

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## **НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – НЕФТЕГАЗОВОМУ РЕГИОНУ**

*Материалы  
Международной научно-практической конференции студентов,  
аспирантов и молодых ученых*

Том III

*Нефтехимия и технология переработки нефти и газа*

*Машиностроение, материаловедение*

*Методы неразрушающего контроля и диагностики*

*Метрология, стандартизация и управление качеством*

Тюмень  
ТИУ  
2017

УДК 622.32  
ББК 72  
Н 76

Ответственный редактор  
кандидат технических наук, доцент П.В. Евтин

Редакционная коллегия:

к. т. н., доцент (зам. отв. редактора) К. В. Кусков;  
к. т. н., доцент А. Г. Мозырев;  
д. т. н., профессор И. М. Ковенский;  
д. ф-м. н., профессор В. Ф. Новиков;  
д. т. н., профессор Е. В. Артамонов

Н 76 Новые технологии – нефтегазовому региону : материалы международной научно-практической конференции / Т. 3. – Тюмень : ТИУ, 2017. – 369 с.

ISBN 978-5-9961-1493-1 (*т. 3*)

ISBN 978-5-9961-1484-9 (*общ.*)

В издании опубликованы статьи и доклады, представленные на Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, в которых изложены результаты исследовательских и опытно-конструкторских работ по широкому кругу вопросов.

В состав третьего тома вошли материалы работы секций: «Нефтехимия и технология переработки нефти и газа», «Машиностроение, материаловедение», «Методы неразрушающего контроля и диагностики», «Метрология, стандартизация и управление качеством».

Издание предназначено для научных, социально-гуманитарных и инженерно-технических работников, а также аспирантов и студентов технических и гуманитарных вузов.

УДК 622.32  
ББК 72

ISBN 978-5-9961-1493-1 (*т. 3*)  
ISBN 978-5-9961-1484-9 (*общ.*)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет», 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СЕКЦИЯ «Нефтехимия и технология переработки нефти и газа».....</b>	<b>17</b>
<b>Разработка высокомолекулярных реагентов на основе целлюлозы для интенсификации нефтеотдачи продуктивных пластов.....</b>	<b>17</b>
<i>Абдирахимов И.Э.</i>	
Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан	
<b>Методы улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив.....</b>	<b>19</b>
<i>Аллаяров А.Р., Чащин Е.М.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Микроволновой способ получения органических соединений серы на основе сероводорода.....</b>	<b>22</b>
<i>Анисимова Е.Э.<sup>1</sup>, Захаров А.Д.<sup>1</sup>, Шинкарь Е.В.<sup>2</sup></i>	
<sup>1</sup> ООО «Газпром добыча Астрахань», г. Астрахань <sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань	
<b>Топологическая связь структуры и физико-химических свойств углеводов.....</b>	<b>25</b>
<i>Аубекеров Т.М., Коледин О.С.</i>	
Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа	
<b>Возможность снижения расхода топливного газа на установке компримирования и переработки газа.....</b>	<b>28</b>
<i>Багаутдинов С.Х., Скворцова Е.Н.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Альтернативные источники энергии на основе термоэлектрических эффектов высших жирных спиртов.....</b>	<b>29</b>
<i>Балюнов С.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Актуальность изучения низкотемпературных свойств базовых масел с использованием частотно-температурной диэлектрической спектроскопии.....</b>	<b>30</b>
<i>Баруткин В.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Температура, как один из основных параметров, влияющих на разрушение нефтяных эмульсий.....</b>	<b>32</b>
<i>Башлаева В.С., Глазунов А.М.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Пути уменьшения коксообразования при пиролизе этана.....</b>	<b>34</b>
<i>Бекбасов Т.Ж., Таранова Л.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Бутилкаучук – важный материал промышленности.....</b>	<b>37</b>

<i>Беличенкова Д.С., Глазунов А.М.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Современное состояние и перспективы развития методов увеличения нефтеотдачи (МУН).....</b>	<b>39</b>
<i>Бельмесев Д.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Применение бипланетарного механизма при депарафинизации нефтей и нефтепродуктов.....</b>	<b>42</b>
<i>Буронов Ф.Э., Курбанов А.Т.</i>	
Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан	
<b>Гидроочистка дизельного топлива .....</b>	<b>44</b>
<i>Валюженич А.А., Квасов И.Н.</i>	
Омский государственный технический университет, г. Омск	
<b>Модернизация установки подготовки нефти Западно-Салымского месторождения .....</b>	<b>45</b>
<i>Веремейчик И.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Анализ методов дегидрирования низших парафинов. Тенденции в области развития промышленных методов дегидрирования.....</b>	<b>47</b>
<i>Гагарин А.П., Гуров Ю.П.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Обоснование необходимости применения депрессорных присадок к дизельным топливам.....</b>	<b>50</b>
<i>Давыдов Д.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Обзор реакторов для производства бутадиена .....</b>	<b>52</b>
<i>Джафаров О.Р., Панкцел С.Э., Гурова А.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Технологии для защиты теплообменного оборудования от коррозии в нефтеперерабатывающей отрасли .....</b>	<b>55</b>
<i>Жадинец О.А., Махлай А.М., Смирнова Н.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Крекинг вакуумного отгона в смеси с мазутом на микросферическом катализаторе ДА-250.....</b>	<b>58</b>
<i>Калинин М.А., Скворцова Е.Н.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Реконструкция газофракционирующей установки ООО «СИБУР Тобольск» с целью увеличения выхода этановой фракции .....</b>	<b>59</b>
<i>Кангинова К.Н.</i>	



Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Мониторинг установки каталитического риформинга ЛК-6Ус.....</b>	<b>60</b>
<i>Кириллова М.Д., Чернякова Е.С.</i>	
Томский политехнический университет, г. Томск	
<b>Оптимизация технологии разделения газа пиролиза ООО «Томскнефтехим» ..</b>	<b>63</b>
<i>Кирьянова Т.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Применение катализаторов Циглера-Натта в производстве полипропилена .....</b>	<b>64</b>
<i>Ковырялова И.Э., Дерюгина О.П.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Усовершенствование в процессе одностадийного дегидрирования.....</b>	<b>67</b>
<i>Корюкова С.В., Дерюгина О.П.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Роль каталитического крекинга в нефтепереработке как процесса, увеличивающего выход светлых фракций .....</b>	<b>70</b>
<i>Косарев С.А., Трушкова Л.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Использование пинч-анализа для оценки энергоэффективности установок переработки углеводородного сырья.....</b>	<b>74</b>
<i>Кошечева А.А., Таранова Л.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Способы очистки сбросных газов с блока регенерации катализатора.....</b>	<b>77</b>
<i>Ларченко А.О., Дерюгина О.П.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Выбор технологической схемы процесса изомеризации в зависимости от углеводородного состава исходного сырья.....</b>	<b>79</b>
<i>Лукманов Р.Р., Гуров Ю.П.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Влияние состава дистиллята и четкости ректификации на показатели процесса отбензинивания Западно - Сибирской нефти .....</b>	<b>81</b>
<i>Маслов А.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень,	
<b>Компоненты и связующие катализаторов процесса гидродепарафинизации .....</b>	<b>83</b>
<i>Михайлов А.В.</i>	
Филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Салавате	
<b>Синтез метанола на установке производства водорода Антипинского НПЗ .....</b>	<b>85</b>
<i>Михайлов В.А.</i>	

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Эксплуатация блока осушки попутного нефтяного газа на примере установки № 4 общества с ограниченной ответственностью «Нижневартовский газоперерабатывающий комплекс».....</b>	<b>87</b>
<i>Михайлова С.В., Закиров Э.А., Погребная И.А</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Актуализация методики «холодного стержня» для исследования парафиновых отложений .....</b>	<b>90</b>
<i>Мякишев Е.С., Мозырев А.Г.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень.	
<b>Современное состояние теории механизма действия депрессоров.....</b>	<b>93</b>
<i>Новикова Т.О.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Возможность увеличения мощности установки дегидрирования бутана одностадийного .....</b>	<b>96</b>
<i>Окишоров Р.А., Скворцова Е.Н.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Производство метилтретбутилового эфира для улучшения качества автомобильных бензинов.....</b>	<b>97</b>
<i>Патока А.Г., Глазунов А.М.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Использование реагентов-деэмульгаторов при разрушении водонефтяной эмульсии на этапе подготовки нефти.....</b>	<b>99</b>
<i>Перунова Д.Ф., Трушкова Л.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>К вопросам разработки и подбора депрессорных присадок для нефтей и нефтепродуктов.....</b>	<b>102</b>
<i>Петрова Е.А., Мозырев А.Г.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Применение депрессорных присадок в дизельном топливе. Современное состояние депрессорных присадок.....</b>	<b>105</b>
<i>Потапова Д.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Исследование карбонизации изотропного нефтяного пека .....</b>	<b>107</b>
<i>Разноушкин А.Е., Разноушкина Ю.Е.</i>	
Филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Салават	
<b>Методы противокоррозионной защиты трубопроводов и оборудования на объектах подготовки нефти.....</b>	<b>110</b>
<i>Растатурова Д.С., Таранова Л.В.</i>	

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Инициирование полимеризации этилена под высоким давлением .....</b>	<b>113</b>
<i>Руденко М.Д., Гуров Ю.П.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Рынок полиэтиленов в России .....</b>	<b>116</b>
<i>Руденко М.Д., Гуров Ю.П.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Оптимизация процесса экстрактивной ректификации в производстве бутадиена-1,3.....</b>	<b>119</b>
<i>Рулинская М.А., Дерюгина О.П.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Общие закономерности сополимеризации двух мономеров. Сравнительная характеристика полипропилена, полиэтилена и их сополимеров. ....</b>	<b>121</b>
<i>Садыков К.Д., Гуров Ю.П.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Повышение рационального использования попутного нефтяного газа .....</b>	<b>124</b>
<i>Сарычева Ю.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Полимер широкого круга изделий – синтетический каучук.....</b>	<b>126</b>
<i>Сулейманова Л.Ф., Гуров Ю.П.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Получение изобутилена в промышленности .....</b>	<b>127</b>
<i>Тагиров А.В., Гурова А.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Оптимизация технологии процесса пиролиза ООО «Томскнефтехим».....</b>	<b>129</b>
<i>Тамазян Д.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Пути увеличения выхода этилена при пиролизе .....</b>	<b>131</b>
<i>Торопова Е.Ю., Мозырев А.Г.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Методы получения электретов .....</b>	<b>132</b>
<i>Усик Т.Н., Евстигнеев Е.И.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Малотоннажное производство высокооктановых спортивных бензинов по директиве FIA (102), советующих нормам ЕВРО-4 .....</b>	<b>134</b>
<i>Фоменко О.С., Глазунов А.М.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>К обеспечению надежности оборудования отрасли .....</b>	<b>138</b>

<i>Храмцова Е.В., Логинова Т.В., Мозырев А.Г.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Использование гидроизомеризации для снижения содержания бензола в топливах .....</b>	<b>140</b>
<i>Чащин Е.М.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Технический парафин Т-1.....</b>	<b>142</b>
<i>Чубарова В.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Анализ современного ассортимента депрессорных присадок к дизельным топливам.....</b>	<b>144</b>
<i>Юлдашева Г.Р., Яковлев Н.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>СЕКЦИЯ «Машиностроение, материаловедение» .....</b>	<b>148</b>
<b>К разработке универсального редуктора-распределителя к ВОМ хлопководческого трактора.....</b>	<b>148</b>
<i>Алимова Ф.А., Примкулов Б.Ш., Шеркобилов С.М.</i>	
Ташкентский государственный технический университет, г. Ташкент	
<b>Процесс стружкообразования инструментом с укороченной передней поверхностью.....</b>	<b>150</b>
<i>Абрамова Е.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Расширение технологических возможностей токарных станков с ЧПУ .....</b>	<b>154</b>
<i>Бекарева О.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Альтернативная энергетика.....</b>	<b>156</b>
<i>Бондарь М.О.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Геотермальные электростанции .....</b>	<b>159</b>
<i>Бочков И.Ю.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Исследование влияния доменного гранулированного шлака на свойства гипса .....</b>	<b>162</b>
<i>Вахрушев Д.А., Иозефатова А.И.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Технология безтопливного подогрева ДВС для усовершенствования процесса пуска двигателя в условиях низких температур.....</b>	<b>165</b>
<i>Волков Н.А., Чайников Д.А.</i>	

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Диагностика рабочего органа «Стол» фрезерного станка с ЧПУ, определение погрешностей обработки.....</b>	<b>168</b>
<i>Гашева Е.А., Кокорин И.Н., Калаев А.П.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Использование нанопорошка для продления износостойкости двигателя .....</b>	<b>171</b>
<i>Гашева Е.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Внутреннее охлаждение резца с СМП .....</b>	<b>173</b>
<i>Грузинцева Д.Е., Калаев А.П.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Шток плунжерного насоса.....</b>	<b>176</b>
<i>Дыбля М.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Сравнение технологии лазерной и плазменной резки .....</b>	<b>177</b>
<i>Енбахтова Е.А., Калаев А.П.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Анализ методов поверхностного упрочнения деталей машин применяемых в машиностроении.....</b>	<b>179</b>
<i>Зыкин П.В., Коновалов А.Ю.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Повышение работоспособности режущих инструментов из твердого сплава ...</b>	<b>182</b>
<i>Зырянов В.А., Королев С.А</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Сокращение времени переналадки оборудования.....</b>	<b>185</b>
<i>Ильдеркина К.Е.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Исследование влияния доменного гранулированного шлака на свойства смешанного вяжущего.....</b>	<b>187</b>
<i>Иозефатова А.И., Вахрушев Д.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Математическое моделирование погрешностей рабочего органа «Шпиндель» фрезерного станка с ЧПУ.....</b>	<b>189</b>
<i>Калаев А.П., Кокорин И.Н., Косогина И.М.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Нечеткое регулирование в системах адаптивного управления токарных станков с ЧПУ .....</b>	<b>191</b>
<i>Кокорин И.Н., Калаев А.П.</i>	

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>ТЭЖ. Перспектива развития угольной промышленности .....</b>	<b>193</b>
<i>Косогина И.М.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Исследование и снижение времени обработки поверхностей сложной конфигурации.....</b>	<b>195</b>
<i>Кудряшова С.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Влияние легирования на структуру электролитических сплавов никеля .....</b>	<b>197</b>
<i>Кулемина А.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Использование свойства двойникования при создании оборудования для нефтяной и газовой промышленности .....</b>	<b>198</b>
<i>Лукьянова О.А.</i>	
Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, г. Москва	
<b>Применение автоматической подвесной транспортной системы на предприятиях гостиничного бизнеса.....</b>	<b>201</b>
<i>Макеев Д.А., Позднякова Н.О.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Свойства сплавов Fe-Ni- Cr и Fe-Cr при использовании добавок.....</b>	<b>204</b>
<i>Шмидт В.В., Мартюк Д.Р.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Трехкомпонентные гальванические покрытия в двигателях внешнего сгорания транспортных средств и транспортно-технологической техники.....</b>	<b>206</b>
<i>Шмидт В.В., Мартюк Д.Р.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Анализ использования САПР программ .....</b>	<b>208</b>
<i>Мозгунова О.В., Калаев А.П.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Улучшение конструкция натяжителя цепи для вездеходов с цепным приводом .....</b>	<b>210</b>
<i>Назаревич С.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Повышение прочности и износостойкости металлорежущего инструмента обработанного глубоким холодом .....</b>	<b>212</b>
<i>Никитенко Я.Ф., Свириденко К.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень.	
<b>Пружинная опора редуктора.....</b>	<b>214</b>

<i>Орлов Н.С., Калаев А.П., Русаков М.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Преимущества и недостатки системы тепловой подготовки гидропривода и двигателя СДМ .....</b>	<b>216</b>
<i>Половников Е.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Усталостный излом – как наиболее распространенный вид разрушения деталей машин и механизмов.....</b>	<b>219</b>
<i>Полякова Д.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Исследование механических характеристик выглаживающего инструмента цилиндрической формы .....</b>	<b>223</b>
<i>Попова О.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Исследование механических характеристик выглаживающего инструмента бочкообразной формы .....</b>	<b>226</b>
<i>Попова О.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Система адаптивного управления токарного станка с ЧПУ на основе фаззи-регулятора.....</b>	<b>230</b>
<i>Фёдорова А.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Анализ использования альтернативной технологии энергии ветра.....</b>	<b>233</b>
<i>Серазидинов Е.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Безопасность при разливке стали .....</b>	<b>234</b>
<i>Старкова Н.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Материалы поршневой группы двигателя внутреннего сгорания .....</b>	<b>236</b>
<i>Суц К.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Испытания на ударный изгиб холоднокатаного проката стали 08Ю .....</b>	<b>239</b>
<i>Тагиров Т.Т.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Работоспособность режущих инструментов.....</b>	<b>240</b>
<i>Тверяков А.М., Штин А.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Способ компенсации пространственных отклонений заготовки, возникающих в процессе обработки на станках с ЧПУ .....</b>	<b>242</b>

<i>Соловьев И.В., Темпель Ю.А., Темпель О.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Улучшение двигателя маршрутного такси.....</b>	<b>243</b>
<i>Тихонова Е.А., Калаев А.П.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Анализ состояния вопроса о сверлении рельс сборными сверлами со сменными твёрдосплавными пластинами. ....</b>	<b>245</b>
<i>Филистеева Е.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Инновационное развитие промышленности Тюменской области .....</b>	<b>248</b>
<i>Фролова Л.Е., Гуляева А.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Исследование дефекта проката.....</b>	<b>251</b>
<i>Халилов Д.Х., Хызов А.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Исследование повреждений ножа гильотины.....</b>	<b>255</b>
<i>Хызов А.А., Халилов Д.Х.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>СЕКЦИЯ «Методы неразрушающего контроля и диагностики».....</b>	<b>258</b>
<b>К определению магнитоупругих свойств ферромагнитных сталей ударным способом.....</b>	<b>258</b>
<i>Соколов Р.А., Шанин Е.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Износостойкость защитных покрытий при газоабразивном воздействии .....</b>	<b>260</b>
<i>Тихонов К.В.<sup>1</sup>, Соколов Р.А.<sup>1</sup>, Шабиев Ф.К.<sup>1</sup>, Устинов В.П.<sup>2</sup></i>	
<sup>1</sup> Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень; <sup>2</sup> ЗАО «ПУРГАЗ», г. Губкинский	
<b>Разработка магнитного метода обнаружения и контроля эрозии трубопроводов нефтегазовой отрасли .....</b>	<b>263</b>
<i>Сафаргалиев Р.Ф.<sup>1</sup>, Соколов Р.А.<sup>2</sup>, Тихонов К.В.<sup>2</sup></i>	
<sup>1</sup> Тюменский государственный университет, г. Тюмень; <sup>2</sup> Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Магнитные и магнитоупругие свойства стали 40Х13.....</b>	<b>267</b>
<i>Воронин В.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Электромагнитные преобразователи-свидетели предразрушения конструкции .....</b>	<b>269</b>
<i>Дроздов Н.А.</i>	



<p>ЗАО НЦП «Сибнефтегаздиагностика», г. Тюмень</p>	
<p><b>Обработка данных в режиме реального времени при прогнозировании аварий на предприятиях переработки нефтегазового сырья с использованием новейших геоинформационных технологий .....</b></p>	<p><b>272</b></p>
<p><i>Ермолина М.С.</i></p>	
<p>Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень</p>	
<p><b>Метод высших гармоник намагниченности в модели гистерезиса Такаги при неразрушающем контроле напряжений .....</b></p>	<p><b>275</b></p>
<p><i>Зайнутдинова З.Р., Нерадовский Д.Ф., Проботюк В.В.</i></p>	
<p>Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень</p>	
<p><b>Развитие программного обеспечения ГИС для прогнозирования аварий на предприятиях переработки нефтегазового сырья .....</b></p>	<p><b>277</b></p>
<p><i>Ионина М.А.</i></p>	
<p>Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень</p>	
<p><b>Влияние температуры отпуска на характер магнитоупругой релаксации стали 30X13 .....</b></p>	<p><b>280</b></p>
<p><i>Садыхов К.А.</i></p>	
<p>Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень</p>	
<p><b>Неразрушающий метод количественной оценки технического состояния силовых кабельных линий .....</b></p>	<p><b>284</b></p>
<p><i>Новикова Фрейре Шавиер Ж. да К., Прахов И.В.</i></p>	
<p>Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Салават</p>	
<p><b>Демонстрационно-лабораторный эксперимент «Магнитоупругий эффект в ферромагнетике в поле акустической волны» .....</b></p>	<p><b>286</b></p>
<p><i>Гоняева В.Р., Антонова Д.А., <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">Фатеев И.Г.</span>, Третьяков П.Ю.</i></p>	
<p>Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень</p>	
<p><b>Соотношение значений числа Рейнольдса и звуковой нагрузки перемещаемого теплоносителя .....</b></p>	<p><b>289</b></p>
<p><i>Плотников А.С.</i></p>	
<p>Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень</p>	
<p><b>Измерительная установка для исследования возможностей методов магнитной структуроскопии.....</b></p>	<p><b>291</b></p>
<p><i>Соковец К.А., Вернета М.Я.</i></p>	
<p>Томский политехнический университет, г. Томск</p>	
<p><b>Мониторинг качества электроэнергии .....</b></p>	<p><b>294</b></p>
<p><i>Шанин Е.В., Тихонов К.В.</i></p>	
<p>Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень</p>	
<p><b>Оценка качества метода изготовления накатыванием на порошковых биметаллических заготовках зубчатого колеса главной передачи в гоночном болиде класса Formula Student.....</b></p>	<p><b>295</b></p>

<i>Шкуркин Д.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Магнитный контроль механических свойств стальных конструкций .....</b>	<b>297</b>
<i>Кулак С.М., Сафаргалиев Р.Ф., Добжанская Д.И., Новиков В.Ф.</i>	
Тюменский государственный университет, г. Тюмень; Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Система контроля намагниченности длинномерных изделий.....</b>	<b>301</b>
<i>Болдырев П.А.</i>	
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск	
<b>Изучение явления магнитоупругого размагничивания (магнитоупругой памяти) .....</b>	<b>303</b>
<i>Федоров Б.В., Сафаргалиев Р.Ф.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>СЕКЦИЯ «Метрология, стандартизация и управление качеством».....</b>	<b>306</b>
<b>Стандартизация в годы ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ .....</b>	<b>306</b>
<i>Антипина А.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень.	
<b>Электронные очереди в сфере общественного питания .....</b>	<b>308</b>
<i>Брежнева И.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Совершенствование процесса «внутренние аудиты (проверки) качества» на АО «ЕВРАКОР» .....</b>	<b>312</b>
<i>Гаврилов А.Е.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Управление качеством в машиностроении.....</b>	<b>314</b>
<i>Доманина Е.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Диаграмма Парето в решении проблем обеспечения качества продукции.....</b>	<b>318</b>
<i>Дорошкевич В.В., Маркина Н.В.</i>	
Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, г. Омск	
<b>Квалиметрическая оценка оборудования .....</b>	<b>320</b>
<i>Изотова В.М.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Подготовка к ресертификации на соответствие стандарту ГОСТ Р ИСО 9001:2015 на примере организации ЗАО «Сибпромкомплект».....</b>	<b>323</b>
<i>Калимуллина З.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	

<b>Совершенствование процесса «Управление документацией» .....</b>	<b>326</b>
<i>Камалетдинов Р.Р.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Разработка схемы проведения внутреннего аудита на предприятии .....</b>	<b>329</b>
<i>Кривошеева Д.А., Тарасова Е.Ю., Пасечник Я.В.</i>	
Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, г. Омск	
<b>Повышение результативности процесса «Корректирующие и предупреждающие действия» в рамках СМК АО «Сибур-Химпром».....</b>	<b>332</b>
<i>Мезенцева Т.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Метрологическое обеспечение .....</b>	<b>336</b>
<i>Неплашов И.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Разработка методики оценки рисков и возможностей в рамках СМК.....</b>	<b>338</b>
<i>Нониева К.З.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Инновационные методы управления качеством .....</b>	<b>341</b>
<i>Павлик Н.Б.</i>	
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск	
<b>ФМЕА-анализ на производстве сырокопченых колбас.....</b>	<b>344</b>
<i>Пасечник Я.В., Тарасова Е.Ю., Кривошеева Д.А.</i>	
Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, г. Омск	
<b>Метрологическое обеспечение научно-образовательного процесса.....</b>	<b>346</b>
<i>Петрова Е.И., Тарасова Е.Ю.</i>	
Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина», г. Омск	
<b>Определение критериев для оценки управления стандартизацией в вузе .....</b>	<b>348</b>
<i>Пятилетова Д.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Standardisierung - der Garant für die Qualität der Produkte .....</b>	<b>351</b>
<i>Темпель О.А., Темпель Ю.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Показатели качества металлорежущего инструмента со сменными многогранными пластинами (СМП) .....</b>	<b>352</b>
<i>Фёдорова А.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Контроль качества водки на всех этапах ее производства в производственной испытательной лаборатории ООО «Омсквинпром» .....</b>	<b>355</b>

*Черноиванова Е.А., Шорохова А.В.*

ООО «Омсквинпром», г. Омск

**Современные проблемы управления качеством в производстве медоборудования ..... 357**

*Чехлова И.И.*

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

**Актуальные проблемы управления качеством в ЦСМах..... 360**

*Штарнова О.В.*

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

**«Проблемы применения Закона «О недрах» в компании» ..... 363**

*Яковлева Д.Т.*

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

**Особенности формирования риск - ориентированного мышления ..... 365**

*Подустова А.В.*

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

## **СЕКЦИЯ «Нефтехимия и технология переработки нефти и газа»**

### **Разработка высокомолекулярных реагентов на основе целлюлозы для интенсификации нефтеотдачи продуктивных пластов**

*Абдирахимов И.Э.*

*Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан*

Главная цель в развитии экономики Республики Узбекистан на сегодняшний день это стремление максимально использовать международный опыт рыночных отношений с минимальными национальными издержками. Большую роль в реализации намеченного плана сниженная себестоимости должна сыграть нефтегазовая промышленность. Рациональное использование нефтяных горючесмазочных материалов, улучшение их качества и расширение ресурсов являются основными ее задачами.

Для обеспечения высокого уровня и темпов роста добычи нефти в республике наряду с открытием и введением и разработку новых месторождений особое внимание уделяется проблеме максимально возможного повышения степени до извлечения нефти и газа из истощенных месторождений. В настоящее время более 80% добычи нефти в мире извлекается методом заводнения, однако выработка пласта все еще остается невысокой. Поэтому во всех нефтедобывающих странах для повышения продуктивности пластов и интенсификации нефтеотдачи ведутся крупномасштабные исследования по разработке высокомолекулярных реагентов различной природы.[1]

Нами разработаны высокоэффективные реагенты на основе фосфорилированных производных целлюлозы, обладающих высокими активностью, производительностью и сроком службы. В основу работы положено научное обоснование оптимизации реагентов интенсификаторов нефтеотдачи продуктивного пласта, а также определение адсорбции высокомолекулярных веществ и ее влияние на электроповерхностные свойства частиц глины каолина и бентонита, устойчивости дисперсии глинистых суспензий в присутствии высокомолекулярных веществ, физико-химических, структурных и адсорбционных характеристик. Усовершенствована технология процесса начиная от стадии подбора реагентов для интенсификации нефтеотдачи до получения готового продукта.

На основе обобщения литературных и экспериментальных данных, электрохимических расчетов, термо и адсорбционных исследований сформулированы принципы подбора реагентов интенсификаторов. [3]

Для уточнения области протекания процесса нефтеотдачи изучена зависимость скорости адсорбции. На основе кинетических данных установлено, что в начальный период, когда покрытие поверхности еще низ-

кое, она контролируется диффузией, т.е. зависит от скорости подхода полимерных молекул к поверхности .

Полученные результаты свидетельствуют о том что адсорбция частицами бентонита и каолина определяется в основном не диффузией макромолекул к поверхности, а вторичными процессами перераспределения адсорбированных гетеродисперсных макромолекул во времени - вытеснением менее крупных более крупными.

Это явление вполне логично объясняется зарядовым характером, т.е. влиянием электрического фактора на процесс адсорбции, а также деформируемостью гибкоцепных макромолекул, обеспечивающей размещение их достаточного количества на единицу площади.

Одна из важных характеристик процесса протяженность изотерм по оси ординат, свидетельствующая о сродстве объекта к субстрату. Данный параметр, кроме теоретического, имеет и прикладное значение. Это связано с тем, что стабилизация дисперсии и ее агрегация требуют максимально возможного перехода полимера на поверхность и минимально - в интермицеллярную жидкость. В результате снижается расход реагента и обеспечивается минимальное содержание его и жидкости.

При экспериментах применены различные физико-химические методы, например, для определения электрофоретической подвижности частиц - микроэлектрофорез, светопротекание: скоростной седиментации изотермы адсорбции - кинетические исследования и др.

Выявлено, что в области агрегирующих концентраций полиэлектролита между частицами бентонита имеется еще значительное электростатическое отталкивание, достаточное для стабилизации системы. [4]

Установлено, что агрегирование бентонита в присутствии добавок целлюлозы наступает в результате одновременного действия двух механизмов - снижения заряда частим и образования между ними мостичных связей через адсорбированные макромолекулы. Первый эффект доминирует при малых добавках сильно заряженных полиэлектролитов. С ростом концентрации флокулянта в системе, снижением его заряда и увеличением степени полимеризации в большей мере проявляется вклад второго механизма дестабилизации.

Для изучения механизма процесса адсорбции был использован метод светопротекания.

Таким образом, нами разработаны новые высокоэффективные реагенты на основе целлюлозы для интенсификации нефтеотдачи продуктивных пластов. Выявлены основные физико-химические и кинетические закономерности процесса адсорбции.

#### Библиографический список

1. Технология переработки нефти. В 2-х частях. Часть первая. Первичная переработка нефти. Под. ред. О.Ф.Глаголевой, В. М. Капустина.- М.: Химия, Колос С, 2006.- 400 с.

2. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. - Москва, Химия, 1988. –586 с.

3. Вольфович С.И. и др. Общая химическая технология. Том-1. Л.: Химия. 1953. -630с

4. Д.Исмаатов ва бошқалар. Нефтни қайта ишлаш. - Тошкент, Маърифат-мадаткор, 2002. - 159 б.

Научный руководитель: Султонов Н.Н., ассистент Каршинский инженерно-экономический институт.

## **Методы улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив**

*Аллаяров А.Р., Чащин Е.М.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Дизельные топлива имеют некоторые недостатки, наиболее существенные из которых – низкотемпературные свойства. Неудовлетворительные низкотемпературные свойства определяются наличием парафиновых углеводородов нормального и слаборазветвленного строения, обладающих высокими значениями температуры кристаллизации. Снижение температуры окружающей среды приводит к выпадению кристаллов парафинов и их последующему росту, в связи с чем снижается подвижность дизельного топлива. Поэтому эксплуатация дизельных двигателей в условиях холодных климатических районов затруднена, а к топливам предъявляются жесткие требования.

Основными промышленными способами получения качественного низкозастывающего дизельного топлива являются:

Снижение температуры конца кипения дизельной фракции, что ограничивает содержание высококипящих n-парафинов. При этом происходит сокращение ресурсов дизельных топлив на 20 % и более, что не позволяет покрыть потребность в зимнем и арктическом топливе.

Смешение с более легкими фракциями, приводящее к снижению температуры застывания топлива. Метод малоэффективен для снижения температуры помутнения и предельной температуры фильтруемости, что связано со слабой растворимостью высокоплавких n-парафинов.

Добавление депрессорных присадок, улучшающих прокачиваемость топлива при низких температурах и снижающих температуру помутнения и застывания. Присадки проявляют различную эффективность в различных по составу дизельных топливах. Это показывает необходимость в индивидуальном подборе депрессорной присадки для достижения наилучших низкотемпературных свойств топлив при небольшом её расходе.

Улучшение низкотемпературных свойств топлив путем выделения высококипящих нормальных парафинов – процессы депарафинизации [1].

Карбамидная депарафинизация. Основана на способности карбамида образовывать кристаллические комплексы (аддукты) с парафиновыми углеводородами нормального строения. В процессе, помимо низкозастывающего дизельного топлива получают жидкие парафины – ценное нефтехимическое сырье, используемое в производстве синтетических жирных кислот и спиртов, ПАВ, моющих средств и др.

Карбамид представляет собой белое кристаллическое вещество, легко растворимое в воде, низших спиртах и не растворимое в углеводородных растворителях. Кристаллы карбамида имеют полости, в которых могут располагаться n-парафины.

В качестве активаторов процесса комплексообразования наиболее широко распространены вода, спирты, кетоны, хлорированные углеводороды. Активатор способствует гомогенизированию среды, облегчает перемещение парафинов и способствует перестройке кристаллической структуры карбамида из тетрагональной в гексагональную, повышая его активность.

Недостатками процесса являются снижение выхода дизельного топлива (на 20 – 30 % масс.) и значительное снижение цетанового числа (до 40-42 единиц). Причиной данных явлений является низкая селективность карбамида, в связи с чем в процесс комплексообразования вовлекаются низкоплавкие n-парафины.

Адсорбционная депарафинизация. Назначением процесса является получение жидких n-парафинов высокой степени чистоты и денормализатов – компонентов зимних и арктических сортов топлив. Получаемые парафины используются для производства белково-витаминных концентратов, моющих средств, ПАВ и др.

В качестве адсорбентов используют цеолиты типа CaA (процесс «Парекс») или молекулярные сита. В связи с высокой чувствительностью адсорбентов к химическим примесям, сырье предварительно подвергается гидроочистке. Процесс производится в среде водородсодержащего газа, являющегося газом-носителем сырья, при температуре около 380 °С и давлении 0,5 – 1 МПа.

Недостатки процесса: низкий выход и октановое число денормализата, высокие капитальные затраты.

Электродепарафинизация. Процесс основан на эффектах электрофореза, диэлектрофореза и диполофореза. Заключается в создании на кристаллах n-парафинов электрического заряда с помощью депрессорных присадок и последующим выделении твердой фазы в постоянном электрическом поле на электродах. Необходимым условием является проведение процесса при низких температурах.

Эффективность процесса повышается путем добавления специальных веществ – промоторов. К ним относятся уксусная, пальмитиновая,



олеиновая и стеариновая кислоты. Они способствуют более интенсивному переходу парафина в твердое состояние, увеличивают скорость осаждения парафинов на электродах. Кроме того, улучшения показателей электродепарафинизации можно добиться путем добавления высших жирных спиртов. ВЖС, являясь сегнетоэлектриками, сокристаллизуются с н-парафинами и придают им значительные электростатические заряды. В сочетании с депрессорными присадками, адсорбированными на поверхности н-алканов, за счет синергетического эффекта приводят к возрастанию электростатических потенциалов. Присадки, кроме того, в области низких температур снижают структурную вязкость исходного топлива и облегчают перемещение парафина в электрическом поле.

Депарафинизации в постоянном электрическом поле высокого напряжения позволяет получать дизельные топлива с выходом до 95 % от потенциала в нефти. Частичная электродепарафинизация как метод улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив при сезонном использовании в условиях холодного климатического района имеет ряд преимуществ. Цетановое число находится на приемлемом уровне, так как в депарафинированном топливе сохраняется большая часть н-парафинов, имеющих высокие цетановые числа. Выход дизельных топлив наибольший среди вышеперечисленных.

Недостатком электродепарафинизации дизельных топлив является потребность в низких температурах.

Процесс каталитической гидродепарафинизации основан на реакциях селективного гидрокрекинга и гидроизомеризации н-алканов с применением катализаторов в присутствии водорода. Применяется для улучшения низкотемпературных свойств как авиационных и дизельных топлив, так и базовых компонентов масел.

