЭПП ИГУ, позволяющий в большинстве случаев решить существующую проблему.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабат Г.И. Индукционный нагрев металлов и его промышленное применение. - М-Л.: Энергия, 1965.
2. Фомин Н.И., Затуловский Л.М. Электрические печи и установки индукционного нагрева. - М.: Металлургия, 1979.
3. Жигалко Е.К., Токранов П.Н. Математическая модель для исследования энергетических характеристик многослойного криорезистивного индуктора // Тр.Московск. энергетич. инс-та. - 1987, - Вып. 122.
4. Простяков А.А. Исследование путей повышения эффективности индукционных нагревательных и плавильных установок: дис. канд. техн. наук. - М., 1970.
5. Моделирование периодического нагрева цилиндрических изделий в индукторе с магнитопроводами/ В.А.Бакунин, В.Б.Демидович, В.Е.Казьмин, В.С.Немков// Изв. АН СССР. - Сер. Энергет. и трансп. - 1986. - № 4.
6. Немков В.С. Теория и расчет цилиндрических электромагнитных систем индукционного нагрева. докт. техн. наук. - Л., 1979.
7. A . B . K u v a l d i n , N.F.Andryushin, I.V.Zakharov. Analysis of the electrical and energy parameters of a multilayer inductor with self-compensation of reactive power. Great Britain, Electrical Technology, No.3, 1995.
8. Андрюшин Н.Ф., Захаров И.В. Особенности расчета многослойных индукторов с самокомпенсацией реактивной мощности // Сб. науч. трудов № 122. - М.: МЭИ, 1987.
9. А.С. 1538287 СССР, МКИ Н 05 В 6/42. Устройство для индукционного нагрева/М.М.Соколов, А.Б.Кувалдин, Г.Г.Гусед и др. - Оpubл. в Б.И., 1990. - № 3.

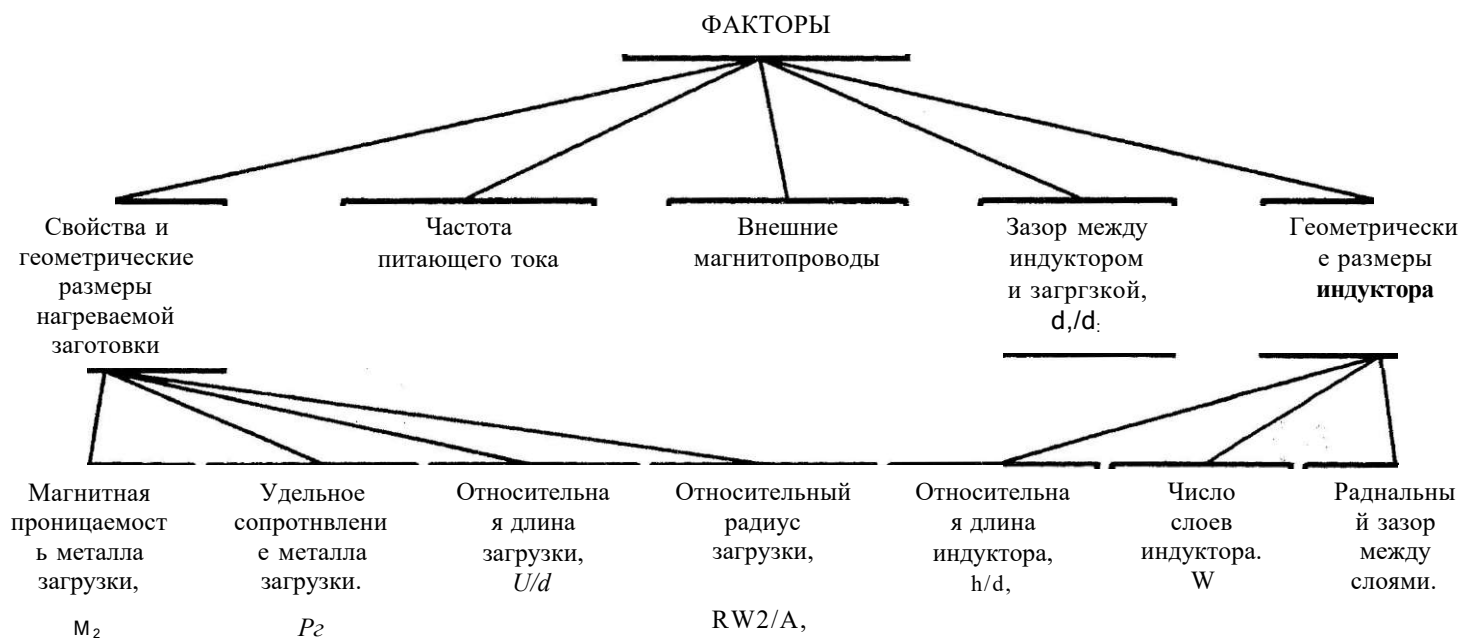


Рисунок 1. Факторы, влияющие на значение реактивной мощности цилиндрической осесимметричной системы "индуктор-загрузка"

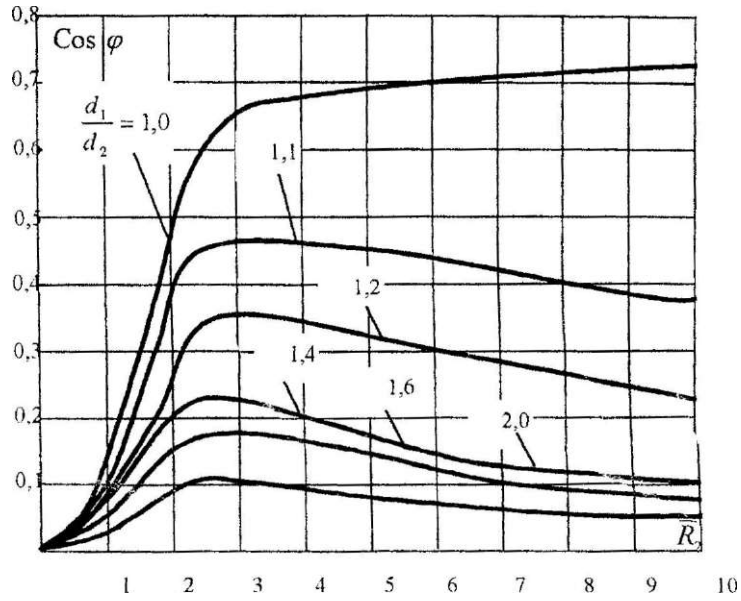


Рис 2. Зависимость $\cos \varphi$ системы "индуктор-загрузка" от относительного радиуса R , нагреваемого цилиндра при различном зазоре

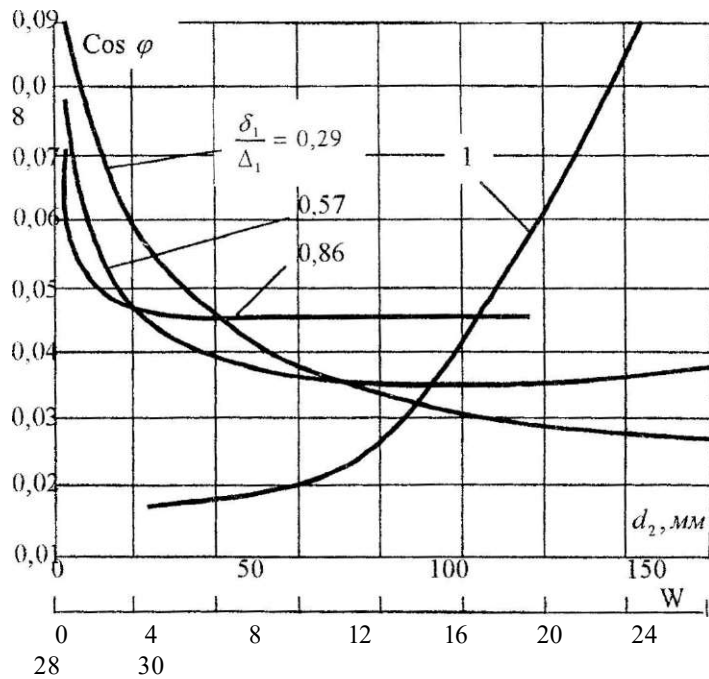


Рис 3. Зависимость $\cos \varphi$ многослойного индуктора от диаметра d_2 , грузки W (1) и числа слоев W

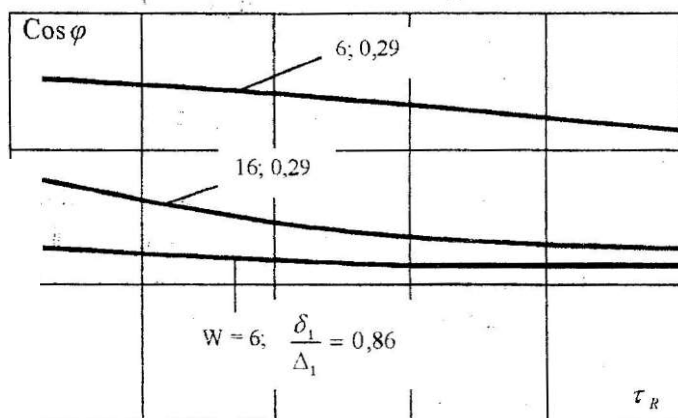


Рис. 4. Зависимость $\text{Cos } \varphi$ многослойного индуктора от радиального зазора g , между слоями

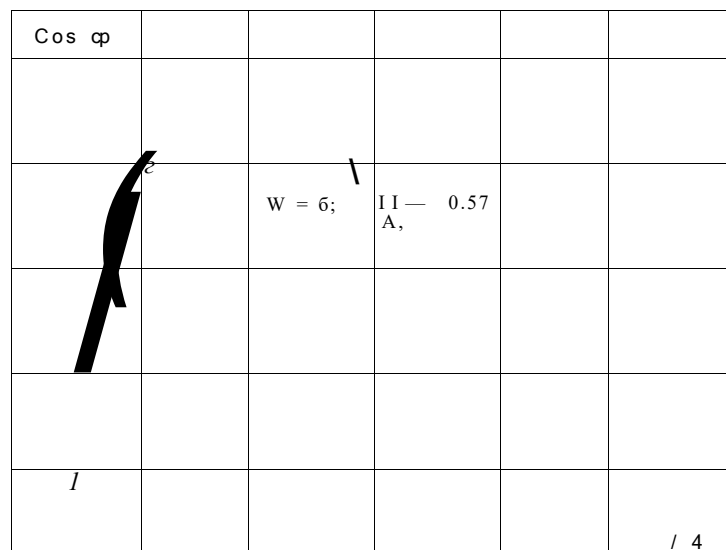


Рис. 5. Зависимость $\text{Cos } \varphi$ от относительной длины $\frac{C}{d_i}$ многослойного индуктора

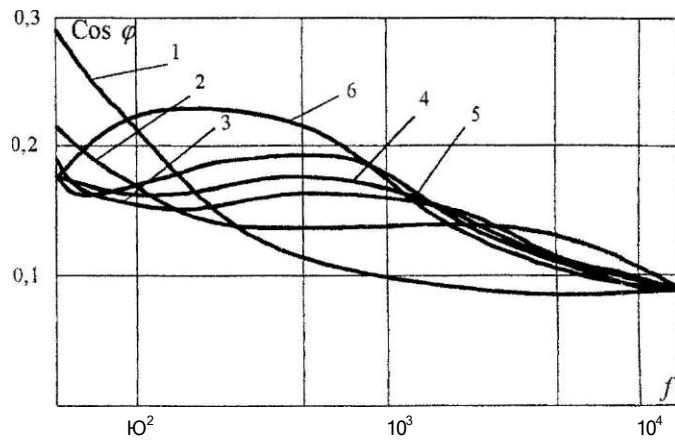


Рис. 7. Зависимость $\text{Cos } \varphi$ системы "индуктор-загрузка" от частоты f источника питания при нагреве стальной немагнитной загрузки ($\mu = 1$)

1 - $d_2 = 2$ см; $\mu = d_1/d_2 = 2,8$; 2 - $d_2 = 4$ см; $\tau = 1,8$; 3 - $d_2 = 6$ см; $m = 2,0$;
 4 - $d_2 = 8$ см; $m = 1,7$; 5 - $d_2 = 10$ см; $m = 1,65$; 6 - $d_2 = 12$ см; $m = 1,55$.

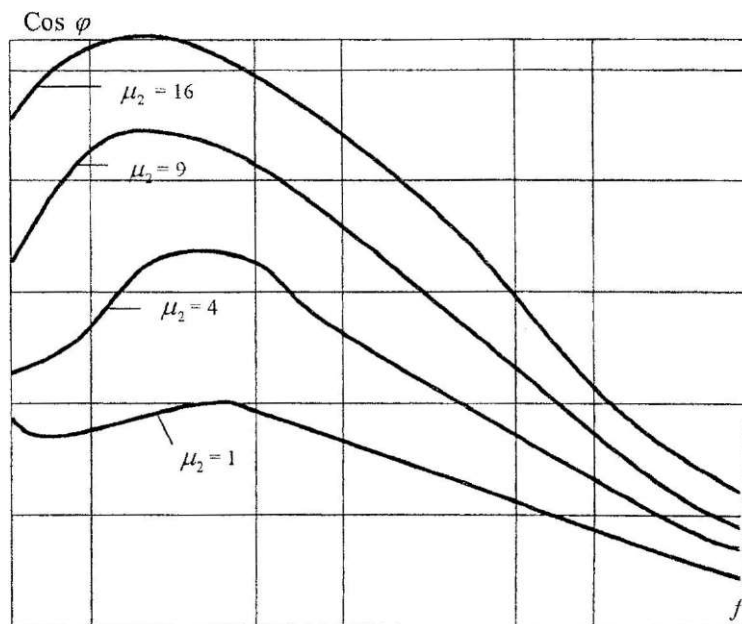


Рис. 7. Зависимость $\text{Cos } \varphi$ системы "индуктор-загрузка" для нагрева стали от частоты f источника питания

'Г' УДК 621.365.22 (075.8)

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ В ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОПЕЧАХ

М.Г. Кузьмин, С.А. Кузин, Р.А. Бикеев

||| *Новосибирский государственный технический
университет*

В.Ф. Хацевский

*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

III *Аса цуатты догалық болат қорытатын электр пештеріндегі*
SI" *электрод-электродустағыш жүйесінің горизонталды тербелістерінің*
!!lf§ *эксперименттік зерттеуінің нәтижелері қарастырылған. Электр*
пештерінің үшфазалық жүйесіндегі фазалардың әрекеттестігі арқылы
электродинамикалық күштердің әсер етуінен болған электромеханикалық
тербелістердің процесіне талдау жасалған.

Рассматриваются результаты экспериментальных исследований
горизонтальных колебаний системы электрод - электрододержатель в
сверхмощных дуговых сталеплавильных электропечах. Приводится анализ
причинно-следственных процессов электромеханических колебаний,
вызванных электродинамическими силами при взаимодействии фаз в
трехфазной системе электропечей.

The results of experimental researches of horizontal fluctuations of system
an electrode - electrode holder in super powerful and steel-melting electric fur-
naces are considered. The analysis of causal-investigatory processes of
electromechanic fluctuations, caused by electrodynamic power at interaction of
phases in three-phase system of electric furnaces are made.

1. Поставка задачи

В результате проведенного комплексного изучения дуговых сталеплавильных печей (ДСП), включающего математическое моделирование и экспериментальные исследования, была разработана обобщенная схема действующих взаимосвязей в электромеханической системе ДСП,

приведенная на рис.1. Система включает в себя совмещенные по проявляемым электродинамическим и механическим свойствам различные участки токоподвода, механические конструкции и автоматический регулятор мощности. Обобщенная схема дает новое представление о причинно-следственных связях возникновения и развития колебаний в ДСП и положена в основу математического моделирования электромеханических колебаний и анализа результатов экспериментальных исследований.

Обобщенная схема изображена для одной фазы, но следует учитывать, что каждый заформализованный участок схемы (кроме трансформатора) характеризуется фазным током, находящимся в электродинамической взаимозависимости с соседними фазами, и изменяется от прямых и обратных связей в системе. Это приводит к электромеханическим колебаниям соседних фаз при изменении тока в конкретной фазе. При этом указанная связь с большей интенсивностью проявляется в опережающей фазе по сравне-

нию с отстающей. Эти процессы имеют равнозначные причины с переносом мощности по фазам электромеханической системы. Участок гибких кабелей является источником изменения индуктивного сопротивления токоподвода $A(\omega, -L)$ с учетом различных составляющих тока по частотам (ω) ; электромеханические колебания на участке электрододержателя с трубошинами и электродом приводят к пространственному изменению положения конца электрода (x, y, z) и, следовательно, изменению длины дуги $L <$ частотой собственных колебаний системы; участок регулятора мощности изменяет положение электрода, составляющую длины дуги по оси $1 - /.$, пространственное расположение гибких кабелей (также по оси $z - fa$). Многофакторные причины первичных возмущений, действующих на дуговой разряд, характеризуются статистически неопределенными закономерностями; каждое возмущение может характеризоваться вероятностью возникновения, следовательно, частотой влияния на рабочий ток.

2. Анализ причинно-следственных связей при развитии электромеханических колебаний в ДСП

Процесс возникновения и развития колебаний. При протекании токов $I_{4, B, C}$ по токоподводу механическая система каждой фазы оказывается под действием межфазных элект-

родинамических сил $F = f(I_A, I_B, I_C)$, которым противодействуют внутренние силовые факторы, обусловленные деформациями и жесткостью механической системы. При

этом достигается квазиустойчивое равновесное напряженно-деформированное состояние. Причинами выхода системы из равновесия являются физические явления, непосредственно определяющие первичные колебания амплитуды фазных токов и, следовательно, изменения электродинамических усилий $F_{э\phi} = f(I_A, I_{Tf}, I_c)$. С действием электродинамических сил связано колебательное движение гибких кабелей, что вызывает изменение взаимоиндуктивных связей, результирующего индуктивного сопротивления токоподвода короткой сети $X_k \sim f(w, L)$, и, как результат, модулируется изменение тока

$$I_{Г} = I A(a, L_k, J).$$

В результате действия переменных электродинамических сил на медные трубошины, электрододержатель и электрод происходит деформация всей электромеханической системы. Изменяется пространственное местоположение рабочего конца электрода, изменяется длина и электрическое сопротивление дуги, что вызывает изменение рабочего тока в токоподводе на величину $A / = / (1_k, 1_y, 1_z)$ и, следовательно, изменяются электродинамические силы. Это вновь приводит к изменению деформаций в электромеханической системе ДСП. На эти процессы накладывается изменение тока и

деформации в системе электрод-электрододержатель от вертикального перемещения электродов. Ток дуги, одновременно являясь первоисточником электродинамических сил, зависит от¹ положения электрода в пространстве и изменения реактивного сопротивления установки за счет колебаний гибких кабелей, а также за счет изменения во времени относительной симметрии токоподводов фаз при вертикальном перемещении электродов. Очевидное наличие замкнутых контуров с прямыми и обратными внутренними связями приводит к возникновению и самоподдержанию электромеханических колебаний. На все эти процессы в конкретной фазе накладываются взаимодействия токов отдельных фаз.

Существенное различие механических свойств системы на отдельных участках (электрод, электрододержатель с токоподводом, гибкие кабели) определяют интенсивность (амплитуды) и частоты колебательных движений в системе. Динамические характеристики (собственные частоты элементов конструкции, формы колебаний, коэффициенты затухания) определяют способность электромеханической системы ДСП ограничивать отбор энергии от источника питания (трансформатора), а значит, снижать вводимую в печь активную мощность.

Экспериментальные и расчет-

по-моделирующие исследования показывают, что автоколебания рассматриваемой системы могут переходить в резонансные колебания при совпадении собственных частот отдельных участков системы с частотами возмущений электрического режима. При этом наблюдаются максимальные амплитуды перемещений гибких кабелей и системы электрод-электрододержатель. Это определяет значительные обратные влияния электромеханической системы на электрические режимы печи. Следствием резонанса электрододержателей с электродом могут быть повторно-кратковременные обрывы дуги, приводящие к невозможности осуществления электро-технологического процесса.

Кабельные гирлянды, обладая высокими демпфирующими свойствами и большой подвижностью, пассивно обрабатывают изменения электрического режима и вводят в ток низкочастотные гармоники за счет изменения индуктивности установки. Различное влияние отдельных участков электромеханической

системы на колебательные процессы через изменение электрических режимов печи позволяет рассматривать колебания кабельных гирлянд отдельно от колебаний участка электрод-электрододержатель. Экспериментальные исследования электрических режимов работы ДСП подтверждают существование регулярных возмущений с частотами $2...6 \Gamma_{ц}$, обусловленных автоколебаниями системы электрод-электрододержатель, и нерегулярных с частотами до $1 \Gamma_{ц}$, связанных с перемещениями в пространства гибких токоподводов.

Таким образом, колебания электрических параметров и электромеханические колебания элементов конструкции ДСП под действием электродинамических сил являются неотъемлемым свойством рассматриваемых электромеханических систем, обусловленным физической природой возмущений в зоне горения печной дуги, электродинамическим взаимодействием фаз и механическими свойствами самих систем.

3. Методы экспериментальных исследований

На основе экспертного анализа действующего парка ДСП было принято решение о проведении экспериментальных исследований на базовых для отечественной электрометаллургии электропечах емкостью 100 т . Для обеспечения досто-

верности и воспроизводимости результатов исследований эксперименты проводились на печах ДСП-100И6 Молдавского металлургического завода и аналогичных печах завода «Амурсталь» (г. Комсомольск-на-Амуре). Для анализа об-

ИЦНОСТИ выявленных свойств ДСП как электромеханических систем привлекались отдельные результаты экспериментальных исследований электромеханических колебаний на электропечах *ДСП-50* («Днепропечьсталь», г. Запорожье), *ДСП-100НЗ* (Донецкий металлургический завод), *ДСП-25Н2* (завод «Красный Октябрь», г. Волгоград), *ДСЛ-12* постоянного тока (Челябинский металлургический комбинат). Полный комплекс исследований проведен также на экспериментальной ДСП емкостью *300 кг* (ОАО «СКБ Сибэлектротерм», г. Новосибирск).

В основу методической постановки экспериментальных исследований положена синхронная запись колебаний электрических, а, следовательно, электродинамических параметров и механических колебаний системы электрод-электрододержатель. Для получения сведений об электродинамическом поведении системы использовались традиционные подходы измерения мгновенных значений токов трех фаз с помощью светолучевого осциллографа.