Катализаторы селективного гидрокрекинга должны обладать бифункциональными свойствами. С одной стороны они должны содержать внутри пор кислотные центры для крекинга н-алкановых углеводородов (активные центры реакций, протекающих по карбоний-ионному механизму), с другой стороны – иметь гидрирующие центры (благородные и неблагородные металлы) для гидрирования ненасыщенных продуктов крекинга и предотвращения образования продуктов уплотнения и коксообразования на катализаторе (активных центрах реакций, протекающих по окислительно-восстановительному механизму).

Основными параметрами, определяющими эффективность процесса, является температура и объемная скорость подачи сырья. Оптимальное сочетание этих параметров обеспечивает максимальную продолжительность межрегенерационного цикла работы катализатора.

Каталитическая депарафинизация имеет ряд недостатков: снижается цетановое число ДТ в результате реакций изомеризации н-парафиновых углеводородов, что требует последующего введения в топливо цетанповышающих присадок; дороговизна катализатора.

При этом, процесс позволяет получить высококачественное дизельное топливо с небольшими потерями продукта. Получаемый в процессе бензин-отгон в дальнейшем можно использовать в качестве компонента автомобильного бензина. Наибольшую актуальность каталитическая депарафинизация приобретает тогда, когда выделение чистого парафина не требуется по экономическим или технологическим соображениям [2].

#### Библиографический список

1. Камешков, А.В. Получение дизельных топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами (обзор) [Текст] / А.В. Камешков, А.А. Гайле // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2015. – № 29. – С. 49-60.

2. Гайнуллин, Р.Р. Получение низкозастывающих нефтепродуктов методами депарафинизации [Текст] / Р.Р. Гайнуллин, Э.Т. Гизятуллин, Н.Л. Солодова, А.И. Абдуллин // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – № 10. – С. 257-265.

Научный руководитель: Яковлев Н.С., канд. техн. наук, доцент.

### **Микроволновой способ получения органических соединений серы на основе сероводорода**

*Анисимова Е.Э.<sup>1</sup>, Захаров А.Д.<sup>1</sup>, Шинкарь Е.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ООО «Газпром добыча Астрахань», г. Астрахань

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань

Развитие ряда направлений химии серы в последнее время тесно связано с изучением реакций легкодоступных органических соединений (отходы переработки природных газов, сернистых нефтей и др.) с различными осерняющими реагентами. Все большее значение приобретает и решение проблемы выделения и использования сернистых соединений из природного газа, нефтей и коксохимического сырья. Огромные ресурсы так называемой «попутной серы», которая выделяется при переработке природных газов, сернистых нефтей, углей и др., является базой для развития химии и технологии органических соединений серы.

При исследовании осернения органических соединений следует учитывать, что во многих случаях строение конечных продуктов реакции обусловлено последующими превращениями первичных S-производных.

Астраханское газоконденсатное месторождение отличается уникально высоким содержанием  $H_2S$  до 27 %, который перерабатывают только в элементную серу, либо сжигают на факельных установках, что достаточно неэффективно. В связи с этим наиболее целесообразно рас-

смагивать  $H_2S$  как сырьё для  $SH$ -функционализации углеводов.

Сероводород является важным тиолирующим агентом для синтеза органических соединений серы ввиду низкой стоимости и способности выполнять роль тиолирующего реагента. Вовлечение в органический синтез таких отходов, как  $H_2S$ , позволяет решить две проблемы – его утилизацию и разработку новых методов получения практически полезных органических соединений серы.

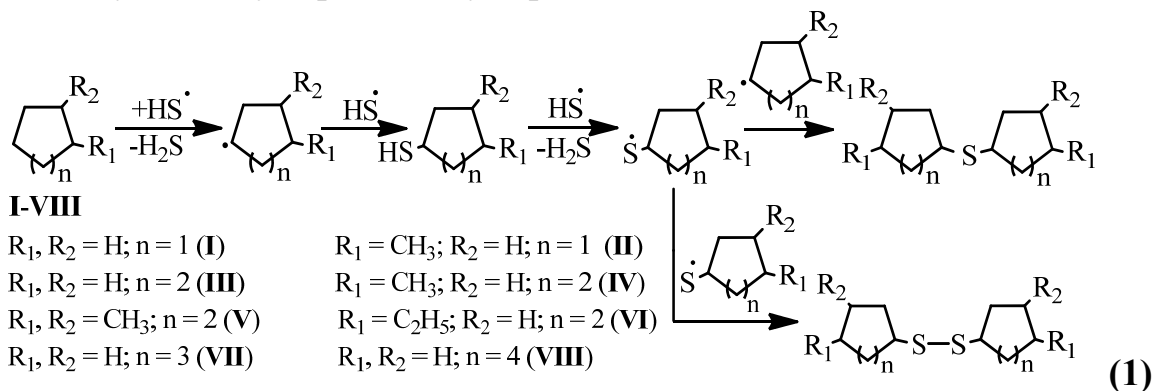
Традиционные промышленные способы синтеза органических соединений серы требуют "жёстких" условий (повышенная температура, давление, различные виды облучения, катализаторы). Реакции, идущие с участием  $H_2S$ , в основном трактуются либо как идущие по гетеролитическому механизму (в воде), либо по гомолитическому (в неводных средах) с возникновением тиольных радикалов. Гомолиз связи  $H-S$  требует значительных энергетических затрат и возможен в условиях термолиза при  $t=400\text{ }^\circ\text{C}$ .

В данной работе впервые предложено использовать микроволновое облучение (МВО) для активации  $H_2S$  путём гомолиза в реакциях с циклоалканами  $C_5-C_8$  и их алкилпроизводными (I-VIII) при варьировании мощности облучения и времени реакции. По сравнению с традиционными способами получения циклоалкантиолов использование МВО имеет ряд преимуществ: значительное сокращение времени реакции, направленная активация сероводорода до тиольного радикала, прямое тиолирование циклического субстрата *one pot* и исключение растворителя.

Тиолирование циклоалканов в присутствии  $H_2S$  под действием МВО возможно за счёт полярности молекулы реагента, которая в среде субстрата легко образует тиольный свободный радикал ( $HS\cdot$ ).

Данный способ генерирования радикалов из инертных химических соединений приводит к созданию новых представлений и технологических приёмов, в которых энергия СВЧ играет роль непосредственно инициатора реакции, либо позволяет увеличивать эффективность катализатора низкой стоимости.

Для всех исследуемых субстратов наблюдается аналогичный спектр органических соединений серы в условиях МВО. Реакции  $H_2S$  с циклоалканами протекает через ряд последовательно-параллельных стадий. Первоначально образуется циклоалкантиол, который далее превращается в соответствующий сульфид и дисульфид по схеме 1:



Реакции  $H_2S$  с циклоалканами проводили при различных значениях мощности МВО (420, 560, 700 Вт) и варьировании времени МВО. Снижение мощности МВО ( $700 > 560 > 420$  Вт) значительно влияет на скорость превращения субстрата и  $H_2S$ , а также выход и соотношение целевых продуктов реакции в соответствии с рисунком 1:

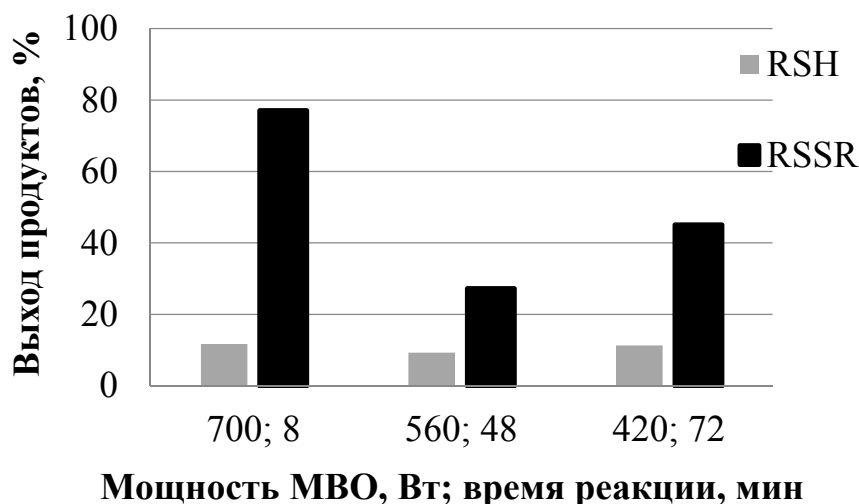


Рисунок 1. Диаграмма зависимости выхода продуктов реакции  $H_2S$  с соединением IV от мощности и времени МВО

Из диаграммы (рисунок 1) следует, что стадия димеризации алициклических сероцентрированных радикалов протекает легко при различной мощности МВО. При этом выход RSSR превышает содержание RSH в смеси продуктов реакции независимо от продолжительности МВО. Однако, соотношение RSH:RSSR для различной мощности изменяется следующим образом: 1:6,6 (700 Вт), 1:2,9 (560 Вт), 1:4,0 (420 Вт). Следовательно, в ходе технологического процесса получения циклоалкантиола необходимо учитывать его способность к превращению в RSSR под действием МВО.

Реакционная способность циклоалканов и выход серосодержащих соединений зависит от размера цикла углеводородов и незначительно снижается в ряду  $C_5 > C_6 > C_7 > C_8$ . Продолжительность и мощность облучения, в отличие от природы субстрата, значительно влияют на соотношение и выход продуктов реакций. Условия МВО не приводят к значительному образованию серы, в отличие от способов редокс-активации  $H_2S$  [2]. Разработанный способ микроволнового синтеза позволяет увеличить скорость образования серосодержащих соединений и регулировать их соотношение путем варьирования либо мощности, либо времени излучения.

На основании результатов проведенных экспериментальных исследований разработана технологическая схема установки процесса микро-

волнового синтеза циклоалкантиолов на основе циклоалканов в присутствии сероводорода. Данная технологическая схема процесса состоит из 3 блоков: блок адсорбции для подготовки реагента и сырья (циклоалкана), реакторного блока и блока разделения продуктов реакции.

Предложенная технологическая схема установки может быть использована для получения циклоалкантиолов различного строения после незначительной корректуры технологических параметров процесса (мощность и продолжительность МВО).

На настоящем этапе развития химической технологии, нефте- и газохимии, одним из основных требований является максимальное соблюдение нормативов по охране окружающей среды, а метод МВО, однозначно, отвечает современным требованиям так называемых "зелёных" производств. Действие МВО значительно увеличивает реакционную способность органических соединений и скорость их взаимодействия, что положительно сказывается на продолжительности технологического процесса, а, следовательно, на технико-экономических показателях.

#### Библиографический список

1 Lipkowitz, Myron A. and Navarra, Tova. The Encyclopedia of Allergies. Factson File, NewYork, 2001. – P. 167.

2 Берберова Н.Т., Шинкарь Е.В., Смолянинов И.В., Охлобыстин А.О. Вовлечение сероводорода, тиолов и полисульфанов в синтез органических соединений серы. Монография, Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2009. – 256 с.

Научный руководитель: Шинкарь Е.В., д-р хим. наук, доцент

#### **Топологическая связь структуры и физико-химических свойств углеводородов**

*Аубекеров Т.М., Коледин О.С.*

*Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа*

Оценка физико-химических свойств углеводородов таких как плотность, молярная масса, температура кипения, критические параметры и др. необходима для проведения проектных расчетов в химической технологии для решения научных задач. В настоящее время известен ряд способов расчета физико-химических свойств. Одним из них является метод определения физико-химических свойств углеводородов на основе молярной массы и критических параметров [1]. Однако недостатком метода является сложность расчета и ограничение точности в рядах изомеров алканов. Также известен способ определения физико-химических свойств по потен-

циалам ионизации [2]. Недостатком такого способа является его ограниченность и применимость к узким рядам соединений.

Целью данной работы является разработка методики, позволяющей использовать теорию графов, с устранением перечисленных недостатков. Объектами исследования являются алканы и арены. В качестве топологических параметров используется индекса Винера [3,4] ( $W$ ), индекс Рандича ( $\rho$ ) и функция от собственных значений топологической матрицы ( $\lambda$ ).

В качестве характеристики стандартных физико-химических свойств алканов рассматривалась линейная двухпараметрическая модель:

$$\Phi = a_0 + a_1L + a_2W, \quad (1)$$

В качестве характеристики критических физико-химических свойств алканов рассматривалась модель вида:

$$\Phi = a_0 + a_1L + a_2W + a_3L^2 + a_4LW + a_5L^2, \quad (2)$$

В качестве функции для расчета температуры кипения аренов использовалась модель следующего вида:

$$T_{кип}(L, W, \rho) = a_0 + a_1L + a_2 \frac{W}{\rho} + a_3(W\rho)^2 + a_4\left(\frac{W}{\rho}\right)^2, \quad (3)$$

где  $\Phi$  – рассчитываемое физико-химическое свойство углеводорода;

$W$  – индекс Винера;

$L$  – сумма квадратов собственных значений топологической матрицы;

$\rho$  – индекс Рандича;

$a_n$  – коэффициенты модели.

В качестве функций для расчета молекулярной массы, относительной плотности и температуры кипения алканов использовались приведенные или относительные свойства:

$$y_1 = \frac{T_k}{T_{k(CH_4)}}, \quad (4)$$

$$y_2 = \frac{\rho}{\rho_{(CH_4)}}, \quad (5)$$

$$y_3 = \frac{M}{M_{(CH_4)}}. \quad (6)$$

В качестве исследуемых критических свойств нами выбраны критические свойства этих углеводородов: критическая температура, давление и коэффициент сжимаемости. Для удобства коэффициенты находились для при-

веденных критических параметров. Под приведенными в данном случае мы понимаем свойства, отнесенные к соответствующему свойству метана:

$$\Phi_1 = \frac{T_{кр}}{T_{кр(CH_4)}}, \quad (7)$$

$$\Phi_2 = \frac{P_{кр}}{P_{кр(CH_4)}}, \quad (8)$$

$$\Phi_3 = \frac{Z_{кр}}{Z_{кр(CH_4)}}. \quad (9)$$

Расчет коэффициентов проводился методом наименьших квадратов в пакете анализа Excel.

Вычисленная множественная корреляция превышает 0,97, что подтверждает сильную связь между топологическими индексами и физико-химическими свойствами углеводородов.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что предлагаемые топологические модели, связывающие физико-химические свойства углеводородов и их топологические характеристики, позволяют удовлетворительно оценивать совокупность физико-химических свойств в том числе изомеров, определение свойств которых иными методами крайне сложно. На языке программирования Maple 9 разработана соответствующая программа расчета некоторых топологических индексов и некоторых физико-химических свойств углеводородов, которая может быть использована в инженерных и научных расчетах.

#### Библиографический список

1. Ахметов, С.А., Гостенова Н.А. Практикум по инженерным расчетам физико-химических свойств углеводородных систем. - Уфа: Изд-во УГНТУ, 2006. – 148 с.
2. Дезорцев, С.В., Доломатов М.Ю., Шуткова С.А. // Башкирский химический журнал. О связи физико-химических свойств n-алканов с их электронной структурой. – 2012 г. - Том 19, номер 2. - С.85-88.
3. Доломатов, М.Ю., Шамова Н.А., Трапезникова Е.Ф., Аубекеров Т.М., Стенькин А.В. О связи топологических характеристик и свойств алканов // Башкирский химический журнал. – 2014. – Т. 21. №3. – С.50-53.
4. Доломатов, М.Ю., Шамова Н.А., Трапезникова Е.Ф., Аубекеров Т.М., Стенькин А.В. Двухпараметрические QSPR-модели расчета критических параметров углеводородов в фазовых переходах жидкость-пар // Химическая технология. – 2016. – №1. – С45-50.

Научный руководитель: Шамова Н.А., канд. техн. наук, доцент.

## **Возможность снижения расхода топливного газа на установке компримирования и переработки газа**

*Багаутдинов С.Х., Скворцова Е.Н.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Установки по компримированию и переработке газа (УКПГ) предназначены для переработки попутного нефтяного газа с извлечением из него целевых продуктов: широкой фракции лёгких углеводородов (ШФЛУ), сухого отбензиненного газа (СОГ), пропана технического (ПТ), пропан-бутана технического (ПБТ) и бензина газового стабильного (БГС) или стабильного конденсата в зависимости от режимов работы установок.

Проектная мощность установок по перерабатываемому газу составляет 4,28 млрд/м<sup>3</sup>.

В состав установок входят печи Н – 101, Н – 102, Н – 106, топливом для которого служит осушенный, отбензиненный газ, поступающий из сепаратора топливного газа[2].

Печи потребляют значительную часть от общих затрат газа на собственные нужды.

Данное обстоятельство не позволяет реализовывать потенциал эффективности проектных решений и в основном приводит к перерасходу топливного газа (энергопотребления) относительно проектных значений.

Энергосбережение – одно из основных направлений развития ОАО «Сургутнефтегаз». Поэтому, исследование способов снижения энергозатрат является одной из важнейших задач предприятия.

Снижения расхода топливного газа в печах можно добиться путём предварительного теплообмена горячим гликолем в дополнительном теплообменнике.

Этиленгликоль – горючая жидкость с химической формулой –  $C_2H_4(OH)_2$  и молекулярной массой – 62,07.

Водный 60% раствор этиленгликоля применяется в качестве антифриза и теплоносителя в системах горячего и холодного гликоля.

Норма расхода гликоля – 0,015 кг/тыс.м<sup>3</sup>

Однако, этиленгликоль имеет большую вязкость, что требует большей мощности насоса для движения теплоносителя в трубах.

Введение дополнительного теплообменника приведёт к увеличению затрат на его ремонт и обслуживание[1].

Вопрос о сокращении энергозатрат требует более глубокого и тщательного изучения.

### **Библиографический список**

1. Мунерман, И.В. Механизмы повышения устойчивости к конкурентоспособности нефтеперерабатывающих компаний [Текст]: / И.В. Мунерман // Нефть, Газ и Бизнес. - 2008. – № 2. - С.13.



2. ПИ-22-2014. Производственная инструкция по эксплуатации нагревателей Н-101, Н-102, Н-106 цеха переработки газа №1 [Текст]. – Введ. 2014-01-15. – Сургут: Сургутнефтегаз, 2014. – 3-4 с. 21

Научный руководитель: Скворцова Е. Н., канд. техн. наук, доцент

## **Альтернативные источники энергии на основе термоэлектрических эффектов высших жирных спиртов**

*Балюнов С.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Существует большое количество альтернативных возобновляемых источников энергии. С каждым днем человечество нуждается в энергии все больше и больше. В глобальном плане используются такие источники энергии: ветровая энергия, энергия рек, геотермальная энергия, гидротермальные системы, горячие системы вулканического происхождения, системы с высоким тепловым потоком, энергия солнца и так далее.

В России в 2010 году наиболее востребованным видом возобновляемого источника теплоэнергии, используемого в секторах промышленности и жилищно-коммунального хозяйства (включая центральное отопление), была биоэнергия, а в производстве электроэнергии доминировала гидроэнергетика. В 2010 году на гидроэнергетику и биоэнергетику приходилось соответственно 70% и 30% общего конечного энергопотребления (0,6 эксаджоулей, ЭДж) возобновляемой энергии. В том же году доля возобновляемой энергетики в общем объеме конечного энергопотребления России составила 3,6%.

К концу 2015 года общая установленная электрическая мощность объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), достигла 53,5 Гигаватт (ГВт), что составило порядка 20% от общей установленной электрической мощности в России (253 ГВт). На гидроэнергетику пришлась практически вся установленная мощность – 51.5 ГВт, далее в объеме 1,35 ГВт следовала биоэнергетика.

Высшие жирные спирты приобретают все большее значение в различных областях человеческой жизни. Спрос на них для производства пластификаторов, поверхностно-активных веществ и моющих средств, синтетических смазочных масел и присадок, мономеров и вспомогательных веществ с каждым годом увеличивается.

Высшие жирные спирты и их производные постоянно заменяют некоторые виды традиционно использовавшихся продуктов. Естественно, имеются и такие направления использования спиртов и их производных, где продукты оказываются незаменимыми. Это относится к эфирам высших спиртов, находящим широкое применение в качестве пластификато-

ров поливинилхлорида, а также в производстве синтетических смазочных масел и присадок к ним.

Области непосредственного использования высших жирных спиртов многочисленны, однако количество спиртов применяемых в этих областях, невелико.

Так же на основе термоэлектрических эффектов высших жирных спиртов можно разработать альтернативные источники энергии, в которых присутствует электрический эффект. С помощью данного эффекта обеспечивается непрерывное генерирование термоэлектричества. Исследовать влияние различных параметров на напряжение, создаваемое в результате проведения опытов на установке. Таких параметров как: разница температур, площадь поверхности элементов установки.

Примером альтернативного источника тока можно считать термоэлектрические генераторы, работающие на основе модуля Пельтье. Данные генераторы являются аналогами разрабатываемой конструкции с применением высших жирных спиртов. Принципом работы заключается в перепаде температур отличных друг от друга частей модуля, за счет чего можно генерировать электрический ток, которого будет достаточно для работы небольшого прибора.

#### Библиографический список

1. Высшие жирные спирты (области применения, методы производства, физико-химические свойства) [Текст] / С.М. Локтев, В.Л. Клименко, В.В. Камзолкин, А.Т. Меняйло, Д.М. Рудковский, Д.В. Мушенко, И.А. Васильев, В.И. Любомиллов, А.И. Куценко, М.М. Потарин // Издательство «Химия». – Москва, 1970.

2. Агаев, В.Г. Термоэлектрические эффекты в высших жирных спиртах / Агаев В.Г., Столбов А.А. // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2011. – С. 70-79.

3. <http://altenergiya.ru/apologiya/perspektivy-razvitiya-vozobnovlyajemoj-energetiki-dlya-rossijskoj-federacii.html>.

#### **Актуальность изучения низкотемпературных свойств базовых масел с использованием частотно-температурной диэлектрической спектроскопии**

*Баруткин В.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Базовые масла нефтяного происхождения являются основой товарных масел. В состав товарных масел может входить от 70 до 99 % базового масла [1]. Наряду с нефтяными маслами в последние десятилетия происхо-

дит рост производства синтетических масел на основе полиолефинов и сложных эфиров, а так же продуктов гидрокрекинга. С точки зрения эксплуатационных характеристик более выгодными являются синтетические масла, так как имеют лучшие низкотемпературные свойства, более длительный период эксплуатации и пр. У нефтяных масел есть свои преимущества, такие как дешевизна и экологическая составляющая. Нефтяные масла на основе алифатических углеводородов за счет своих химических характеристик быстрее разлагаются в биосфере, нежели синтетические масла [1].

Производство базовых масел начинается с атмосферной перегонки, после которой кубовый остаток (мазут) направляют на вакуумную перегонку с получением вакуумных дистиллятов и остатка. Остаток вакуумной перегонки используется для выделения остаточного высоковязкого масла (брайтстоков) путем очистки в процессе деасфальтизации пропаном. Далее дистиллятные и остаточные масла отправляются на селективную очистку различными растворителями от полициклических ароматических углеводородов и олефинов. После селективной очистки масла подвергают депарафинизации для удаления из них высокоплавких парафинов. Содержание длиноцепочных парафинов в масле отрицательно сказывается на низкотемпературных свойствах (высокая температура застывания). Это объясняется кристаллизацией парафинов при низких температурах, что вызывает трудности при эксплуатации техники.

Содержание парафинов в масле наряду с отрицательной стороной имеет и положительные моменты. Так, парафиновые углеводороды по сравнению с другими имеют наибольший индекс вязкости, поэтому при удалении парафиновых углеводородов ухудшаются вязкостно-температурные свойства масел [2].

В работе [3] подробно описаны механизмы застывания нефтепродуктов, в том числе нефтяных масел. Застывание нефтяных масел в основном вызывается наличием парафиновых углеводородов, поскольку высокими температурами кристаллизации обладают нормальные и малоразветвленные парафиновые углеводороды.

В работе [4] на основе исследований автора и анализа литературы предложено рассматривать застывание нефтепродуктов как совокупность сложных фазовых и структурных переходов двух групп углеводородов – кристаллизующихся и стеклюющихся. Застывание масел обуславливается явной потерей их подвижности вследствие кристаллизации высокоплавких парафинов. Стеклование происходит при температурах ниже застывания и характеризуется переходом некристаллизующихся углеводородов в аморфное состояние. Изопарафиновые, ароматические и нафтеновые углеводороды с короткими боковыми цепями не склонны к кристаллизации и при низких температурах стеклуются. Таким образом, можно судить о том, что полное застывание масла – это совокупность процессов кристаллизации парафинов, которые создают структурные каркасы, и процессов стек-

лования некристаллизующихся углеводородов, которые заполняют структурный каркас парафинов.

Процессы стеклования углеводородов возможно изучать с помощью метода частотно-температурной диэлектрической спектроскопии (ЧТДС) [5]. Известно, что для нефтепродуктов, не содержащих парафиновые и парафино-нафтенновые углеводороды, температура застывания соответствует температуре начала стеклования. Во всех остальных случаях температура застывания нефтепродуктов выше температуры начала их стеклования.

Так же, с помощью ЧТДС, изучая зависимости диэлектрической проницаемости масел по температуре, представляет интерес корреляция этих зависимостей с их физико-химическими свойствами, такими как вязкость. В этом направлении опубликована работа [6] в которой автор утверждает о существовании сильной корреляционной зависимости между диэлектрической проницаемостью и содержанием сульфатной золы в моторном масле.

#### Библиографический список

1. Т. Манг, У. Дрезель (ред.). Смазочные материалы. Производство, применение, свойства. Справочник: пер с англ. 2-го изд. / под ред. В.М. Школьников – СПб.: ЦОП «Профессия», 2012. – 944 с., ил.
2. Рузиев Ф. Ф. Зависимость свойств нефтяных масел от их состава / Ф.Ф. Рузиев // Наука и образование сегодня. – 2016. – N 3(4). – С.27 – 28.
3. С.Г. Агаев, А.М. Глазунов, С.В. Гультяев, Н.С. Яковлев. Улучшение низкотемпературных свойств дизельных топлив: монография. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2009. – 145 с.
4. Агаев С.Г. О механизме застывания нефтей и нефтепродуктов / С.Г. Агаев // Тезисы докл. межд. научно-технич. конф. "Нефть и газ Зап. Сибири. Проблемы добычи и транспортировки". - 1993. - С. 170 - 171.
5. Агаев С.Г. Стеклование нефтепродуктов/ С.Г. Агаев //Тез докл. II-ой Всесоюзной научной конференции “Нефть и газ Западной Сибири», 1989. – Том 2. С. 159.
6. Григоров А.Б. Диэлектрические свойства моторных масел / А.Б. Григоров, И.С. Наглюк // Автомобильный транспорт (Харьков). – 2009. – N 25. – С. 167 – 170.

#### **Температура, как один из основных параметров, влияющих на разрушение нефтяных эмульсий**

*Башлаева В.С., Глазунов А.М.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Эмульсии образуются почти на всех этапах добычи и подготовки нефти: в пластах, в стволах и на устье скважин; в установках по подго-

товке сырой нефти, содержащей воду, и в установках сепарации газа от нефти; а также при транспортировке по трубопроводам, при хранении и подготовке нефти.

С термодинамической точки зрения, эмульсия — это нестабильная система, поскольку она естественно стремится к расслоению жидкостей и уменьшению площади поверхности раздела фаз. Однако большинство эмульсий проявляют кинетическую стабильность: они стабильны в течение определенного периода времени. Добываемые промысловые эмульсии классифицируются по степени кинетической стабильности. Легко расслаивающиеся эмульсии расслаиваются за несколько минут, и отделившаяся вода — это свободная вода. Эмульсии средней стойкости расслаиваются в течение нескольких десятков минут. На расслоение стойких эмульсий, иногда всего лишь частичное, уходят часы или даже сутки.

Эмульсии типа «вода в нефти» считаются особой разновидностью дисперсии жидкости в жидкости. Их кинетическая стабильность является следствием маленького размера капель и существования межфазной пленки вокруг капель воды и обусловлена стабилизирующими агентами (или эмульгаторами). Эти стабилизаторы подавляют все задействованные механизмы (седиментация, агрегация или флокуляция, коалесценция и обращение фаз), которые в противном случае привели бы к разрушению эмульсии.

Эффективность стабилизации эмульсий коллоидными частицами в значительной степени зависит от образования на поверхности раздела фаз нефти и воды плотно упакованного слоя твердых частиц (пленки). Такая пленка стабилизирует эмульсию и затрудняет коалесценцию капель воды. Присутствие твердых частиц на поверхности раздела фаз изменяет также реологические свойства поверхности раздела: поверхность которая приобретает вязкоупругие свойства. Это влияет на скорость просачивания капель воды сквозь пленку, а также на перемещение частиц на поверхности раздела фаз. Асфальтены и парафины могут быть эффективными эмульгаторами в том случае, если они присутствуют в виде мелкодисперсных частиц субмикронного размера [1].

Температура оказывает существенное влияние на стабильность эмульсий. Она влияет на физические свойства нефти, воды, пленки на поверхности раздела фаз и на растворимость ПАВ в нефтяной и водной фазах. А эти свойства, в свою очередь, оказывают влияние на стабильность эмульсий. Вероятно, самым важным является влияние температуры на вязкость эмульсий, так как с ее повышением вязкость снижается. В основном это снижение вызвано снижением вязкости нефти. Когда в нефти присутствуют парафины (температура сырой нефти ниже точки помутнения), которые являются источником осложнений, связанных с образованием эмульсий, это осложнение можно полностью устранить путем подвода тепла и повторного растворения парафинов в сырой нефти. Температура повышает тепловую энергию капель и, таким образом, повышает частоту

их столкновения. При этом снижается вязкость на поверхности раздела фаз, что приводит к ускорению просачивания воды сквозь пленку и ускорению коалесценции капель.

Повышение температуры приводит к постепенной дестабилизации пленки на поверхности раздела сырая нефть-вода. При этом даже при повышенных температурах кинетический барьер для коалесценции капель все еще существует. Температура влияет на скорость увеличения толщины пленок на поверхности раздела фаз путем изменения скорости адсорбции и характеристик поверхности раздела фаз; температура влияет также на сжимаемость пленки за счет изменения растворимости ПАВ сырой нефти в объемной фазе.

Медленная дегазация (удаление легких фракций из сырой нефти) и старение приводят к существенным изменениям в поведении пленок на поверхности раздела фаз при высоких температурах. Пленки, образовавшиеся в результате этого процесса, остаются несжимаемыми (твердые пленки) при повышенных температурах, при которых нагревание не влияет на растворение эмульсий.[2]

Таким образом, для усовершенствования процесса разрушения нефтяных эмульсий целесообразно повышение температуры, так как это ускоряет процесс подготовки и способствует более высокому качеству нефти, отходящей с установки.

#### Библиографический список

1. Нутаева, А.В. Эмульсии, стабилизированные твердыми частицами: Монография : уч.пособие / А. В. Нутаева – Москва: ИНФА-М, 2014 – 160с.
2. Волкова, Г. И. Подготовка и транспорт проблемных нефтей : уч.пособие / Г. И. Волкова, Ю. В. Лоскутова, И. В. Прозонова, Е. М. Березина – Томск: Издательство Дом ТГУ, 2015 – 136с.

### **Пути уменьшения коксообразования при пиролизе этана**

*Бекбасов Т.Ж., Таранова Л.В.*

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Процесс пиролиза углеводородного сырья в трубчатых печах является важным процессом нефтехимии. С помощью процесса пиролиза получают большое количество непредельных углеводородов (в основном этилен и пропилен), которые, в свою очередь, являются ключевыми при производстве полимеров. Наиболее подходящим сырьем для получения этилена является этан.

Пиролиз углеводородного сырья осуществляется термическим путем в трубчатых печах. Этот процесс прост в аппаратном оформлении, надежен в эксплуатации. Большинство трубчатых печей эксплуатируются в жестких условиях, которые характеризуются высокими давлениями и температурами. Температуры промышленного пиролиза чаще всего составляют 650-950 °С.

При пиролизе этана кроме основных продуктов реакции образуются побочные компоненты, которые могут откладываться на стенках трубчатого реактора и нарушать процесс пиролиза. Прежде всего, это касается твердого коксообразного продукта (пиролизного кокса), состоящего почти целиком из углерода.

Высокая температура и особенности нагреваемого сырья способствуют образованию и осаждению на поверхности печных труб кокса, который оказывает отрицательное воздействие и снижает эксплуатационную надежность всей печи. Образование углерода в качестве побочного продукта сильно усложняет проведение технологического процесса.

Отложение углерода на стенках труб в трубчатых печах резко снижает коэффициент теплопередачи от стенки к продукту, что ведет к повышению температуры стенок труб, и как следствие, к быстрому износу последних [1].

Также отложение кокса существенно снижает выходы продукта и сокращает длительность пробега, приводит к увеличению расхода энергии из-за ухудшения теплопередачи. Насыщение углеродом снижает пластичность металла и делает трубы более подверженными разрушению из-за напряжений, появляющихся при циклических изменениях температуры или под действием изгиба. Когда науглероживание охватывает 30-50% толщины стенки, оно становится наиболее частой причиной разрушения труб [2].

Отложения кокса на внутренней поверхности трубчатых змеевиков могут привести к местным перегревам труб по причине снижения коэффициента теплопередачи при образовании отложений и, как следствие, возникновению прогаров труб или формированию "отдулин" в связи с переходом стали в более пластичное состояние, а также к прогибу (провисанию) труб [3].

Кроме того, образование отложений приводит к нарушению гидродинамических режимов в змеевике, что является следствием сужения проходных сечений змеевиков. Из этого следует, что необходимо увеличивать затраты на перекачку, т.к. требуется увеличивать давление [4].

Выжигание кокса приводит к периодичности процесса, к смене восстановительной среды на окислительную. В связи с этим уделяется большое внимание проблеме подавления образования кокса [2]. В зависимости от конструкции змеевиков, сырья и параметров процесса длина пробега

печи, как правило, ограничена от 30 до 70 дней. Частые процессы декоксования приводят к снижению производительности технологической линии, влияют на срок службы печи и увеличивают расходы. Удаление кокса со змеевиков может занять от нескольких часов до двух дней.

Снижению коксообразования способствует применение ингибиторов коксоотложения. Добавка ингибиторов позволяет продлить срок службы труб печей пиролиза, увеличить длительность безостановочного пробега печей пиролиза до 3000 ч и более, повысить температуру пиролиза до 920-950 °С, снизить степень разбавления водяным паром. В качестве ингибитора коксоотложения чаще всего применяется карбонат калия.

Наиболее широкое применение в мировой промышленности нашли серосодержащие органические соединения и неорганические соли (диметилдисульфид (ДМДС) и дитретбутилполисульфид (ТВПС 454)).

Также существуют кремний-, фосфоросодержащие ингибиторы и неорганические соли, но они менее эффективны, чем ДМДС и небезопасны в экологическом отношении. Перспективный способ предотвращения образования и отложения кокса на поверхности труб является нанесение ингибирующего покрытия на внутренние стенки. В качестве активного компонента ингибитора выступают соединения сурьмы и олова, которые также являются эффективными катализаторами газификации кокса в процессе пиролиза.

На практике при нормальной эксплуатации печи в режиме пиролиза этана пробег печи составляет чаще всего 90 дней. При этом удаление кокса проводится паровоздушной смесью в течение 48 часов.

Применение ингибиторов позволит увеличить работу печи и сократить время декоксования.

#### Библиографический список

1. Магарил Р.З. Теоретические основы химических процессов переработки нефти: Учебное пособие для вузов. – Л.: Химия, 1985, 280 с.
2. Магарил Р.З. Образование углерода при термических превращениях индивидуальных углеводородов и нефтепродуктов / Р.З. Магарил. – М.: Химия, 1973. – 144 с.
3. Леонтьев А.П., Леонтьев С.А.. Эксплуатация оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов: Учебное пособие – Тюмень: ТюмГНГУ, 1999. – 97 с.
4. Таранова Л.В. Машины и аппараты химических производств: учебное пособие / Л.В. Таранова. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 200 с.