Для исследования поведения системы электрод-электрододержатель была разработана комплексная оригинальная методика, включающая оптический метод измерения колебаний электродов, тензорезистивный метод измерения механических характеристик, реохордный метод измерения положения координат

отдельных точек электромеханической системы. В экспериментах использовался динамометр и тяговая лебедка. Виброграммы регистрировались самопишущими приборами и светолучевым осциллографом. Все методы измерений использовались одновременно на электропечах *ДСП-100И6*, *ДСП-ЮОНЗ*, *ДСП-50* и *ДСП-25Н2*.

Схема устройства оптической системы для измерений горизонтального перемещения рабочего конца электродов приведена на рис. 2 и включает источник питания (1) и оптический квантовый генератор непрерывного действия (*ОКГ*) типа *ЛГ-56* с основной длиной волны генерации *0,63 мкм* мощностью излучения *2 мВт* (2). Генерируемый лазерный луч подавался на многогранное вращающееся зеркало (3) и далее через линзы (4 и 6), диафрагму (5) попадал в кремниевый фотодиод *ФД-7К* (7), из которого сигнал через усилитель (8) подавался на самопишущий прибор *Н-327-5* (9).

Оптическая система визирувалась таким образом, чтобы в исходном состоянии электрод частично перекрывал световой поток. При колебаниях электрода из положения а в положение б происходило дополнительное частичное перекрытие электродом светового потока или, наоборот, частичное открытие затененной части потока. Изменение светового потока регистрировалось

фотодиодом. При проведении экспериментов на электропечи ДСП-100НЗА (Донецкий металлургический завод) использовался лазер типа ЛГ-52-1 с мощностью излучения 8 мВт.

Одновременно с оптическими измерениями проводились измерения с использованием тензорезисторов. Схема измерений приведена на рис. 3. В холодной зоне ($T < 70$ °С) тензорезисторы (позиции 1 и 2 на рис. 3) представляли собой константановую зигзагообразную проволоку, залитую в лаковую пленку. Проводник из константана при растяжении-сжатии существенно меняет сопротивление. Тензорезисторы наклеивались вдоль линий деформации. В горячей зоне на рукаве электрододержателя (датчики 3 и 4) использовались проволочные тензорезисторы типа НМП-430 производства Краснодарского завода «Тензоприбор». Стальная основа тензорезистора закреплялась на металлоконструкциях с использованием точечной сварки.

Датчик в точке 1 позволял определить угол поворота стойки электрододержателя вокруг оси Z3а счет возникающего крутящего момента на крайних фазах ($M_{кр}$). Датчиком в точке 2 измерялась относительная деформация ϵ_2 в плоскости XOZ, в точке 3 - относительная деформация ϵ_3 в плоскости XOY, в точке 4 - относительная деформация ϵ_4 в плос-

кости XOZ. При обработке экспериментов учитывалась измеряемая температура в области расположения датчиков $Z_4(T = 340...370^\circ\text{C})$.

На головке электрододержателя устанавливался реохорд для измерения пространственных перемещений этой координаты при тарировке тензорезисторов. Рабочие реохордные датчики пространственных перемещений устанавливались в точке 6 (датчик угловых перемещений) и в точке 7 (вертикальные перемещения стойки). В точке прикладывалось измеряемое усилие динамометром тарировочное усилие.

Определение податливости конструкции электрододержателя в направлении оси Y осуществлялось в специальном эксперименте. В точке 5 (см. рис. 3) прикладывалось усилие, создаваемое ручной лебедкой. Тяговый трос подсоединялся через регистрационный динамометр. Пространственное перемещение электрододержателя под действием измеряемого усилия регистрировалось реохордом, установленным в точке 6 на механизме зажима электрода. По показаниям реохорда и величине приложенного усилия определялась податливость электрододержателя.

Возбуждение свободных колебаний осуществлялось с помощью лебедки, которой оттягивали стойку электрододержателя через специальную проволоку в направлении

оси Y . При достижении заданного отклонения, измеряемого отпарированным реохордом, проволоку перерубали. При этом система электрододержателя с электродом переходила в режим свободных колебаний. В последующем возбуждение свободных колебаний в отдельном цикле экспериментов осуществлялось толчками привода вертикального перемещения стоек всех трех фаз поочередно, толчками приводов отворота свода и наклона печи. Виброграммы регистрировались при различном вылете стоек электрододержателя с использованием светолучевого осциллографа.

В рабочем режиме синхронно снимались осциллограммы мгновенных значений токов всех трех фаз, виброграммы крутильных и изгибных колебаний, относительные деформации в плоскости элект-

рододержателя XOZ , горизонтальной плоскости XOY . Фиксировался вылет стойки с помощью реохорда.

Результаты измерений оптическим и тензометрическим методами в горизонтальной плоскости XOY практически совпали. Точность проведенных экспериментов оказалась в диапазоне класса использованных приборов и составила $\pm 2,5$ %. Записи режимов проводились в начале расплавления завалки, в период проплавления колодцев в шихте, после окончания периода расплавления, после подвалки шихты и в период свободного горения дуг. Для измерения диссипативных свойств системы электрод-электрододержатель дополнительно записывались вертикальные перемещения электрода с помощью реостатного датчика, механически связанного с поверхностью колеблющегося электрода.

4. Результаты экспериментальных исследований на электропечи ДСП-100И6

Исследование закрепления стойки в направляющих роликах. Для оценки влияния жёсткости направляющих роликов на перемещения торца электрода был проведен следующий эксперимент. В крайнем нижнем положении стойки, практически при нулевом её вылете над верхними роликами, в районе головки электрододержателя (см. рис. 3) прикладывалась нормированная

сила в направлении 7 и измерялось перемещение в этом направлении головки электрододержателя. Так как все факторы, за исключением жёсткости роликов, в этом положении дают фактически нулевой вклад, то измеренная податливость электрододержателя δ - $5 \cdot 10^{-7}$ м/Н определяется податливостью роликов при повороте стойки. Измеренная податливость согласо-

ется с величиной, полученной при испытаниях 1-ой ДСП-100И6 на стенде ПО «Сибэлектротерм».

Свободные колебания системы электрод-электрододержатель.

Благодаря наличию большого числа степеней свободы, свободные колебания электрододержателя с электродом представляют собой сумму нескольких гармоник в диапазоне 1.5...6 Гц (реже - до 10 Гц). Однако для каждой степени свободы характерна, как правило, одна ведущая частота. На рис. 4 видно, что колебания стойки: крутильные, изгибные в плоскости YOZ, изгибные в плоскости XOZ - имеют правильную синусоидальную форму и свою частоту.

Следует заметить, что при больших, чем на рис. 4 амплитудах колебаний, характерных для рабочего

режима печи, крутильные колебания стойки навязывают свою частоту изгибным колебаниям в плоскости YOZ, поэтому в дальнейшем колебания электрододержателя характеризуются двумя величинами: частотой крутильных колебаний стойки и частотой изгибных колебаний стойки в плоскости XOZ. Полученные данные приведены в таблице.

Диссипативные свойства системы электрод-электрододержатель характеризовалась логарифмическими декрементами затухания колебаний, измеренными в нижнем положении стойки. Их величины оказались равны: для крутильных колебаний стойки $Q = 0,15...145$, для изгибных колебаний стойки в плоскости XOZ $Q = 0,1... 0,15$.

Таблица

Частоты свободных колебаний электрододержателя 1-ой фазы, Гц

Наименование деформации	Положение стойки		
	нижнее	среднее	Верхнее
1. Кручение стойки:			
а) без электрода	4.0-4.5	3.0	-
Б) с электродом	2.5	2.0	1.5
2. Изгиб стойки в плоскости XOZ			
а) без электрода	6.2	4.5	-
Б) с электродом	-	3.5	2.5

Низкочастотная модуляция амплитуды такое. При исследовании колебаний токов в диапазоне

0...10 Гц выяснялись следующие вопросы:

а) насколько значительны эти

колебания;

б) каков их частотный спектр;

в) являются ли они следствием электромеханических колебаний электрододержателя с электродом или вызываются системой автоматического регулирования (САР) ДСП.

С этой целью параллельно регистрировались токи всех фаз (I_1 , $I_2(t), I_3(t)$, крутильные - $X_{zm}(t)$ и изгибные колебания стойки 1-ой фазы и положение стойки 1-ой фазы по высоте $Z(t)$).

Визуально на регистрограммах можно выделить участки: с хаотическими изменениями амплитуд токов (рис. 5а); с их регулярной низкочастотной модуляцией (рис. 5б, 5в).

Токи на участках типа а) характеризуются среднеквадратичным отклонением амплитуды в 7...15 % от её среднего значения. На участках типа б) модуляция глубже - 20... 100 %. Участки типа а) и б) отличаются также по амплитуде механических колебаний: на участках типа б) она, как правило, больше. Если на участках типа а) амплитуда крутильных колебаний стойки соответствует крутящему моменту в $8 \cdot 10^3 \dots 12 \cdot 10^3$ Н-м, то на участках типа б) от $12 \cdot 10^3$ до $20 \cdot 10^3$ Н-м, а иногда - до $50 \cdot 10^3$ Н-м.

На участках типа б) наблюдались два варианта модуляции амплитуд токов: модуляция синхронная с крутильными колебаниями стойки

(диапазон частот 1,5...2,5 Гц, рис. 3б) и модуляция с частотой 3...4 Гц (рис. 5в). Частота в 3...4 Гц характерна для колебаний электрододержателей в плоскости XOZ и, поскольку электромеханические колебания происходят с частотами, близкими к собственным, причиной модуляции тока с такой частотой можно считать электромеханические колебания в плоскости электрододержателя.

Более тщательный анализ частотного спектра был осуществлен посредством дискретного преобразования Фурье отдельных регистрограмм рабочего режима. Результаты частотного представления регистрограмм, приведенных на рис. 5а, 5б, даны на рис. 6.

Для анализа связи модуляции токов с горизонтальными колебаниями электрододержателей наибольший интерес представляет регистрограмма тока 1-ой фазы, поскольку колебания его амплитуды можно сравнить с параллельно сделанными записями крутильных колебаний и вертикальных перемещений стойки этой фазы. На рис. 6 видно, что амплитуда тока $I_j(t)$ модулируется синхронно с крутильными колебаниями стойки $X_{CT}(t)$ (частота около 2,2 Гц). На рис. 5. а явно выраженной низкочастотной модуляции тока не просматривается. Однако

анализ частотных спектров обеих записей показал, что максимальную амплитуду в разложении 1,(1) имеет гармоника с частотой, равной частоте крутильных колебаний стойки {2,0...2,4 Гц на рис. 6.6 и 1,6 Гц на рис. 6.а).

Были обнаружены значительные амплитуды гармоник с частотами около 5 Гц и в диапазоне 0,1... 0,8 Гц. Модуляция тока с частотой около 5 Гц связана с изгибными колебаниями электрода, так как частота свободных колебаний графитированного электрода лежит в диапазоне 5...6 Гц. Источником модуляции амплитуды тока с частотой менее 1 Гц является контур с кабельной гирляндой в электромеханической системе ДСП.

Переходя к вопросу о влиянии САР ДСП на низкочастотную модуляцию токов, заметим, что на обследованной ДСП мы ни разу не наблюдали вертикального возвратно-поступательного перемещения стойки с частотой более 0,5 Гц. Другими словами, реально САР не обрабаты-

вает наблюдаемые низкочастотные колебания амплитуды токов в диапазоне частот 1,5...5,0 Гц. Этот вывод согласуется с данными по другим отечественным [1] и зарубежным ДСП [2, 3].

Влияние САР ДСП на механические колебания системы электродо-электрододержатель носит случайный характер. Вибрации электрододержателя наблюдаются и на фоне вертикального перемещения стойки, и в его отсутствие. Крайне редко наблюдаются короткие (3.. 4 периода) серии толчков, обусловленные САР, с частотой около 0,45 Гц, вызывающих глубокую модуляцию тока с этой же частотой и синхронные всплески горизонтальных колебаний электрододержателя. Однако, частота этих всплесков в 4 раза меньше собственной частоты колебаний конструкции, а их амплитуды не намного превышают средний уровень.

Полученные на отечественных печах данные согласуются с результатами экспериментов немецких ученых на дуговой сталеплавильной печи емкостью 80 т [2, 3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Чередниченко В.С., Ведин А.Н., Кузьмин М.Г. Электродинамика дуговых сталеплавильных печей: Учеб. пособие. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. - 52 с.

2. Remus B., Timm K. Analyse Elektromechanischer Schwingungen

Von Elektroden - Tragarm - Systemen an Drehstrom Lichtbogenofen. - Stahl u. Eisen, 105(1985), Nr. 16, S. 837-842.

3. Фавер Х., Тимм К. Причины периодических колебаний напряжения в дуговых электрических печах / Черные металлы. - 1982. - №4.

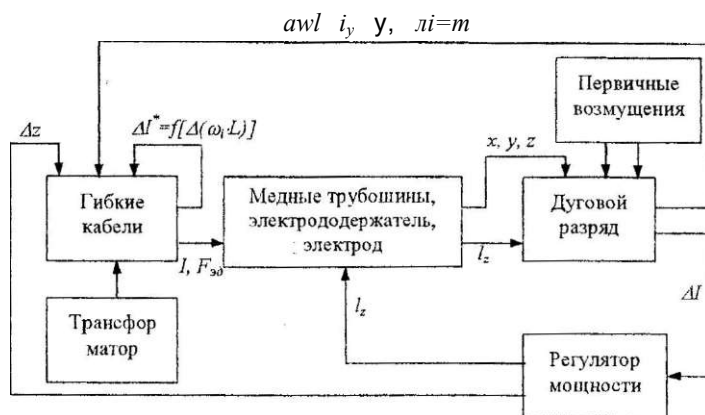


Рис.1. Обобщенная схема ДСП, как объекта со взаимосвязанными колебательными контурами

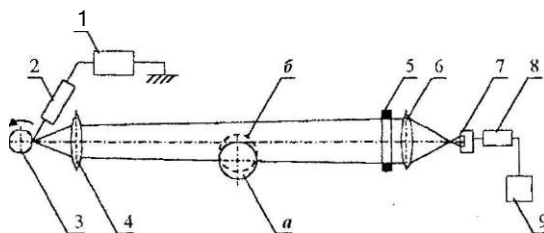


Рис. 2. Схема оптической системы измерения перемещений конца электрода в горизонтальной плоскости XOY: а и б - положения электрода при колебаниях

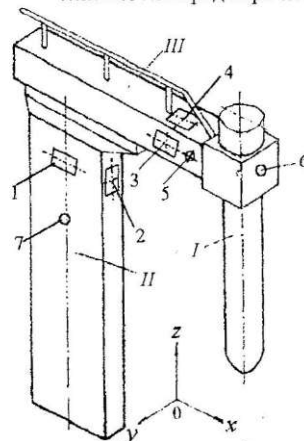


Рис. 3. Схема установки тензодатчиков на электрод одержателя ДСП-100И6: I-электрод; II - стойка электрододержателя; III - рукав электрододержателя с токоподводом.

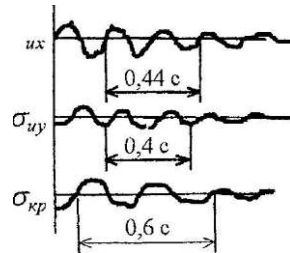


Рис. 4. Свободные колебания стойки:
 $\sigma_{иx}$, $\sigma_{иy}$ - нормальные напряжения при изгибе
 в плоскостях XOZ и YOZ; $\sigma_{кр}$ - касательные
 напряжения при кручении стойки

Л^yWVV

а б в

Рис. 5. Регистрограммы рабочего решай:
 а) хаотичное изменение амплитуд токов; б) низкочастотная модуляция
 амплитуды тока i_1 , синхронная с крутильными колебаниями стойки
 электрододержателя; в) низкочастотная модуляция амплитуд токов i_1 ,
 i_2 , i_3 с частотой около 3 Гц; Б, Л, f_ж - токи в фазах: Z - вертикальное
 перемещение стойки; $\sigma_{кр}$ - касательное напряжение на стойке

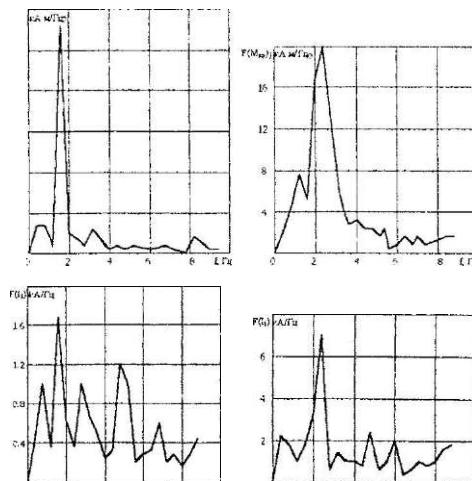


Рис. 6. Частотное представление крутильных колебаний стойки и
 токов трех фаз с помощью дискретного преобразования Фурье.

III УДК 621.314.222 6.003

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК НАГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Н.В. Третьяков

*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

Щ!
'
*Маңслада күйшік трансформаторлардың тозған бөліктерін алдын
ола ауыстырылуына жоспарланған шығындар мен олардың дер кезінде
ауыстырылмауы салдарынан туындайтын шығындар арасындағы
айырмашылығы азайтуға тиімді әсер ететін мүмкіндіктері қарастырылған.*

*Рассматривается оценка нагрузочной способности силовых
трансформаторов систем электроснабжения, заключающаяся в
предупредительной замене таким образом, чтобы сохранить выгодное
соотношение между издержками вследствие отказов в эксплуатации и
стоимостью плано-предупредительных замен.*

*The estimation of load capability of transformers of electm supply encompass-
ing by to pieventive replacement is esteemed so that to keepan expedient ratio between
costs owing to failures in exploitation and cost of scheduled preventive ^placements.*

Задача обеспечения наибольшей эффективности использования силовых трансформаторов в системах электроснабжения непосредственно связана с правильным выбором эксплуатационных режимов, обеспечивающих приемлемый уровень надежности в течение всего срока службы. Однако в настоящее время нет достаточно обоснованных рекомендаций по конкрет-

ным значениям уровня надежности электротехнического оборудования, находящегося в эксплуатации,

В качестве одного из практических методов решения этой задачи предлагается метод, в основу которого положен учет комплекса экономических и технических характеристик силовых трансформаторов и потребителей электроэнергии подстанций систем

электроснабжения. Основным критерием оценки экономической эффективности является минимум функции народнохозяйственных затрат. В качестве математического метода, минимизирующего ежегодные затраты на больших интервалах времени предлагается метод, известный как правило предупредительных замен по наработке [1], согласно которому затраты, связанные с отказами, уравниваются затратами, связанными с проведением предупредительных замен. Согласно рассматриваемого правила, замены производятся либо при отказе элемента, либо при достижении определенного времени Т (использование предлагаемого критерия не противоречит основным положениям общепринятой методики технико-экономической оценки, применяемой в настоящее время. Основой данного утверждения является положение об амортизационном периоде, по истечении которого оборудование может быть заменено новым). В предлагаемую математическую модель включаются все затраты, связанные с отказом и последующей заменой отказавшего элемента, а также затраты по

предупредительной замене не отказавшего элемента.

Для анализа составляющих затрат используем общие принципы методики технико-экономических расчетов.

Как известно, одной из составляющих затрат, служащих для оценки эффективности использования капиталовложений, является сумма годовых эксплуатационных издержек, при определении численного значения которых существенное значение имеет годовая сумма на амортизацию, которая, свою очередь определяется суммой отчислений на реновацию и капитальный ремонт:

$$c - c_{к.р.} + c_{л} \cdot O$$

где c - первоначальная стоимость оборудования;

$c_{к.р.}$ - затраты на капитальный ремонт и модернизацию, соответственно;

$c_{л}$ - стоимость ликвидируемого оборудования;

$T_{м.т.}$ - амортизационный период.

Практически начисление годовой суммы производится по нормам, выраженным в процентах к первоначальной стоимости оборудования

$$\frac{c_{к.р.} + c_{л}}{c} \cdot 100\% = f + h \cdot j \quad (2)$$

где $H_a^p, H_a^{к.р.}$ - нормы амортизации на реновацию и капитальный ремонт, соответственно.

Для силового электрического

оборудования установлены следующие нормы амортизации: на реновацию 3.5% и на капитальный ремонт 2.9%. Таким образом, при данном зна-

чени и нормы амортизации на реновацию амортизационный период соответствует 28.57 годам.

Следующая важная составляющая годовых затрат - стоимость

потерь электрической энергии. Известно, что для подстанций из параллельно работающих трансформаторов (в частном случае $p = 1$) потери $AP(t)$ определяются

$$AP(t) = nAP_{xx} + \frac{AJ'}{n} \frac{m}{S} \sim hAJ'_{\cdot k} i \frac{AP}{A'} (I) \quad (3)$$

где AP^{\wedge} , AP_{κ} - потф и холостого хода и короткого замыкания, соответственно;

$S_{\text{нiв}}$ - номинальная мощность трансформатора;

$S(f)$, $K(t)$ - абсолютная и относительная нагрузка трансформатора.

Потери электрической энергии за время $i = T_z$ в этом случае (если трансформатор не отключается по режимным соображениям)

$$\Delta \mathcal{E} = \int AP(t) dt = nAP_{xx} + \int J K^2 (I) dt \quad (4)$$

При случайном характере процесса элсктропотребления математическое ожидание потерь

$$\Delta \mathcal{E} = T_z n \left| AP_{\cdot\cdot} + BP_{\cdot\cdot} \left(\frac{\kappa''}{\kappa} \right)^2 \right| \mathbf{B}^2 \quad (5)$$

где $K.d$ - математическое ожидание и коэффициент вариации относительной нагрузки.

Стоимость потерь электроэнергии

$$C_{\cdot\cdot} = Tn / \kappa^{\wedge} - h - A P \quad (6)$$

где B', B'' - удельные стоимости постоянной и переменной составляющей потерь электроэнергии.

Наиболее важной составляющей затрат, учитывающей фактор надежности электроснабжения, яв-

ляется ущерб. Причем, величина ущерба определяется двумя составляющими [2,3] - первый вызван простоем предприятия и соответствующей невыработкой продукции (основной ущерб), второй - самим фактором аварийного отключения (ущерб внезапности)

$$V = y_1 A \mathcal{E}_H + y_2 AP^m \quad (7)$$

где y_1, y_2 - удельные показатели, характеризующие стоимость основного ущерба и ущерба внезапности;

t - показатель степени, величина которого зависит от характера предприятия;

dr - величина отключаемой мощности;

$A \mathcal{E}_H$ - количество недоотпущенной энергии.