Научный руководитель: Таранова Л.В., к.т.н., доцент.



## Бутилкаучук – важный материал промышленности

*Беличенкова Д.С., Глазунов А.М.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Синтетические каучуки - огромная группа нефтехимической продукции, которая включает в себя множество различных веществ. Они относятся к классу эластомеров, то есть обладают высокоэластичными свойствами. Иными словами, при наложении действия эластомеры могут растягиваться в несколько раз, а потом, когда усилие снимают, возвращаться в прежнее состояние.

Из природных веществ такими характеристиками обладает натуральный эластомер, получаемый из сока тропического растения гевея, и резины на его основе. Однако развитию цивилизации понадобилось найти ему более популярную и недорогую замену.

На помощь снова пришла нефтехимия, разработав синтетические вещества, даже превосходящие натуральный полиизопренам по своим свойствам. И сегодня на рынке эластомера находится примерно 60 %, который занимает синтетический и 40 % натуральный.

Если взять любое изделие, сделанное или содержащее элементы из резины, то почти наверняка здесь не обошлось без синтетических каучуков. Каучук находит применение в санитарной и вентиляционной технике, гидравлическом, пневматическом и вакуумном оборудовании. Также полиизопрены используют для электро- и теплоизоляции, в медицинской технике. В ракетной технике они играют роль горючего. Спектр применения этого вещества охватывает даже пищевой сектор - каучук используется при производстве жевательной резинки. Самым важным направлением использования синтетических эластомеров является изготовление резины для шин - сегодня ежегодно более чем на 400 шинных заводах в мире производится более 1 миллиарда шин различных конструкций разного назначения.

Полиизобутилен высокомолекулярный – это каучук подобный, эластичный продукт, полученный каталитической полимеризацией изобутилена в фазе испаренного этилена. В промышленности выпускается четыре марки полиизобутилена, различающихся молекулярной массой. Он обладает устойчивостью к воздействию кислорода, различных растворов кислот, солей и щелочей. Полиизобутилен высокомолекулярный, не растворим в этиловом спирте, ацетоне и полярных кислородсодержащих растворителях, но растворяется углеводородами ароматического и алифатического строения.

При нагревании до 100<sup>0</sup>С на воздухе высокомолекулярный полиизобутилен химически не изменяется, но изменяется его пластичность. При температуре 180-200<sup>0</sup>С его можно формовать.

Полиизобутилен высокомолекулярный сохраняет свои упруго-эластичные свойства до  $-55^{\circ}\text{C}$ .

Предприятия нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности рассчитаны на большие мощности. Мощность зависит от потребностей регионов в данной продукции, близости расположения аналогичных заводов и установок, необходимого исходного сырья [1].

Отличительной особенностью нефтеперерабатывающего и нефтехимического производства является его высокая капиталоемкость, и относительно его большая потребность в рабочей силе и оборотных средствах. Цех БК-3 ООО «СИБУР-Тобольск» входит в состав производства изобутилена и МТБЭ, предопределен для компримирования контактного газа и отведения из контактного газа изобутан-изобутиленовой фракции, прибывающей далее в цех выделения изобутилена БК-4, на отделение МТБ-1 цеха БК-3 для разработки МТБЭ.

Технология промышленного производства бутилкаучука имеет ряд неразрешенных проблем: трудность выдерживания температурных условий, сложность регулирования молекулярно-массовых характеристик, ненасыщенности и физико-химических свойств образующегося бутилкаучука (БК), низкая конверсия по изобутилену, зарастание реактор-полимеризатора некондиционным полимером, невысокая производительность процесса, способность реактор-полимеризатора работать только в периодическом режиме и др. Режим работы реактора не контролируемый и отличается очень сложным и изменчивым характером (не стационарностью). Это вызвано большим выделением теплоты в ходе полимеризации, гелеобразованием и уменьшением коэффициента теплопередачи при высоких концентрациях полимера.

Увеличение мощности за счет интенсивного использования технологического оборудования исчерпаны, поэтому требуется совершенствование технологии производства бутилкаучука.

Важной проблемой химической технологии является – установление взаимосвязи между параметрами процесса и свойствами получаемого полимера.

Затрудненность реакции полимеризации в производстве бутилкаучука заключается в том, что недопустимо точно задать концентрацию действующего катализатора и сокатализатора в реакционной среде. Фактическая концентрация учитывается как доля от общего количества  $\text{AlCl}_3$ .

При производстве бутилкаучука наблюдаются колебания некоторых технологических параметров, поэтому следует выяснить, какой кинетический механизм им характерен с целью повышения статической устойчивости [2].

Рассмотрев данный вопрос, можно сделать вывод о том, что бутилкаучук относится к каучукам специального назначения. БК весьма химически инертны и обладают низкой газопроницаемостью, превосходны-

ми озоно- и погодостойкостью, термостабильностью, химической стойкостью и водостойкостью. Области применения включают: автомобильные камеры, спортивные мячи, теплостойкие детали варочных камер, диафрагмы, паропроводные рукава, теплостойкие конвейерные ленты, прорезиненные ткани.

#### Библиографический список

1. Аминова Г.А. Исследование разветвленности бутадиенового каучука, синтезируемого с использованием модифицированной литийорганической каталитической системы/ Мануйко Г.В., Гарифуллина Э.В., Бронская В.В., Игнашина Т.В., Исмагилова А.И.// Вестник Казан. технол. ун-та. - 2011. - Т. 14, № 7. - С. 90- 93.

2. Маркина Е. А. Синтез бутилкаучука с использованием модифицированной каталитической системы на основе хлористого алюминия /автореф. канд. хим. наук. 2010, 19 стр.

Научный руководитель: Глазунов А.М., к.т.н., доцент.

### **Современное состояние и перспективы развития методов увеличения нефтеотдачи (МУН)**

*Бельмесев Д.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Одна из проблем в нефтяной промышленности – это проблема полноты извлечения нефти из пласта. Разработка нефтяных месторождений ведётся с применением метода заводнения, что приводит к росту обводнённости скважины. Степень обводнённости скважин в России в среднем составляет уже около 85%. В тоже время с выработкой месторождений растёт доля трудноизвлекаемых запасов нефти (ТЗН). В России запасы нефти с вязкостью более 30 мПа·с составляют 7,3 млрд т (около 60% запасов нефти России), большая их часть сосредоточена в республиках Коми, Татарстан и Тюменской области [1]. Всё это обуславливает снижение коэффициента извлечения нефти (КИН), средний КИН в мире составляет 30-35%, в России - 34% [2]. Данная проблема определяет необходимость поиска методов увеличения нефтеотдачи (МУН), которые обеспечивали бы высокий коэффициент вытеснения нефти при относительно низких затратах. Существуют разные технологии МУН: тепловые, газовые, химические, гидродинамические, физические.

Тепловые методы [3] включают в себя: паротепловое воздействие на пласт насыщенным водяным паром высокого давления (8...15 МПа); внутрипластовое горение (обычно сгорают наиболее тяжёлые, менее ценные

компоненты нефти в виде коксообразного остатка); вытеснение нефти горячей водой (снижается вязкость нефти).

Газовые методы: закачка воздуха в пласт; воздействие на пласт углеводородным газом; воздействие на пласт двуокисью углерода (растворение газа в нефти приводит к снижению её вязкости); воздействие на пласт азотом, дымовыми газами и др.

Химические методы [4, 5]: вытеснение нефти водными растворами ПАВ (включая пенные системы); вытеснение нефти растворами полимеров; вытеснение нефти щелочными растворами; вытеснение нефти кислотами; вытеснение нефти композициями химических реагентов (в том числе мицеллярные растворы и др.); микробиологическое воздействие.

Гидродинамические методы: интегрированные технологии; вовлечение в разработку недраенируемых запасов; барьерное заводнение на газонефтяных залежах; нестационарное (циклическое) заводнение; форсированный отбор жидкости; ступенчато-термальное заводнение.

Физические методы [6] не повышают конечную нефтеотдачу пласта, а приводят лишь к повышению текущей нефтеотдаче. К наиболее часто применяемым физическим методам относятся: гидроразрыв пласта; горизонтальные скважины; электромагнитное воздействие; волновое воздействие на пласт; другие аналогичные методы.

Универсального МУН не существует, поэтому нередко различные методы комбинируют для достижения лучшего эффекта. В каждом конкретном случае необходимы исследования и научное обоснование для выбора той или иной технологии МУН.

Потенциальная возможность увеличения КИН всех приведённых методов приводится на рисунке 1:

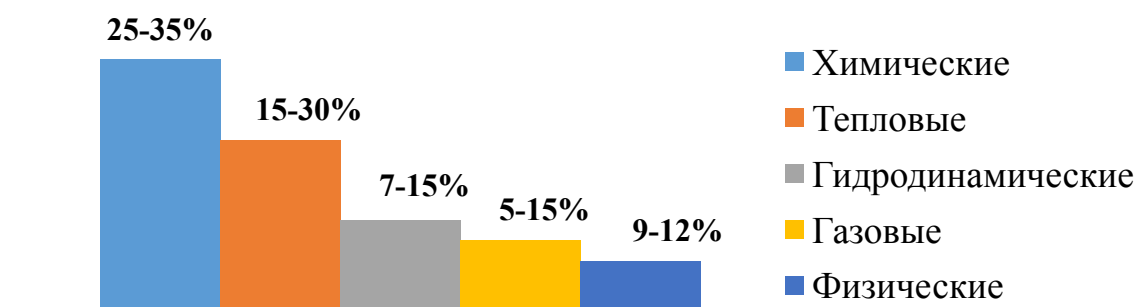


Рисунок 1. Потенциальная возможность увеличения нефтеотдачи пластов различными методами [7]

На тепловые проекты приходится около 50% добычи от МУН во всем мире, на закачку азота и CO<sub>2</sub> — 45%, на химические методы — всего 5%. В США наиболее широкое распространение получили газовые и термические МУН. Что касается применимости этих методов, то в целом

их применимость привязана к двум основным критериями: глубине продуктивного пласта и физико-химическим свойствам нефти (прежде всего плотности и вязкости).

Различные методы увеличения нефтеотдачи используют такие компании, как Chevron, ConocoPhillips, Occidental Petroleum, Anadarko, Petrobras, Wintershall, ExxonMobil, Royal Dutch Shell и др. При этом география применения методов увеличения нефтеотдачи обширна. Помимо Северной Америки, где МУН получили наибольшее распространение, различные технологии используются в Египте, Бразилии, Индонезии, Нидерландах и других странах.

На долю МУН приходится 4 % мировой добычи, или около 3 млн баррелей в сутки. Две трети пластовой нефти на месторождениях всего мира сегодня остаются в пласте. Сильны и экономические факторы добычи ТЗН: спрос на нефть в ближайшей перспективе будет сохраняться. Таким образом, полный потенциал МУН значительно выше, что определяет последующее совершенствование технологий добычи и расширение их применения.

#### Библиографический список

1. Алтунина Л.К., Кувшинов В.А., Кувшинов И.В. Физико-химические методы увеличения нефтеотдачи залежей высоковязких нефтей без теплового воздействия // Нефть. Газ. Новации. – 2015. – №4 – С.32-35/
2. Отмас А.А. (старший), Отмас А.А. Коэффициенты извлечения нефти и динамика их изменения в различных нефтегазоносных комплексах на территории Ненецкого автономного округа // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2014. – Т.9. – №2.
3. Ушаков А.С., Зацепин В.В. Инициирование внутрипластового горения в низкопроницаемых карбонатных коллекторах // Нефтяное хозяйство. – 2015. – №6 – С.62-66.
4. Бабицкая К.И., Царьков И.В., Коновалов В.В. Мицеллярный раствор селективного действия для интенсификации добычи высоковязкой нефти и ограничения водопритока // Нефтепромысловое дело. – 2016. – №8 – С.31-34.
5. Салаватова Р.Ш., Мустафаев К.И. К вопросу применения сложных химических растворов для воздействия на пласт // Нефтепромысловое дело. – 2015. – №10 – С.36-38.
6. Марфин Е.А. Влияние Ультразвука на извлечение жидкости из влажных образцов грунта // Нефтепромысловое дело. – 2016. – №8 – С.22-26.
7. Байда, А.А. Разработка композиций поверхностно-активных веществ на основе аминных солей жирных кислот для повышения нефтеотдачи пластов: Диссертация на соискание учёной степени канд. тех. наук 02.00.13. – Тюмень, 2015. – 170 с.
8. Крянев Д.Ю., Жданов С.А. Состояние и проблемы научного обеспечения методов увеличения нефтеотдачи пластов // Нефтяное хозяйство. – 2011. – №11.

## Применение бипланетарного механизма при депарафинизации нефтей и нефтепродуктов

*Буронов Ф.Э., Курбанов А.Т.*

*Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан*

Бипланетарные механизмы (БПМ) за последние годы находят все большее применение на практике не только как механизмы, передающие движение от двигателя к машине, но и как исполнительные механизмы, у которых используются биэпициклоидные движения бисателлитов в соединении с рабочим органом технологической машины.

Рассмотрим параметры БПМ, определяющие форму траектории внецентровой точки сателлита 2 и бисателлита 3. Одним из них является передаточное отношение  $U_{21}^{(H)}$  и  $U_{34}^{(H)}$ . Как указывалось [3],  $U_{21}^{(H)}$  и  $U_{34}^{(H)}$  непосредственно определяют сложности кривых эпициклоиды и биэпициклоиды, а именно сложность (число изгибов) каждой ее ветви. Они показывают сколько оборотов относительно собственной оси делает сателлит 2 и бисателлит 3 на одной ветви кривой, т.е. за один оборот водила Н. В качестве второго параметра примем отношения текущих радиусов  $r_2$  и  $r_3$  к радиусам делительных окружностей центрального 1 и упорного 4 колес, которые показывают вид зацепления (внешняя и внутренняя). Третьим параметрам считается место нахождения точки "m" относительно радиуса  $r_2$  и  $r_3$  сателлита 2 и бисателлита.

Таким образом, эффективность процесса депарафинизации в смесителе с БПМ существенное влияние оказывает вид траектории внецентровой точки "m" бисателлита 3 рабочего органа технологической установки [2].

При реализации процессов перемешивания рассматривается элементарная частица жидкости бесконечно малого объема. Эта частица имеет микроскопический характер и состоит из молекул, имеющих значительно меньший объем. Пути движения элементарной частицы жидкости зависят от движения рабочего органа технологической машины, скорость траектория движения во многом определяет идентификация химико-технологических процессов.

Наиболее распространенным методом создания контактов между углеводородами (нефтенной фракции) и карбамидом (независимо от агрегатного состояния последнего) обеспечивающим успешное проведение комплекса образования, является перемешивание [1].

При перемешивании кристаллического карбамида в нефтепродукте резко возрастает число столкновений кристаллов карбамида с молекулами активатора, благодаря чему, во первых, освобождается поверхность карбамида от молекул ингибитора, а во вторых несколько повышается раство-

римось карбамида в углеводородной фазе, поэтому представляет большой интерес интенсификацию процесса карбамидной депарафинизации нефтепродуктов с использованием различных видов смесителей в том числе с планетарными и бипланетарными системами перемешивания.

Известны параметрические уравнения этой кривой внецентровой точки «m» бисаллита .

$$X_m = r_H \cos \varphi_H + r_h \cos (1 - U_{21}^{(H)}) \varphi_H - r_m \cos [U_{34}^{(h)} (1 - r_H/r_h) + r_H/r_h] \varphi_H \quad (1)$$

$$Y_m = r_H \sin \varphi_H - r_h \sin (1 - U_{21}^{(H)}) \varphi_H - r_m \sin [U_{34}^{(h)} (1 - r_H/r_h) + r_H/r_h] \varphi_H$$

где  $r_H$ ,  $r_h$  и  $r_m$  – радиусы: водила Н, биводила h и внецентровой точки «m» рабочего органа технологической установки;  $\varphi_H$  – угол поворота водила Н;  $U_{21}^{(H)} = r_1/r_2$  и  $U_{34}^{(h)} = r_4/r_3$  – передаточное отношение в относительном движении: от сателлита 2 к центральному колесу 1 и от бесаталлита 3 к упорному колесу 4;  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ , и  $r_4$  – радиусы соответствующих звеньев.

Если при этом учесть, что  $r_m = 0$  уравнение (1) превращается эпициклоиды, т.е. внецентровой точки саталлита и выглядит так :

$$X_m = r_H \cos \varphi_H + r_h \cos (1 - U_{21}^{(H)}) \varphi_H \quad (2)$$

$$Y_m = r_H \sin \varphi_H - r_h \sin (1 - U_{21}^{(H)}) \varphi_H.$$

Аналогично, что  $r_m = 0$  и  $r_h = 0$ , что уравнение (1) описывает ротационное движение водила Н:

$$X_m = r_H \cos \varphi_H \quad (3)$$

$$Y_m = r_H \sin \varphi_H.$$

Скорость бипланетарного перемешивания  $V_m$  определяют по уравнению:  $V_x = dx_m/dt$  и  $V_y = dy_m/dt$ , (4), которые можно получить продеффиренцировав уравнения (1) траекторий внецентровой точки бисаталлита 3,  $X_m = f_1(\varphi_H)$  и  $Y_m = f_2(\varphi_H)$ , т.е.

$$dX_m = \{-r_H \sin \varphi_H - r_h (1 - U_{21}^{(H)}) \sin (1 - U_{21}^{(H)}) \varphi_H + r_m [U_{34}^{(h)} (1 - r_H/r_h) + r_H/r_h] \sin [U_{34}^{(h)} (1 - r_H/r_h) + r_H/r_h] \varphi_H\} d\varphi_H/dt \quad (5)$$

$$dY_m = \{r_H \cos \varphi_H - r_h (1 - U_{21}^{(H)}) \cos (1 - U_{21}^{(H)}) \varphi_H - r_m [U_{34}^{(h)} (1 - r_H/r_h) + r_H/r_h] \cos [U_{34}^{(h)} (1 - r_H/r_h) + r_H/r_h] \varphi_H\} d\varphi_H/dt,$$

тогда абсолютная скорость рабочего органа

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (6)$$

По этим (6) и предыдущим (1-6) зависимостям можно проанализировать основные параметры перемешивания (неравномерности распределения частицы жидкости, неравномерности движение частицы жидкости и усилие перемешивания) и выбор наиболее оптимальных их значения. [3].

Интенсивность перемешивания определяется временем достижения заданного технологического результата или числом оборотов мешалки при фиксированной продолжительности процесса (для механических мешалок).

#### Библиографический список

1. Кудрявцев В.Н. Планетарные передачи. Л.: Машиностроение, 1966, - 308 с.
2. Предварительный патент №5925 (РУз). МКИ 6F 16 Н 1/28. Эпигипоциклоидальный планетарный механизм. /Алимов Б.М., Нурматов А.С. //Б.И.1999. №3.
3. Нурматов А.С. Кинематический анализ бипланетарных механизмов с постоянными передаточными отношениями. Монография. Т.: Фан. 1999 г. – 120 с.

### Гидроочистка дизельного топлива

*Валюженич А.А., Квасов И.Н.*

*Омский государственный технический университет, г. Омск*

Одна из существенных проблем нефтепромышленности по гидроочистке топлива, является нахождение серы в нефтепродукте. Наличие сернистого соединения в продуктах нефти, вызывает усиленную коррозию оборудования, ухудшает условия эксплуатации двигателя, а также необходима защита окружающей среды от вредного воздействия сернистого газа, образующегося при сжигании соединения серы.

Степень активности соединений серы в реакциях гидрогенолиза различна и убывает в ряду: тиолы ( $\text{RSH}$ ) > тиоэфиры ( $\text{R}'\text{-S-R}$ ) > тиофены ( $\text{C}_4\text{H}_4\text{S}$ ) > бензотиофены ( $\text{C}_8\text{H}_6\text{S}$ ) > дибензотиофены. В дизельных фракциях часть наиболее трудногидрируемых соединений тиофенового ряда составляет 50-60% от общего содержания соединений серы и сосредоточены они в наиболее тяжелых фракциях, выкипающих выше  $330^\circ\text{C}$ .

Неравномерное распределение во фракциях и их неодинаковая степень активности серосодержащих соединений различных групп вызывают трудности при подборе технологического режима для полного удаления серы. Одним из таких показателей является объемная скорость подачи сырья в реактор, которая для низкокипящих фракций дизельного топлива может быть высокой (до 5-8 ч), а для высококипящих - не должна превышать 1,5-2,0 ч. Для более лучшей гидроочистки необходимо при однореакторной схеме установки поддерживать низкие объемную скорость подачи сырья и производительность, либо низкокипящие и высококипящие фракции дизельного топлива (ДТ) подвергать гидроочистке отдельно при разном технологическом режиме.



Один из Способ гидроочистки ДТ заключается в том, чтобы смешать его с водородсодержащим газом (ВСГ), который нагревается и подается последовательно в реакторы первой и второй ступени. Продукты реакции, которые выходят из реактора второй ступени, охлаждаются и поступают в сепаратор высокого давления, где от них отделяется ВСГ. Его очищают от сероводорода, и дальше он возвращается на смешение с исходным ДТ. Очищенная часть ВСГ выводится с установки как отработанный газ, а в поток очищенного ВСГ, поступающего на смешение с исходным ДТ, вводится свежий ВСГ. Жидкие продукты реакции из сепаратора высокого давления направляют в сепаратор низкого давления, в котором выделяется растворенный углеводородный газ, а жидкая фаза (гидрогенизат) после нагрева подается на стабилизацию для выделения остаточного количества углеводородного газа и бензина-отгона. С низа стабилизационной колонны выводят целевой продукт установки - стабильное гидроочищенное ДТ.

В России качество выпускаемых нефтепродуктов серьезным образом отстает от мирового. Доля ДТ, удовлетворяющих требованиям Евро 4-5, являющимися мировым стандартом, составляет 36% от всего объема выпускаемого топлива. И Омский ОНПЗ один из тех у кого введено в эксплуатацию установки гидроочистки дизельных топлив, дающая возможно полностью перейти на производство ДТ международного уровня по стандарту Евро-5. Это претензия на европейский рынок и серьезный шаг развития российской нефтепереработки.

#### Библиографический список

1. Рудин М.Г., Сомов В.Е., Фомин А.С. Карманный справочник нефтепереработчика. / Под редакцией М.Г.Рудина. - М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2004. - 336 с. - С.157-161
2. Логинов С.А., Лебедев Б.Л., Капустин В.М. и др. Разработка новой технологии процесса гидрообессеривания дизельных топлив. - Нефтепереработка и нефтехимия. - №11. - 2001. - С.67-74

Научный руководитель: Квасов И.Н., канд. наук, профессор

### **Модернизация установки подготовки нефти Западно-Салымского месторождения**

*Веремейчик И.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Западно-Салымское месторождение – это нефтяное месторождение, которое расположено в Российской Федерации. Оно разместилось в Ханты-Мансийском автономном округе, в Тюменской области, в Нефтеюган-

ском районе и относится к новым и очень перспективным месторождениям нефти в Западной Сибири. Всего в данном регионе Западной Сибири было открыто порядка 500 месторождений. Кроме того, данное нефтяное месторождение принадлежит Западно-Сибирской провинции, которая включает в себя всего пятнадцать нефтегазоносных областей. Ближайшие города к нефтяному месторождению – это город Сургут. Также недалеко от месторождения разместился поселок Салым. Разрабатывается данное месторождение компанией Салым Петролеум Девелопмент НВ. Это компания является совместным предприятием, которое было организовано в 1996 году специально для освоения месторождений Салымской группы.

Уровень начальных запасов на Западно-Салымском нефтяном месторождении оценивается в размере 82 миллиона тонн. На месторождении извлекаются запасы нефти категорий С1 и С2 – их объем утвержден Государственной комиссией по запасам РФ. Ежедневная добыча составляет 24,7 тонн в сутки.

Среди многих проблем нефтедобычи в России одной из основных остается постепенное увеличение средней обводненности продукции нефтяных скважин, которая не обошла стороной и Западно-Салымское месторождение. Обводненность Западно-Салымского месторождения составляет более 83%.

Обводнение пластов и скважин приводит к большим экономическим потерям, связанным с транспортированием, подготовкой и обратной закачкой в пласт больших объемов воды, с необходимостью ускоренного ввода в разработку новых месторождений для компенсации недоборов нефти. Проблема борьбы с обводнением пластов и скважин становится все более актуальной.

Борьбу с обводненностью начинают еще на стадии добычи. Уменьшения можно достичь оптимизацией технологических режимов работы скважин. Своевременным проведением изоляционных (ремонтно-изоляционных) работ (РИР).

Дальше борьба с обводненностью происходит уже на поверхности. Строят каскады установок, состоящие из сеператоров нескольких ступеней очистки, электродегидраторов, хитер-тритеров(НГВРП), а также печей. Эти аппараты предназначены для разрушения эмульсии и отвода образовавшихся фаз. Отличие последнего аппарата от предыдущих заключается в том, что он их объединяет.

Хитер-тритер способен заменить установку, состоящую сразу из нескольких аппаратов. Установки такого типа успешно применяются как для тяжелых нефтей, так и для легких, с содержанием пластовой воды в нефти до 95%.

Каждая такая установка разрабатывается индивидуально, в зависимости от физико-химической композиции обрабатываемой нефти, с тщательным подбором ее тепловой мощности и времени продолжительности

процесса отстоя/обработки. Блоки НГВРП поставляются в максимальной заводской готовности, полностью автоматизированными, что обеспечивает сокращение монтажных и пусконаладочных работ до минимума.

Имеется ряд существенных преимуществ использования одной комплексной установки такого типа для одновременной сепарации нефти, газа и воды, такие как снижение к минимуму перечня необходимого оборудования для подготовки нефти, что уменьшает работу операторов и повышает стабильность работы, что является особенно существенным для удаленных промыслов. Также сепарация газа происходит при существующем давлении поступающей нефти со скважины, что является оптимальным фактором при подборе компрессора, его входного давления и его мощности.

Строительство подобных установок уменьшает объем перекачиваемой жидкости, а значит, уменьшает расход электроэнергии на доставку продукта в резервуарный парк и увеличивает работоспособность нефтепровода.

Первые проблемы с обводненностью нефти возникли еще в дореволюционные годы, но актуальны до сих пор, но борьба с ним идет до сих пор, но вместе с этим ведется и разработка более новых и эффективных методов решения этой проблемы.

Научный руководитель: Савченков А.Л., канд. техн. наук, доцент.

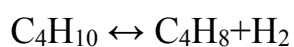
### **Анализ методов дегидрирования низших парафинов. Тенденции в области развития промышленных методов дегидрирования**

*Гагарин А.П., Гуров Ю.П.*

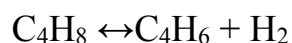
*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Получение низших олефинов дегидрированием соответствующих алканов C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>, как правило, в одну или две стадии, наряду с другими способами известно давно и на протяжении последних 50 лет широко используется в крупномасштабных производствах в мире и РФ [1].

Большинство ранее эксплуатирующихся в мире установок получения бутадиена-1,3 (дивинила) из бутана работали по двухстадийной схеме. Первая стадия дегидрирования бутана - превращение его в бутилен, а вторая - получение бутадиена-1,3 из бутилена. Эта стадия протекает на хромоксидном промотированном катализаторе, нанесенном на оксид алюминия, по реакции:



Вторая стадия протекает на хром-кальций-фосфатном катализаторе по реакции:



Бутадиен при повышенных температурах разлагается, поэтому для сохранения достаточно высокой селективности по бутадиену на практике приходится прибегать к снижению парциального давления реакционных газов за счет применения перегретого водяного пара или вакуума. Оптимальная температура сырья на входе в реактор 860-910К [2].

Двухстадийный процесс позволяет создать на каждой стадии оптимальные условия ее протекания, обеспечивающие максимальный выход продуктов и селективность. Для проведения первой стадии широко используются аппараты кипящего слоя. Такие аппараты отличаются целым рядом преимуществ в сравнении с аппаратами, в которых катализатор неподвижно располагается на нескольких тарелках:

- изотермичность слоя, достигаемая благодаря активному перемешиванию;
- текучесть слоя, в результате которой появляется возможность транспортировки закоксованного катализатора из реактора в регенератор и обратно;
- высокая поверхность межфазного обмена, обусловленная малым размером частиц катализатора, в результате - высокая скорость теплообмена и массопередачи;
- низкое гидравлическое сопротивление слоя, обеспечивающее уменьшение энергозатрат и повышающее скорость процесса.

В отличие от первой, вторая стадия протекает в адиабатических реакторах с неподвижным слоем катализатора. Стадия осуществляется при более высокой температуре и пониженном парциальном давлении, которое достигается при разбавлении бутенов водяным паром. Выход бутадиена от массы исходного бутена составляет 20-35%. Селективность колеблется от 73 до 94%.

В конце 1970-х и в 1980-е гг. на отдельных предприятиях производства бутадиена из бутана по двухстадийному способу как нерентабельные, были остановлены. По этой же причине остановлено одно из двух производств изопрена по аналогичному способу в Нижнекамске [3].

Сопоставление технико-экономических данных показывает, что одностадийный процесс экономичнее двухстадийного ввиду отсутствия в нем промежуточной подсистемы разделения контактного газа после первой ступени. К основным достоинствам также относятся: сокращение расхода технологического пара; использование теплоты регенерации катализатора и проведение реакции дегидрирования в адиабатическом режиме и, как следствие, простоту конструкции реактора; исключение второй стадии дегидрирования и операций разделения бутан-бутиленовой фракции. За счет этого относительно невысокие выход бутадиена-1,3 (12-14%) и степень конверсии н-бутана (не превышающая 0,2) компенсируются меньшими капитальными затратами и энергоемкостью производства и, как следствие, более низкой, чем в двухстадийном методе, себестоимостью бутадиена-1,3.

В начале 1970-х гг. по проекту фирм «Mitsubishi» и «JapaneseGeon.Co.Ltd» на площадке ОАО «Нижекамскнефтехим» было построено и запущено производство бутадиена-1,3 методом одностадийного дегидрирования бутана (бутилена) под вакуумом. В дальнейшем отработанные технологии были использованы при проектировании («Гипрокаучук») и освоении двух таких установок на ООО «Тобольск-Нефтехим» (начало 1980-х гг.). В настоящее время все три производства в России функционируют; объемы выпуска бутадиена по прогнозам будут увеличиваться.

В технологический комплекс данного производства входят отделения (узлы): дегидрирования, компримирования, газоразделения, а также выделение и очистка бутадиена экстрактивной ректификацией. В качестве катализатора применяются модифицированные катализаторы типа Cataldiene 410 и других марок.

Периодически проводимые детальные обследования работы цехов дегидрирования изобутана (бутана) на предприятиях и их отдельных конструкций показывают некоторые дальнейшие пути унификации и повышения эффективности работы блоков (в том числе и при проектировании новых установок). Для этого целесообразно планировать:

- оптимизированную конструкцию реакторов и регенераторов;
- конструкцию вогнутой газораспределительной решетки или «елочного» типа для подачи сырья в кипящий слой. При этом следует обеспечить устойчивость отдельных элементов «елочных» конструкций, предотвращающих их отрыв при эксплуатации;
- секционирование однорядные уголкового решетки, рассмотрев при этом целесообразность применения других конструктивных решений, в том числе порядок и количество их установки в аппаратах.

Есть и другие предложения, которые при реализации проектов могут дать существенный вклад в повышение эффективности работы блоков дегидрирования алканов C<sub>4</sub>-C<sub>5</sub>. Одним из направлений в развитии получения изобутилена может быть способ его получения методом разложения МТБЭ. В мировой промышленности такие технологии реализованы, и выпускаются сотни тысяч тонн товарной продукции. В России ОАО «СИБУР Холдинг» также построил в ОАО «Каучук» (г. Волжский) и запустил в 2005 г. такое производство концентрированного изобутилена. Были сделаны сравнительные оценки себестоимости изобутилена по традиционному способу (ООО «Тобольск-Нефтехим») и новым в период максимально полученной в 2006 г. нагрузки. Расчеты показали на тот период полную конкурентную способность этой технологии. Однако после продажи предприятия (ныне ОАО «ЭКОС-Волга») данное производство пока законсервировано.

Анализ методов дегидрирования низших парафинов показывает, что любой из них может быть экономически выгоден в зависимости от расположения завода относительно источников исходного сырья, его стоимости,

а также от интегрированности производства соответствующего олефина в его последующую переработку на данном предприятии.

В настоящее время прослеживаются следующие тенденции в области развития промышленных методов дегидрирования:

- перевод промышленных методов дегидрирования н-бутана на дегидрирование изобутана в кипящем слое катализатора в России и на процесс «Catofin» дегидрирования изобутана и пропана за рубежом;
- промышленное освоение процесса «Oleflex» - дегидрирования парафинов с применением платиносодержащих катализаторов;
- разработка методов дегидрирования парафинов в среде водяного пара: процесс «STAR» и новый процесс ОАО «Ярсинтез» одностадийного дегидрирования изопентана в изопрен;
- усовершенствование существующих промышленных катализаторов дегидрирования для повышения их каталитической активности, селективности, механической прочности, стабильности и т.п.

Методы дегидрирования использовались и будут широко использоваться для получения олефинов и диолефинов. Наиболее рентабельны методы дегидрирования для получения изобутилена, пропилена, изопрена и стирола. Учитывая дефицит бутадиена в стране, можно предположить, что разработка конкурентоспособных с пиролизом способов дегидрирования может быть также перспективным направлением [4].

#### Библиографический список

1. Кирпичников, П.А. Химия и технология мономеров для синтетических каучуков [Текст]. Санкт - Петербург: Химия, 1981. 264 с.
2. Крючков А.П. Общая технология синтетических каучуков [Текст]. Москва: Химия, 1969. С. 98-142.
3. Литвин, О.Б. Основы технологии синтеза каучуков. Москва: Химия, 1972. С. 59-112.
4. Азингер, Ф.Н. Химия и технология моноолефинов [Текст]. Москва, 1960. 740 с.

Научный руководитель: Гуров Ю.П., канд. техн. наук, доцент.

### **Обоснование необходимости применения депрессорных присадок к дизельным топливам**

*Давыдов Д.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время в отечественной и зарубежной нефтепереработке применение депрессорных присадок является обязательным условием выпуска сезонных сортов дизельных топлив. Эти присадки вводят только в те

топлива, которые невозможно выработать путем подбора фракционного и компонентного состава [1].

Актуальной задачей для современной нефтепереработки является детальное изучение вопроса о влиянии углеводородного состава топлива и эффективности действия депрессорных присадок (ДП) на низкотемпературные свойства [2].

Температура помутнения дизельного топлива – температура, при которой величина кристаллов n-алканов увеличивается и начинает кристаллизоваться и немного выпадают в осадок, наблюдается помутнение топлива. Под предельной температурой фильтруемости понимают ту температуру, при которой кристаллы n-алканов увеличиваются до размеров, способных забить стандартный фильтр с ячейкой 45мкм, при этом топливо не теряет текучести. При температуре застывания кристаллы n-алканов образуют пространственный каркас, текучесть топлива полностью прекращается [3]. Современные тенденции в производстве и применении присадок к топливам направлены на разработку и применение пакета многофункциональных депрессорных присадок, различающиеся по составу и свойствам. Научно доказано, что эффективность действия присадок зависит не только от строения молекул, входящих в их состав, но и от характера межмолекулярных взаимодействий компонентов присадок с углеводородами топлива.

Имеются различные гипотезы о механизме взаимодействия ДП с топливом:

1) присадка адсорбируется на поверхности кристаллов n-алканов, причем полярные фрагменты обращены к поверхности кристаллов, а неполярные – к углеводородной среде, вследствие этого сближение кристаллов и образование каркаса n-алканов затрудняется, следовательно температура застывания снижается;

2) молекулы присадки сцепляются друг с другом полярными концами, образуя мицеллы; углеводородные фрагменты направлены в среду, благодаря чему мицеллы связывают в сольватные оболочки большое количество углеводородов, и это задерживает образование пространственной сетки из кристаллов алканов, температура застывания снижается.