Приведенная зависимость не учитывает вероятностных характеристик процесса электропотребления и процесса восстановления. Для оценки величины ущерба используем общие положения теории случайных процессов и теории восстановления.

В целях некоторого упрощения решаемой задачи в дальнейшем анализе сделаем некоторые допущения:

а) Аварийное отключение одного трансформатора на двух трансформаторной подстанции не совпадает с преднамеренным или аварийным другим;

б) Преднамеренное отключение трансформатора не вызывает ущерба от перерыва электроснабжения;

в) Время восстановления электроснабжения в случае отказа определяется по среднему значению.

Учитывая вышеизложенное, оценим количество недоотпущен-

ной энергии и величину отключаемой мощности при частичном ограничении пропускной подстанции, установленной в системе электроснабжения.

Согласно [4], время пребывания ординат случайного процесса над заданным уровнем a за время t_a

$$\infty$$

$$a$$

где $f(x)$ - закон распределения ординат случайного процесса изменения нагрузки. Для стационарного нормального процесса изменения нагруз-

где $\Phi(x)$ - интегральная функция нормального распределения;

K, σ_K - математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение процесса изменения нагрузки.

И, если пропускная способность трансформатора по максимуму допустимой температуры определяется величиной $K_e = K_K(1 + 3\epsilon)$ [5,6], величина отключаемой мощности (при параллельной работе трансформаторов в доаварийном режиме)

$$AP = S_{НОМ} \cos p(2^* \cdot Xl + 3\#)(10;$$

Для упрощения вычислений предположим, что количество недоотпущенной энергии определяется (для двух трансформаторной подстанции)

$$DЭ, -APт,, 1 - \Phi \frac{K_e - 2K^x}{2a,,} \quad (И)$$

тогда величина ущерба

$$Y = y_x b P m, \quad 1 - \Phi \frac{K_e - 2K}{2a.} + y_2 A P'' \quad (12)$$

Средние затраты $z(T)$ на единицу времени на достаточно большом интервале времени [6]

$$z(T) = \lim \quad (13)$$

где $c, -c - c_{я} + c_{кр} + c_m + c_n$

$M\{N_X(J)\}$ - математическое

ожидание количества отказов на интервале времени $[0, \tau]$;

$M\{N_2(t)\}$ математическое

ожидание количества предупредительных замен на интервале времени $[0, \tau]$;

Согласно [1] для оптимального периода замен, минимизирующего средние затраты, необходимо, чтобы

$$z(T) = \frac{C_i + yF(T)}{J[l-F(\Phi)} \quad (11)$$

где $F(t)$ - распределение срока службы.

Условие достижения минимума

$$\frac{dz(T)}{dT} = 0 \quad (12)$$

В результате получим

$$J\{l-F(\Phi-F(i))=C^{\wedge} \quad (13)$$

где Y (7)-интенсивность отказов.

Решая полученное уравнение при фиксированном периоде замен (равном, например, амортизационным), получим расчетное значение характеристик нагрузки, соответствующих минимуму затрат. Для случая, когда точно выполняются условия минимизации [1] изации [1]

$$z(T) = Y Y(T) \quad (14)$$

На рисунке приведены результаты расчета математического ожидания относительной нагрузки в зависимости от коэффициента вариации для трансформаторов различных габаритов для времени эксплуатации 28,5 лет.

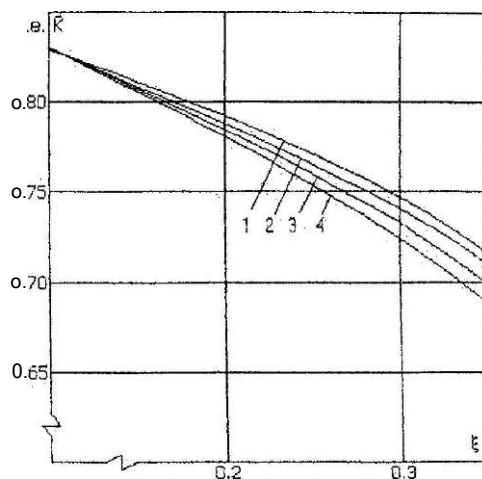


Рисунок. Зависимости нагрузочной способности трансформаторов различных габаритов:

1. ТДТН-10000/110;
2. ТДТН-25000/110;
3. ТДТН-63000/110;
4. ТРДЦН-80000/110

Предлагаемая методика позволяет определять режимы загрузки силовых трансформаторов, соответствующих минимуму затрат, а

также рассчитывать оптимальный период замены, то есть управлять уровнем надежности и на стадии проектирования и в условиях эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

3. Барлоу Р., Прошан Ф. Математическая теория надежности. - М.: Советское радио, 1969. - 488 с.
- * 2. Китушин В.Г. Надежность электрических систем: Учеб. пособие для электроэнергетических спец. вузов. - М.: Высшая школа, 1984 - 256 с.
3. Непомнящий В.А. Учет надежности при проектировании энергосистем. - М.: Энергия, 1978. - 200 с.
4. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций. - М.: Наука, 1968. - 463 с.
5. Фокин Ю.А., Третьяков Н.В. О функциональной надежности силовых трансформаторов в системах электроснабжения //Электричество, 1979, №2, с. 26-31.
6. Фокин Ю.А., Третьяков Н.В. Определение расчетной нагрузки силовых трансформаторов систем электроснабжения с учетом показателей функциональной надежности. - Труды МЭИ, вып. 371, 1978, с. 46-50.

УДК 621.318.435.2.018

РАСЧЕТ ДРОССЕЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТОКОВ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

Ф.К. Бойко, Е.В. Птицына, С.Ф. Крутоус

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

Ж *Мақалада күрделі қалыпты токпен жұмыс істейтін*
фЛ *• электротехникалық қондырғылардағы кернеу формасын реттеу үшін*
Щ *: индуктивтік орауышпарды есептеу әдістемесі Қарастырылған.*

ЩИ *Представлен обзор литературы по технике, используемой в*
электротехнологии для получения токов сложной формы. Приведены
закономерности работы и методика расчета дросселей, применяемых для
получения токов сложной формы.

In the article the survey of literature is presented; the technique of choosing
chokes Used for the voltage regulation in electrotechnological installations
supplied with the current of complicated shape is considered

В электротехнологии используются разнообразные источники питания (ИП), предназначенные для получения токов сложной формы (ТСФ). Так, базовой моделью ИП для электрохимической обработки и гальванического производства являются преобразовательные агрегаты (ПА) серии ВАК и реверсивные кремниевые агрегаты серии ВАКР [1].

В гальваническом производстве применяются установки для питания электролизеров асимметричным током. Схема, разработан-

ная в [2], обеспечивает регулирование частоты и скважности импульсов токов. Для переработки сплавов цветных металлов применяется постоянный ток с наложением переменной составляющей порядка 0,2-г0,75 от постоянной при плотности тока от 20 до 700А/м² [3]. На основе полупроводникового выпрямителя и трехфазного трансформатора предложена схема, позволяющая получать как пульсирующий, так и периодический ток. Регулирование амплитуды, длительности и

частоты пульсирующего тока позволяет повысить кпд ПА [4]. Аналогичный эффект получен при использовании нереверсивного шестифазного компенсированного преобразователя с тройной частотой напряжения на коммутирующих конденсаторах. Применение нестационарных токов улучшило качество металла, обеспечило сокращение удельного расхода электроэнергии на электролиз. Однако шестифазный режим ПА не отвечает стандарту по качеству электрической энергии, поэтому его применение для мощных потребителей нецелесообразно [5].

Способы получения ТСФ, предлагаемые для анодной обработки и для гальванических производств, не нашли применения в практике гидроэлектрометаллургии и электролиза расплавленных сред из-за особенности данных технологических процессов, сложности реализации разработанных способов получения ТСФ и управления ими для установок, рассчитанных на большие токи (от 25 до 250кА).

За рубежом для питания мощных потребителей реверсивным током предусматривается кратковременное замыкание отдельных электролизеров накоротко. Питание реверсивным током позволило снизить электродную поляризацию и пассивацию анодов при электролизе меди, никеля, цинка. Однако при этом на-

блюдалось увеличение удельного расхода электроэнергии и снижение выхода металла по току [6].

В России для питания мощных электролизных установок нестационарными токами используют тиристорные агрегаты (автоматизированные системы серии САПТ). Однако опыт эксплуатации агрегатов на комбинате «Уралэлектромедь» и Норильском горно-металлургическом комбинате с 1974 г. доказывает, что увеличение токовых нагрузок в реверсивном режиме работы агрегата приводит к увеличению расхода электроэнергии [6]. Питание нагрузки ТСФ возможно при использовании двенадцатифазного реверсивного ПА. Однако агрегат имеет сложную конструкцию из-за необходимости применения четырех специальных трехфазных реакторов и компенсирующих устройств, подключаемых к выпрямительным блокам. Для упрощения устройства к двум вторичным обмоткам трансформатора компенсированного реверсивного ПА подключают конденсаторные батареи. Однако это потребовало соответствующего изменения схемы их включения для достижения двенадцатифазного режима преобразования и обеспечения угла сдвига в 30 эл. град, между фазными эдс вторичных обмоток [7]. В этом плане представляется интересным способ электролиза меди, предложенный в [8], основанный на ис-

пользовании регулируемого по форме выпрямленного тока. Способ реализуется в ПА, укомплектованных выпрямительными блоками с управляемыми вентилями. Однако на промышленных предприятиях находятся в эксплуатации и агрегаты с выпрямительными блоками на диодах.

Следовательно, рассмотренные выше схемные решения получения ТСФ нельзя непосредственно использовать в базовых моделях преобразовательных агрегатов для мощных электролизных установок, что настоятельно выдвигает задачу либо доработки и усовершенствования автоматизированных систем серии САПТ, либо разработки способа получения ТСФ при помощи оборудования, которым укомплектованы современные ПА В АКВ или ВАКД. Последний путь является весьма перспективным с учетом ограничений денежных инвестиций, выделяемых в условиях рыночных отношений, на развитие новой техники и технологии в Казахстане, России и других республиках бывшего Союза.

В электрофизических процессах также используются ТСФ. Для их получения применяются статические полупроводниковые генераторы импульсов, выполняемые на высокочастотных тиратронах, транзисторах или тиристорах; низкочастотные генераторы на основе несимметричной (полууправляемой),

либо симметричной (полностью управляемой) трехфазной мостовой схемы выпрямления с большим углом управления; генераторы с прерывателем тока и устройствами шунтирования цепи нагрузки; твердотельные оптические квантовые генераторы - лазеры; ультразвуковые генераторы на транзисторах, преобразующих ток промышленной частоты в ток высокой частоты (16кГц) и предназначенные для работы с пьезокерамическими преобразователями; генераторы импульсных токов, используемые в магнитоимпульсных установках и являющиеся малоиндуктивными емкостными накопителями энергии; высоковольтные выпрямители и выпрямители с умножением напряжения, используемые в установках электронно-ионной технологии; электростатические генераторы [9].

Однако применяемые ИП обладают рядом недостатков. Так, например, большая масса и габариты отличают генераторы импульсов с последовательным инвертором, что связано с использованием емкостных фильтров для поддержания постоянной амплитуды импульсов. Низкие коэффициент мощности и коэффициент использования, большие массогабаритные показатели характеризуют работу индуктивно-емкостных преобразователей. Малую выходную мощность, низкую производительность, разброс пара-

метров импульсов разрядного тока, низкий кпд имеют релаксационные генераторы. Загрузка сети несинусоидальными токами присуща работе низкочастотных генераторов; при изменении скважности импульсов (в управляемых выпрямителях) изменяется максимальное напряжение импульсов; низкое значение коэффициента мощности также является недостатком этого источника питания. Резкое уменьшение кпд при увеличении скважности выходных импульсов наблюдается при работе генераторов с устройствами шунтирования цепи нагрузки. Генераторы с прерывателями тока имеют низкий кпд, большую массу и габариты, что связано со значительной энергией, рассеиваемой внутри источника. Установка на стороне переменного тока линейных и нелинейных реакторов и конденсаторов в схемах с промежуточными преобразователями усложняет схемы генераторов с реактивными токоограничивающими элементами. Низкий кпд и большие массогабаритные показатели характеризуют работу и безнакопительных генераторов [10].

Для питания дуговых сталеплавильных печей (ДСП) постоянным током используются регулируемые тиристорные ИП, аналогичные ТВ-9 для вакуумных дуговых печей со вторичным напряжением до 900В /11/. Регулирование режима ИП осуществляется РПН трансфор-

матора и с помощью угла открытия тиристорov, что является причиной низкого коэффициента мощности установки (до 0,6) при глубоком регулировании и отрицательного влияния ДСП на питающую сеть. Все это обуславливает необходимость дополнительного применения в подобных установках ойлтрокомпенсирующих и фильтре симметрирующих устройств.

Отмечено улучшение элехротехнических характеристик УСТАНОВОК электрошлакового перешава (ЭШП) при использовании ТСФ [11]. Изменение параметров и эксплуатационных характеристик ЭИГП достигнуто за счет перевода печег: с переменного тока промышленной частоты на питание постоянным током. Однако качество слитков при этом снижалось. Разрабатывались конструкции печей ЭШП с тремя расположенными по треугольнику электродами и одним кристаллизатором. Питание ЭШП током низкой частоты (2-И 0Гц) от преобразователя частоты позволило снизить индуктивность контура печи. Кроме переменного, постоянного и постоянного тока с переменной составляющей, применяют реверсивный ток. При этом постоянная составляющая тока используется для электрохимической оптимизации металлургических процессов. Однако применение многоамперных тиристорных преобразователей усложняет и удоро-

жает такую установку, снижает надежность ее работы.

Следовательно, несмотря на большой опыт использования ТСФ в электрохимических, электротермических, электрофизических процессах совершенствование и улучшение характеристик ИП остается важным моментом для повышения эффективности электротехнологических установок.

Для ЭТУ с питанием ТСФ наиболее эффективными являются ИП, содержащие силовой трансформатор общего или специального исполнения и дроссели, обеспечивающие плавное регулирование формы напряжения. В комплект ИП могут входить выпрямительные блоки. Опытными промышленными испытаниями установлено, что режимы работы такого ИП не вносят искажений в питающую сеть. ИП работает с более высоким коэффициентом мощности, что не требует установки фильтрокомпенсирующих и фильтросимметрирующих устройств. Снижается удельный расход электроэнергии, улучшается качество продукции, повышается интенсивность технологического процесса, улучшаются условия труда и экологическая обстановка [12].

Широкое использование ТСФ в электротехнологических процессах предполагает проведение реконструкции существующих ИП. Используемые в настоящее время на

преобразовательных агрегатах дроссели насыщения предназначены для регулирования уровня напряжения. Поэтому для проектирования дросселей, предназначенных для получения ТСФ, необходима соответствующая инженерная методика расчета. Однако до настоящего времени разрабатывались методики по расчету индуктивных катушек, работающих при переменном, постоянном и произвольной форме тока в диапазоне частот от 50 Гц до 50 кГц. Исследованы законы роста размеров и массы таких дросселей при задании потерь в магнитопроводах, в обмотках или постоянной времени. В подобных дросселях насыщения масса, сечение магнитопровода (его объем), типовая мощность, удельная энергоемкость, добротность, величина потерь, температурный режим сердечника и обмоток дросселя определяются диапазоном регулирования напряжения [13,14].

Так, типовая (габаритная) мощность дросселя определяется произведением действующего значения напряжения питания и максимального рабочего тока. Полезно используемая часть зависит от произведения действующего значения напряжения на нагрузку при максимальном токе нагрузки. В свою очередь соотношение между напряжением питания и напряжением на нагрузке зависит от согласования со-

противления нагрузки с сопротивлением рабочей обмотки дросселя постоянному току. Выгоднейший режим соответствует соотношению этих величин, равному 1,5-5.

При этом улучшение использования типовой мощности ДН в реальных конструкциях обеспечивается за счет соответствующего:

- изменения величины сопротивления рабочих обмоток дросселя постоянному току через изменение схемы подключения обмоток (последовательное, параллельное, схемы с самоподмагничиванием);

- согласования с нагрузкой при включении ее через трансформатор: $\gamma = i; (co, /ia. г. Однако И нескнусоидальненл'и форм»! тока ДН включение нагрузки 5лре:.; трансформатор и. л-;ль- сг роет но- иерь лоишоетн;$

- использование и-л-еьч.прх лллл-ш-ьч схем умножения напряжлло? (число контшакров з схеме • по числу вентилях и кратности умножения напряжения: удвоения, утроения, умножения в 2к или и 2к-1 раз. Это дополнительно усложняет схему питания ЭТУ и связано с использованием дорогостоящих полупроводниковых приборов к конденсаторов. Для дросселей, работающих с большим запасом мощности, строгое согласование нагрузки не предусматривается, что обуславливает увеличение их типовой мощности.

Экспериментально установлено, что регулирование частоты питающего напряжения обуславливает уменьшение не только значения сопротивления нагрузки, но и сопротивления дросселя [15].

Исходными данными при проектировании обычно являются: сопротивление обмотки ПОСТОЯНОМУ ТОКУ, индуктивность дросселе млн постоянная времени $\tau = L/R$; и гт в обмотке, закон измг-неллч тока

Мы
Выражение д • п определ'ния ТИПОИЙ мощности и. ЛУГ а; ;Д U 71:

$\gamma \approx I - T. - N : \dots$!..СМГТКе
'Ш ... '• ;ЛЛЛ.' ..•• Нl ГОК Б об-
ЛЛЛЛ ..,• Л.. Е . - ЗКЗИ-
в: : ллК;- ;д.с дросселя, определяе-
- • пазоном изменения напря-
лл ' в пределах ступени РПН
$$L = \frac{1}{2J^2} \cdot \frac{U}{L}, \dots$$

йсьное'з!• а ч; 'l: л ; =нк:т _ к
ДН Н; : • - л руЕТ.'е
ЛЫ •••- j 1-; j •"-

Одипкс ПР. , л л.Н 1 ЛО-
ВОМ РСЖД: л уллл.. ..Т.Д; ЛЗОН
иллления ::нд\>л л л л, -.При
:•v •: Мояьл?ел : : о» іость
умс л .лl;{я ти:іоосі• мощ:ости
дросселя:

$$P_{т.дн} = \frac{1}{2} \cdot n_{max} \cdot \omega \cdot \mu_0 \cdot 10^8 (B_1 - B_2) = n_{un} \quad (2)$$

Величина $P_{т.дн}$ характеризует параметры дросселя, определяемые произведением числа витков рабочей обмотки n_{un} и сечения сердечника S :

$$P_{т.дн} = K \cdot S \cdot n_{un} \quad (3)$$

поскольку $S_c \approx \frac{L_{Mдн} \cdot 10^8}{\mu_0 \cdot n_{un}^2}$

при уменьшении значения тиновой мощности снижается вес дросселя за счет уменьшения объема магнитопровода:

$$V_c = S_c \cdot l_c = \min, \quad (4)$$

$$G_c = S_c \cdot l_c \cdot d_c = \min,$$

где l_c -длина средней линии магнитопровода; d_c -удельный вес стали.

В [18] утверждают, что значение удельных потерь мощности в магнитопроводе при несинусоидальных и импульсных токах больше, чем при синусоидальном токе промышленной частоты

$$P_{несин} \approx P_{син} \cdot u_n \quad (5)$$

где u_n -коэффициент, учитывающий увеличение мощности потерь в магнитопроводе при несинусоидальном воздействии по сравнению с синусоидальным.

Однако в новых дросселях изменение характера перемагничива-

ния с использованием ТСФ: более легкое опрокидывание спинов за счет энергии внешнего поля частоты ω_{op} снижает потери мощности на перемагничивание. Уменьшение при ТСФ перегрева поверхности магнитопровода позволяет уменьшить объем магнитопровода V . Это обуславливает снижение удельных потерь мощности в единице объема, поскольку:

$$P_{л} = \frac{P_{лс}}{V} \quad (6)$$

где $P_{лс}$ -мощность потерь в магнитопроводе, обусловленная потерями на вихревые токи, гистерезис, магнитную вязкость, неучтенные потери.

Снижение сечения сердечника обуславливает снижение объема меди обмотки и веса меди. При проектировании ДН потери мощности в рабочей обмотке от несинусоидальных токов определяют по выражению [16,18]:

$$P_o = I^2 \cdot R_o - K_{доб} = q \cdot S_{охл}, \quad (7)$$

где R_o - сопротивление обмотки дросселя постоянному току, равное $R_o = \rho \cdot \frac{l}{S}$; ρ -удельное сопротивление; $K_{доб}$ -коэффициент добавочных потерь; q -допустимая плотность теплового потока; $S_{охл}$ - поверхность охлаждения обмотки; S -

площадь окна сердечника; l_0 -средняя длина витка обмотки; λ -коэффициент заполнения.

В [18] утверждают, что при протекании в обмотке дросселя гармонического тока с эквивалентной частотой $f = 4l_0 / 2\pi$ выделяющаяся в проводнике мощность потерь дополнительно возрастает из-за поверхностного эффекта и эффекта вытеснения тока магнитным полем (в многожильных проводах). Поэтому в выражение (7) для расчета потерь мощности в обмотках при несинусоидальных токах вводят коэффициент добавочных потерь,

$$G_{\text{дп}} + G_{\text{дп}} = S_{\text{дп}} \cdot d \cdot K_{\text{дп}} + S_{\text{дп}} \cdot d \cdot K_{\text{дп}} \quad (9)$$

При проектировании дросселя с минимальными массогабаритными показателями необходимо обеспечить требуемые значения энергоемкости, добротности и перегрева. Обычно для увеличения энергоемкости дросселя увеличивают габариты ферромагнитных материалов или в магнитопроводе предусматривается немагнитный зазор, что увеличивает мдс на величину $H_{\text{в}1\text{в}}$ [16,18]:

$$l \cdot (o_p = H_{\text{с}} \cdot l_{\text{с}} + H_{\text{в}1\text{в}} \cdot l_{\text{в}}) \quad (10)$$

В новом режиме мдс является функцией частот ω_0, ω_p . Ее значение изменяется при изменении соотношения между этими частотами и при совпадении достигает максимального значения:

$$F(\ddot{u})_0; \omega_0) = i(\ddot{u})_0; \ddot{u}) \ddot{u}) p \quad (11)$$

Представленные в [15] зависимости свидетельствуют о снижении потерь мощности в рабочей обмотке дросселя в режиме с использованием ТСФ.