Эффективная депрессорная присадка должна обладать парафинистой структурой, с конкретной длиной и степенью разветвленности углеводородных радикалов, разумно сочетающихся с длиной цепи парафина исходного топлива [4]. Длина цепи необходима для эффективного участия присадки в процессах кристаллизации, и, следовательно, в снижении температуры застывания. Как правило, депрессорные присадки при комнатной температуре представляют собой твердые или высоковязкие вещества и вводятся в дизельное топливо в виде раствора, поэтому растворитель является важным компонентом пакета присадок.

Важно отметить, что климатические условия в РФ создают необходимость в создании и применении депрессорных присадок, которые будут обеспечивать требуемые низкотемпературные свойства [5].

### Библиографический список

1. А.В. Камешков, А.А. Гайле, Получение дизельных топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами (обзор) // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2015. № 29. С.49-60.

2. Мухторов Н.Ш., Колокольников А.С., Чугунов М.А. Влияние состава и структуры сополимеров на основе алкилметакрилатов на их депрессорные свойства в дизельных топливах // Мир нефтепродуктов. 2013. № 9. С.30-33.

3. Т. Ф. Ганиева, Е.А. Галиуллин, Улучшение низкотемпературных свойств дизельных топлив//Вестник Казанского технологического университета,2015,№1 ,с209-210.

4. Иванова, Л.В. Влияние группового углеводородного состава дизельных топлив на их эксплуатационные свойства / Л.В. Иванова, В.Н. Кошелев, Е.А. Буров // Нефтехимия. - 2014. - Т. 54. № 6. - С. 478.

5. Кинзуль А.П., Хандархаев С.В., Писаренко Н.О. [и др.]. Совершенствование технологии производства низкозастывающих дизельных топлив // Мир нефтепродуктов. 2012. № 8. С. 7-11.

Научный руководитель: Яковлев Н.М. канд.техн.наук, доцент

### **Обзор реакторов для производства бутадиена**

*Джафаров О.Р., Панкцян С.Э., Гурова А.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Развитие современного рынка привело к увеличению потребления синтетического каучука, а это в свою очередь увеличило спрос на производства бутадиена. Дивинил (бутадиен-1,3) применяется для производства синтетических каучуков, таких как бутадиен-стирольные и полибутадиеновые каучуки. Также дивинил широко используют для производства АБС-пластика и адипонитрила, в дальнейшем адипонитрил служит сырьем для получения полиамида [1].

Из числа возможных вариантов процессов в промышленности были реализованы методы с использованием следующих типов реакторов:

1. Реактор с кипящим слоем пылевидного катализатора.

Реактор, предназначенный для проведения процесса дегидрирования углеводородов в кипящем слое, представляет вертикальный цилиндрический аппарат, в котором расположены решетки, разбивающие реактор на секции. Решетки имеют одинаковое свободное сечение, что приводит к значительному увеличению скорости газа в отверстиях решеток. Этому способствует также то, что процесс дегидрирования протекает с увеличе-



нием объема, а температура кипящего слоя уменьшается от верхней решетки до нижней. Так как движение газа и пылевидного катализатора являются противоточными по отношению друг к другу, только верхняя решетка имеет максимальную скорость газа и работает в режиме близком к захлебыванию, такой режим является предпочтительным. На остальных решетках ухудшается массообмен, так как происходит обратное перемешивание газа и катализатора, скорость газа понижается и работа решеток в целом неэффективна.

К недостаткам реактора данного типа относится использование решеток дырчатого типа. Этот недостаток, связан с тем, что на решетках в пространстве между отверстиями остается большое количество катализатора. Также к недостаткам можно отнести неравномерное распределение катализатора по секциям реактора [2].

#### 2. Реактор с движущимся крупнозернистым катализатором.

Для перемещения крупнозернистого катализатора по сечению реактора, а также обеспечения движения катализатора между реактором и регенератором используют механические транспортеры.

К существенным недостаткам реакторов указанного типа относят сложность конструкции. Также использование таких реакторов возможно только при небольшой производительности процесса, это связано с трудностью организации перемещения крупнозернистого катализатора между реактором и регенератором. С точки зрения экологии окружающей среды, использование таких типов реакторов также имеет значительный недостаток, а именно образование катализаторной пыли, вследствие движения и истирания катализатора в системе, далее катализаторная пыль вместе с отходящими газами из реактора выходит в атмосферу, тем самым приводит к ее загрязнению [2].

#### 3. Реактор радиального типа.

Реактор данного типа представляет собой цилиндрический аппарат, в котором коаксиально установлена кольцевая корзина с катализатором.

В этом реакторе увеличение выхода продукции достигается за счет повышения устойчивости работы путем выравнивания перепада давления в радиальном направлении за счет размещения центрального тела вращения.

К недостаткам такого типа реакторов относится то, что поток реакционной смеси неравномерно распределен по всему объему катализатора, т.к. не учитываются гидродинамические характеристики кольцевой корзины с катализатором, что снижает эффективность процесса, изменяя конверсию и составы реакционной смеси по объему катализатора [3].

#### 4. Адиабатический реактор.

На современных нефтехимических предприятиях широко используют реакторы (адиабатического типа), в которых катализатор расположен сплошным слоем. Для того, чтобы реактор работал в адиабатических условиях, необходимо исключить теплообмен с внешней средой. Для обеспечения данного условия необходимо организовать хорошую теплоизоляцию

внешней поверхности аппарата. Конструкция адиабатического реактора представляет собой цилиндрический аппарат, высота аппарата может быть различной, в зависимости от особенностей процесса. Для сокращения количества металла, предназначенного для изготовления аппарата, иногда корпус реактора выполняют в виде сферической формы, катализатор располагают на решетку и слой инертной насадки, которая препятствует просыпанию катализатора сквозь решетку. Особое внимание в конструкции таких реакторов уделяют входному распределительному устройству. Задачей такого устройства является равномерное распределение потока газа по всему сечению аппарата, в случае неравномерного распределения газового потока, приводит к неэффективному использованию слоя катализатора, как по диаметру, так и по высоте, в свою очередь это приведет к ухудшению показателей процесса в целом.

Достоинствами такого типа реакторов является полное использование объема реактора; простота конструкции и удобство в эксплуатации; небольшой удельный расход металла.

К недостаткам таких реакторов относится трудность обеспечения равномерного распределения потока газа через слой катализатора; обеспечения однородной работы слоя катализатора по сечению реактора, особенно при увеличении диаметра аппарата; применения таких типов реакторов возможно только для таких процессов, для которых адиабатический перепад температуры не слишком велик и не выводит процесс в область недопустимо низких или высоких температур[2,3].

#### 5. Реактор трубчатого типа.

По конструкции аппарата трубчатые реакторы выполняются подобно трубчатым теплообменникам. Катализатор загружается в трубки, через межтрубное пространство пропускается теплоноситель. Для улучшения теплоотдачи в межтрубном пространстве с помощью перегородок создается поперечное по отношению к трубкам движение теплоносителя.

Достоинства трубчатых реакторов при использовании их в гетерогенно-каталитических процессах: режим течения потока близок к полному вытеснению, что обеспечивает глубокое превращение сырья и высокую селективность; развитая поверхность теплообмена; высокие значения коэффициента теплоотдачи от катализаторного пространства к стенкам трубок.

Недостатки трубчатых реакторов, ограничивающие область их применения: невысокая доля полезного объема от общего объема катализатора; большой расход металла на трубки; сложность загрузки катализатора в реактор и выгрузки; недостаточная, в ряде случаев, интенсивность теплообмена [4].

Выбор типа реактора, предназначенного для производства бутадиена, зависит от различных факторов, таких как селективность и выход продуктов реакции, способ подачи сырья, вероятность протекания различных побочных реакций, химического состава применяемого катализатора и т.д.

В отечественной промышленности процесс дегидрирования бутана в бутадиен проводят в реакторах с кипящим слоем катализатора и адиабатических реакторах со стационарным слоем катализатора.

#### Библиографический список

1. Ликумович, А.Г. Современное состояние индустрии бутадиена - 1,3 и продуктов на его основе. Проблемы и перспективы / А.Г. Ликумович, Р.А. Ахмедьянова, Т.М. Богачева, К.В. Голованова // Вестник Казанского технологического университета - Том 16. – Казань: 2013. – С.115 - 118.
2. Калекин, В.С. Машины и аппараты химических производств / В.С. Калекин, В.А. Плотников – Омск: ОмГТУ, 2004. - 344 с.
3. Платэ, Н.А. Основы химии и технологии мономеров / Н.А. Платэ, Е.В. Сливинский – Москва: Наука, 2002. - 696 с.
4. Борисов, Г.С., Основные процессы и аппараты химической технологии / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. – Москва: Химия, 1991. - 496 с.

Научный руководитель: Гурова А.А., ассистент.

#### **Технологии для защиты теплообменного оборудования от коррозии в нефтеперерабатывающей отрасли**

*Жадинец О.А., Махлай А.М., Смирнова Н.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Коррозия нефтеперерабатывающего оборудования в технических средах первичной переработки нефти и различных технологических процессах приводит к огромному экономическому и экологическому ущербу в нефтяной промышленности. При всем многообразии способов защиты от коррозии невозможно выделить универсальный способ, который бы отвечал всем требованиям и обеспечивал полную защиту от нее. Выбор защитных средств определяется множеством факторов, основными из которых является экономичность и экологичность. В настоящее время для борьбы с коррозией чаще всего используются ингибиторы и различные коррозионно-стойкие материалы.

Температура в нефтеперерабатывающих системах меняется в широких пределах – от комнатной на входе в систему до высоких температур в наиболее жестких условиях (до 530 °С). Ниже 150 °С протекает электрохимическая коррозия, и эта проблема легко разрешима с помощью ингибиторов. Так защищают например, теплообменники. Выше этой температуры в действие вступает химическая коррозия. Защитное действие ингибиторов быстро падает; предельная температура для применения ингибиторов в агрессивных средах до 100 °С. Таким образом, температура определяет

природу применяемых металлов и ингибиторов. В пластинчатых теплообменниках агрессивных сред более узкий интервал температур – он варьирует от –20 до +200 °С (например фирмы Альфа Лаваль серии М, Т, TS, TL размера Small) [1,2]. Они изготавливаются из коррозионно-стойких сталей марок *AISI 316 Ti* и *AISI 316*, основу для защиты которых составляют дорогие легирующие элементы [4].

Таблица

Сравнительная таблица по методам защиты от коррозии теплообменников в нефтеперерабатывающей отрасли

\* – для пластинчатых теплообменников фирмы Альфа Лаваль серии М, Т, TS, TL размера

Метод защиты	Ингибирование	Высоколегированная сталь	Нанесение защитных покрытий (гальванометод)			
			Метод ВПТ		Стационарный м.	
Вид воздействия	Воздействие на агрессивную среду	Воздействие на металл	Изменение условий контакта металла и агрессивной среды			
Тип коррозии	Электрохимическая	Электрохимическая, химическая	Электрохимическая, химическая			
Рабочие условия Т, °С / Р, МПа	До +100	от –20 до +180 / до 2,5-3,0	–30 до +250 / 2,8	–5 до +100 / 2,0		
Химический состав	О-, S-, P-,N-: ингибитор серии СНПХ ; КИ-1 (катапин, уротропин); производные тиокарбамида КШИ	10X17H13M2Т* ( <i>AISI 316 Ti</i> ) или 08X17H13M2* ( <i>AISI 316</i> )	Fe-Ni, Fe>80 масс. %	Fe-Ni-Cr, Fe>70 масс. %	Fe-Ni, Fe≥65 масс. %	Fe-Ni-Cr, Fe≥60 масс. %
Среда	Хлоридная и др.	Хлоридная	Хлоридная			
Фазовый состав	—	Основа – γ-Fe	α-Fe-70 ε-Fe-30	α-Fe-70 ε-Fe-20 α-Cr-10	α-Fe-72 β-Ni-28	α-Fe-65 β-Ni-20 α-Cr-15
Защитное действие, % / Глубинный пок-ль, ·10 <sup>-3</sup> мм за год коррозии	85-90 / —	— / 5,4	99,9 / 0,84	99,8 / 1,08	— / 15,6	— / 10,8
Микротвердость / твердость материала, МПа	—	— / 200	1600 / /	1710 / /	600 / /	700 / /
Недостатки	3 класс опасности: загрязнение поверхности Me: доп. про-мывка	Дороговизна материала: большое кол-во легирующих компонентов	Не исследован максимальный температурный предел		Долгое время осаждения защитного покрытия	
Срок службы, года	Дозировка: раз в месяц и более; срок хранения в-ва: 1	30-50	60-70		15-20	

Small

Ингибиторы, используемые в процессах нефтепереработки, подобны ингибиторам, которые эффективны при добыче нефти, так как в основном коррозию вызывают те же агрессивные агенты. Амины применяют как ингибиторы коррозии железа в кислотах и водных средах. Для стали в кислой

среде очень эффективны ингибиторы (катапин КИ-1; серии КПИ) [3]. Их требуется вводить дозами периодически: раз в месяц и более, при этом загрязняя техническую среду и поверхность металла (в теплообменном оборудовании необходима дополнительная промывка) [5].

Одним из самых перспективных методов получения новых материалов является метод высокочастотного переменного тока (ВПТ) [6,7].

Покрyтия полученные методом ВПТ, в 10-20 раз превосходят по коррозионной стойкости аналогичные сплавы, осажденные на стационарном токе (табл.), и в 5-6,5 раз устойчивее стали *AISI 316 Ti* за счет количества фазы  $\epsilon$ -Fe в сплаве – самое стойкое покрытие Fe-Ni (30%  $\epsilon$ -Fe). Экономичность покрытий, полученных методом ВПТ достигнута за счет: 1) наличия и количества ГПУ фазы  $\epsilon$ -Fe; 2) наноструктуры; 3) более низкого содержания дорогих легирующих компонентов (табл. химическое содержание). Данный материал более плотный – достигается высокая механическая прочность [8].

Наиболее подходящей технологией защиты от коррозии пластинчатых теплообменников размера *Small* фирмы "Альфа Лаваль" является нанесение защитных покрытий на низколегированную сталь ст.3 с целью экономии и увеличения срока службы оборудования.

#### Библиографический список

1. ГОСТ 15518–87. Аппараты теплообменные пластинчатые.
2. Теплообменники пластинчатые. Методы тепловых и гидродинамических расчетов. РТМ 26–01–107–78. – Харьков: УкрНИИхиммаш, 1978.
3. Левинский, М.И. Хлористый водород и соляная кислота/М.И. Левинский, А.Ф. Мазанко, И.Н. Новиков – М.: Химия, 1985. – 160с.
4. ГОСТ 5632-72.Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные.Марки
- 5.Хайдарова, Г.Р. Ингибиторы коррозии для защиты нефтепромышленного оборудования // Современные проблемы науки и образования: [электронный журнал]. – 2014. – № 6. – Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=16733>
6. Шульгин, Л.П. Перенапряжение электродных реакций в растворах при прохождении симметричного переменного тока/Л.П. Шульгин/Журнал физическая химия №3, 1979. – 2748-2054 с.
- 7.Шмидт, В.В. Прогнозирование структуры и свойств тройных электролитических сплавов/В.В. Шмидт, И.Г. Жихарева. – LAMBERT Academic-Publishing. – 2012. –226 с.
8. I. Zhikhareva, N. Smirnova, V. Schmidt, O. Vorobyev, «Polymorphic Transformations in Iron and Fe-Ni Alloy Coatings», AIP Conf. Proc., Vol. 1785, 040096-1 -040096-4, 2016.5. Takahashi T. High-Pressure Polymorph of Iron./ T. Takahashi, W. Basset. Science. V.145, 1964. – p. 483-486

Научный руководитель: Жихарева И.Г., д.х.н., профессор.

## **Крекинг вакуумного отгона в смеси с мазутом на микросферическом катализаторе ДА-250**

*Калинин М.А., Скворцова Е.Н.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

На сегодняшний день процветание нефтепереработки обусловлено ростом спроса на моторные топлива с продуктами нефтехимии и наряду с этим ослаблением потребления продукции нефтепереработки в энергетическом и промышленном отделах экономики. Следовательно, к 2030 году из исследования развития моторостроения не произойдет радикальной смены основных типов двигателей внутреннего сгорания. Процент использования бензиновых, реактивных и дизельных двигателей, согласно прогнозам, суммарно составит из 84 процентов. Это доказывает, что потребления в мире моторных топлив на основе углеводородного сырья перспективно увеличивается.

На текущей точки развития нефтепереработки именно обширное применение вторичных процессов допускает НПЗ во много раз сократить переработку сырой нефти, вместе с этим сохранив не только ассортимент выпускаемой продукции, но и существенно его увеличив.

В нефтепереработки нашего времени в глобальном объеме неизменно растет линия процесса каталитического крекинга, в его составе задействованы тяжелые нефтяные остатки (мазут, гудрон и затемненная фракция), которые добавляют в смесь вакуумного отгона в пределах 10-20% масс. Этим процесс важен потому, что являясь вторичным, значительно воздействует на глубину переработки нефти, за счёт утяжеления вакуумного отгона выкипающего выше 195°C и выработки элементов высокооктанового бензина, дизельного топлива, следовательно предоставляет получить максимальный выход легких нефтепродуктов до 82-85%.

Конечно, главный продукт в каталитическом крекинге без сомнений это вакуумный отгон после предварительной гидроочистки, а также смесь его с мазутом, этот процесс допускает увеличить сырьевую базу при использовании тяжелых нефтяных остатков и легкого газойля.

В процессе применения мазута в составе вакуумного отгона при крекинге возникают определенные трудности:

1) На поверхности катализатора отлагаются металлы, входящие в состав мазута (Ni и V) которые в регенераторе сгорают в потоке воздуха, образуя NiO и VO, что влечет к отравлению катализатора и понижению выхода бензина.

2) Из-за высокого содержания в нефти: парафиновых 15-35%, нафтеновых 20-40% и ароматических 15-60% соединений, повышается процесс коксообразования.

3) Накапливание кокса не только со временем проведения процесса, но и при изменении объёмной скорости подачи сырья в реакторное

устройство, то есть при большом объёме сырья контактирует с катализатором и большее число молекул углеводородов, участвующих в реакции диспропорционирования с созданием продуктов уплотнения на первой и следующих стадиях образования кокса.

Таким образом, необходимо в процессе крекинга вакуумного отгона добавлять мазут для повышения ресурсов каталитического сырья и извлечения максимального выхода нефтепродуктов. Самое важное этот процесс сокращает переработку сырой нефти и финансовую затрату. Но при этом необходимо следить за содержанием металлов в составе мазута, чтобы вследствие чего не уменьшалась динамичность катализатора и выхода нефтепродуктов.

#### Библиографический список

1. [http://www.gubkin.ru/diss2/files/Dissertation\\_Borzaev\\_HH.pdf](http://www.gubkin.ru/diss2/files/Dissertation_Borzaev_HH.pdf)
2. Т. 3; отв. ред. Данилов О. Ф. Нефть и газ Западной Сибири: материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 55-летию Тюменского государственного нефтегазового университета. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 256 с
3. Рустамов М.И. «Каталитические процессы получения высокооктановых моторных топлив», Баку: Элм, 2006. т.1, 2, 890 с
4. Войцеховский Б.В., Корма А. Каталитический крекинг. Катализаторы, химия, кинетика. М.: Химия, 1990

#### **Реконструкция газофракционирующей установки ООО «СИБУР Тобольск» с целью увеличения выхода этановой фракции**

*Кангинова К.Н.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

«СИБУР Тобольск» — предприятие по переработке углеводородного сырья, входящее в состав СИБУРа.

Производственные мощности «СИБУР Тобольска» включают в себя центральную газофракционирующую установку (ГФУ) мощностью 8 млн тонн сжиженных газов в год. Области применения продукции, вырабатываемой на ГФУ, весьма разнообразны.

Этановая фракция в мировой практике в последнее время все большее распространение получает в качестве сырья пиролиза при производстве этилена. Из этилена получают более 200 ценных соединений.

В нефтехимической промышленности основными потребителями этилена выступают производители полиэтилена, который по масштабам производства и области применения занимает первое место среди всех синтетических полимеров. Почти треть ( $\approx 28\%$ ) всех объемов полиэти-

лена в России используется для изготовления пленок, более 19 % - на выпуск тары и упаковки, порядка 17% - на выпуск труб и деталей для трубопроводов, около 12% занимает производство товаров «культурно-бытового назначения» (игрушек, изделий для бытового хозяйства).

В настоящее время нефтехимической компанией «СИБУР» на Южно-Балыкском реализована установка низкотемпературной конденсации и ректификации с турбодетандером разработки «ЛЕННИИХИМ-МАШ» для извлечения фракций  $C_2$  и выше. Легкое сырье и параметры работы установки позволяют выработать ШФЛУ с требуемым содержанием этана вплоть до 47% масс. После подачи этанизированного ШФЛУ в продуктопровод Южный Балык - Тобольск, в результате смешения с ШФЛУ других газоперерабатывающих заводов, содержание этана в общем потоке не будет превышать 5%, что позволит транспортировать этан вместе с ШФЛУ по существующему продуктопроводу.

В результате такое решение обеспечит проект «ЗапСиб-2», сырьем (этаном) в объеме 400 тыс. т/год при производительности продуктопровода 8 млн. т/год.

После поступления на Тобольскую площадку этан будет отделяться от потока ШФЛУ в головной колонне – деэтанизаторе и подаваться на пиролиз. Технология выделения этановой фракции отличается от выработки фракций более тяжёлых углеводородов (пропана, бутанов и т.д.) необходимостью использования специального хладагента (например, пропана) для охлаждения дистиллята этановой колонны.

Научный руководитель: Савченков А.Л., канд. техн. наук, доцент.

### **Мониторинг установки каталитического риформинга ЛК-6Ус**

*Кириллова М.Д., Чернякова Е.С.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

Каталитический риформинг бензинов является одним из главных процессов на нефтеперерабатывающем заводе. Основная цель данного процесса – получение высокооктанового компонента автомобильного бензина, а также индивидуальных ароматических углеводородов, таких как бензол, ксилол, толуол. Оптимально подобранные технологические условия и катализатор обеспечивают эффективное протекание данного процесса [1].

На НПЗ г. Ачинска установка ЛК-6Ус является одним из ключевых объектов. За счет устойчивой работы данной установки определяется производительность других установок на заводе: изомеризации, ГФУ, гидроочистки дизельного топлива. С 2014 года установка каталитического ри-



форминга работает на катализаторе отечественного происхождения РБ-33У/РБ-44У марки Ш, выпускаемые в ОАО «АЗКиОС», г. Ангарск. Особенностью загруженной композиции, от ранее работавшего на данной установке катализатора R-98, является использование шарикового носителя на основе сверхчистого активного оксида алюминия оптимизированной текстуры и повышенной термостабильности. Шарики носителя имеют близкую к идеальной сферическую форму и высокую механическую прочность по сравнению с экструдатами.

С помощью компьютерно-моделирующей системы, разработанной на кафедре Химической технологии топлива и химической кибернетики Томского политехнического университета, были проведены исследования по оценке эксплуатации катализатора на установке ЛК-6Ус. Данная система позволяет осуществлять анализ таких показателей как активность катализатора, скорость накопления кокса на его поверхности, качество и количество получаемого продукта.

За сравнительно небольшой срок эксплуатации с 16.11.2014г. по 25.01.2017 г. данная композиция катализаторов проявила достаточно высокую активность. В компьютерно-моделирующей системе был произведен расчет текущей и оптимальной активности. На рисунке 1 представлены графики зависимости активности катализатора от количества переработанного сырья

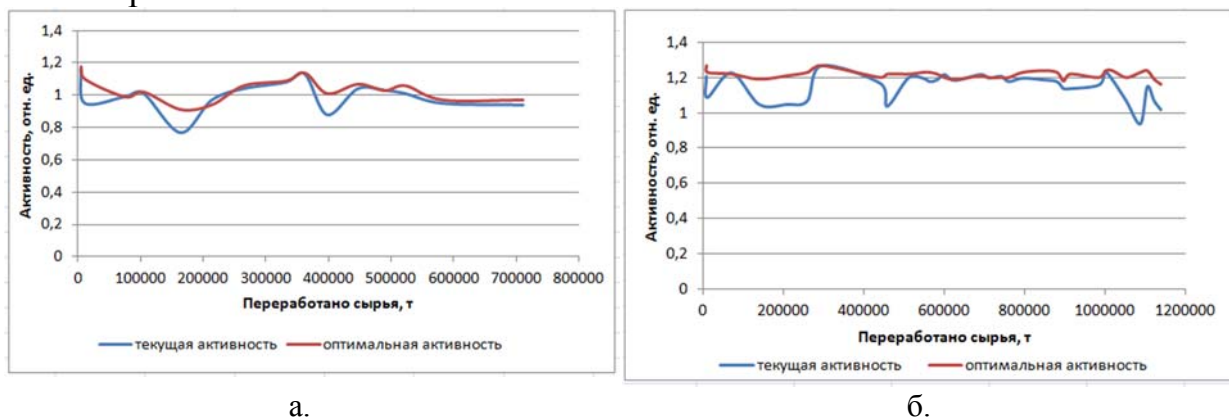


Рисунок 1. Сравнение текущей и оптимальной активности катализатора  
а. в первом сырьевом цикле; б. во втором сырьевом цикле

Из графиков видно, что работа установки в двух сырьевых циклах протекала в режиме близком к оптимальному. В первом цикле активность катализатора находится в интервале от 0,75 до 1,2 отн. ед., а во втором – от 0,95 до 1,3 отн. ед. Отклонение текущего режима от оптимального в первом и втором циклах незначительно, что говорит об эффективном использовании катализатора. Сопоставив полученные результаты по работе установки ЛК-6Ус в обоих реакционных циклах видно, что во втором цикле активность катализатора выше примерно на 0,1 отн. ед., чем в первом.

Заявленные гарантийные показатели работы данной композиции катализаторов отечественными разработчиками на установке риформинга Ачинского НПЗ не уступают зарубежному катализатору R-98 [2, 3].

1. Октановое число стабильного риформата:
  - по исследовательскому методу, не менее 98 пунктов;
  - по моторному методу, не менее 87 пунктов;
2. Выход стабильного риформата, % масс., не менее 88,0;
3. Выход водорода, % масс., не менее 2,6.

Проведенный мониторинг показал, что фактические показатели несколько отличаются от гарантийных (таблица 1).

Таблица 1

Показатели работы установки каталитического риформинга

Показатели	Установка ЛК-6Ус АО «Ачинского НПЗ ВНК»	
	R-98	РБ-33У/РБ-44У марки Ш
Марка катализатора	R-98	РБ-33У/РБ-44У марки Ш
Давление, кгс/см <sup>2</sup>	25,4	24,0
Кратность циркуляции, нм <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	1100	1280
Объемная скорость подачи сырья, ч <sup>-1</sup>	1,43-1,48	1,3
Температура входа, °С	492	474
Октановое число по ИМ	92,0-96,0	89,0-92,0
Выход стабильного риформата, % масс.	82,0-87,1	89,0-91,5
Концентрация водорода, % об.	73,7-75,6	87,2

Таким образом, работа установки на отечественной композиции катализаторов мало отличается от ее работы с применением зарубежного катализатора. Эксплуатация композиции РБ-33У/44У марки Ш на данной установке позволила снизить давление в реакторах и температуру входа с 492 до 474 °С. Также повысился выход риформата, однако качество продукта снизилось на 3-4 пункта. Поэтому технологам необходимо проводить дополнительные исследования по повышению качества получаемого продукта.

#### Библиографический список

1. Капустин, В.М. Технология производства автомобильных бензинов / В.М. Капустин. - М.: Химия, 2015. - 256 с.
2. Крачилов, К.Д. Анализ показателей работы российских и зарубежных катализаторов на отечественных нефтеперерабатывающих заводах / К.Д. Крачилов, О.Б. Тишкина, А.И. Ёлшин, И.Е. Кузора, В.И. Гурдин // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2012. - №3. - с. 3 – 11.
3. Гурдин, В.И. Высокостабильный катализатор риформинга серии РБ в шариковой форме / В.И. Гурдин, М.В. Коваленко, Б.В. Красий, В.Н. Можайко, И.И. Сорокин // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2016. - №10. - с. 11 – 14.

Научный руководитель: Чернякова Е.С., канд. техн. наук, доцент.

## Оптимизация технологии разделения газа пиролиза ООО «Томскнефтехим»

*Кирьянова Т.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

ООО «Томскнефтехим» — один из крупнейших российских производителей полимеров — полипропилена и полиэтилена высокого давления.

На предприятии производят мономеры - этилен (300 тыс. тонн в год) и пропилен (140 тыс. тонн в год), которые обеспечивают сырьем производство полимеров: полипропилен (140 тысяч тонн в год) и полиэтилен высокого давления (мощность - 270 тысяч тонн в год).

Мономеры (этилен и пропилен) на предприятии получают путем высокотемпературного пиролиза рециклового этана и бензинов с получением пирогаза широкого состава. Извлечение этилена и пропилена, побочных продуктов (водородной фракции, метановой фракции, бутилен-бутадиеновой фракции, пропановой фракции, фракции углеводородов C<sub>5</sub>, пиролизного конденсата) из пирогаза с использованием методов низкотемпературной, средне- и высокотемпературной ректификации. Это те основные продукты, которые обеспечивают сырьем производства важнейших видов пластических масс, синтетических смол, каучуков, волокон и растворителей.

Большинство из действующих установок пиролиза углеводородного сырья работают много лет и нуждаются в модернизации. Основные принципиальные подходы к модернизации:

- увеличение нагрузки на существующее оборудование;
- увеличение производительности отдельных аппаратов путем их трансформации или монтирование дополнительного оборудования;
- реорганизация существующей технологии, присоединение новых технологических узлов;
- разгрузка секции разделения продуктов за счет изменения свойств и состава сырья, рецикловых потоков и выходов продуктов пиролиза.

В настоящий момент времени планируется увеличение производства полиэтилена до 280 000 т/год, что одновременно увеличит расход других мономеров. Колонна К-17 в рамках действующего производства работает на пределе технологических возможностей, что подтверждается неоднократными обследованиями оборудования, тем самым являясь «узким местом» технологической цепочки. Главным объектом исследования стал существующий узел К-17 использующийся для разделения пропан-пропиленовой фракции, технологические режимы, состав сырья и состав продуктов.

Целью данной работы была разработка оптимального варианта увеличения производительности колонны К-17 на 10 тыс. тонн в год по пропилену, при содержании пропана в дистилляте не более 0,5 % масс., а также содержания пропилена в кубовом продукте не более 5 % масс.

Увеличить производительность колонны К-17 можно следующими способами:

1. Установка предректификационной колонны (К-17/0).
2. Установка постректификационной колонны (К-17/3).
3. Установка параллельной колонны (К-17/п).
4. Разбивка колонны К-17.
5. Нарращивание одной из секции колонны К-17.
6. Замена контактных устройств.

По итогам проведенной работы был выбран оптимальный вариант повышения производительности колонны, исходя из примерной стоимости и габаритных характеристик оборудования, а также положительных и отрицательных моментов. Наиболее разумный способ увеличения производительности исследуемого узла является замена внутренних контактных устройств. Данный вариант показал возможность повышения производительности колонны по товарному пропилену ориентировочно до 210 тыс. тонн в год, что является хорошим результатом проекта.

Научный руководитель: Савченков А.Л., канд. техн. наук, доцент.

### **Применение катализаторов Циглера-Натта в производстве полипропилена**

*Ковырялова И.Э., Дерюгина О.П.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

На сегодняшний день полимеры – один из самых используемых материалов в мире. Они используются в самых различных областях. Из них делают игрушки и строительные материалы, ткани, лекарственные средства, защитные маски, оптические стекла, окна, кожезаменители, резины, упаковочные материалы, корпуса приборов. Уже трудно представить мир без них.

В 2015 г. объем потребления полимеров в мире превысил 235 млн. тонн. Наибольшая доля потребления приходится на полиэтилен (порядка 38%), на втором месте — полипропилен (около 26%), на третьем — поливинилхлорид (примерно 18%). Процентное распределение объемов потребления полимеров представлено на рисунке 1. [1]

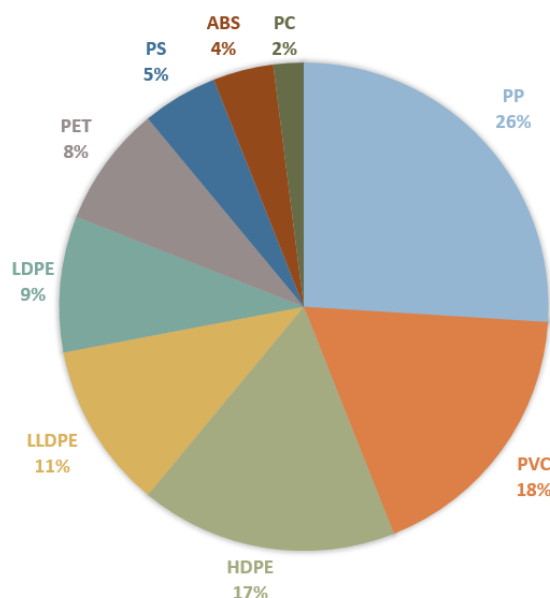


Рисунок 1. Мировой рынок полимеров

Согласно прогнозам, спрос на полимеры в ближайшие годы заметно вырастет. Наибольшие темпы прироста ожидаются в сегменте полиэтилен-терефталата (ПЭТ) и полимеров пропилена, в то время как развитие рынка полистирольных пластиков и поливинилхлорида замедлится. Спрос на полимеры пропилена будет расти в среднем на 3,2% в год и достигнет через 5 лет 71-73 млн. тонн. Драйверами роста спроса станут производство автомобилей и автомобильных компонентов, производство строительных материалов, а также упаковочная индустрия в Индии и АТР.

Несмотря на существенный сырьевой потенциал, Россия занимает скромные позиции по производству базовых нефтехимических продуктов. Доля страны на международном рынке полимеров остается незначительной (примерно 2% от общего объема выпуска полипропилена и 1,5% — полиэтилена). [2]

В данный момент мы не покрываем даже внутренний спрос на полимеры, что хорошо видно на рисунке 2.

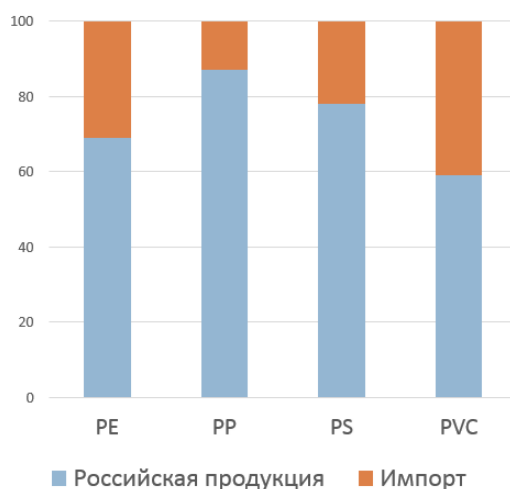


Рисунок 2. Рынок полимеров в России

И хотя идет строительство новых заводов по выпуску полипропилена и полиэтилена, сейчас имеется необходимость и возможность в увеличении мощности уже существующих установок полимеризации.

Одна из крупнейших установок по производству полипропилена в России построена по лицензии компании *INEOS*. На установке осуществляется газофазная полимеризация в псевдооживленном слое. Комплекс по производству полипропилена состоит из двух технологических линий. Данное технологическое решение, практически аналогично, принятому компанией *INEOS* при строительстве установки по производству полипропилена на производственном комплексе «*Chocolate Bayou*» (Техас, США).