Принимая во внимание уменьшение площади окна сердечника $S_{\text{ок}}$ средней длины витка обмотки (формула 4), можно говорить об уменьшении объема меди и веса меди

$$V_{\text{М}} = S_{\text{ок}} \cdot l_0 \cdot K_{\text{з}} = \min, \quad (8)$$

$$G_{\text{М}} = S_{\text{ок}} \cdot d_{\text{М}} \cdot K_{\text{з}} = \min,$$

где: d -удельный вес меди.

С учетом выражений (4) и (8) вес дросселя определяется как:

Поэтому и величина магнитного потока в сердечнике зависит от соотношения этих частот:

$$\Phi K; \%) = \frac{V \cdot F \cdot V}{\dots} \quad (12)$$

Применение ТСФ позволяет уменьшить массогабаритные показатели дросселя. В [19] представлена энергетическая оценка амплитуды колебаний зарядов при резонансе в системе. Заменяя в выражении амплитуду колебаний зарядов и амплитуду внешней электрической силы на амплитуду гармоники поукосцепления в сердечнике $\psi_{\text{т}}$ и амплитуду внешней периодической силы $E_{\text{т}}$, получим амплитудно-частотную характеристику цепи, из ко-

торой можно определить амплитуду гармоники (первой) потокоцепления при резонансе:

$$C0-1/n \cdot \frac{V_m^3}{\sqrt{}} = \pm \sqrt{E_m^2 - R C v_m^3}. \quad (13)$$

Воспользовавшись методом подстановок, можно показать, что

$$W = \frac{L I_m^2}{2} \cdot \omega \Phi_T - I_T^2 \cdot S_C \cdot V_m - f^1 \tau^m \wedge. \quad (14)$$

В новом режиме энергоемкость дросселя является функцией

$$W_{max}(\omega_0; \%) = \omega \cdot \Phi_m(\omega_0; \omega_f) \cdot I_{ra}(\omega_0; \omega_f). \quad (15)$$

Таким образом, снижение объема сердечника дросселя в условиях резонанса позволяет получить такое же максимальное значение запасенной в магнитонроводе энергии, как в дросселях насыщения.

Учитывая зависимость энергоемкости дросселя от соотношения частот ($\omega_0; \omega_f$), определим предельное значение мдс в рабочей обмотке [16,18]:

$$F_{пред} = j \cdot \frac{I^3 \cdot C}{j}. \quad (16)$$

Принимая во внимание выражения (11), (15), запишем уравнение для мдс в режиме резонанса в виде

$$F_{пред}(\omega_0; \omega_f) = \frac{I S_{0K-K3-q}(C Q_0; t_0 F) - S_0}{1}. \quad (18)$$

и амплитуда k-й гармоники при резонансе возрастает [20]. Увеличение при резонансе амплитуд гармонических обуславливает увеличение потокоцепления и магнитного потока в сердечнике по сравнению с обычным режимом.

В [16,18] энергоемкость дросселя определяют по выражению:

частот $\omega_0; \%$ и ее значение возрастает по мере приближения частотного соотношения к резонансу

$$I_m \sqrt{\omega_0 \wedge F_j} \cdot W_p - \frac{2 \cdot W_m \cdot \omega_k \cdot \omega_0}{n \cdot \omega_f} \cdot \frac{1}{1}. \quad (17)$$

В условиях резонанса электропроводность металлических проводников с малым удельным сопротивлением также определяется соотношением частот $\omega_0; \%$. При снижении величины удельного сопротивления $\rho(\omega_0; \omega_f)$ изменятся значения коэффициента теплоотдачи с поверхности. Допустимая плотность теплового потока будет определяться также соотношением частот $q((D_0; \omega_f))$. Тогда значение предельной мдс изменится по сравнению с обычным режимом работы дросселя:

Конструктивные размеры дросселя можно определять и через постоянную времени $\tau \sim \frac{L}{R}$ с учетом или без учета ограничений по индукции, предельной мощности, энергии дросселя.

Проектируемый дроссель должен обеспечивать регулирование формы тока в заданном диапазоне частот. В [18] минимальный объем магнитопровода дросселя, соответствующий критической частоте, оп-

ределяют по выражению:

$$V_{\min} = 7,3 \cdot 10^{-3} A \cdot Q^{3,2} \quad (19)$$

где: A - коэффициент, учитывающий потери в магнитопроводе.

Однако при проектировании нового дросселя минимальный объем становится не только функцией добротности, энергоемкости и перегрева, но и соотношения частот

2

(20)

Таким образом, особенности процессов в дросселях при несинусоидальном периодическом воздействии в условиях резонанса требуют внесения уточнений в существующие инженерные методики проекти-

рования. Это позволит на базе современных преобразовательных агрегатов в кратчайшие сроки разработать эффективные (модернизированные) ИП для ЭТУ с питанием ТСФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по электрооборудованию: В - 2т. Т. 1. Электрооборудование. - Т.2. Электрооборудование / Под общ. ред. А.А. Федорова, - М.: Энергоатомиздат, 1987,- 592 е.: ил.
2. А.с. 960321 (СССР) МКИ С 25 С 21/12. Устройство для питания гальванических ванн периодическим током / Никонов К.С. и др. // Открытия. Изобретения.- 1982.-№35.
3. А.с. 794092 (СССР) МКИ С 25 С 3/06. Способ питания электролизера пульсирующим током / Гольдштейн С.А. и др. // Открытия. Изобретения.- 1982.
4. Пат. 1831759 (СССР) МКИ Н 02 М 9/06. Преобразователь для питания гальванических ванн/ Валеев И ММ Бюллетень изобретений. 1993.№28.
5. Электромагнитные процессы в трехфазном двухмостовом преобразователе с искусственной коммутацией на тройной частоте/Глинтерник С.Р. и др. //Преобразовательные устройства и системы возбуждения синхронных машин.-Л: Наука, 1973.-С.40.
6. Современное состояние, пути развития медерафинировочного производства и повышение каче-

ства рафинированной меди: Обзор / Козлов В.А., Лавров А.Г. и др.- М.: 1988.- 52 с. / Сер. «Производство тяжелых цветных металлов»: обзорн. информ. / Мин-во цв. Metallургии СССР. ЦНИИцветмет экономики и информ.; вып.2.

7. А.с. 788315 (СССР) МКИ Н 02 М 9/06. Компенсированный реверсивный преобразователь агрегат / Ю.И. Хохлов // Бюллетень изобретений. - 1980. - №46.

8. А.с. 120579 (СССР) МКИ С 25 С 11/12. Способ электролитического рафинирования меди / Бойко Ф.К. // Открытия. Изобретения.- 1985.-№2.

9. Справочник по электрохимическим и электрофизическим методам обработки / Под общ. ред. В.А. Волосатова. - Л: Машиностроение. -1988. -718с.

10. Левинсон Е.М., Лев В.С. Обработка металлов импульсами электрического тока / Под общ. ред. Попилова Л.Я. - М.-Л.: Машгиз. - 1961. -93с.

11. Электротехнологические промышленные установки: Учеб. для вузов / И.П. Евтюкова, Л.С. Кацевич, Н.М. Некрасова, А.Д. Свенчанский. // Под ред. А.Д. Свенчанского,- М.: Энергоиздат, 1982.- ил.

12. Птицына Е.В. Влияние на электрическую сеть электротехнологических установок с питанием током сложной формы. / Электротехника, 2001, № 8. - С.6.

13. Расчет потерь в стали при несинусоидальной форме кривой на-

пряжения питания / Васильева Л.С., Завалина И.Н., Калинер Р.С.//Электротехника.-1970.-№11 .-С.46-49.

14. Карасев В.В. К расчету потерь в стали трансформаторов и реакторов преобразовательных устройств/Электротехника, 1973, №3.

15. Разработка рекомендаций по оптимизации режимов систем электроснабжения электролизных производств /Бойко Ф.К., Птицына Е.В. и др.//Сб. науч. трудов № 125. М.: МЭИ, 1987.-С.61-65.

16. Черкашин Ю.С. Расчет индуктивности катушек с магнитопроводом при несинусоидальной форме тока//Электричество. -1994, №9. -с.57.

17. Трехфазные силовые полупроводниковые выпрямители, управляемые дросселями насыщения/ Толстое Ю.Г., Мосткова Г.П., Ковалев Ф.И. М: Издательство Академии Наук СССР, 1963.-С.174.

18. Расчет электромагнитных элементов источников вторичного электропитания / Горский А.Н., Русин Ю.С., Иванов Н.Р., Сергеева Л.А.-М.: Радио и связь, 1988.-176 с.

19. Птицына Е.В. Уравнение энергии при резонансе в электротехнологических процессах / Проблемы комплексного развития регионов Казахстана. - В 3 частях. - Ч. 2-я. Электроэнергетика и теплоэнергетика.-Алматы: КазгосИНТИ, 1996. - 27-32 с. (ISBN 5-7667-2021-1).

20. Бессонов Л.А. Нелинейные электрические цепи. - 3-е изд., перераб. и доп. - Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 1977. - 343с.:ил.

ИНФОРМАЦИЯ

НАШИ АВТОРЫ

1. Адекенов Сергазы Мынжасарович - член-корр НАН РК, доктор химических наук, профессор, директор Института фитохимии МОИ РК, г. Караганда

2. Акимкулов Балтабек Кульжанбекович - сотрудник Антимонопольного комитета Алматинской области.

3. Акимкулова Меруерт Балтабековна - сотрудник Антимонопольного комитета Алматинской области.

4. Бороденко Виталий Анатольевич - кандидат технических наук, доцент кафедры электрических станций и автоматизации энергосистем, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

5. Данилов Василий Иванович - кандидат технических наук, заведующий кафедрой городского строительства и архитектуры, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

6. Досумов К. - замдиректора, Институт органического катализа и электрохимии им Д.В. Сокольского МОН РК, г. Алматы.

7. Ергазиева Г.Е. - Институт органического катализа и электрохимии им Д.В. Сокольского МОН РК, г. Алматы.

8. Ергожин Е.Е. - Институт

химических наук им. А.Б.Бектурова МОН РК, г. Алматы.

9. Жакупов Б. - РГП «НЦ КПМС РК», КазГНУ им. аль-Фараби, г. Алматы.

10. Жарменов А.А. - РГП «НЦ КПМС РК», КазГНУ им. аль-Фараби, г. Алматы.

11. Жубанов Каир Ахметович - член-корреспондент национальной академии наук, доктор технических наук, профессор. Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

12. Закарина Н.А. - Институт органического катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского МОН РК, г. Алматы.

13. Захаров Игорь Вячеславович - кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения промышленных предприятий, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

14. Зоров Геннадий Дмитриевич - кандидат химических наук, доцент, директор Центра физио-химических методов исследования и анализа, КазГНУ им. Аль-Фараби, г. Алматы.

15. Иванов Михаил Никольевич - заместитель директора ПГ РГП «Госэнергоэкспертиза»

16. Иванова Елена Васильев-

на. - кандидат технических наук, кафедра электроснабжения промышленных предприятий, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

17. Идрисова К.С. - РГП «НЦ КПМС РК», КазГНУ им. Аль-Фараби, г. Алматы.

18. Исабаева Гульнара Кырыкбесовна - аспирант кафедры электроснабжения промышленных предприятий, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

19. Исмухамедова А.Е. - Эколого-технологический центр, г. Усть-Каменогорск.

20. Кажиева А.К. - Казахский государственный национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы.

21. Казаногина Вероника Владимировна - м.н.с. лаборатории синтеза и физико-химических исследований, ЗАО, Институт органического синтеза и углекислотной химии РК, г. Караганда.

22. Калугин С.Н. - РГП «НЦ КПМС РК», КазГНУ им. аль-Фараби, г. Алматы.

23. Кайтбекулы М. - РГП «НЦ КПМС РК», КазГНУ им. аль-Фараби, г. Алматы.

24. Касенов Булат Кунурович - зам. директора по научной работе, доктор химических наук, профессор, Институт фитохимии МОН РК, г. Караганда.

25. Касенова Шуга Булатовна - с. н. е., кандидат химических наук, Институт фитохимии МОН РК, г. Караганда.

26. Кириллус Иван Владимирович - профессор, доктор химических наук, г.и.с. лаборатории синтеза и физико-химических исследований, ЗАО, Институт органического синтеза и углекислотной химии РК, г. Караганда.

27. Коқанбаев А. - КазГНУ им. аль-Фараби, г. Алматы.

28. Кошкин Игорь Владимирович - аспирант кафедры электроснабжения промышленных предприятий. Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

29. Крутоус С.Ф. - Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

30. Кузин Сергей Александрович - директор по развитию ОАО «Сибэлектротерм».

31. Кузьмин Михаил Георгиевич - генеральный директор ОАО «Сибэлектротерм».

32. Курманкожаев А.К. - Казахская государственная архитектурно-строительная академия.

33. Лобанов Ф.И. - Штокхаузен Евразия. Техника и окружающая среда, г. Москва.

34. Мадиева Баян Хаиржановна - кандидат медицинских наук, докторант кафедры гистологии, Карагандинская государственная

медицинской академия, г. Караганда.

35. Мамбетказиев Е.А. - Казахстанско-Американский свободный университет, г. Усть-Каменогорск.

36. Мамбетказиева Р.А. - Эколого-технологический центр, г. Усть-Каменогорск.

37. Махметов Джамбул Байзулинович - соискатель кафедры электроснабжения промышленных предприятий. Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

38. Мишина Евгения Васильевна - начальник учебного отдела, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

39. Молдахметова Гульнара Зейнилкабиденевна - кандидат педагогических наук, зав. кафедрой иностранных языков. Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

40. Мубаракوف Акан Мукашевич - кандидат педагогических наук, доцент, зав. кафедрой математики и информатики, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

41. Муканова Роза Жумкеновна - доцент кафедры химии, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

42. Мусина Лейла Амангельдыкызы - инженер II категории лаборатории физиологических актив-

ных веществ. Институт фитохимии МОН РК, г. Караганда.

43. Мун Г.А. - КазГНУ им. Аль-Фараби, г. Алматы.

44. Мустафин Едиге Суюндинович - в.н.с., кандидат химических наук, Институт фитохимии МОН РК, г. Караганда.

45. Мухитдинова Б.А. - Институт химических наук им. А.Б. Бектурова МОН РК, г. Алматы

46. Наурызбаев Михаил Касымович - доктор технических наук, профессор, Центр физико-химических методов исследования и анализа КазГНУ им. аль-Фараби, г. Алматы.

47. Нуркеева З.С. - Казахский государственный национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы.

48. Нуранбаева Б.М. - Институт химических наук им. А.Б. Бектурова МОН РК, г. Алматы.

49. Омаров А.Т. - Казахский государственный национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы.

50. Оспанов С.Р. - Казахская государственная архитектурно-строительная академия.

51. Пентаев Т.П. - Казахская государственная архитектурно-строительная академия, г. Алматы

52. Перменев Юрий Георгиевич - заведующий отделом. Аэрокосмический Комитет МЭМР Республики Казахстан, г. Алматы.

53. Птицына Елена Витальевна - доцент кафедры электроснабжения промышленных предприятий, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

54. Рахметулаева Р.К. - Казахский государственный национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы.

55. Рындин Владимир Витальевич - кандидат технических наук, доцент кафедры транспортного машиностроения, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

56. Сайбулатов Серик Самарканович - кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Казахская государственная архитектурно-строительная академия, г. Алматы.

57. Сальников Василий Герасимович - доктор технических наук, профессор кафедры электроснабжения промышленных предприятий, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

58. Сеитова Римма Кабылтаевна - старший лаборант кафедры химии, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

59. Сейтенова Гайни Жумагалиевна - магистрант кафедры химии, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

60. Сидельковский В.С. - Алматинский институт энергетике и связи.

61. Сиромеха Людмила Николаевна - доцент кафедры химии, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

63. Смаилова Бахытгуль Оразиевна - ассистент кафедры промышленного и гражданского строительства, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

64. Станевич Виктор Тодеушевич - кандидат технических наук, доцент кафедры городского строительства и архитектуры. Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

65. Степаненко Владимир Михайлович - кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

66. Сулейменов Марат Алибаевич - кандидат химических наук, доцент, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

67. Сыдыков А.О. - РГП «НЦ КПМС РК», КазГНУ им. аль-Фараби, г. Алматы.

68. Танашева Маруан Рахметовна - доктор химических наук, профессор, КазГНУ им. аль-Фараби, г. Алматы.

69. Телешев Кайсар Джума-

ханович - кандидат технических наук, директор Жезказганского медеплавильного завода.

70. Ткаченко Владимир Васильевич - аспирант кафедры электроснабжения промышленных предприятий, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

71. Токомбаев Тулеген Жумабекович - директор ПП РГП «Госэнергоэкспертиза».

72. Торегожина Ж.Р. - Казахский государственный национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы.

73. Торгищев Шамиль Камилевич - кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного и гражданского строительства. Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

74. Третьяков Николай Васильевич - старший преподаватель кафедры производства и распределения электроэнергии, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

75. Тусупбаев Н.К. - Казахский государственный национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы.

76. Тухметова Жанар Кабдильмаликовна - м. н. е., Институт фитохимии МОН РК, г. Караганда.

77. Туяков Есенкельды Алыбаевич - стажер-исследователь кафедры математики и информатики,

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

78. Умбеткалиев А.К. - Институт органического катализа и энергохимии им. Д.В. Сокольского МОН РК, г. Алматы.

79. Утегулов Болатбек Бахитжанович - д-р т. н., профессор. Павлодарский государственный университет им. С. Торайгыров

80. Утегулов Армар Болатбекович - аспирант кафедры электроснабжения промышленных предприятий, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

81. Утегулова Дана Болатбековна - аспирантка кафедры электроснабжения промышленных предприятий, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

82. Хацевский Владимир Филатович - кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой автоматизации технологических процессов и электропривода, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

83. Хацевский Константин Владимирович - кандидат технических наук, старший преподаватель Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова.

84. Чередниченко Марина Владимировна - к. т. н., доцент кафедры автоматизации электротехнологических установок, Новоси-

бирский государственный технический университет.

85. Шаймерденова М.К. - Институт органического катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского МОН РК, г. Алматы.

86. Шалыгина В.В. - Институт химических наук им. А.Б.Бектурова МОН РК, г.Алматы.

87. Шоинбекова С.А. - Институт химических наук им. А.Б.Бектурова МОН РК, г.Алматы.

88. Шынтемир Алмас Максудович - аспирант кафедры электро-

снабжения промышленных предприятий, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

89. Юсупов Халидилла Абенович - кандидат технических наук, доцент, директор горно-металлургического института при КазНТУ им. К.И. Сатпаева.

90. Яковлев В.В. - РГП «НЦ КПМС РК», КазГНУ им. аль-Фараби, г.Алматы.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. В журнал принимаются рукописи статей по всем научным направлениям в двух экземплярах, набранных на компьютере, напечатанных на одной стороне листа с полуторным межстрочным интервалом, с полями 3 см со всех сторон листа, и дискета со всеми материалами в текстовом редакторе "Word 7,0 ('97, 2000) для Windows".

ВНИМАНИЕ!!! РУКОПИСИ И ДИСКЕТЫ НЕ ВОЗВРАЩАЮТСЯ!!!

2. Статья подписывается всеми авторами. Общий объем рукописи, 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.

4. Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами:

- УДК по таблицам универсальной десятичной классификации;

- название статьи: кегль -14 пунктов, гарнитура - Times New Roman Суг (для русского, английского и немецкого языков). KZ Times New Roman (для казахского языка), заглавные, жирные, абзац центрированный;

ВНИМАНИЕ!!! Шрифты, упомянутые в данных правилах, можно взять в Редакционно-издательском отделе (А 118) или в Центре информационных технологий (А 120) ИГУ им. С.Торайгырова.

- инициалы и фамилия(-и) автора(-ов), полное название учреж-

дения: кегль - 12 пунктов, гарнитура - Arial (для русского, английского и немецкого языков). KZ Arial (для казахского языка), абзац центрированный;

- аннотация на казахском, русском и английском языках: кегль - 10 пунктов, гарнитура-Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка), курсив. отступ слева-справа - 1 см, одинарный межстрочный интервал;

- текст статьи: кегль - 12 пунктов, гарнитура-Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка), полуторный межстрочный интервал;

- список использованной литературы (ссылки и примечания в рукописи обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). Список литературы должен быть оформлен в соответствии с ГОСТ 7.1-84,- например:

ЛИТЕРАТУРА

1. Автор. Название статьи // Название журнала. Год издания. Том (например, Т.26.) номер (например, № 3.) страница (например С. 34. или С. 15-24.)

2. Андреева С.А. Название книги. Место издания (например. М.:) Издательство (например. На-

ука,) год издания. Общее число страниц в книге (например, 239 с.) или конкретная страница (например, С. 67.)

3. Петров И.И. Название диссертации: дис. канд. биолог, наук. М.: Название института, год. Число страниц.

4. С.Christopoulos, The transmisson-Line Modelling (TML) Metod. Piscataway, NJ: IEEE Press, 1995.

На отдельной странице (в бумажном и электронном варианте) 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»),

4. Иллюстрации, Перечень рисунков и подрисуночные надписи к ним представляют отдельно и в общий текст статьи не включают. На обратной стороне каждого рисунка следует указать его номер, название рисунка, фамилию автора, название статьи. На дискете рисун-

ки и иллюстрации в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi (файлы с названием «Рис.1», «Рис. 2», «Рис. 3» и т.д.).

5. Математические формулы должны быть набраны как Microsoft Equation (каждая формула - один объект). Нумеровать следует лишь те формулы, на которые имеются ссылки.

6. Автор просматривает и визирует гранки статьи и несет ответственность за содержание статьи.

7. Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи. Рукописи и дискеты не возвращаются. Статьи, офор-

мленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

8. Рукопись и дискету с материалами следует направлять по адресу:

637034, Республика Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64,

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, редакция журнала «Наука и техника Казахстана».

Тел. (8 3182) 45-38-60

45-11-43

факс: (8 3182) 45-11-23

E-mail: publish@psu.pvl.kz

Сдано в набор 11.02.2002 г. Подписано в печать 28.03.2002 г.
Формат 297x420/2- Бумага книжно-журнальная.
Объем 12,8 уч.-изд. л. Тираж 300 экз.
Заказ № П-3.

Редакционно-издательский отдел
Павлодарского государственного университета
им. С. Торайгырова
637034, г. Павлодар, ул. Ломова 64.