В настоящее время на установке получают только гомополимер, в связи с отсутствием дешевого и доступного источника этилена, как основного компонента сополимеризации.

В данный момент на установке производят 31,25 тонн гомополимера в час. Но максимальная расчетная производительность участка окончательной обработки составляет 37,5 тонн в час порошкового гомополимера. Так же нет препятствий для увеличения мощности и на технологической линии, находящейся после реактора.

Реакторы полимеризации представляют собой горизонтальные емкости с перемешивающим устройством, в которых производится непрерывная газофазная полимеризация пропилена. [3]

Газообразный пропилен и компоненты катализатора вступают во взаимодействие с образованием твердых частиц порошка полипропилена, которые затем выводятся из реактора. Так как полимеризация пропилена – экзотермическая реакция необходим съем тепла, который осуществляется за счет подачи и испарения жидкого пропилена. В реакторе поддерживается давление 2,0-2,3 МПа и температура 60-70<sup>0</sup>С.

Основными параметрами, влияющими на производительность, являются:

- активность катализатора;
- количество катализатора;
- рабочие параметры.

При производстве полипропилена используются катализаторы Циглера-Натта. Последнее поколение их было представлено в 2000-х годах. С тех пор больших открытий в этой области не появлялось. [4]

На данной установке используют катализатор *CDi*, который поставляется компанией *BASF*. Этот катализатор отлично зарекомендовал себя в части обеспечения производительности и стереоспецифичности.

Рабочие параметры процесса и расход катализатора изучены на производстве с целью оптимальной работы реактора.

Наилучшим решением для повышения производительности реактора полимеризации может являться увеличение подачи катализатора. Это решение используется на многих других установках по производству полипропилена.

### Библиографический список

1. Волкова, А. В. Рынок крупнотоннажных полимеров. Полипропилен, полистирол, поливинилхлорид, полиэтилентерефталат [Электронный ресурс] : учебник / А.В. Волкова. – Москва : НИУ ВШЭ, 2016. – 81 с.
2. Нефтехимия в России: выбор вектора развития [Электронный ресурс] : отчет / Г. С. Арутюнян [и др.] ; - Москва : ЕУ Нефть и газ, 2015 – 20 с.
3. Dynamics and stability analysis of gas-phase bulk polymerization of propylene [Электронный ресурс] / Lei Luo [и др.] // Chemical Engineering Science – 2016 №143 – С. 12-22.
4. Polypropylene production optimization in fluidized bed catalytic reactor [Электронный ресурс] / Mohammad Jakir Hossain Khan [и др.] // Chemical Engineering Science – 2014 №7 – С. 40-58.

Научный руководитель: Дерюгина О.П., канд. техн. наук, доцент.

### Усовершенствование в процессе одностадийного дегидрирования н-бутана

*Корюкова С.В., Дерюгина О.П.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Большой спрос на продукты нефтехимии обуславливает интенсификацию нефтехимической промышленности. Нарращивание мощностей имеющихся производств без существенных дополнительных затрат является в настоящее время наиболее экономически выгодным мероприятием. В последнее время спрос на бутадиен -1,3 значительно вырос, так как он является одним из важнейших исходных мономеров для производства синтетического каучука.

Одним из перспективных направлений переработки углеродного сырья с целью получения дивинила, является каталитическое дегидрирование. Затраты на производство синтетического каучука из бутадиена составляют около 30% от себестоимости готового продукта. Таким образом, эффективность и экономичность процесса определяется стадией получения мономеров.

Получение бутадиена методом каталитического дегидрирования нормального бутана может протекать в одну или две стадии. Этот процесс, наряду с другими способами, на протяжении последних 50 лет широко используется в крупномасштабных производствах. В общей сложности на этот процесс приходится менее 10% получаемых мономеров, что связано с высокой капитало- и энергоемкостью процесса [1].

Процессы дегидрирования органических веществ предназначены для получения непредельных соединений с одной или двумя двойными связями. Реакция дегидрирования бутана в бутадиен является обратимой эндотермической реакцией [2]. На равновесие данной реакции оказывают существенное влияние состав катализатора, содержание примесей в сырье, температура, давление, объемная скорость и время контакта. Сырьем на установке одностадийного дегидрирования бутана является свежая бутановая фракция и рецикловая бутан-бутиленовая фракция.

В одностадийном процессе используется часто алюмохромовый катализатор состава  $Cr_2O_3 \cdot Al_2O_3$ . Данный катализатор является активным при температуре около  $600^\circ C$ .

В технологический комплекс одностадийного процесса входят отделения: дегидрирования, компримирования, газоразделения, а также узел выделения и очистки бутадиена экстрактивной ректификацией [3].

Сопоставление технико-экономических данных показывает, что одностадийный процесс дегидрирования экономичнее двухстадийного процесса, поскольку отсутствует промежуточная подсистема разделения контактного газа после первой ступени. Сравнение технико-экономических показателей двух каталитических процессов приведено в таблице.

Таблица

Условное сравнение технико-экономических показателей двух процессов получения бутадиена-1,3

Метод производства	Капитальные затраты, %	Энергоемкость, %	Себестоимость, %
Одностадийное дегидрирование	39,5	31	42
Двухстадийное дегидрирование	60,5	69	58

Совершенствование – это процесс, направленный на постоянное улучшение чего-либо. В современном мире технологии развиваются настолько быстро, что не все успевают адаптироваться, так и в любой промышленности происходят изменения технологий, процессов. Но искать новую технологию, которая будет лучше предыдущей не так-то просто и быстро. Искать возможности, как улучшить производство, улучшать условия труда, повышать эффективность выполнения операций важный и непрерывный этап в жизни каждого предприятия.

С целью улучшения технологических и технико-экономических параметров работы установки можно провести модернизацию различных объектов на установке.



Например, в котле-утилизаторе установка экономайзера повлечет за собой дополнительную выработку пара, а это хороший энергоресурс, следовательно, он обеспечит экономию. Экономайзер - это устройство, которое служит для повышения коэффициента полезного действия, что в конечном итоге приведет к снижению потребления энергоносителей.

Замена ротора турбин и компрессора, повлияет на снижение расхода пара высокого давления. Модернизация печи, а именно замена горелок снизит расход топливного газа, и как следствие будет меньшая стоимость целевого продукта на выходе.

Установка деаэрата на линии подачи конденсата в котле-утилизаторе, повлечет снижение содержания  $O_2$  в конденсате. Деаэратор — техническое устройство, реализующее процесс деаэрации некоторой жидкости, то есть её очистки от присутствующих в ней нежелательных газовых примесей.

Жёсткие условия чередующихся циклов дегидрирования и регенерации приводят к тому, что к катализаторам процесса необходимо предъявлять повышенные требования. Изначально в качестве катализатора использовали продукт фирмы «Hudry», но сегодня также используют усовершенствованный продукт фирмы Catadiene 410 и других марок, которые позволяют увеличивать сроки пробега (до 3х лет) [4].

В настоящее время прослеживается тенденция в области развития промышленных методов каталитического дегидрирования, которая заключается в усовершенствовании существующих катализаторов дегидрирования с целью увеличения их каталитической активности, селективности и механической прочности.

Интересным вариантом усовершенствования процесса, является не замена его на новый, а разработка системы слоя катализатора дегидрирования, содержащая алюмохромовый катализатор дегидрирования. Это усовершенствование запатентовано в США № 2428250 [5]. Катализатор дополнительно включает в себя, по меньшей мере, один компонент, который является каталитически инертным по отношению к реакциям дегидрирования или побочным реакциям, таким как крекинг или коксообразование, но при этом генерирует тепло в результате помещения данного компонента в условия восстановительных и/или окислительных реакций. В пример воплощения этого процесса: каталитическая система содержит алюмохромовый катализатор, физически смешанный с тепловыделяющим инертным компонентом, содержащим оксид меди, нанесенный на оксид алюминия, причем оксид меди содержит, по меньшей мере, примерно 8% масс. тепловыделяющего инертного компонента.

Технический результат — это уменьшение перепадов отклонения температуры по слою при более высокой температуре на выходе, что приводит к заметному росту конверсии при сохранении селективности и увеличению общей производительности процесса.

Таким образом, метод одностадийного дегидрирования широко используется, и будет использоваться для получения бутадиена -1,3 из нормального бутана. Из каталитических процессов является наиболее рентабельным методом, выгодным по аппаратурному оформлению.

Учитывая дефицит бутадиена в стране, можно предположить, что наращивание мощностей уже имеющихся производств без особых дополнительных затрат является перспективным направлением в нефтехимии.

#### Библиографический список

1 Ахметов С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа. Уфа: «Гилем», 2002. - 672 с.

2 Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. Москва: «Химия», 1998. – 592с.

3 Майер, Э.А. Эффективная практика глубокой переработки газового сырья в химическую продукцию на предприятиях ОАО «СИБУР Холдинг» и используемые технологические процессы. Томск: «Издательский дом Томского государственного университета, 2014. – 476с.

4 Ахмедьянова, Р.А. Химическая технология переработки газового сырья. Казань: «Издательство КНИТУ», 2015. – 184с.

5 Каталитически неактивный тепловой генератор и усовершенствованный процесс дегидрирования [Электронный ресурс] / В. Фридман, Д.С. Мерриам, М.А. Урбанчик. // Информационный портал российских изобретателей. – 2011. – Режим доступа: <http://bankpatentov.ru/node/524275>.

Научный руководитель: Дерюгина О.П., канд. техн. наук, доцент.

### **Роль каталитического крекинга в нефтепереработке как процесса, увеличивающего выход светлых фракций**

*Косарев С.А., Трушкова Л.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Высокие затраты на разведку и добычу нефти, а также рост потребности в моторных топливах и нефтехимических продуктах требует существенного углубления переработки нефти в России. Расчеты показывают, что при углублении переработки нефти возрастает роль вторичных процессов нефтепереработки.

Целью вторичных процессов переработки нефти является увеличение количества производимых топлив, улучшение их физико-химических и эксплуатационных свойств.

Выделяют 2 вида процессов вторичной переработки нефти по направлениям:

1. Углубляющие (увеличение глубины переработки нефти);
2. Облагораживающие (улучшение химического состава полученных топливных фракций)

Каталитический крекинг относится ко второй группе процессов.

Прогресс в развитии технологии процесса каталитического крекинга вакуумных дистиллятов и совершенствования катализаторов привёл к резкому улучшению показателей этого процесса.

Промышленные установки каталитического крекинга имеют одинаковую схему по фракционированию продуктов : типа 43-102 – с циркулирующим шариковым катализатором; типа 43-103, 1А/ 1М и ГК-3 – с кипящим слоем микросферического катализатора; типа Г-43-107 – с лифт-реактором.

Дальнейшее совершенствование этого процесса связано с разработкой "миллисекундного" каталитического крекинга, с развитием методов переработки остаточных видов сырья и с значительным сокращением времени контакта сырья с катализатором ( до 0,1с вместо характерных для процесса "флюид"), что стимулирует возрастание выхода бензинового дистиллята и уменьшение выхода газообразных продуктов [1].

Наибольшее распространение в схемах зарубежных НПЗ получили установки каталитического крекинга типа "флюид" с микросферическим цеолитсодержащим катализатором, а на российских заводах – аналогичные им установки третьего поколения типа Г-43-107 и КТ-1.

С целью углубления переработки нефти и повышения выхода и качества бензина осуществляется комплекс мероприятий по разработке и внедрению новых высокоэффективных катализаторов. В течение нескольких лет специалисты ООО ИСХЗК занимаются разработками в области создания катализаторов и прогнозированием их работы на промышленных установках крекинга. Результатом этой работы явилось создание каталитических систем для ряда установок, эксплуатирующихся как в России, так и в странах ближнего и дальнего зарубежья [2].

Так, «Октифайн-480П» является классическим «бензиновым» вариантом катализатора крекинга, действие которого направлено на увеличение выхода бензиновой фракции в процессе крекинга. Такое действие достигается благодаря особенностям строения катализатора: устойчивый к дезактивации ультрастабильный цеолит с уникальной микро/мезопористой структурой в сочетании с высокоселективной матрицей, содержащей в своем составе наноструктурированный оксид алюминия, максимально снижают перекрекинг (расщепление углеводородов до газа и кокса) легких углеводородов и увеличивают селективный крекинг тяжелых фракций.

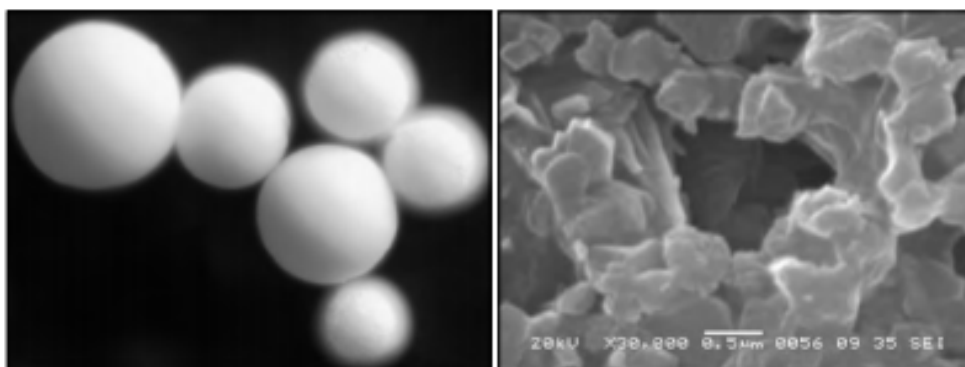


Рисунок 1. Электронно-микроскопические снимки микросферического катализатора крекинга «Октифайн-480П»

Электронно-микроскопические снимки катализатора «Октифайн-480П» представлены на рисунке 1.1. Из них видно, что частицы катализатора «Октифайн-480П» обладают практически идеальной сферической формой (фотография слева) и широкопористой структурой (фотография справа).

На протяжении всего периода загрузки катализатора «Октифайн-480П» на установке Г-43-107М/1 Уфимского НПЗ наблюдался стабильный рост выхода бензиновой фракции. Показатели работы установки в исследуемый период приведены в таблице 1.2 [2].

Таблица 1

Показатели работы установки Г-43-107М/1 в 2014 году

Наименование	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Содержание «Октифайн-480П» в системе, %	48,6	56,7	62,9	68,3	73,0	76,8	79,5
Выходы основных продуктов, % от сырья							
ППФ	5,06	4,81	4,69	5,01	5,82	4,86	5,48
ББФ	13,32	12,26	10,15	9,06	8,02	8,46	8,37
Бензин	44,91	45,28	45,80	51,55	54,26	54,62	54,98
Легкий каталитический газойль	13,92	16,91	19,84	14,96	11,36	10,46	10,40
Октановые числа бензина каталитического крекинга							
ОЧММ	82,8	83,1	83,0	83,1	82,8	83,2	83,5
ОЧИМ	94,1	94,5	94,7	94,6	94,3	94,3	94,4

В настоящее время номенклатура производимой Ишимбайским специализированным химическим заводом катализаторов продукции включает более 10 марок катализатора «Октифайн». Все они могут применяться как отдельно, так и в сочетании со всевозможными добавками (направленными на увеличение октанового числа бензина, промотирование дожига СО в СО<sub>2</sub>, снижение содержания серы в продуктах крекинга и т.д.), применение которых позволяет быстро и гибко реагировать на постоянно меняющиеся требования рынка. На сегодняшний день каталитический крекинг имеет наиболее важное и решающее значение в глубокой переработке нефти в нефтеперерабатывающей промышленности как за рубежом, так и в России в целом. Данный процесс позволяет получить суммарный выход светлых нефтепродуктов до 60% и более за счет выработки компонентов высокооктанового бензина. Глубина переработки тяжелых нефтяных остатков достигается до 98 %, на сегодняшний день это очень высокий показатель в переработке. Также одним из важных факторов каталитического крекинга является то, что в качестве сырья используется малоценные нефтяные остатки. Целевым назначением процесса является получение высококачественных компонентов моторных топлив, при этом попутно извлекается значительное количество газа, богатого пропан-пропиленовой и бутан-бутиленовой фракции.

На сегодняшний день установками каталитического крекинга располагают 13 российских нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий. Всего в России эксплуатируется 21 установка каталитического крекинга общей мощностью примерно 19,8 млн т в год, к 2020 году объем каталитического крекинга планируется увеличить до 26–27 млн тонн в год. Каждое из предприятий играет важную роль в развитии нефтегазового комплекса России и нефтепереработке в целом [3].

#### Библиографический список

1. Каминский, Э.Ф. Глубокая переработка нефти: технологический и экологический аспекты. / Э.Ф. Каминский, В. А. Хавкин. М.: Издательство «Техника». ООО «ТУМА ГРУПП», 2001. - 384 с.
2. Бодрый, А. Б. Отечественные микросферические катализаторы крекинга: разработка, производство и опыт промышленной эксплуатации [Текст] / А. Б. Бодрый, И. Ф. Усманов, Г. Ф. Гариева, Н. С. Карпов // Катализ в промышленности. – 2014. - № 5. – С. 14-18.
3. Габдуллина, Г.С. «Современные тенденции в нефтепереработке на примере развития технологии каталитического крекинга» // Дни науки, том №3 : сб. науч. конф. / КНИТУ. - Казань, 2011.

Научный руководитель – Трушкова Л.В., к.х.н., доцент

## **Использование пинч-анализа для оценки энергоэффективности установок переработки углеводородного сырья**

*Кощеева А.А., Таранова Л.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Предприятия нефте- и газопереработки характеризуются повышенным энергопотреблением, что обусловлено с одной стороны крупнотоннажностью и непрерывностью производственных процессов, с другой – необходимостью создания высоких температур и давлений. В этой связи решение вопросов энергосбережения и повышения энергоэффективности является одной из наиболее актуальных задач для предприятий по переработке углеводородного сырья.

Согласно исследованиям потенциал энергосбережения российских НПЗ составляет в среднем 10%, а по оценке Международной финансовой корпорации – порядка 20%. По данным [1] на нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводах вся получаемая тепловая энергия используется лишь на 30-35%, а остальная часть становится нерекуперативноспособной. При этом порядка 36% энергии уходит с охлаждающей водой или воздухом, до 16% выделяется в атмосферу с дымовыми газами технологических печей и порядка 12-14% энергии рассеивается в окружающую среду в виде тепла, отдаваемого горячими поверхностями оборудования.

Наиболее энергоемким оборудованием на предприятиях отрасли является оборудование для реализации тепловых процессов – трубчатые печи и теплообменники, и мероприятия по повышению энергоэффективности направлены, в первую очередь, на оптимизацию их работы. Высокие энергозатраты связаны также с необходимостью перемещения потоков в пределах технологических установок и возникающими при этом гидравлическими сопротивлениями.

Для оценки энергоэффективности и её повышения на предприятиях нефте- и газопереработки разработаны методы и методики, позволяющие достичь целевых значений оптимального потребления энергоресурсов. К таким методам относятся пинч-анализ, используемый вместе с оптимизацией гиперструктуры и стохастической оптимизацией, а также система «Solomon» для нефтеперерабатывающих предприятий, использование методологии бенчмаркинга энергоэффективности и др. [2,3]. Наиболее распространёнными являются пинч-анализ и система «Solomon».

Пинч-анализ – это методология минимизации энергопотребления процесса, что реализуется путем расчета термодинамически обоснованных объемов энергопотребления и приближения к ним с помощью оптимизации процесса теплопередачи, методов энергоснабжения и характеристик технологических процессов.

Сущность метода (на примере теплообменных систем) заключается в анализе использования на установке горячих и холодных потоков и фор-

мировании объединенных потоков – горячей и холодной составных частей тепловой кривой.

Применение пинч-метода позволяет добиться экономии за счет минимизации использования внешних энергоносителей, подводящих и отводящих тепло, путем максимального применения рекуперации тепла в рамках рассматриваемой системы. Метод позволяет также минимизировать поверхность теплообмена и количество теплообменных аппаратов.

Пинч-анализ как метод оценки, прогнозирования и стратегического развития энергоэффективности предприятия активно используется такими компаниями, как ОАО «Газпром Нефть», ОАО "Славнефть ЯНОС" и др.

В настоящей работе пинч-анализ использован для рассмотрения возможности увеличения энергоэффективности схемы установки полимеризации этилена высокого давления. При переходе на новую схему теплообмена возможно увеличение температуры подачи сырья в реактор, с уменьшением расход топлива в печи и снижением затрат на подогрев топлива.

По методике пинч-анализа возможно на основе анализа данных произвести вычисление для построения композитных кривых горячих и холодных потоков. Полученные графики показывают возможность увеличения максимальной теплоты рекуперации. Это, в свою очередь, позволяет оптимизировать потоки в теплообменной аппаратуре и выбрать наиболее эффективную схему теплообмена.

Для применения пинч-метода к изучаемой установке необходимо сначала определить перечень всех основных потоков, их температуру и количество тепла, которые несут данные потоки на установке полимеризации. Необходимая информация по потокам для применения пинч-метода сведена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика потоков установки полимеризации этилена высокого давления

Поток	Тип потока	$T_{нач}, ^\circ\text{C}$	$T_{кон}, ^\circ\text{C}$
Этилен	Холодный	27	185
Перегретая вода	Горячий	225	43
Техническая вода	Холодный	25	225
Возвратный этилен высокого давления	Горячий	190	40
Возвратный этилен низкого давления	Горячий	180	60
Пар высокого давления	Горячий	180	57
Полиэтилен	Горячий	250	70
Кислород	Холодный	15	170

По данным таблицы построили результирующие кривые в системе «температура-энтальпия» (рисунок) и по полученному графику оценили возможность рекуперации тепла для данной установки.

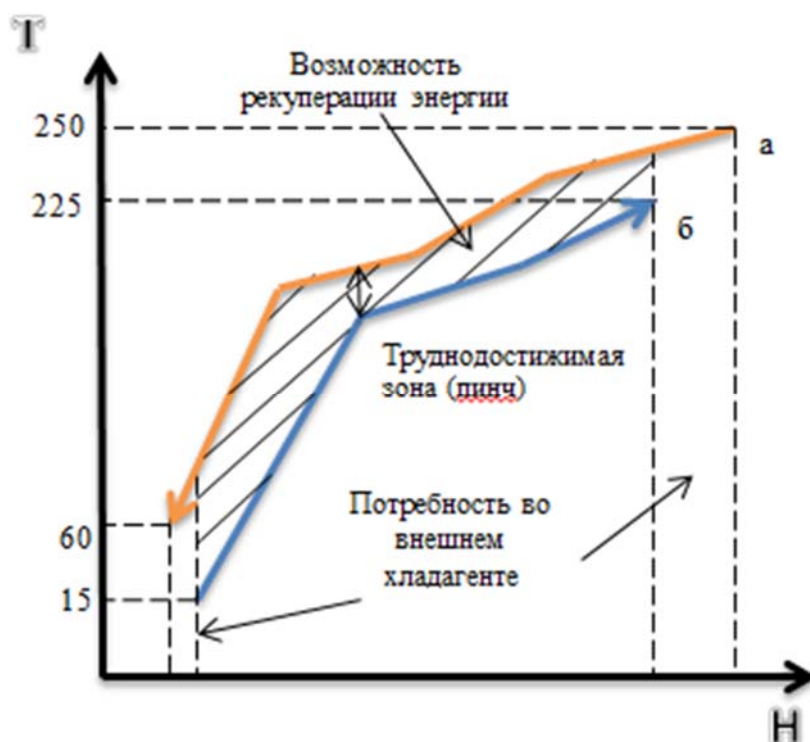


Рисунок. Реализация пинч-анализа:

- а) – результирующая кривая для холодного состояния,
- б) – результирующая кривая для горячего состояния

Анализ полученных данных показывает что на изучаемой установке имеется возможность для рекуперации тепла и, следовательно, для повышения энергоэффективности предприятия в целом, что может существенно сократить затраты на проведение процесса полимеризации этилена.

Таким образом, для оценки энергоэффективности и решения вопросов энергосбережения на предприятиях переработки углеводородного сырья необходимо использовать методы оценки энергоэффективности для эффективного использования ресурсов предприятия и достижения целевых значений оптимального потребления энергоресурсов.

#### Библиографический список

1. Брендан П. Шихан, Синь (Фрэнк) Жу, В. Рыбкин. Оптимизация энергозатрат технологических процессов // Территория Нефтегаз. 2009. № 8. С. 80 - 84.
2. Кустова А.А. Почему западная энергосервисная система не работает в России? // Энергосбережение. 2010. № 8.



3. Коновалов В.И., Кудра Т., Пахомов А.Н., Орлов А.Ю. Современные аналитические подходы к энергосбережению. Интегрированный подход. Пинч-анализ. Луковичная модель// Вестник ТГТУ. 2008. Том 14. № 3. С. 560-578.

Научный руководитель: Таранова Л.В., канд. техн. наук, доцент

### **Способы очистки сбросных газов с блока регенерации катализатора**

*Ларченко А.О., Дерюгина О.П.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

По данным за 2010 [1] и 2014 [2] годы мощности риформинга и дегидрирования легких углеводородов с применением непрерывной регенерации катализатора составляют соответственно 13,9 миллионов баррелей в сутки и 5,7 миллионов тонн в год. В ходе регенерации катализатора образуются сбросные газы, которые содержат в своем составе ряд вредных веществ, таких как хлор (до 0,35 % масс.), диоксид серы (до 0,10 % масс.), хлороводород (до 0,63 % масс.). Исходя из того, что при производстве одной тонны олефинов образуется 0,017 тонн газов (до очистки), а при риформинге на один баррель приходится 0,013 тонн газов, получим 58,36 миллионов тонн сбросных газов в год.

Существует ряд процессов и технологий, позволяющих проводить очистку газа одновременно от ряда компонентов или более селективно от одного-двух веществ. К их числу относятся: абсорбция (физическая или с протеканием химической реакции), адсорбция (с регенерацией адсорбента и без нее), конденсация компонентов и их возвращение в технологический цикл, а также ряд других. Краткая сравнительная характеристика приведена в таблице 1 [3].

Наибольшее применение нашел абсорбционный и адсорбционный способы очистки, характеризующиеся эффективностью по удалению вредных веществ порядка 99,9 % [3, 4]. Сжигание применяется редко, поскольку не позволяет непосредственно удалить хлор и хлороводород. Для этого предназначен блок охлаждения и абсорбции газов из камеры сгорания.

Биоочистка на российских предприятиях также пока не нашла широкого применения, поскольку поддержание работоспособности биофильтра или биоскруббера требует соблюдения жестких условий: характеристик питательной среды, температуры (от 5 до 40 °С), давления (от атмосферного вплоть до 2,0 атм), постоянно низких концентраций вредных веществ в сбросных газах [3, 4].

Сравнение способов очистки сбросных газов

Критерий	Абсорбция	Адсорбция	Сжигание (дожигание)	Конденсация	Биочистка	Мембранная фильтрация
Эффективность	Высокая	Высокая	Средняя	Низкая	Очень высокая	Очень высокая
Производительность	Высокая	Средняя	Высокая	Низкая	Низкая	Средняя
Занимаемая площадь	Малая	Малая (большая с регенерацией)	Большая	Большая	Малая	Малая
Капитальные затраты	Низкие	Высокие	Высокие	Высокие	Низкие	Низкие
Затраты на обслуживание	Высокие	Высокие	Высокие	Высокие	Средние	Низкие
Переработка пожаро- и взрывоопасных веществ	Да	Да	Под контролем	Да	Под контролем	Да
Образование вторичных загрязнений	Сточные воды, шлам	Насыщенный адсорбент	Да, при неполном окислении	Да, при применении контактных холодильников	Ил	Загрязненные мембраны, металлокерамика

На настоящий момент преимущественно применяется абсорбционный способ улавливания компонентов сбросных газов с применением раствора нейтрализации, содержащего гидроксид или карбонат натрия, тиосульфаты, гидроксид кальция, способные связывать хлор, хлороводород и диоксид серы с образованием стабильных в щелочной среде солей [4, 5]. Адсорбция применяется достаточно широко лишь для некоторого снижения содержания вредных веществ в сбросных газах перед основной абсорбционной очисткой. В качестве адсорбентов применяют NaA и KA цеолиты [4, 6], активированный уголь, активированный оксид алюминия (например, *Chlorex*) или проводят адсорбцию на катализаторе [7]. Так, компания *UOP* с 2013 года по умолчанию включает в состав проектируемых установок риформинга и дегидрирования систему *Chlorsorb* для снижения выбросов хлора в атмосферу.

### Библиографический список

1. Poparad, A. Reforming Solutions for Improved Profits in an Up-Down World: (case) / A. Poparad [et al]. – Des Plaines: UOP LLC, a Honeywell Company, 2011. – 32 p.
2. Paunwala, A. Pathways to Profit UOP Dehydrogenation Technology / A. Paunwala // 16<sup>th</sup> Indian Petrochem Conference. – Mumbai, 2014. – 21 p.
3. Perry's Chemical Engineers' Handbook / D.W. Green, R.H. Perry. – 8-th ed. – New York: McGraw Hill, 2008. – 2735 p.
4. Kohl, A. Gas Purification / A. Kohl, R. Nielsen. – 5-th ed. – Texas: Gulf, 1997. – 1395 p.
5. Rules of Thumb for Chemical Engineers / ed. C. Branan. – 4-th ed. – Oxford: Gulf, 2005. – 479 p.
6. Николина, В.Я. Молекулярные сита / В.Я. Николина, И.Е. Неймарк, М.А. Пионтковская // Успехи химии. – 1960. – Т. 29. – Вып. 9. – С. 1088-1111.
7. Pat. 105879562 PRC, Int. CI B01D 53/02. Reforming catalyst regeneration discharged air dechlorination method / 徐又春, 孙秋荣, 郭劲鹤, 刘红云, 杨红斌; patent owner 中石化广州工程有限公司, 中石化炼化工程 (集团) 股份有限公司. – 201410468016.5; decl. 05.09.2014; publ. 24.08.2016. – 8 p.

Научный руководитель: Дерюгина О.П., канд. техн. наук, доцент

### **Выбор технологической схемы процесса изомеризации в зависимости от углеводородного состава исходного сырья**

*Лукманов Р.Р., Гуров Ю.П.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Процесс изомеризации приобретает в последнее время все большее значение. Назначение – получение высокооктановых легких бензиновых фракций (алканов C5-C6). Процесс основан на каталитической изомеризации пентанов и гексанов. Реакции протекают в водородной атмосфере на неподвижном слое катализатора и в условиях, которые способствуют изомеризации и одновременно препятствуют таким нежелательным побочным реакциям, как гидрокрекинг. Зная компонентный состав исходного сырья, и выбрав правильную технологическую схему его переработки можно значительно увеличить октановое число получаемого изомеризата.

Если свежее сырье, поступающее на установку изомеризации, имеет очень высокое содержание изопентанов - приблизительно 20-30 % масс. и более, то дополнительное преимущество будет обеспечиваться при использовании колонны деизопентанизации (ДИП) перед основной установ-

кой. Размеры установки можно уменьшить за счет исключения изопентанов из сырья основной установки. Если направлять изопентан в реакторы процесса, то он будет в основном занимать объем и выходить непревращенным с продуктовым изомеризатом. Затем выполняется изомеризация фракции  $C_5$  и парафинов  $C_6$  до равновесной концентрации и их смешение с верхним продуктом колонны деизопентанизации. Продуктовым изомеризатом в данной технологической схеме является объединенный поток верхнего продукта колонны ДИП и кубового продукта колонны стабилизации. Типовое значение октанового числа изомеризата  $C_{5+}$  в процессе находится в пределах 84-87 по и.м. без ТЭС.

Если свежее сырье, поступающее на установку изомеризации, имеет высокое содержание суммарных компонентов  $C_6$ , то дополнительное преимущество по октановому числу будет обеспечиваться при использовании колонны деизогексанизации (ДИГ) после основной установки. В процессе колонна деизогексанизации используется для фракционирования стабильного изомеризата с низа колонны стабилизации с получением верхнего продукта - изомеризата, содержащего все пентаны и диметилбутаны (2-2 диметилбутан и 2-3 диметилбутан). Нормальный гексан и часть метилпентана отбираются из колонны боковым погоном и направляются обратно реакторы для дальнейшей переработки. Типовое значение октанового числа изомеризата  $C_{5+}$  в процессе находится в пределах 87-89 по и.м. без ТЭС.

Если свежее сырье, поступающее на установку, имеет высокое содержание изопентанов с высокой концентрацией суммарных  $C_6$ , то существует вариант, в котором колонна деизопентанизации устанавливается перед основной установкой, а колонна деизогексанизации устанавливается после основной установки с целью извлечения непревращенных метилпентанов и нормальных  $C_6$ . Данная технологическая схема обеспечивает наиболее высокое октановое число продукта; все нормальные пентаны ( $C_5$ ) и низкооктановые парафины  $C_6$  (нормальный гексан и метилпентаны) рециркулируются для достижения максимальной общей конверсии на установке. Суммарный продуктовый изомеризат в данной технологической схеме состоит из бокового погона  $C_6$ , кубового продукта колонны деизогексанизации и изопентана - верхнего продукта колонны деизопентанизации. В данной конфигурации колонну деизогексанизации иногда называют "колонной Супер-деизогексанизации" вследствие верхнего бокового погона, отбираемого в колонне помимо обычного, более нижнего бокового погона - рецикла. В данном процессе можно получать изомеризат  $C_{5+}$  с октановым числом 90-92 по и.м. без ТЭС.

Каждая из рассмотренных выше технологических схем обеспечивает соответствующий диапазон октанового числа изомеризата. Чем выше требуемая октановая характеристика изомеризата, тем более сложной становится используемая технологическая схема.

Таким образом, выбор технологической схемы процесса изомеризации в значительной степени зависит от углеводородного состава исходного сырья.

#### Библиографический список

1. <http://www.neftegaz-expo.ru/ru/articles/2016/podgotovka-nefti/>
2. [http://studopedia.ru/2\\_122794\\_borba-s-korroziey-neftegazopromislovogo-oborudovaniya.html](http://studopedia.ru/2_122794_borba-s-korroziey-neftegazopromislovogo-oborudovaniya.html)
3. <http://www.geolib.net/oilgasgeology/plastovye-vody-neftyanyh-gazovyh-mestorozhdeniy.html#i-4>

Научный руководитель: Гуров Ю.П., доцент кафедры ПНГ

### **Влияние состава дистиллята и четкости ректификации на показатели процесса отбензинивания Западно - Сибирской нефти**

*Маслов А.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В качестве объекта исследований была выбрана отбензинивающая колонна установки атмосферной перегонки нефти Антипинского нефтеперерабатывающего завода. Сырьём колонны является нефть западно-сибирских месторождений. Задачей работы было определение влияния состава дистиллята и четкости ректификации на показатели процесса отбензинивания: минимальное и оптимальное число тарелок, минимальное и оптимальное флегмовое число, температуры верха и низа колонны, состав дистиллята и остатка, необходимый минимальный диаметр колонны, необходимое количество подводимого тепла в куб колонны.

В качестве основного был выбран аналитический метод расчёта многокомпонентной ректификации с использованием температурной границы деления смеси. Он является одним из самых трудоёмких и достоверных. В нефти, поступающей в колонну, определялись ключевые фракции, которые располагаются по разные стороны температурной границы деления смеси. После расчёта мольной доли отбора дистиллята  $E'$  задавались степенью извлечения ключевой фракции  $\varphi_{Di}$ , которая должна пойти в дистиллят, на основании которой определялись мольные доли ключевой фракции в дистилляте  $X'_{Di}$  и остатке  $X'_{Wi}$ :

$$X'_{Di} = \frac{\varphi_{Di} \cdot X_{Fi}}{E'} \qquad X'_{Wi} = \frac{(1 - \varphi_{Di}) \cdot X_{Fi}}{1 - E'}$$

По уравнению Ашворта определялись температуры кипения ключевых фракций при среднем давлении в колонне. Из данного интервала аналитическим подбором определялась температурная граница деления смеси  $T_E$ , при которой происходило выполнение следующих условий:

$$\sum X'_{Di} = 1 \qquad \sum X'_{Wi} = 1$$

После расчёта коэффициентов относительной летучести  $\alpha_i$  и коэффициентов распределения  $\psi_i$  всех фракций определялся состав дистиллята и остатка и составлялся материальный баланс.

В таблице 1 представлены результаты работы отбензинивающей колонны при отборе дистиллята н.к. – 85 °С. В таблице 2 представлены данные при использовании в качестве дистиллята фракции н.к. – 140 °С.

Как следует из полученных данных, при утяжелении дистиллята такие показатели как минимальное число тарелок, оптимальное флегмовое число, количество тарелок в нижней части колонны, диаметр колонны, количество подводимого тепла в куб колонны и температура верха и низа колонны увеличиваются.

Таблица 1

Показатели работы отбензинивающей колонны с дистиллятом н.к. – 85°С

$\varphi$	$N_{\min}$	$R_{\min}$	$R_{\text{опт}}$	$N_{\text{тар}}^{\text{верх}}$	$N_{\text{тар}}^{\text{низ}}$	$D, \text{ м}$	$Q_{\text{в}}, \text{ кВт}$	$T_{\text{верха}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{\text{низа}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$N_{\text{тар}}^{\text{раб}}$
0,8	5,81	1,08	2,27	16	8	2,4	25,44	98,96	280,55	24
0,85	7,31	1,19	2,19	18	10	2,4	25,40	97,58	281,34	28
0,9	9,23	1,30	2,13	24	12	2,4	25,34	96,66	281,84	36
0,95	12,33	1,40	2,1	30	16	2,4	25,34	95,92	282,23	46

Таблица 2

Показатели работы отбензинивающей колонны с дистиллятом н.к. – 140°С

$\varphi$	$N_{\min}$	$R_{\min}$	$R_{\text{опт}}$	$N_{\text{тар}}^{\text{верх}}$	$N_{\text{тар}}^{\text{низ}}$	$D, \text{ м}$	$Q_{\text{в}}, \text{ кВт}$	$T_{\text{верха}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{\text{низа}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$N_{\text{тар}}^{\text{раб}}$
0,7	4,31	0,34	3,8	11	9	3,9	52,19	145,01	331,03	18
0,75	5,60	0,43	3,2	13	11	3,7	49,53	143,04	332,60	24
0,8	7,05	0,51	2,91	15	13	3,6	48,25	141,69	333,42	28
0,85	8,80	0,59	2,73	18	16	3,5	47,46	140,73	333,95	34
0,9	11,11	0,66	2,6	22	20	3,4	46,89	139,99	334,34	42
0,95	14,83	0,73	2,51	30	26	3,32	46,51	139,34	334,68	56

Минимальное флегмовое число с утяжелением наоборот уменьшается, что связано с увеличением количества отбираемого дистиллята. А вот количество тарелок в верху колонны практически не меняется.

Научный руководитель: Савченков А.Л., канд. техн. наук, доцент.

### **Компоненты и связующие катализаторов процесса гидродепарафинизации**

*Михайлов А.В.*

*Филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Салавате*

Для повышения низкотемпературных свойств дизельных топлив используют процесс гидродепарафинизации, где применяют бифункциональные катализаторы, в которых кислотными свойствами обладают цеолиты или другие молекулярные сита – силикоалюмофосфаты. Главные их плюсы – меньшая чувствительность отравлению нежелательными примесями сырья, больший срок службы, а также повышенная селективность по отношению к алканам линейного строения.

Важно сказать, что не только структурные характеристики оказывают влияние на процесс, большую роль имеет и непосредственно сила кислотности носителя (отношение концентраций кислотных центров, различных по силе). Адсорбционная способность по отношению к тем или иным веществам зависит от того, насколько сильны кислотные центры в данном цеолите. Оценка активности катализатора на основе цеолита заключается исходя из того, как адсорбируют аммиак активные центры [1].

Необходимая селективность катализаторов гидродепарафинизации по отношению к реакциям крекинга обеспечивают такие виды, которые обладают высокой гидрирующей способностью при невысокой кислотности. Понижение кислотности возможно уменьшением молярного отношения оксидов алюминия и кремния, т. е. увеличением силикатного модуля. Это возможно посредством деалюминирования, или замены ионов алюминия катионами других металлов, к примеру железа.

Для обеспечения комбинации различных свойств катализаторов, для интенсификации процесса возможно применение смесей катализаторов, имеющих в составе различные цеолиты. В таких случаях, зачастую, применяются широкопористые и узкопористые цеолиты.

Одним из вариантов является одноступенчатый процесс гидродепарафинизации дизельных фракций с высоким содержанием нормальных алканов в присутствии катализатора, включающего в себя среднекремнеземный фожазит и сверхвысоккремнеземный ZSM-5. Данный вид катализатора имеет высокую гидроизомеризующую и

сероочищающую способности, проявляет хорошие показатели гидрирующей активности в случае продуктов крекинга и стабильный режим работы установки. При расчетной необходимой температуре процесса 330 °С выход топлива с арктическими показателями и температурой застывания минус 51 °С будет составлять порядка 84 % масс., при этом концентрация сернистых соединений падает с 0,920 до 0,054 % масс. [2].

Добавление к цеолитам ZSM-5 или ZSM-11 и низкокремнеземного цеолита цеолита Y положительно сказывается на гидроизомеризации, без снижения показателей снижения выхода целевой дизельной фракции и ее качества.

Катализаторы гидродепарафинизации предъявляют более высокие требования по гидрирующей активности, чем в случае катализаторов гидрокрекинга. Поэтому в составе катализаторов гидродепарафинизации, присутствуют металлы, которые используются в процессах гидроочистки (Ni, Mo, W), в то время как для гидроизомеризации в качестве гидрирующего агента используют более активную платину. Актуальной зоной разработок в данной области является максимально возможное снижение дорогостоящих элементов в составе катализаторов гидроизомеризации путем замены платины на палладий и некоторый другие металлы VIII группы [3].

Катализаторы на основе вольфрама и никеля, с носителем в виде алюмосиликата, были протестированы по активности в конверсии нормального декана в зависимости от содержания металлов Ni (12-17 %) и W (8-30 %). Было установлено, что активность повышается при увеличении содержания металла, а избирательность гидроизомеризации возрастает по мере роста содержания металла пока не будет достигнута определенная плотность металлических участков (15 % никеля). При дальнейшем увеличении количества металла, избирательность снижается по причине сбитого металл/кислотного баланса. Наилучшее сочетание металлических и кислотных центров достигается при содержании порядка 15 % никеля и 10 % вольфрама [4].

При производстве катализаторов на основе цеолитов формирование порошкообразного цеолита (молекулярных сит) со связующим веществом приводит к увеличению размера пор катализатора и, что влечет за собой понижение скорости отравления катализатора. Часто используются в промышленности оксид алюминия, аморфный алюмосиликат, оксид кремния.

При применении в роли связующего оксида кремния существует опасность, что он способен ингибировать восстановление металла. Более того, некоторые металлы способны вступать в реакцию с оксидом кремния, находящимся на поверхности, что приводит к образованию стабильных силикатных соединений, восстановление которых происходит труднее, чем у бинарных металлических оксидов. Это существенно ухудшает показатели



процесса, потому что металлическая форма наиболее применима в катализаторах гидродепарафинизации и изодепарафинизации, которые работают в условиях низких содержаний серы [5].

#### Библиографический список

- 1 Карапетьянц, М. Х. Строение вещества / Карапетьянц М. Х., Дракин С. И. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1978. – 304 с.
- 2 Ахмедов, Э. И. Разработка катализаторов на основе АНМ систем модифицированных ВК-цеолитом типа ZSM-5 для процесса депарафинизации дизельных дистиллятов /Ахмедов Э. И., Мамедов С. Э. // Вестник Бакинского университета. Серия естественные науки.– 2003. – № 1. – С. 43-51.
- 3 Камешков, А. В., Гайе, А.А. Получение дизельных топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами // Вестник СПбГИ – 2015. – № 29. – С. 6-7.
- 4 Ечевский, Г.В. Применение цеолитов в катализе / Ечевский Г.В., Ионе К.Г. //3-я Всероссийская цеолитная конференция: Тезисы докладов. – М.: Наука, 1985. – С. 148-150.
- 5 Пат. 5292989 (A) US, МПК В 01 J 23/40; В 01 J 23/74; В 01 J 23/85; В 01 J 37/02; С 10 G 45/60; С 10 G 45/62; (IPC1-7): С 07 С 5/13. Silica Modifier hydroisomerization catalyst /Davis Stephen M.; заявитель и патентообладатель Exxon Research Engineering CO (US) –№ US19930001955 19930108; заявл. 08.01.19934; опубл. 08.03.1994.

Научный руководитель: Прозорова О.Б., канд. техн. наук, доцент.

### **Синтез метанола на установке производства водорода Антипинского НПЗ**

*Михайлов В.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

На Антипинском нефтеперерабатывающем заводе функционирует установка по производству водорода мощностью 22 тыс. тонн в год по сырью. Установка включает в себя блоки подготовки и гидроочистки сырья, риформинга, утилизации тепла дымовых газов, высокотемпературной конверсии (ВТК) оксида углерода и короткоцикловой адсорбции (КЦА). Установка предназначена для получения технического водорода в целях обеспечения им установки гидроочистки дизельного топлива.

Водород получают в блоке риформинга путем паровой конверсии природного газа и направляют на очистку. Образовавшийся в блоке риформинга оксид углерода проходит паровую конверсию в блоке ВТК

для выработки дополнительного количества водорода. Очистка от примесей происходит в блоке КЦА на селективных адсорбентах.

В работе рассмотрена возможность внедрения в существующую схему производства водорода блока синтеза метанола. Метанол используется при пуске и остановке установки вместо водорода с целью предотвращения окисления катализатора риформинга.

Основная проблема заключается в транспортировке метанола на НПЗ из других регионов. Доставка метанола в другие регионы увеличивает его стоимость в два-три раза. Строительство установок по производству метанола в районах газодобычи и газопереработки решает вопросы доставки метанола потребителю, а также уменьшает экологические риски, возникающие при его транспортировке и перегрузке. Строительство отдельной установки синтеза метанола на Антипинском НПЗ не планируется, поэтому в работе предложено совершенствование установки производства водорода путем замены реактора ВТК на реактор синтеза метанола.

Как показывает практика, в реакторе ВТК синтезируется всего около 2% водорода дополнительно. При внедрении блока синтеза метанола оксид углерода будет реагировать с образующимся при паровом риформинге водородом до целевого продукта. Конверсия будет составлять 15...20%, что не будет существенно влиять на количество выпускаемого водорода на установке.

Предложен катализатор синтеза метанола МК-121«Haldor Topsoe». Так как большая часть оборудования установки производства водорода поставляется именно от этой компании, то с поставкой катализатора не будет возникать трудностей. Он разработан в соответствии с современными требованиями производителей метанола в условиях растущей конкуренции на рынке. Благодаря оптимальному распределению меди катализатор МК-121 сохраняет свою первоначальную высокую активность, а также обладает улучшенной стабильностью. Кроме этого, данный катализатор позволяет снизить концентрацию побочных продуктов в метаноле-сырце.

Расчёты показали, что производительность реактора синтеза метанола будет составлять 1424 тонны в год по метанолу-ректификату. Расчёт был произведён на поток синтез-газа действующей установки с учётом конверсии сырья и селективности получаемого продукта. Данное количество полностью покрывает потребности в метаноле для внутриводских целей, а также позволит отправлять готовый продукт сторонним потребителям.

Давление в системе производства водорода составляет 2...3 МПа, что не позволяет осуществить синтез метанола. Для этого необходимо ввести помимо реактора ряд аппаратов.

Для сжатия газа до нужного давления необходим поршневой компрессор. Для снижения затрат на новый компрессор, предлагается использовать дожимной компрессор с установки гидроочистки дизельного топлива. Температура на входе в компрессор не должна превышать 50°C. Поэто-

му после реактора конверсии метана в схему вводится ряд теплообменников водного и воздушного охлаждения.

Сконденсированная вода отделяется в сепараторе, установленном перед компрессором. Далее газ направляется в компрессор и дожимается до давления 6,5 МПа и после проходит через трубчатую печь, где подогревается до 250°C.

Нагретый газ поступает в реактор синтеза метанола и далее полученная парогазовая смесь после реактора проходит через котлы-утилизаторы, где тепло реакционных газов используется для выработки водяного пара высокого давления.

После прохождения водного и воздушных холодильников газ с метанолом-сырцом поступает в сепаратор, где метанол с водой отделяется и поступает в ректификационную колонну для разделения и получения чистого технического метанола. Газ, отделенный в сепараторе поступает в блок КЦА.

Замена действующего реактора высокотемпературной конверсии оксида углерода на реактор синтеза метанола практически не повлияет на производительность установки по водороду в целом. А главное снизятся экологические риски, возникающие при его транспортировке и перегрузке.

Данная работа показала, что при возможном внедрении предложенной технологии полученного количества производимого метанола будет достаточно для нужд установки. Излишки можно будет отправлять сторонним потребителям, например, на предприятия по подготовке и переработке природного и попутного нефтяного газа ХМАО и ЯНАО, где метанол широко используется в качестве ингибитора гидратообразования. Таким образом, завод будет независим от поставок метанола из отдаленных районов России.

Научный руководитель: Савченков А.Л., канд. техн. наук, доцент.

**Эксплуатация блока осушки попутного нефтяного газа на примере  
установки № 4 общества с ограниченной ответственностью  
«Нижневартовский газоперерабатывающий комплекс»**

*Михайлова С.В., Закиров Э.А., Погребная И.А*

*Тюменский индустриальный университет, г Тюмень*

В данной статье рассмотрена эксплуатация блока осушки попутного нефтяного газа. Выявлены условия работы блока осушка попутного нефтяного газа. Предложены мероприятия по повышению эффективности процесса осушки попутного нефтяного газа (ПНГ) – смеси различных газообразных [углеводородов](#), растворенных в нефти.

Блок осушки ПНГ состоит из 6 адсорберов, воздушного холодильника, печи, сепаратора, фильтра. Сырьем для блока служит попутный нефтяной газ, поступающий в блок из сепаратора рисунок 1. Газ из сепаратора под давлением (5,0-5,8) МПа [(50,0-58,0) кгс/см<sup>2</sup>] при температуре не выше 40<sup>0</sup>С подается в адсорберы для осушки и очистки. Поток газа регулируется с помощью переключающих клапанов на адсорберах, приводимых в действие автоматизированной системой управления. Часть потока из линии осушенного газа отводится в качестве охлаждающего газа, который после нагрева регенерированного адсорбера подается к нагревателю газа регенерации.

Газ регенерации выходит через верхнюю часть адсорберов и затем поступает в холодильник газа регенерации. Контроль температуры в трех зонах каждого адсорбера контролируется датчиками температуры.

Для регенерации слоя цеолитов в адсорберах используется часть осушенного газа, который проходит сначала через адсорбер, находящийся в стадии охлаждения, затем через трубчатый нагреватель, где его температура повышается до (215-315)<sup>0</sup>С.

В связи с тем, что температура газа регенерации на входе в печь изменяется каждый час от 288<sup>0</sup>С до 40<sup>0</sup>С, предусмотрена система управления расходом топлива при помощи программного регулятора.

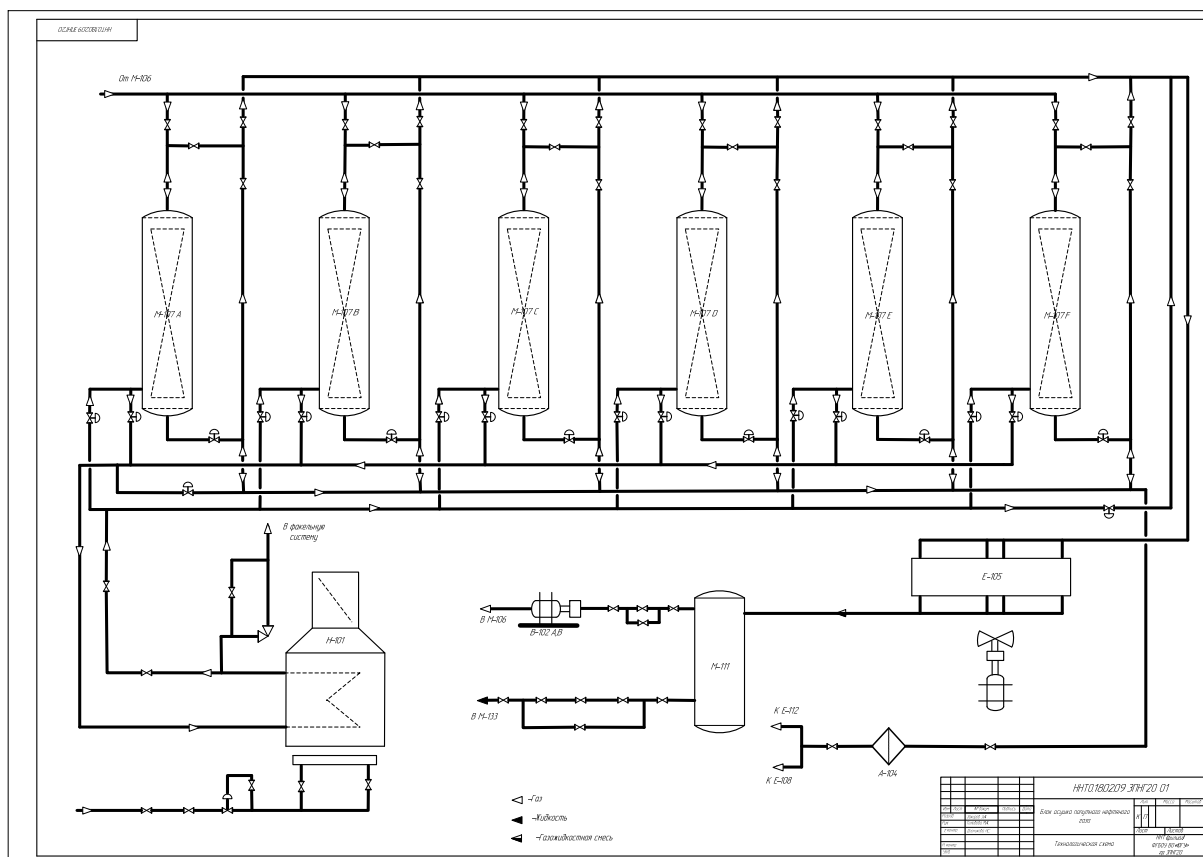


Рисунок 1. Схема осушки попутного газа

Значение температуры газа регенерации на входе контролируется при помощи датчика температуры. При падении расхода через печь до 12000 м<sup>3</sup>/час включается звуковая сигнализация, при дальнейшем понижении расхода через печь до 10000 м<sup>3</sup>/час, включается звуковая сигнализация, и производится аварийная остановка печи.

Температура на выходе из печи в пределах (215-315)<sup>0</sup>С измеряется при помощи датчика и передается к программному регулятору. Регулирование температуры на выходе из печи осуществляется регулированием расхода топливного газа. Контролируется расход датчиком температуры и клапаном расхода. При повышении температуры газа регенерации на выходе из печи до 340<sup>0</sup>С включается также звуковая сигнализация.

Давление топливного газа к рабочим горелкам необходимо поддерживать в пределах (0,0065-0,14) МПа [(0,065-1,4) кгс/см<sup>2</sup>]. При повышении давления до 0,15 МПа (1,5 кгс/см<sup>2</sup>) срабатывает включается звуковая сигнализация, при дальнейшем повышении давления до 0,16 МПа (1,6 кгс/см<sup>2</sup>) включается звуковая сигнализация и происходит аварийная остановка печи. При понижении давления до 0,0065 МПа (0,065 кгс/см<sup>2</sup>) включается звуковая сигнализация с выводом аварийного сообщения в заголовке любой видеограммы на компьютере оператора и в листе аварийных сообщений. При дальнейшем понижении давления до 0,0035 МПа (0,035 кгс/см<sup>2</sup>) включается звуковая сигнализация, и происходит аварийная остановка печи.

При аварийной остановке печи автоматически закрываются клапаны, расположенные на линии топливного газа, если же остановка произошла из-за превышения температуры в дымовой трубе более 500<sup>0</sup>С, то дополнительно закрывается клапан на входе газа регенерации в печь.

Возврат газа регенерации в систему. Газ регенерации, выходящий из адсорберов с температурой до 288<sup>0</sup>С, подается в холодильник газа регенерации. Для контроля температуры на входе холодильника установлен датчик температуры. Температура газа регенерации на выходе контролируется датчиком температуры и поддерживается не выше 40<sup>0</sup>С при помощи изменения угла атаки лопастей одного из вентиляторов

При повышении температуры на выходе до 50<sup>0</sup>С включается звуковая сигнализация с выводом аварийного сообщения в заголовке видеограммы и в листе аварийных сообщений.

Газожидкостная смесь из холодильника газа регенерации поступает в сепаратор газа регенерации, где отделяется жидкая фаза от газовой.

Уровень жидкой фазы в контролируется датчиком уровня и поддерживается в пределах (40÷70)%. Уровень жидкости в сепараторе поддерживается клапаном, установленным на линии вывода жидкости

При повышении уровня жидкости до 80% шкалы прибора, давление в пределах (4,5÷5,7) МПа [(45,0÷57,0) кгс/см<sup>2</sup>] контролируется датчиком давления и поддерживается при помощи заслонки, установленной на линии сброса газовой фазы на факел. Газ регенерации через фильтры поступает на газодувку. Для контроля расхода газа через газодувку на её выходе

стоит расходомер. При понижении потока газа через газодувку до 33000 нм<sup>3</sup>/час срабатывает противопомпажная защита газодувки.

При повышении температуры газа на выходе до 80<sup>0</sup>С включается звуковая сигнализация, и производится аварийная остановка газодувки. Во время любой остановки газодувки резервная запускается вручную оператором.

При остановке газодувки программный регулятор дает сигнал на открытие клапана, и газ регенерации сбрасывается в факельный коллектор

Мероприятия по повышению эффективности процесса осушки попутного нефтяного газа связано с тем, что при запуске блока в адсорберах может образоваться пустота, через которую будет проходить большая часть газа, из за чего уменьшится эффективность процесса осушки. Мы предлагаем разделить слои цеолита сеткой диаметром 2.6м с решетчатым сечением 15мм, что уменьшит вероятность возникновения локальных зон, а также уменьшит затраты на вспомогательные материалы, изготовленные из коррозионно-стойкой стали 08Х22Н6Т.

#### Библиографический список

1. И.А. Погребная. Проблема кавитации в нефтегазопромысловом оборудовании. //Опыт, актуальные проблемы и перспективы развития нефтегазопромыслового комплекса: сборник материалов 5 региональной научно-практической конференции обучающихся ВО, аспирантов и ученых. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. – С. 368-372.
2. Регламент технологической установки №4 (ТУ-4) –204с.
3. А.М. Чуракаев - Низкотемпературная ректификация нефтяного газа. «Недра», 1989. – 150 с.
4. [http://www.gas-dewatering.ru/standart\\_plant\\_absorption.php](http://www.gas-dewatering.ru/standart_plant_absorption.php)
5. <http://www.ngpedia.ru/id504849p1.html>
6. <http://Neftegaz.ru/science/view/1184-Blok-podgotovki-poputnogo-n>

Научный руководитель: Погребная И.А. кандидат педагогических наук, доцент.

#### **Актуализация методики «холодного стержня» для исследования парафиновых отложений**

*Мякишев Е.С., Мозырев А.Г.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень.*

Проблема парафинизации промышленного оборудования была и остается актуальной со времени зарождения нефтяной отрасли и по настоящий

момент. Для решения этой проблемы применяются самые различные технические и технологические решения: от традиционных тепловых обработок и механического удаления парафиновых отложений (ПО) до применения методов воздействия магнитных полей и использования различных ингибирующих и депрессорных присадок. Последний метод является, как правило, одним из наиболее оптимальных и широко распространенных и получает дальнейшее развитие в последние годы. Пример одного из таких направлений развития - ввод ингибирующих присадок непосредственно в нефтенасыщенный пласт [1]. В связи с этим остается крайне актуальной проблема выбора методики подбора и оценки эффективности присадок различного действия для борьбы с ПО.

На данный момент, методика подбора присадок включается в себя две основные части: оценка влияния ДП на физико-химические свойства (температура помутнения, температура застывания) и непосредственно гидродинамическое моделирование. Основная проблема моделирования состоит в том, что данный метод исследования требует достаточно сложных и дорогостоящих установок.

Одна из методик, позволяющих быстро и эффективно оценить эффективность действия ингибиторов парафиноотложений в условно гидродинамических условиях – является метод «холодного стержня», разработанный в Тюменском Нефтегазовом университете [2]. Авторы данной статьи провели исследования по подбору оптимального температурного режима работы установки, при котором выход парафиновых отложений является максимальным.

Для оценки влияния температурного градиента на интенсивность выхода парафиновых отложений использовались модельная смесь. В качестве модели жидких углеводородов был выбран н-гексан, т.к. последний имеет температуру кипения  $t_{\text{кип}} = 68,7^{\circ}\text{C}$ . Данная температура соответствует средней температуры от устья до забоя для большинства скважин Западной Сибири. В качестве модели твердых парафиновых углеводородов использовался «церезин-80». Загрузка последнего составляла от 10 до 30% масс. Выбор церезина обусловлен тем, что в его состав преимущественно входят высокомолекулярные углеводороды, которые составляют основу отложений парафинов [3]. Основные свойства н-гексана и церезина представлены в Таблице 1. Разница температур между стержнем и баней варьировалась от 70 до 100 $^{\circ}\text{C}$  за счет изменения температуры бани. Следует отметить что за счет изменения температуры бани, менялась не только температура в рабочей колбе, но и менялся гидродинамический режим: от стационарного при 90 $^{\circ}\text{C}$  до стадии активного перемешивания при 120 $^{\circ}\text{C}$ . Стержень термостатировался при температуре 20 $^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность эксперимента составляла 60 мин.

## Свойства используемых реагентов

Продукт	Свойства
н-Гексан	Плотность при 20°C – 655кг/м <sup>3</sup> . Температура плавления – 95,3°C. Показатель преломления при 20°C – 1,3722. Температура кипения – 68,7°C.
«Церезин-80»	Смесь предельных углеводородов, состоящая в основном из слабо-разветвленных изоалканов, алканов нормального строения, нафтен-ов с длинной боковой цепью. Плотность при 20°C – 853,1кг/м <sup>3</sup> . Молекулярная масса- 812 г/моль. Температура каплепадения используемого образца – 79-80°C.

После окончания опыта холодный стержень извлекали из рабочей колбы и путем нагрева сплавляли получившийся осадок. Количество осадка оценивалось весовым методом. Полученные результаты представлены на рисунке 1.

По результат экспериментов максимальный выход осадка был зафиксирован при температуре бани 110°C и составлял более 10% при массовом содержании в модельной смеси церезина - 30%.

Помимо количественной оценки отложений была произведенная качественная оценка путем определения температуры каплепадения. Результаты представлены в таблице 2. Из данных результатов можно сделать однозначный вывод: тенденцию к осаждению наиболее высокомолекулярные компоненты церезина, что соответствует температурам каплепадения осадка, полученного на стержне, которая находится в диапазоне 86-87°C. В то время как температура каплепадения церезина, оставшегося после выпаривания гексана практически соответствует начальной и составляет 78-80°C.

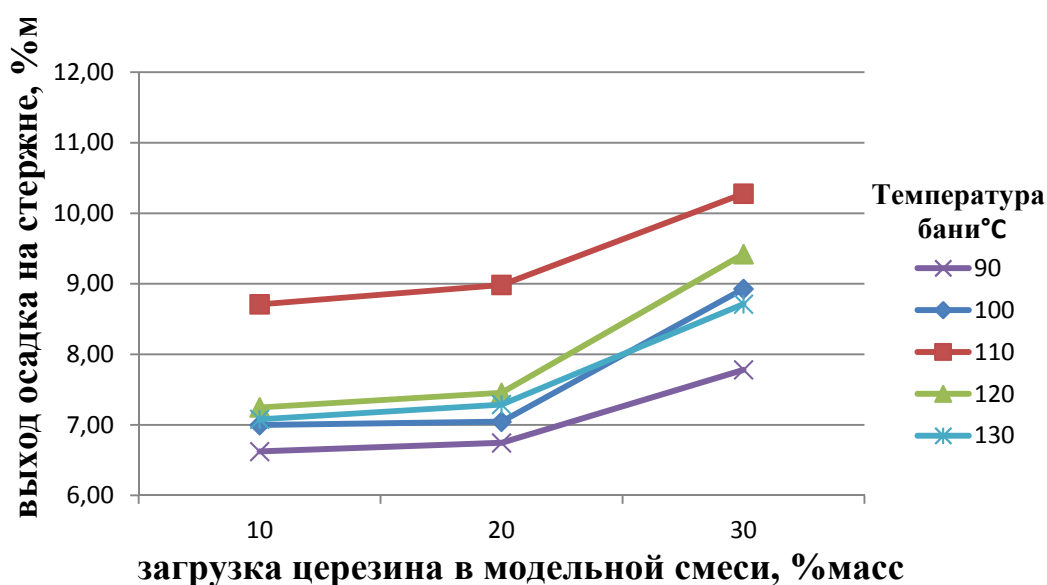


Рисунок 1. Влияние содержания церезина в модельной смеси на выход осадка при различных температурных градиентах



## Температура каплепадения

Температура бани, °С	Температура каплепадения, °С	
	осадка на стержне	остатка
90	87	78
100	86	78
110	85	78
120	86	79
130	86	78
140	86	79

Таким образом, в ходе работы были подобраны условия, моделирующие максимально жесткие условия для образования парафиновых отложений, позволяющие получить наибольшее количество осадка и соответственно более качественно оценивать действия ингибиторов при добавлении их в систему. Качественный анализ полученного осадка выявил очевидную тенденцию к осаждению высокомолекулярной составляющей используемой модели твердых углеводородов.

## Библиографический список

1. V. Wornstaff., Solid paraffin inhibitors pumped in hydraulic fractures increase oil recovery in Viking wells, SPE paper 168147 presented at SPE international semposium and exhibition on formation damage, USA, Lousiana, 26-28 February 2014.
2. Агаев С.Г., Березина З.Н., Халин А.Н.. Ингибирование процесса парафинизации скважин и нефтепроводов// Нефтепромысловое дело. – 1996. - №5. – С. 16-17
3. Агаев С.Г., Землянский Е.О., Гребнев А.Н., Гульятев С.В., Яковлев Н.С.// ЖПХ. – 2006. – Т.79, №8. – С.1373-1378
4. 26. Хайрулина Э.Р. Опыт и перспективы ингибиторной защиты нефтепромыслового оборудования // Нефтепромысловое дело. № 5. 2004. С. 23-26
5. Персиянцев М.Н. Добыча нефти в осложненных условиях. - М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 2000. - 653 с.: ил.

**Современное состояние теории механизма действия депрессоров**

*Новикова Т.О.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Одними из важнейших характеристик дизельных топлив определяющих их качество, являются предельная температура фильтруемости и

температура застывания. Снижения этих температур добиваются введением в товарный продукт от 300 до 1000 млн<sup>-1</sup> депрессорно-диспергирующих присадок.

В настоящее время известные депрессорные присадки к дизельным топливам можно классифицировать по химической природе [1]:

- полиметакрилатные присадки;
- продукты полиолефинового типа (сополимеры этилен-пропилен, этилен-пропилен-диен и продукты их деструкции, сополимеры  $\alpha$ -олефинов, модифицированные полиолефины);
- сополимеры этилена с полярными мономерами (сополимер этилен-винилацетат и его композиции, тройные сополимеры на основе этилена и винилацетата, сополимеры этилена с другими полярными мономерами);
- химические вещества неполимерного типа (алкилнафталины, эфиры многоатомных кислот и спиртов; амиды, содержащие длинные алкилы).

Работа посвящена рассмотрению механизма действия депрессорных присадок. Главное назначение депрессорных присадок - блокировка роста  $n$ -алканов, входящих в состав дизельных топлив. При изучении воздействия депрессоров на структуру кристаллов  $n$ -алканов возникают два вопроса: меняется ли кристаллографическая ячейка  $n$ -алканов при воздействии депрессоров и как влияют последние на морфологию кристаллов  $n$ -алканов. Очевидно, что наиболее эффективной можно такую депрессорную присадку, которая блокировала бы рост наиболее быстрорастущей грани кристалла.

В кристалле молекулы  $n$ -алканов имеют структуру зигзагообразных цепочек углеродного скелета, расположенных параллельно. В зависимости от числа атомов углерода в молекуле и температуры кристаллизации индивидуальные  $n$ -алканы, относящиеся к полиморфным соединениям, кристаллизуются в основном в четырех формах: гексагональной, орторомбической, моноклинной и триклинной.

Существует предположение, что механизм действия депрессорных присадок определяется их способностью адсорбироваться (оседать) на возникающих из раствора кристаллах парафина и препятствовать образованию плотной кристаллической решетки. Вследствие этого, дальнейший рост кристаллов парафина затрудняется, уменьшается их способность к агрегации (соединению, слипанию) и образованию отложений (то, что мы видим, как помутневшее дизельное топливо). Депрессорные присадки вступают в соединение с молекулами  $n$ -парафинов, тем самым останавливая рост кристаллической решетки в месте кристаллизации, что позволяет получить топливо гораздо более устойчивое к морозам.

Существует гипотеза [2], объясняющая механизм действия депрессорной присадки на основе полиметакрилатов - поворотная изометрия молекул депрессора и молекул парафина оправдывает способность снижать

температуру застывания парафинсодержащих топлив и масел, присущую депрессорным присадкам. Различная эффективность депрессоров в зависимости от природы дисперсионной среды, длины алкильных радикалов у молекул этих ПАВ и неэффективность депрессоров по отношению к твердым углеводородам изостроения влечет за собой конформационное состояние молекул парафинсодержащих систем.

Согласно представлениям П.А. Ребиндера и П.И. Санина [3] предшествующим теории совместных кристаллов, взаимодействие молекул ПАВ и n-парафиновых углеводородов состоит в образовании ассоциированных комплексов. Стоит отметить, при наличии у присадок алифатических радикалов нормального строения происходит максимальное взаимодействие. Исходя из выше сказанного можно сделать вывод, что возникновение ассоциированных комплексов препятствует образованию и дальнейшему развитию зародышей кристаллов парафинов.

Существуют следующие варианты взаимодействия депрессорных присадок и парафиновых углеводородов [3]:

- присадка выделяется из раствора при температуре несколько более высокой, чем температура помутнения дизельного топлива;
- присадка выделяется из раствора при температуре помутнения дизельного топлива;
- присадка выделяется из раствора при более низкой температуре, чем температура помутнения дизельного топлива, и адсорбируется на поверхности кристаллов парафина.

Иными словами, вопрос о механизме действия депрессорных присадок остается открытым. Существует несколько теорий описывающих этот механизм. Но так как экспериментальные доказательства сокристаллизации молекул присадок и парафиновых углеводородов практически отсутствуют, а корректных экспериментальных доказательств адсорбции депрессорных присадок на кристаллах твердых углеводородах недостаточно, все они остаются гипотезами.

#### Библиографический список

1. Мухторов, Н.Ш. О механизме действия депрессорных присадок к дизельным топливам [Текст] / Н.Ш. Мухторов, С.А. Карпов, Ю.В. Горячев // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2014. – № 1. – С. 31-35.

2. Тертерян, Р.А. Депрессорные присадки к нефтям, топливам и маслам [Текст] / Р.А. Тертерян. – Москва : Химия, 1990. – 240 с.

3. Агаев, С.Г. Улучшение низкотемпературных свойств дизельных топлив : монография [Текст] / С.Г. Агаев, А.М. Глазунов, С.В. Гульятеев, Н.С. Яковлев. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2009. – 145 с.

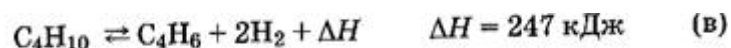
Научный руководитель: Яковлев Н.С., канд. техн. наук, доцент.

## Возможность увеличения мощности установки дегидрирования бутана одностадийного

Окишоров Р.А., Скворцова Е.Н.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Процесс дегидрирования н-бутана до дивинила, протекающий в одну стадию описывается уравнением:



При этом протекают несколько следующих друг за другом реакций: реакция дегидрирования н-бутана до н-бутиленов и н-бутиленов до дивинила. Н-бутилены не выводятся из области реакции, а в реакторе создается система «н-бутан — н-бутилены — дивинил — водород». От условий протекания реакции (температуры и давления) зависит равновесный состав системы [1].

Процесс дегидрирования н-бутана проходит по регенеративному принципу. Затраты тепла на проведение эндотермической реакции дегидрирования в адиабатическом режиме возмещаются за счет тепла, выделяющегося на стадии регенерации катализатора. Необходимое тепло образуется при выжигании кокса с катализатора. При регенерации катализатор нагревается и в дальнейшем используется как теплоноситель. К катализатору добавляется инертный теплоноситель в отношении 1 : 3. В качестве инертного теплоносителя применяют гранулы оксида алюминия, предварительно обожженные. Это приводит к повышению способности катализатора аккумулировать тепло.

К катализаторам дегидрирования предъявляют повышенные требования. Причиной этого являются протекающие окислительно-восстановительные циклы дегидрирования, а так же жесткие условия регенерации катализатора.

В процессе дегидрирования используется хромоалюминиевый катализатор промотированный оксидом калия или магния, работающий при температуре около 600 - 650°C. Такой катализатор ускоряет обе реакции дегидрирования. Он прочный и устойчивый в эксплуатации, а так же хорошо регенерируется. Но такой катализатор отравляется парами воды, поэтому процесс проводят в вакууме для понижения парциального давления углеводородного сырья [1].

Преимуществами процесса дегидрирования н-бутана до дивинила являются:

- осязаемое уменьшение расхода водяного пара;
- простота конструкции реактора;
- отсутствие сложного теплообменного оборудования;
- исключение второй стадии дегидрирования;
- не требуется разделения бутан-бутиленовой фракции.

В результате процесса получают невысокие выходы дивинила всего 12—14%, а степень конверсии н-бутана составляет 0,2. Все это компенсируется меньшими капитальными затратами и энергоемкостью производства. По сравнению с двухстадийным методом себестоимость дивинила более низкая [2].

Потребность в дивиниле постоянно растет. Дивинил является основным мономером, который применяют в современном промышленном производстве синтетических каучуков. Продукты, полученные на его основе, все чаще применяются в повседневной жизни и спрос на них все возрастает.

Чтобы как можно больше увеличить объемы производства бутадиена нужно повысить мощность установки до максимальной, с учетом возможностей имеющегося оборудования.

#### Библиографический список

1. Кнунянц, И.Л. Краткая химическая энциклопедия/ И.Л. Кнунянц. - Москва: РиполКлассик, 2013. – 561с.
2. Лебедев, Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза: учебник для ВУЗов. 4-е издание, перераб. и доп./Н.Н. Лебедев. – Москва: Химия, 1988. – 593с.

Научный руководитель: Скворцова Е.Н., канд. техн. наук, доцент.

### **Производство метилтретбутилового эфира для улучшения качества автомобильных бензинов**

*Патока А.Г., Глазунов А.М.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Метилтретбутиловый эфир - химическое вещество, являющееся по природе простым эфиром. Компонент моторного топлива, повышающий октановое число и детонационную стойкость бензина в камере сгорания [1].

Проблемы, связанные с загрязнением воздуха выхлопными газами, как никогда актуальны в настоящее время, что потребовало весомых изменений в технологии производства моторных топлив.

Для достижения поставленных целей необходимо ввести в состав бензинов высокооктановые кислородсодержащие добавки, которые обеспечат прирост октанового индекса бензинов, а также снизят содержание в выхлопных газах окись углерода и углеводородов.

Одним из наиболее эффективных веществ является метилтретбутиловый эфир. Известно, что все низшие кислородсодержащие соединения имеют высокое октановое число – до 100 ИОЧ (по исследовательскому ме-

тоду), а у МТБЭ октановое число смешения доходит до 135 ИОЧ, в зависимости от углеводородного состава бензина.

Метилтретбутиловый эфир имеет равную топливную характеристику с бензином, наличие кислорода в нем существенно улучшает процесс сгорания топлива в цилиндрах, при этом снижая содержание в выхлопных газах продуктов неполного сгорания.

Известны два основных направления синтеза МТБЭ и его аналогов. Они различаются использованием гомогенных и гетерогенных катализаторов. В качестве гомогенных катализаторов предложены минеральные кислоты, органические сульфокислоты, гетерополикислоты и катализаторы Фриделя-Крафтса [2].

Общими недостатками являются: коррозионная агрессивность и сложность отделения от продуктов реакции и в большинстве случаев невысокая селективность процесса. Поэтому широкое распространение получил синтез на гетерогенном катализаторе.

В качестве катализатора применяют оксидные катализаторы как кислото-, так и основного характера, органомолибденовые соединения ионно-обменные смолы и синтетические цеолиты, активность которых повышается с увеличением их кислотности. Последние требуют проведения процесса при более высоких температурах и более низких объёмных скоростях подачи сырья и периодической регенерации прокаливанием.

МТБЭ получают в одну стадию, присоединяя этиловый спирт к изобутилену, при этом требуется температура не ниже 75<sup>0</sup>С и давление ниже 1,2 МПа. Вторым сырьевым источником является изобутилен, получают различными методами, обычно используя в качестве сырья фракцию С<sub>4</sub> пиролиза прямогонного бензина, содержащую 50% изобутена, и фракцию С<sub>4</sub> каталитического крекинга, отличающуюся от первой более низким содержанием изобутилена. Но ресурсы этого сырья ограничены [3].

Производственные мощности ООО «СИБУР-Тобольск» включают в себя центральную газофракционирующую установку, производство мономеров для выработки синтетических каучуков - бутадиена и изобутилена, а также производство метилтретбутилового эфира. Изобутилен также используется для выработки метилтретбутилового эфира. Цех БК-3 входит в состав производства изобутилена и МТБЭ, предназначен для компримирования контактного газа и выделения из контактного газа изобутан-изобутиленовой фракции, поступающей далее в цех выделения изобутилена БК-4, на отделение МТБ-1 цеха БК-3 для производства МТБЭ.

Таким образом, установки МТБЭ являются главным источником для получения высокооктановой добавки к топливам, отвечающим современным экологическим требованиям. На сегодняшний день метилтретбутиловый эфир остаётся наиболее распространённым оксигенатом в мире, так как более экономичен.

### Библиографический список

1. Данилов А.М. Присадки и добавки. - М.: Химия, 1996. - 232 с.
2. Бойко Ю. А., Баклашов К. В., Производство экологически чистой высокооктановой добавки к бензину. ХТТМ, 2002, №3, с. 15-17.
3. Трофимов В.А. «Производство метил-трет-алкиловых эфиров». Химия и технология топлив и масел. - М.: 1994, №6. - с.8

Научный руководитель: Глазунов А.М., к.т.н., доцент.

### **Использование реагентов-деэмульгаторов при разрушении водонефтяной эмульсии на этапе подготовки нефти.**

*Перунова Д.Ф., Трушкова Л.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Добываемая из скважины «сырая» нефть перед подачей на переработку в обязательном порядке должна подвергаться подготовке. Промысловая подготовка нефти нужна для того, чтобы обеспечить должное качество энергоресурса, перед тем как его отправят на промышленные предприятия. Также эта процедура снижает до минимума наличие в сырье вредных веществ, что гарантирует длительный срок эксплуатации нефтепроводов. Суть ее заключается в обезвоживании и обессоливании продукта.

Некачественная подготовка сырья может привести к немалым лишним затратам. Речь идет о дороговизне транспортировки, если продукт не очистили от ненужных веществ, придающих ему лишней объем и вес. А также о финансовых вложениях в оборудование. Ведь нефть, из которой не выведены соли, может очень быстро повредить трубопровод образованием коррозии. И тогда потребуются его замена.

Подготовка нефти к переработке заключается в обезвоживании (до 0,1% содержания воды) и обессоливании (содержание солей до 3-4 мг/л) для уменьшения коррозии технологического оборудования и повышения качества нефтепродуктов.

Основные процессы промысловой подготовки нефти:

- 1) обессоливание;
- 2) обезвоживание;
- 3) дегазация;
- 4) удаление твердых частиц или стабилизация.

Для начала продукция нефтяных скважин подвергается процессу сепарации (отделение газа от нефти). Такой процесс еще носит название «дегазация» и выполняется посредством применения специальных агрегатов-сепараторов. Они могут быть как вертикальными, так и горизонтальными.

Обезвоживание и обессоливание являются взаимосвязанными процессами. Это связано с тем, что главная масса элементов сосредотачивается в пластовой воде. Соответственно ее удаление способствует и обессоливанию.

Для осуществления этих двух процессов можно использовать различные методы. Такое многообразие способов в первую очередь обусловлено различием факторов образования устойчивых нефтяных эмульсий. Так, некоторое сырье легко отстаивается, а другой вид энергоресурса совершенно не имеет такой способности. Некоторые могут разлагаться только химическими методами, а некоторые подвергаются электрогидратации.

Существуют следующие методы обезвоживания и обессоливания:

- 1) механический метод;
- 2) термический метод;
- 3) физико-химический метод;
- 4) электрический метод.

Можно отметить, что на промыслах, как правило, применяют несколько методов в совокупности.

Вода и нефть взаимно нерастворимы (лиофобны) и при интенсивном перемешивании образуют водонефтяную дисперсную смесь (водонефтяную эмульсию). Образуется такая эмульсия за счет турбулизации водонефтяной смеси при движении ее по стволу скважины, через задвижки и штуцеры и по трубопроводам от скважины до узла подготовки нефти.

Глобулы воды (дисперсная фаза) окружены адсорбированной на поверхности глобул сольватной оболочкой – концентратом высокомолекулярных полярных веществ нефти (смолисто-асфальтеновых веществ). Наличие этого сольватного слоя создает защитную «скорлупу» вокруг каждой глобулы воды, препятствующую слиянию (коалесценции) глобул даже при самопроизвольном столкновении.

Водонефтяные эмульсии делятся на два вида:

- 1) Прямая эмульсия (нефть в воде). Капли нефти (дисперсная фаза) равномерно размещены в воде (дисперсионная среда).
- 2) Обратная эмульсия (вода в нефти). Капли воды (дисперсная фаза) равномерно размещены в воде (дисперсионная среда).

В нефти и пластовой воде, добываемых из скважины, содержатся вещества в растворенном состоянии, которые способствуют образованию нефтяных эмульсий. Вещества, содержащиеся в нефти (асфальтены, нафтены, смолы, парафины) и в пластовой воде (соли, кислоты) называются природными эмульгаторами (естественными поверхностно-активными веществами). Характерной особенностью строения молекул природных эмульгаторов является их дифильность (строение молекул состоящих из двух частей – полярной и неполярной). Таким образом, образование эмульсии (прямой или обратной) зависит от того, каких групп (полярных или неполярных) находится больше в природных поверхностно-активных веществах.



Одним из методов разрушения водонефтяной эмульсии на этапе подготовки нефти является термохимический метод. Суть его заключается в вводе в систему деэмульгатора (химического вещества), разрушающего защитную сольватную оболочку вокруг глобул воды, с осаждением коалесцированных капель воды в нагретой нефти. Деэмульгаторы предназначены для разрушения водонефтяных эмульсий. Такие реагенты являются неионогенными поверхностно-активными веществами и представляют собой в основном блок-сополимеры окисей этилена. Содержание поверхностно-активных веществ в товарном продукте составляет 50-80%. Данный метод позволяет существенно увеличить скорость осаждения капель за счет снижения плотности и вязкости нефти и ускорения укрупнения капель воды. Термохимический метод используют на промыслах как метод обезвоживания нефти с большой глубиной обессоливания.

В настоящее время перед нефтяной промышленностью остро встает проблема высоких затрат на приобретение реагентов, способствующих разрушению водонефтяной эмульсии. В качестве решения данной проблемы подбирают такие деэмульгаторы, которые при оптимальном расходе обеспечивают достаточную глубину обезвоживания нефти (не более 0,5% для товарной нефти по ГОСТ Р 51 858 -2002).

Большое распространение на нефтегазодобывающих предприятиях за последнее время получили деэмульгаторы «Диссолван V-4761» и «Сондем-4401», которые обладают более высокими деэмульгирующими и защитными свойствами при оптимальном расходе.

Сравнительная характеристика деэмульгаторов «Диссолван V-4761» и «Сондем-4401» приведена в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика реагентов

Наименование реагента	Номер и наименование государственного стандарта	Показатели качества	Нормы по ГОСТ
Реагент Диссолван V-4761	ГОСТ 2477-65	Плотность при температуре 20°C, кг/м <sup>3</sup>	940
	ГОСТ 20287-74	Температура застывания, °C	-58
	ГОСТ 6356-75	Температура вспышки, °C	11
	ГОСТ 33-2000	Вязкость при температуре 20°C, МПа * с	62
		Содержание ПАВ, %	65

Реагент 4401	Сондем	ГОСТ 2477-65	Плотность при температуре 20°C, кг/м <sup>3</sup>	910-990
		ГОСТ 20287-74	Температура застывания, °C	-50
		ГОСТ 6356-75	Температура вспышки, °C	4 и более
		ГОСТ 33-2000	Вязкость при температуре 20°C, МПа * с	9,5-42,7
			Содержание ПАВ, %	50-65

#### Библиографический список

1. Савченков, А.Л. Химическая технология промышленной подготовки нефти [Текст]: учебное пособие / А.Л.Савченков. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011- 180с.
2. Афанасьев Е.С. Факторы стабилизации и эффективность разрушения водонефтяных эмульсий [Текст]: автореф.дис...канд.техн.наук / Е.С. Афанасьев. – Астрахань, 2013. -25с.
3. Мирошниченко, Е.В. Применение малорастворимых деэмульгаторов в виде нефтяных растворов [Текст]. – РНТС. Сер. «Нефтепромышленное дело». №4. – с.38-39.
4. Технология первичной переработки нефти и природного газа: Учебное пособие для вузов. 2-е изд. М.: Химия, 2001. 568 с

Научный руководитель Трушкова Л.В., доцент, к.х.н.

#### **К вопросам разработки и подбора депрессорных присадок для нефтей и нефтепродуктов.**

*Петрова Е.А., Мозырев А.Г.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Одними из наиболее востребованных и экономически привлекательных в промышленной практике являются химические методы предупреждения образования АСПО. Среди этих методов самыми эффективными считаются ингибиторы парафиноотложений.

По механизму действия ингибиторов различают смачивающие агенты, депрессаторы и модификаторы.

Механизм действия депрессаторов заключается в адсорбции их молекул на кристаллах парафина, что затрудняет их способность к агрегации и накоплению, так же они снижают температуру застывания нефти.

Как правило, депрессорные присадки при комнатной температуре представляют собой твердые или высоковязкие вещества и вводятся в нефть в виде раствора, поэтому растворитель является важным компонентом пакета присадок. Исследование влияния природы растворителя на температуру застывания нефти показало, что депрессорная эффективность присадки практически не зависит от типа растворителя, так как после введения раствора присадки нефтерастворимый полимер сольватируется только нефтью.

Значительный интерес в области депрессорных присадок к нефтям и нефтепродуктам имеет разработка композиционных присадок, основу которых составляют два или более компонентов активного вещества. [1]

Известно, что в качестве депрессорных присадок к нефтям и нефтепродуктам применяют множество полимерных соединений.

Характерной особенностью смешанных присадок является с одной стороны, возможность использования эффекта синергизма, когда компоненты присадки взаимно усиливают депрессорные свойства друг друга, с другой стороны, их многофункциональность, когда один из компонентов, не уменьшая депрессорную эффективность другого, позволяет расширить функциональное действие присадки в целом. [2]

Применяемые в настоящее время депрессоры и ингибиторы парафиноотложения избирательного действия, отличаются сложной технологией производства, достаточно дороги, а для некоторых типов нефтей отсутствуют. Предлагаемые на сегодняшний день зарубежные синтетические присадки (R-140, GY-3, Данокс-501, ДМН-2005 и AP-174) имеют высокую стоимость. [3]

При подборе депрессоров к различным системам, содержащих парафины, следует учитывать все факторы, определяющие их эффективность, главным образом химический состав и строение молекул самой присадки, компонентный и углеводородный состав нефтей. Особое внимание следует обратить на содержание твердых парафиновых углеводородов в нефтяной системе и их температуру плавления. [4,5]

Целью данного исследования является подбор многофункциональных композиций – ингибиторов для предотвращения накопления парафиновых отложений и определение их эффективности. Основные задачи исследования: – исследование процесса образования парафиновых отложений из модельной системы с использованием ингибиторов и их композиций; – определение наиболее эффективных ингибиторов АСПО. Количественную оценку процесса образования твердой фазы проводили на установке для оценки эффективности ингибиторов парафиноотложений, разра-

ботанной на основе метода «холодного стержня». Установка состоит из охлаждаемого металлического стержня, помещенный в анализируемую пробу, температура которой составляет 100°C, температура стержня 20°C. Перемешивание среды испытания позволяло проведения испытания с учетом динамических условий накопления отложений парафина. Продолжительность опыта 60 минут. Количество твердых парафинов, осажденных на стержне, определяли гравиметрически. Данные исследования представлены в таблице:

№	%масс навески	Масса церезина	Объем церезина	Масса гексана	Объем гексана	Т ба-ни	Т стержня	Масса остатка	Масса осадка	%масс осадка
1	10	6	7,15	43	64	100	20	5,47	0,29	4,83
2	10	6	7,15	43	64	100	20	5,59	0,41	6,83
3	10	6	7,15	43	64	100	20	5,47	0,34	5,67
4	10	6	7,15	43	64	100	20	5,69	0,30	5,00
5	10	6	7,15	43	64	100	20	6,85	0,31	5,17
6	10	6	7,15	43	64	100	20	7,01	0,29	4,83
1	15	10	11,5	40	60	100	20	9,1	0,63	6,30
2	15	10	11,5	40	60	100	20	8,73	0,69	6,90
3	15	10	11,5	40	60	100	20	9,35	0,53	5,30
4	15	10	11,5	40	60	100	20	8,77	0,57	5,70
5	15	10	11,5	40	60	100	20	9,52	0,69	6,90

На следующем этапе мы поставили задачу подобрать эффективные реагенты для предотвращения образования парафиновых отложений. Используя для решения данной задачи набор многофункциональных ингибиторов АСПО и их композиций.

Таким образом, применяя модельную систему, можно определить композиции ингибиторов АСПО в различных соотношениях, которые проявляют максимальный ингибирующий эффект, а так же выявить эффективность данных композиций.

#### Библиографический список

1. Е. С. Махмотов, Депрессорные присадки для нефти, 2010
2. Г. А. Баймаханов, Ж. Курмангазы, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан, Классификация парафинистых нефтей, Техникалық ғылымдар 2016, №4.
3. Ю. В. Лоскутова, И. В. Прозорова, Н. В. Юдина, Институт химии нефти СО РАН, Улучшение структурно-реологических свойств высокопарафинистой нефти с помощью химических реагентов и вибрационной обработки, «Химия и технология топлив и масел», 2011, №5.

4. Шадрина П.Н., Фархутдинова Л.И., Волошин А.И., Ленченкова Л.Е., ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Обоснование применения депрессоров для смесей различных высоковязких нефтей при их совместной транспортировке, Нефтегазовое дело, 2015, т. 13, №

5. Данилин И.К., Рахимкулов А.Г., Коркушко Д.А., Сыркин А.М., Реагент комплексного действия на основе альдегидов и аминов для нефтедобычи, Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2 (часть 10) – С. 2099-2105.

Научный руководитель: Мозырев А.Г., кандидат технических наук, доцент.

### **Применение депрессорных присадок в дизельном топливе. Современное состояние депрессорных присадок**

*Потапова Д.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время для наиболее эффективного и экономически выгодного способа производства топлив, отвечающего всем требованиям по низкотемпературным свойствам, применяют депрессорные присадки. В последние годы значительное внимание стали уделять амидополиформальдегидным присадкам [1].

Сейчас разработка высокоэффективных депрессорно-диспергирующих присадок — весьма актуальная задача. Причём при подборе присадок следует учитывать, что их эффективность в большой степени зависит не только от их строения, но и от характеристик дизельного топлива (в частности, фракционного состава, содержания различных групп углеводородов и т.д.) [2]. Назначение депрессорных присадок - снижение температуры застывания и предельной температуры фильтруемости дизельных топлив [3]. Содержащиеся в топливе n-парафины при понижении температуры начинают мутнеть, помутнение топлива соответствует началу кристаллизации, при достижении определённых размеров и концентраций кристаллы образуют пространственную структуру, в результате этого процесса топливо теряет подвижность. Принцип действия депрессорных присадок заключается в следующем: они взаимодействуют с поверхностью зарождающихся кристаллов и препятствуют их росту и ассоциации [4].

Существует два мнения касательно механизма действия депрессоров. Одно предполагает адсорбцию депрессора на поверхности кристалла парафина, другое - сокристаллизацию парафина и депрессора. При адсорбции молекула депрессора сорбируется на поверхности кристалла полярной частью, неполярная обращена в среду и мешает сближению кристаллов парафина. При сокристаллизации - наоборот, молекула депрессора своей

неполярной частью встраивается в кристалл парафина, а полярные части, остающиеся снаружи, мешают новым молекулам парафина осесть на кристалле, обеспечивая его дальнейший рост. От принципа действия депрессорных присадок зависит приемистость топлив к депрессорам. Можно сделать вывод, что наибольшей восприимчивостью к депрессорам обладают дизельные топлива широкого фракционного состава. Также важно отметить, что присадки, действующие по адсорбционному механизму, эффективны в сравнительно небольших концентрациях по сравнению с присадками, сокращающимися с парафином. Важно отметить, что на эффективность присадок также влияет групповой углеводородный состав. По убыванию восприимчивости к депрессорам углеводородный ряд выглядит следующим образом: н-парафины > ароматические углеводороды > изопарафины и нафтены [2]

Важно отметить, что наличие н-парафинов резко ухудшают низкотемпературные свойства. Имеются оптимальные концентрации парафинов в топливе, при которых депрессоры наиболее эффективны [5].

В современном мире установилась тенденция к увеличению спроса и производства топлив марки Евро. Соответственно вырастает потребность в использовании депрессорных присадок.

Анализ публикаций позволяет сделать вывод о необходимости разработки пакета отечественных депрессорных присадок, которые будут соответствовать всем нормам. В настоящее время отечественные разработчики располагают необходимыми техническими решениями для выполнения этой работы.

#### Библиографический список

1. Мухторов Н.Ш., Карпов С.А., Капустин В.М. Эффективность депрессорных и диспергирующих присадок в зависимости от фракционного состава дизельных топлив // Нефтепереработка и нефтехимия, 2012, № 10, с. 46-48
2. Иванова, Л.В. Влияние группового углеводородного состава дизельных топлив на их эксплуатационные свойства / Л.В. Иванова, В.Н. Кошелев, Е.А. Буров // Нефтехимия. - 2014. - Т. 54. № 6. - С. 478. .
3. Агаев С.Г., Землянский Е.О., Гребнев А.Н., Гульятев С.В., Яковлев Н.С. // Журнал прикладной химии. Т. 79. № 8. 2006. С. 1373. Данилов А.М. Применение присадок в топливах-Справочник- СПб.: ХИМИЗДАТ, 2010..:
4. Данилов А.М. Применение присадок в топливах-Справочник-СПб.: ХИМИЗДАТ, 2010..:
5. Ганиева Т.Ф., Галиуллин Е.А., Улучшение низкотемпературных свойств дизельных топлив//Вестник Казанского технологического университета, 2015, №1 ,с209-210.

Научный руководитель: Яковлев Н.С., канд. техн. наук,, доцент

## **Исследование карбонизации изотропного нефтяного пека**

*Разноушкин А.Е., Разноушкина Ю.Е.*

*Филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Салават*

Оптически анизотропные (мезофазные) пеки являются одним из основных видов сырья для получения высокомодульных и высокопрочных углеродных волокон [1]. Для производства мезофазных пеков используют изотропные нефтяные пеки, полученные из тяжелых нефтяных остатков, таких как, асфальты пропановой деасфальтизации, тяжелые смолы пиролиза углеводородного сырья, дистиллятные крекинг-остатки [2].

В настоящей работе дано описание разработанной нами лабораторной установки и методики проведения на ней эксперимента по карбонизации относительно легкоплавких оптически изотропных нефтяных пеков до мезофазных пеков и коксов. Приведены и обсуждены результаты исследования карбонизации среднетемпературного пека, полученного из декант-ойла каталитического крекинга, при карбонизации которого получают мезофазные пеки с высокой плотностью, коксуемостью, ароматичностью, конденсированностью ароматических структур и при этом относительно низкой температурой размягчения [3].

Опыты на лабораторной установке, представленной на рисунке 1, проводили в две стадии. На первой стадии изотропный пек термообработывали при температурах 380, 400, 420 °С и атмосферном давлении с дутьем азота в слой расплава с целью химического и физико-химического концентрирования прекурсоров мезофазы в карбонизирующейся массе. Вторую стадию термообработки осуществляли под вакуумом с целью более глубокой отгонки низкомолекулярных компонентов и дальнейшего концентрирования компонентов, из которых образуется мезофаза, до пересыщения карбонизирующейся массы ими [4].

Материальный баланс процесса составляли по данным о массовых количествах загрузки исходного пека в реактор, образовавшегося в ходе процесса термообработки дистиллята, выделившихся газов и остаточного продукта по следующей схеме. В реактор загружали предварительно взвешенный изотропный пек (две трети от объема реактора). После завершения каждого цикла стадий термообработки под атмосферным давлением в токе азота и последующей термообработки под вакуумом реактор охлаждали, остаток карбонизации выгружали и взвешивали. Для анализов полученного образца пека отбирали его пробу необходимой массы. Выделяющийся в процессе термообработки дистиллят собирали в предварительно взвешенный приемник. Его выход определяли по привесу приемника за время опыта. Количество газообразных продуктов процесса и потерь принимали как разность масс навески исходного (сырьевого) пека, выделившегося дистиллята и остаточного (карбонизованного) пека.

По результатам расчета материального баланса сформировали зависимости выхода продуктов от времени термообработки, представленные на рисунке 2.

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать вывод о том, что выход дистиллята растет с увеличением продолжительности термообработки и температуры, при этом зависимость выхода термообработанного пека почти не меняется, что соответствует [4].

Также значительно меньший выход дистиллята при температуре 380 °С относительно 400 °С и 420 °С дает возможность утверждать о нецелесообразности карбонизации изотропного пека при 380 °С. Близкое расположение кривых выхода дистиллята при температурах 400 °С и 420 °С, а также, учитывая более высокие эксплуатационные затраты и риск коксования оборудования при увеличении температуры карбонизации, можно сделать выводы о выборе оптимальной температуры процесса в пользу 400 °С.

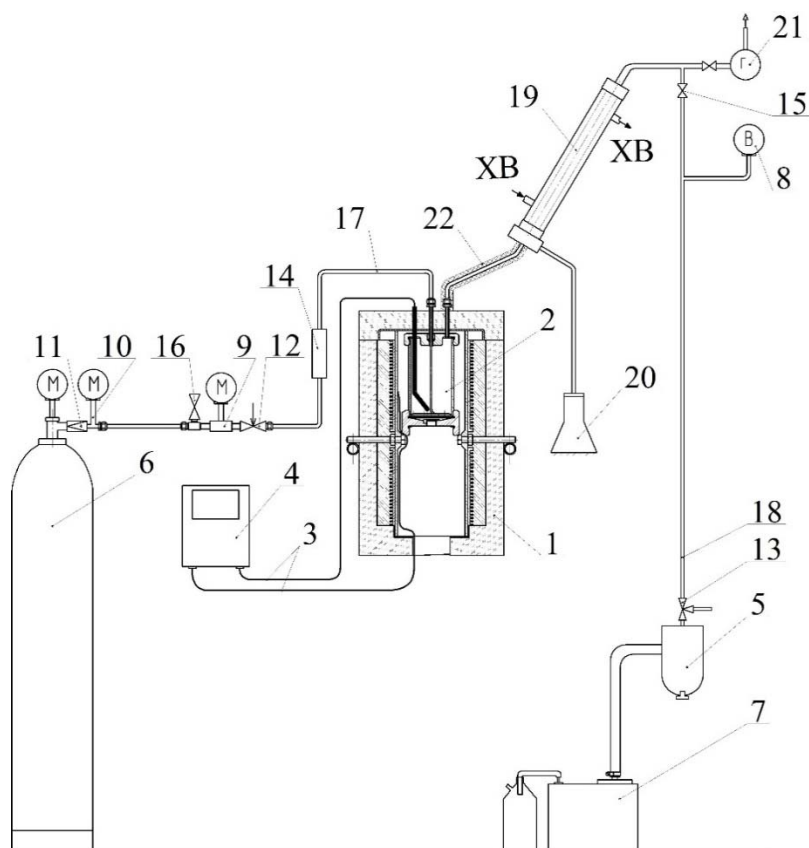


Рисунок 1. Схема лабораторной установки

1 – электрическая печь (2 кВт); 2 – реактор; 3 – термопара ХК (2шт.); 4 – измеритель-регулятор температуры; 5 – промежуточная емкость; 6 – баллон с азотом; 7 – вакуум насос; 8 – вакуумметр; 9 – манометр; 10 – манометр к баллону с азотом; 11 – редуктор давления; 12 – регулирующий вентиль подачи азота; 13 – регулирующий вентиль на линии вакуума; 14 – ротаметр; 15 – кран на линии вакуума; 16 – кран сброса давления на



линии азота; 17 – трубка медная; 18 – шланг резиновый вакуумный; 19 – холодильник; 20 – приемник; 21 – газометр; 22 – термоизоляция

На основании исследований по материальному балансу продуктов карбонизации при различных температурах и продолжительности процесса на представленной лабораторной установке в купе с данными по групповому составу, коксуемости, температуре размягчения, определенными по известным методам, а также после анализа оптической структуры полученных продуктов можно сделать основательные выводы об оптимальных параметрах процесса получения мезофазного пека с необходимой структурой и свойствами.

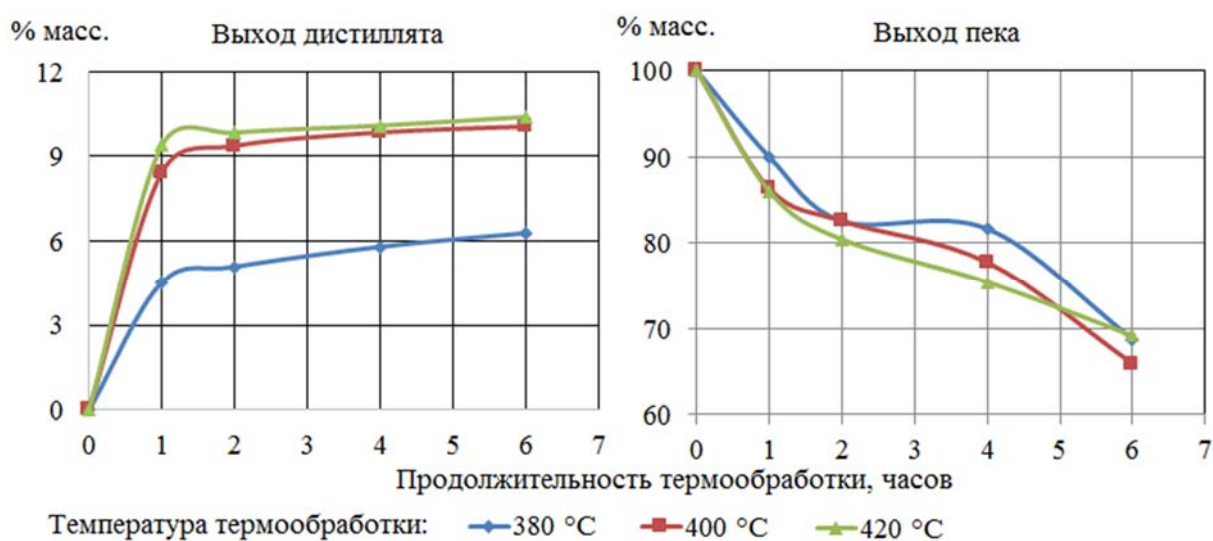


Рисунок 3. Графики зависимостей выхода дистиллята и пека от продолжительности термообработки

#### Библиографический список

1. Мухамедзянова А.А. Разработка технологии получения волокнообразующих пеков на основе нефтяного сырья: автореф. На соискание ученой степени доктора техн. наук.05.17.07 / Мухамедзянова Альфия Ахметовна. – Уфа, 2013. – 48 с.
2. Sang-Hee Park, Kap-Seung Yang, Soon-Young Soh Preparation of Partial Mesophase Pitch-based Carbon Fiber from FCC-DO / Sang-Hee Park // Carbon Science. – 2001. – 2 июня.
3. Мухамедзянова А.А., Гимаев Р.И., Хайбуллин А.А., Теляшев Э.Г. Получение нефтяного пека из остатков переработки нефти, // Химия и технология топлив и масел. – 2011. – №2. – С. 10 – 14.
4. Мухамедзянова А.А., Гимаев Р.Н., Хайбуллин А.А. Технология получения нефтяных волокнообразующих пеков: монография. — Уфа: Гилем, 2012. — 215 с.

Научный руководитель: Хайбуллин А.А., канд. техн. наук, доцент

## **Методы противокоррозионной защиты трубопроводов и оборудования на объектах подготовки нефти**

*Растатурова Д.С., Таранова Л.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Промысловая подготовка нефти предусматривает реализацию комплекса процессов для обеспечения требований к качеству товарной нефти для дальнейшей ее транспортировки и переработки. При этом предусмотрено разгазирование нефти для выделения из нее попутных нефтяных газов; сброс излишков пластовых вод, добываемых совместно с нефтью; осуществление процессов глубокого обезвоживания и обессоливания для удаления солей, присутствующих в составе пластовых вод.

Учитывая агрессивность сырой нефти и продуктов ее разделения, а также использование в процессах подготовки нефти различных химических реагентов, в качестве одного из основных негативных факторов можно выделить возможность коррозионного изнашивания оборудования установок по подготовке нефти и технологических трубопроводов.

В этой связи в настоящей работе представляло интерес выделить и изучить факторы, определяющие коррозионный износ оборудования и трубопроводов на объектах промышленной подготовки нефти; изучить виды коррозии и методы ее предотвращения.

Продукция скважин – сырая нефть представляет собой водонефтяную эмульсию с растворенными углеводородными газами и твердыми взвешенными частицами (частицы породы и т.п.) [1, 2]. При анализе состава сырой нефти и продуктов ее подготовки (товарная нефть, подтоварная вода, попутные нефтяные газы - ПНГ) выделены следующие агрессивные компоненты.

Для нефти наибольшую опасность представляет присутствие в ее составе серы и серосодержащих соединений, вызывающих коррозию металла. Поэтому следует принимать меры по защите элементов оборудования и трубопроводов при подготовке сернистых нефтей.

Присутствие воды в составе добываемой нефти обусловлено реализацией системы поддержания пластового давления (ППД) с закачкой в пласт пластовых вод водоносных горизонтов; при этом в процессе разработки месторождения растет доля вод в составе сырой нефти.

Агрессивность вод обусловлена присутствием в их составе солей различных типов и повышается с увеличением минерализации вод. Основными солеобразующими компонентами являются ионы натрия, калия, магния, хлора, сульфат-ионы, карбонат- и гидрокарбонат-ионы и др. Воды нефтяных месторождений относятся к минерализованным водам, характеризуются преимущественно хлоридно-натриевым составом и относятся в основном к хлоркальциевому или гидрокарбонатно-натриевому типам. К числу негативных факторов следует отнести также присутствие водорас-

творимых газов, в частности кислых газов (например, сероводород), образующих кислоты при взаимодействии с водой.

Присутствие солей в составе товарной нефти нормируется в соответствии с группой подготовки; для удаления солей из нефти на заключительной стадии ее подготовки предусматривают промывку пресной водой.

В составе попутных нефтяных газов присутствуют частицы воды и могут содержаться также кислые газы (углекислый газ, сероводород), являющиеся дополнительным негативным фактором. Поэтому на установках по подготовке нефти предусматривают сепарацию газов с отделением капельной жидкости, а при использовании ПНГ для собственных нужд предусматривают также осушку газа.

Вероятность коррозионного изнашивания оборудования и трубопроводов при подготовке нефти повышается в связи с применением различных химических реагентов при добыче и подготовке нефти, в частности реагентов для повышения нефтеотдачи и интенсификации нефтедобычи, деэмульгаторов для разделения водонефтяных эмульсий, ингибиторов протекания нежелательных процессов. Необходимо также учитывать протекание процессов подготовки нефти при повышенных температурах (до 50°C).

Таким образом, анализ состава потоков на установках по подготовке нефти показывает наличие одновременно нескольких негативных факторов – источников коррозии и при разработке методов предупреждения и борьбы с коррозией следует учитывать всю совокупность различных негативных факторов, принимая во внимание также возможность взаимодействия различных соединений и возможное усиление вследствие этого коррозионной активности потоков.

При рассмотрении видов коррозии выявлено, что наибольшую опасность для оборудования может представлять местная коррозия, в частности питтинговая (точечная). При этом внутри металла образуются точечные полости с возможностью образования в них солевых отложений. Опасность местной коррозии состоит в том, что, снижая прочность отдельных участков, она резко уменьшает надежность конструкций, сооружений, аппаратов. Чтобы избежать солевых отложений внутри трубопроводов и оборудования используют различные ингибиторы коррозии.

Борьба с коррозией нефтегазопромыслового оборудования и трубопроводов осуществляется по нескольким направлениям:

- применение ингибиторов коррозии
- использование внутренних защитных покрытий: нанесение лакокрасочных и стойких металлических покрытий на поверхность защищаемого металла, применение полимерных материалов
- применение стойких к коррозии металлических сплавов, на основе нержавеющей сталей

Используемые в настоящее время методы противокоррозионной защиты подразделяются на технологические и специальные.

К технологическим методам защиты оборудования и трубопроводов от коррозии относят мероприятия предупредительного характера, направленные на сохранение первоначально низких коррозионных свойств среды. Технологические методы носят комплексный характер и приемлемы на всех объектах.

Основными противокоррозионными мероприятиями этого метода являются: использование закрытых систем сбора при добыче и переработке нефти; по возможности создание стабильных термодинамических условий; создание режима дисперсно-кольцевого течения потока; предупреждение смешивания с сероводородсодержащей продукцией скважин.

К специальным методам защиты относят: применение ингибиторов коррозии, бактерицидов, неметаллических материалов, лаков и красок; оборудование установок и трубопроводов катодной и протекторной защитой.[3].

При анализе работы оборудования технологических установок по подготовке нефти можно выявить наиболее опасные участки:

- во-первых, возможность коррозионного изнашивания корпусов аппаратов и внутренних поверхностей трубопроводов (нефтяных и водоводов); следует учитывать также возможность атмосферной коррозии наружных поверхностей;
- во-вторых, износ внутренних элементов аппаратов – коллекторных систем отстойников и электродегидраторов; сепарационных устройств и каплеотбойников нефтегазовых и газовых сепараторов; змеевика трубчатых печей или жаровых труб нефтегазоводоразделителей.

Таким образом, при выборе методов защиты оборудования и трубопроводов от коррозионного изнашивания на объектах подготовки нефти необходимо: знание состава сырья, продуктов и химических реагентов, используемых на изучаемом технологическом объекте с выявлением наиболее агрессивных соединений; учет параметров работы оборудования установки, в первую очередь, температуры; учет конструктивного исполнения аппаратов и используемые для их изготовления материалы с выявлением наиболее коррозионноопасных участков.

#### Библиографический список

1. Лутошкин Г.С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды: Учебник для вузов / Г.С. Лутошкин. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2005. – 319с.
2. Савченков А.Л. Химическая технология промышленной подготовки нефти: учебное пособие / А.Л. Савченков. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 180с.
3. Федорова Н.А. Антикоррозионная защита металлов. – Иваново, 2009. – 187с.

Научный руководитель: Таранова Л.В., доцент кафедры ПНГ

## Инициирование полимеризации этилена под высоким давлением

Руденко М.Д., Гуров Ю.П.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

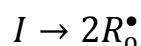
Для инициирования полимеризации этилена применяются главным образом органические перекиси (дитретбутилперекись, третбутилпербензоат, перекись лауроила и др.) и (или) кислород, которые являются источниками свободных радикалов.

Полимеризация этилена под высоким давлением протекает по радикальному механизму, состоящему из четырех стадий: распад инициатора и инициирование, рост цепи, передача цепи и обрыв цепи.

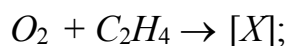
### 1. Распад инициатора и инициирование.

Реакция инициирования – присоединение молекулы этилена к первичному радикалу, образующемуся при распаде перекиси или в результате взаимодействия кислорода с молекулой этилена.

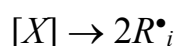
При использовании в качестве инициатора перекисей, при их термическом распаде из одной молекулы перекиси образуются два радикала:



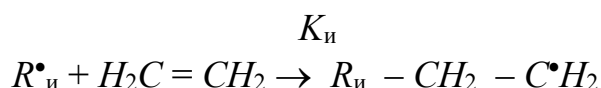
Инициирование кислородом протекает более сложно. Кислород, реагируя с этиленом и полимером, образует промежуточные продукты:



Эти продукты  $[X]$  в результате дальнейших реакций образуют активные радикалы  $R_i^\bullet$ , которые иницируют реакцию роста полимерной цепи.



Образующиеся при использовании перекиси или кислорода радикалы присоединяются к молекуле этилена с образованием замещенного радикала этилена, который способен к дальнейшему росту [1]:



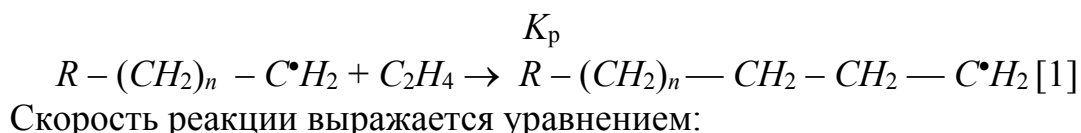
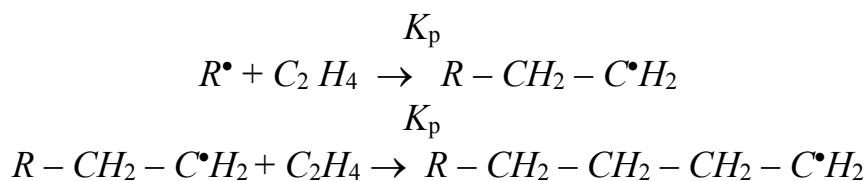
Скорость реакции инициирования описывается уравнением:

$$d[C_2H_4] / d\tau = K_n[R^\bullet][C_2H_4]$$

В связи с тем, что концентрация этилена более чем в 100 тысяч раз выше концентрации инициатора, то скорость такого присоединения зависит от скорости распада инициатора, так что только скорость распада инициатора определяет скорость инициирования.

## 2. Реакция роста цепи.

Реакцию роста цепи можно выразить следующим уравнением, обозначив радикал символом  $R^\bullet$ :



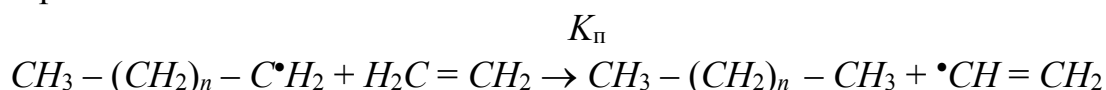
$$-d[C_2H_4] / d\tau = K_p[C_2H_4][R^\bullet]$$

Тепловой эффект реакции полимеризации этилена составляет около 92 кДж/моль. Влияние температуры и давления на эту величину в диапазоне параметров, варьируемых на промышленных установках, незначительно.

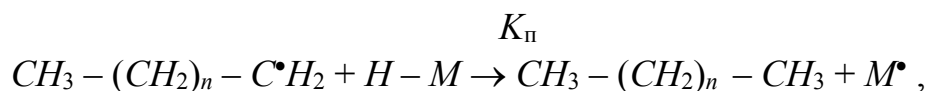
Суммарный тепловой эффект реакции практически равен тепловому эффекту реакции роста вследствие того, что «вес» этой стадии при образовании полимерных молекул полиэтилена на несколько порядков превышает «вес» других стадий.

## 3. Реакция передачи цепи.

При реакции передачи цепи активный центр переходит на молекулу мономера или модификатора – вещества, имеющего легко отщепляемые атомы или группы атомов. При этом образуется новый, способный к росту радикал, так что общая концентрация радикалов остается неизменной, например:



или:



где  $(H-M)$  – примеси, регулятор цепи или модификатор [1]

Скорость реакции передачи цепи ( $R_{п}$ ) на модификатор определяется уравнением:

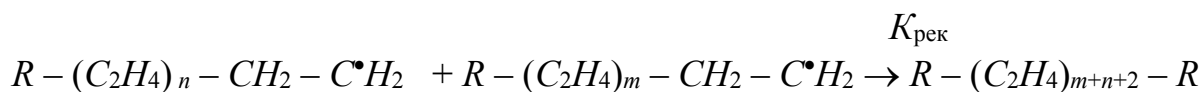
$$R_{п} = K_{п} [R^\bullet][M-H]$$

Регуляторы цепи – модификаторы широко применяются для регулирования молекулярного веса и плотности полимера. В качестве модификатора в нашем процессе применяется пропан.

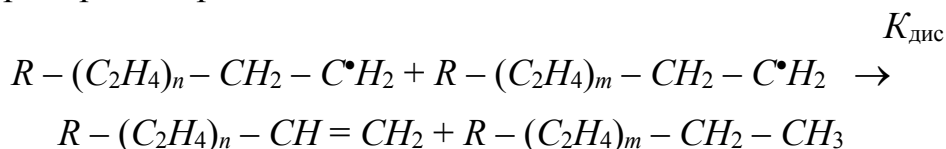
#### 4. Реакция обрыва цепи.

При встрече двух растущих радикалов происходит реакция обрыва цепи, которая может протекать по двум разным механизмам [1]:

– Рекомбинация:



– Диспропорционирование:



Суммарная скорость обеих реакций выражается уравнением:

$$d[R^{\bullet}] / d\tau = (K_{рек} + K_{дис})[R^{\bullet}]^2$$

Из обоих механизмов реакции преобладающим является рекомбинация. Этим (наряду с другими факторами) объясняется наличие в молекулярно-массовом распределении (ММР) полиэтилена высокомолекулярного “хвоста”.

Кислородное инициирование имеет ряд преимуществ перед пероксидным:

1. Доступность и дешевизна кислорода;
2. Введение его в реакционную смесь без применения специальных устройств, что упрощает и удешевляет производство;
3. Отсутствие дополнительных компонентов, что позволяет получать полиэтилен более высокой чистоты.

Но применение кислорода в качестве инициатора возможно только при температуре выше 170<sup>0</sup>С и давлении выше 86 МПа, так как ниже указанных значений этих параметров полимеризация не идет. К тому же при кислородном инициировании сложнее управлять процессом полимеризации. Так регулирование температуры в реакторе осложнено запаздыванием изменения концентрации кислорода в реакторе по сравнению с дозировкой. Это запаздывание составляет 6-10 минут.

Способ пероксидного инициирования лишен недостатков, перечисленных выше [1]. Перекиси в процессе полимеризации используются в очень малых количествах (тысячные доли процента от количества этилена).

Использование органических пероксидов в полимеризации этилена более рационально с точки зрения увеличения конверсии. Реакция начинается при более низких температурах, что позволяет увеличить выработку полиэтилена. Затраты на дополнительное оборудование и закупку самих пероксидов окупаются в течение нескольких лет за счет прибыли, полученной от продаж большего количества продукта.

## Библиографический список

1. Поляков, А.В. Полиэтилен высокого давления. Научно-технические основы промышленного синтеза / А.В. Поляков, Ф.И. Дунтов, А.Э. Софиев. – Москва: Химия, 1988. – 200 с.

Научный руководитель: Гуров Ю.П., канд. техн. наук, доцент.

## Рынок полиэтиленов в России

*Руденко М.Д., Гуров Ю.П.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Несмотря на существенный сырьевой потенциал (второе место в мире по добыче газа и первое — по производству нефти в 2016 году), Россия занимает скромные позиции по производству базовых нефтехимических продуктов. Доля страны на международном рынке полимеров остается незначительной (примерно 2% от общего объема выпуска полипропилена и 1,5% — полиэтилена).

Производство ПЭ в России росло достаточно динамично в последние 10 лет (приблизительно на 5% в год). К 2016 году объемы его выпуска увеличились до 1,71 млн тонн, превысив аналогичный показатель 2015 года на 8%.

Основными российскими производителями ПЭ являются «Казаньоргсинтез», «Ставролен», «Нижекамскнефтехим», «Томскнефтехим», «Газпром нефтехим Салават», Ангарская НХК и «Уфаоргсинтез» (таблица 1). При этом доминирующую позицию занимает «Казаньоргсинтез», доля которого на рынке ПЭ равна 38%.

Таблица 1

Объем производства видов полиэтилена в России на 2016 г.

Наименование производителя	Город	Принадлежность	Объем производства ПЭНП, т/год	Объем производства ПЭВП, т/год	Объем производства ЛПЭНП, т/год
Ставролен	Будённовск	Лукойл-Нефтехим	–	300000	–
Казаньоргсинтез	Казань		217000	270000	–
Томскнефтехим	Томск	ПАО «СИБУР Холдинг»	245000	–	–
Уфаоргсинтез	Уфа	ПАО «Уфаоргсинтез»	36000	–	–
Ангарская НХК	Ангарск	ОАО «НК Роснефть»	60000	–	–
Газпром нефтехим Салават	Салават	ПАО «Газпром»	41000	120000	–
Нижекамскнефтехим	Нижекамск	ПАО «Нижекамскнефтехим»	–	150000	70000



Несмотря на то, что на 2016 год потребление ПЭ в России снизилось незначительно (на 1,2 %), спрос на него все равно оказался выше, чем увеличение предложения.

В итоге рынок ПЭ продолжает оставаться дефицитным и, соответственно, сохраняет зависимость от импорта (рисунок 1). Импорт полиэтилена в Россию за 2016 год снизился до 485,5 тыс. тонн по сравнению с 572 тыс. тонн за 2015 год, что было вызвано ростом внутреннего производства. Основными поставщиками ПЭ в Россию являются Саудовская Аравия, Беларусь, Германия и Южная Корея (около 54% от общего объема импорта). В качестве ключевой причины зависимости от импорта, помимо географической составляющей, следует отметить износ оборудования, по мере которого снижается сортность выпускаемых марок. Что же касается экспорта, то на него приходится более 20% производства. Из этих объемов около половины поставок направляется в страны СНГ и, в частности, в государства Таможенного союза (60% от поставок в СНГ). Оставшиеся объемы распределяются между Китаем и Европой (приблизительно по 20%) [1].

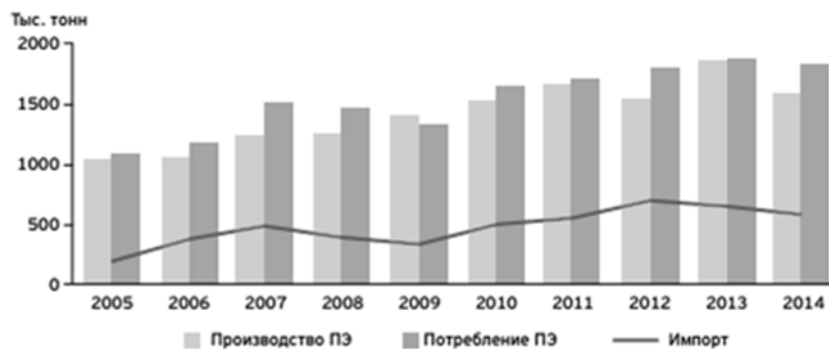


Рисунок 1. Производство / спрос / импорт ПЭ

Объем производства основных видов ПЭ – полиэтилена высокого давления (ПЭВД) и низкого давления (ПЭНД), включая линейный полиэтилен высокого давления (ЛПЭНП), составил в 2015 г. почти 1,6 млн. тонн.

В товарной структуре производства полиэтилена (рисунок 2) большая часть приходится на ПЭНД – более 1 млн. тонн в 2016 г. (против 903,4 тыс. тонн в 2015 г.). Объем производства ПЭВД составил в 2016 г. 636 тыс. тонн (641,7 тыс. тонн в 2015 г.). Рост выпуска ПЭНД объясняется в первую очередь эффектом низкой базы после запуска мощностей на Ставролене и «Газпром Нефтехим Салават», снижение по ПЭВД – падением спроса и вынужденным с середины февраля по начала июля простоем Ангарской НХК из-за поломки оборудования на производстве этилена. Производство ЛПЭНП, которое в РФ на сегодняшний день осуществляется только на мощностях Нижнекамскнефтехима (НКНХ), увеличилось в 2016 г. до 70 тыс. тонн [2].

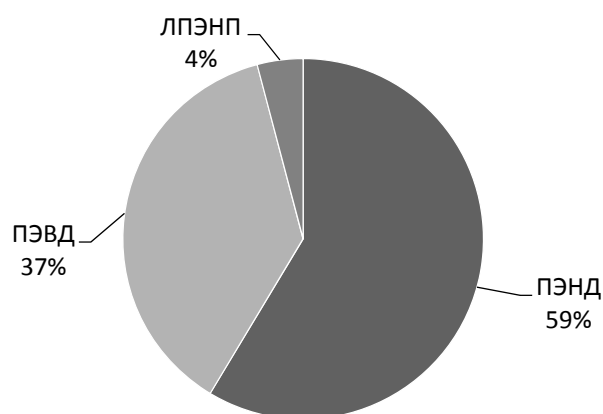


Рисунок 2. Структура выпуска полиэтилена по видам, 2016 г. [2]

Географическая структура выпуска полиэтилена (ПЭВД, ПЭНД, ЛПЭНП), показывает, что основной объем производства обеспечивает Приволжский Федеральный округ, где расположены 4 производителя из 7 (рисунок 3) [2].

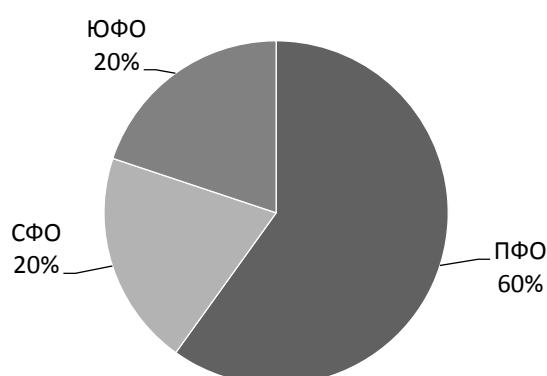


Рисунок 3. География производства полиэтилена, 2016 г. [2]

К 2020 году планируется запуск двух мощнейших предприятий по производству полиэтилена различных марок: «ЗапСибНефтехим» в городе Тобольск и «Новоуренгойский газохимический комплекс», находящийся в городе Новый Уренгой. ООО «ЗапСибНефтехим», входящий в состав ПАО «СИБУР Холдинг», планирует выпуск ПЭНД и ЛПЭНП общей мощностью 1,5 млн тонн в год. В то время как предприятие ПАО «Газпром» ООО «НГХК» будет выпускать 400 тыс. тонн ПЭВД в год.

Ввод в эксплуатацию данных комплексов позволит России не только удовлетворить свои потребности в полиэтилене, перестав импортировать его из-за рубежа, но также и выйти на мировой рынок данного полиолефина в качестве экспортера.

### Библиографический список

1. Нефтехимия в России: выбор вектора развития / EY Oil and Gas, 2015. - 16 с.
2. Волкова, А.В. Рынок крупнотоннажных полимеров. Часть I. Полиэтилен / А.В. Волкова. - М.: НИУ ВШЭ, 2016. - 56 с.

Научный руководитель: Гуров Ю.П., канд. техн. наук, доцент.

### **Оптимизация процесса экстрактивной ректификации в производстве бутадиена-1,3**

*Рулинская М.А., Дерюгина О.П.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Бутадиен-1,3 является важным сырьем химической технологии [1]. Он используется для получения бутадиен-стирольных каучуков, которые применяются главным образом в производстве шин. На основе бутадиен-стирольных каучуков изготавливают также многочисленные резинотехнические изделия (ленты конвейеров, рукава, профили, детали), изоляцию кабелей, обувь и другое. Мировое производство бутадиен-стирольных каучуков превышает 4 млн тонн в год. По объему выпуска они занимают первое место среди всех синтетических каучуков. Сополимеризацией бутадиена с акрилонитрилом и стиролом получают АБС - пластик, применяемый для изготовления корпусов техники, деталей автомобилей, крупногабаритных деталей приборостроения, деталей аппаратов.

Извлечение бутадиена-1,3 осуществляется из бутан-бутилен-бутадиеновой фракции методом экстрактивной ректификации в присутствии экстрагента, так как отделение 1,3-бутадиена от бутан-бутиленовой фракции обычной ректификацией практически невозможно из-за близких температур кипения компонентов этой фракции и образования азеотропных смесей.

В качестве полярных экстрагентов для указанной экстрактивной ректификации используют ацетонитрил, метоксипропионитрил, *N,N*-диметилформамид, *N,N*-диметилацетамид, *N*-метилпирролидон, *N*-формилморфолин, сульфолан и их смеси с небольшим (до 10% масс.) количеством воды. Наиболее эффективным экстрагентом является ацетонитрил.

Основной аппарат данного процесса – это колонна экстрактивной ректификации, чаще всего, тарельчатого типа.

Проведя анализ работы установки одностадийного дегидрирования бутана, а именно узла экстракционной ректификации, принято решение усовершенствовать контактные устройства массообменного оборудования. Целесообразно произвести их замену на более современные, способные

повысить качество разделения, а также повысить мощность производства за счет повышенной пропускной способности контактных устройств.

Изучив инновационные предложения на рынке и отзывы фирм-заказчиков, можно сделать вывод, что реализовать модернизацию узла экстрактивной ректификации установки выделения и очистки бутадиена-1,3 можно, установив контактные устройства фирмы «*Chemtech-Sulzer*».

На сегодняшний день фирма «*Chemtech-Sulzer*» выпускает широкий ряд высокоэффективных тарельчатых устройств, начиная от колпачковых и заканчивая тарелками с вихревыми элементами. Основное внимание производители уделяют современным тарельчатым устройствам. Именно они позволяют получать максимальную эффективность и производительность в процессах ректификации и абсорбции.

Интерес заказчиков к интенсификации технологических процессов в значительной мере переместился с задач повышения эффективности разделения к задачам повышения производительности в существующих корпусах аппаратов. Другой тенденцией, повлиявшей на конструкцию современных тарельчатых устройств, является повышение межремонтного цикла работы установок до 5-7 лет. Такое требование привело к разработке неподвижных клапанов *V-Grid*, отличающихся высокой степенью надёжности и способностью работать в загрязнённых средах или в условиях постепенного накапливания загрязнений на полотне тарелок [2]. По-прежнему одним из основных факторов, определяющих интерес к тарелкам, является их относительно низкая стоимость по сравнению с другими массообменными устройствами.

Существует несколько типов тарелок с фиксированными клапанами *V-Grid*. Рассмотрим клапаны типа *SVG*, они являются самыми большими по размеру из фиксированных клапанов. Струи пара, проходящие через широкие боковые отверстия клапана, производят очистку полотна тарелки от загрязнений в зоне расположения отверстия. Это обеспечивает отличные эксплуатационные характеристики при работе в загрязнённых средах в течение долгого периода времени и позволяет обходиться без остановки на чистку тарелок. Тарелки с клапанами *SVG* успешно зарекомендовали себя в процессах производства акрилонитрила, ректификации бутадиена, атмосферных и вакуумных колоннах в нефтепереработке, абсорберах очистки газа от кислых примесей, установках гидроалкилирования, производстве изопробилбензола, латекса, колоннах отгонки суспензии ПВХ, колоннах щелочной очистки и других процессах.

Фиксированные или неподвижные клапаны *V-Grid* представляют собой элементы, выштампованные в полотне тарелки и расположенные в шахматном порядке. Клапаны имеют трапециевидную форму и ориентированы параллельно потоку жидкости. Такие клапаны обладают следующими преимуществами:

- пониженный унос жидкости благодаря горизонтальному направлению истечения пара на полотно через боковые отверстия;

-организация направленного движения пара, поступающего через клапаны, помогает организовать поток жидкости поперек тарелки, при этом уменьшается поперечная неравномерность распределения времени пребывания жидкой фазы на тарелке;

-более высокая производительность, чем у тарелки с подвижными круглыми клапанами;

-меньшее гидравлическое сопротивление в расчете на теоретическую ступень, чем у тарелки с подвижными круглыми клапанами;

-широкий диапазон нагрузок;

-стабильная эффективность в рабочем диапазоне нагрузок;

-отсутствие движущихся частей исключает механический износ и обеспечивает более долгий срок службы, чем у тарелок с подвижными клапанами;

-способность к переработке загрязняющих сред [3].

Таким образом, установка тарелок фирмы «*Chemtech-Sulzer*» с фиксированными клапанами *V-Grid* типа *SVG* позволяет добиться таких результатов, как:

-увеличение объема изготовления товарной продукции;

-повышение качества получаемого продукта;

-увеличение межремонтного интервала работы установок.

Выбор тарелок данной фирмы обусловлен низкой стоимостью таких клапанов в сочетании с высокой надёжностью и значительным диапазоном устойчивой работы.

#### Библиографический список

1. Химия и технология синтетического каучука : учеб. пособие для вузов / Л. А. Аверко-Антонович [и др.]. - Гриф МО. - Москва : КолосС, 2008. - 357 с.

2. Зульцер Хемтех [Электронный ресурс] // -Zulzer-Hemteh. com

3. Химическое оборудование [Электронный ресурс] // Chemistmew.ru

Научный руководитель: Дерюгина О.П., канд. техн. наук, доцент.

#### **Общие закономерности сополимеризации двух мономеров. Сравнительная характеристика полипропилена, полиэтилена и их сополимеров.**

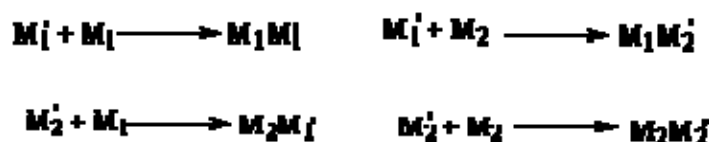
*Садыков К.Д., Гуров Ю.П.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

При полимеризации смеси двух мономеров получается полимер, в структуре каждой макромолекулы которого содержатся звенья обоих мо-

номеров. Такой полимер получил название сополимер, а сам процесс его получения – сополимеризация. Закономерности процесса сополимеризации значительно сложнее, чем гомополимеризации, так как практически невозможно найти два мономера, которые проявляли бы одинаковую реакционную способность по отношению к инициаторам или катализаторам процесса. Так, например, при синтезе сополимера винилхлорида с винилацетатом, было обнаружено, что ни одна из фракций не содержала сополимер того же состава, почти все они были насыщены винилхлоридом. Малеиновый ангидрид один почти не полимеризуется, но легко сополимеризуется со стиролом и винилхлоридом [1].

В настоящее время теоретические знания о сополимеризации развиты достаточно глубоко и применяются при полимеризации трех и более мономеров, хотя последние очень редко используются на практике, в связи с трудностью реализации. Если обозначить мономеры, участвующие в сополимеризации  $M_1$  и  $M_2$ , то можно представить следующие четыре типа соединения звеньев:



На этом основан вывод кинетических закономерностей реакции радикальной сополимеризации двух мономеров.

Различают несколько видов процесса сополимеризации:

- Идеальная – сополимеризация, при которой радикалы обоих мономеров одинаково реакционно способны по отношению к молекулам того и другого мономера. При протекании этого процесса звенья мономеров распределяются в макромолекулах хаотически, без определенной закономерности, другими словами они статистически распределены в макромолекуле. Среднее их соотношение равно соотношению мономеров в смеси

- Чередующаяся (альтернантная) – сополимеризация, при которой радикал каждого мономера преимущественно реагирует с молекулой другого мономера. Звенья мономеров в этом случае регулярно чередуются вдоль цепи макромолекулы независимо от соотношения мономеров в смеси  $\sim M_1M_2M_1M_2M_1M_2\sim$ .

Но в большинстве случаев имеет место промежуточная картина, т. е. реальная сополимеризация лежит между идеальной и альтернантной. Если звенья мономеров в макромолекуле расположены беспорядочно, то сополимер называется статистическим. Если радикал данного мономера более склонен к реакции с молекулой того же мономера, то вместо сополимера образуется смесь двух гомополимеров, т. е. это уже не будет сополимеризацией [1].

Одними из самых распространённых полимеров на сегодняшний день являются полимеры, полученные полимеризацией этилена и пропилена, а также их сополимер.

Полиэтилен представляет собой термопластичный полимер, получаемый при радикальной полимеризации этилена или каталитической полимеризации этилена и представляющий собой полупрозрачный, химически инертный, без запаха и вкуса материал с высокими электроизоляционными свойствами и низкой теплопроводностью.

Полипропилен – термопластичный конструкционный полимер, являющийся продуктом каталитической полимеризации пропилена и представляющий собой полупрозрачный, химически инертный материал, который по сравнению с полиэтиленом и рядом сополимеров этилена характеризуется меньшей плотностью (0,9 - 0,91 г/см<sup>3</sup>), имеет большую жесткость, твердость, теплостойкость и прозрачность, обладает блеском и высокими механическими свойствами (упругость при изгибе превосходит другие термопласты) [2].

Одним из главных недостатков полипропилена является низкая морозостойкость (температура хрупкости – от -5 до -15 °С). Морозостойкость повышается при введении звеньев этилена в макромолекулу изотактического полипропилена.

Для получения полиолефинов с универсальными физико - химическими свойствами, существует процесс сополимеризации, который был описан ранее. Сополимеризация этилена и пропилена осуществляется на катализаторах Циглера – Натта, которые применяются и для получения гомополимеров из каждого из этих двух мономеров. Интересной особенностью этой сополимеризации является ее статистический характер: в сополимере этилена и пропилена отсутствует регулярность чередования звеньев мономеров в цепях и расположение групп СН<sub>3</sub> в звеньях пропилена атактичное.

Этот сополимер характеризуется высокоэластическими свойствами в широком температурном интервале, тогда как гомополимеры этилена и пропилена, полученные на подобных катализаторах, высококристалличны, имеют строго регулярное чередование звеньев в цепи и являются жесткими пластиками. Нарушение регулярности строения, беспорядочное чередование звеньев этих двух мономеров в полимерной цепи обуславливают гибкость и высокоэластичность макромолекул [1].

Также сополимер пропилена с этиленом в целом сохраняет механические свойства полипропилена, но более устойчив к ударным нагрузкам и технологичен в переработке всеми методами из-за улучшения реологии расплавов и уменьшения механических напряжений в изделиях даже при высокой молекулярной массе. При этом теплостойкость и жесткость сополимера близки к аналогичным показателям полипропилена. Благодаря этим свойствам сополимеры пропилена и этилена применяются для изготовления деталей автомобилей, теле- и радиоаппаратуры, мебели, изоляции проводов и кабелей и др. [3].

### Библиографический список

1. Кулезнев, В.Н. Химия и физика полимеров [Текст]: учебн. Пособие для студентов высш. учеб. заведений / В.Н. Кулезнев, В.А. Шершнеv. – Москва: КолосС, 2007. – 367с.
2. Семчиков, Ю.Д. Высокомолекулярные соединения. – Н. Новгород: Издательство Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского; М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 368 с.
3. Шур, А.М. Высокомолекулярные соединения [Текст]: учебник / А.М. Шур. – Москва: Высшая школа, 1981. – 666 с.

Научный руководитель: Гуров Ю.П., канд. техн. наук, доцент.

### Повышение рационального использования попутного нефтяного газа

*Сарычева Ю.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Рациональное использование минерально-сырьевых ресурсов нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений направлено на освоение и внедрение процессов, позволяющих использовать низконапорный природный и попутный нефтяной газ для выработки моторного топлива, электроэнергии и для внедрения процессов «газ в жидкость», которые в России находятся на стадии опытно-конструкторских разработок.

Для использования попутного нефтяного газа со вторых ступеней сепарации, сжигаемого на факеле низкого давления [1], предлагаем использование жидкостно-кольцевого компрессора, принцип работы которого представлен на рисунке 1.

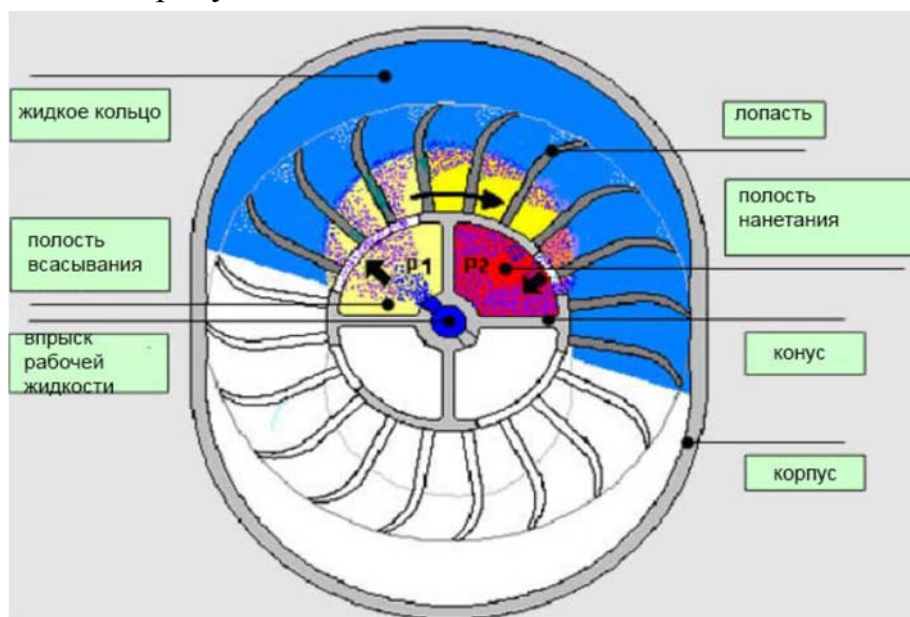


Рисунок 1. Жидкостно-кольцевой компрессор



Для обеспечения работы данного оборудования необходимы подтоварная вода и электроэнергия. Параметры технологического процесса представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры технологического процесса

Наименование показателя	Единица измерения	Значение
Объем газа к компримированию	Млн.м <sup>3</sup> /год	9,0
Давление газа в точке отбора	МПа (изб.)	0,005 – 0,05
Температура газа в точке отбора	°С	+20 - +30
Давление газа в точке сброса газа после компримирования	МПа (изб.)	0,4 – 0,6
Температура смеси на выходе	°С	+30 - +40
Давление воды в точке отбора воды	МПа (изб.)	0,2 – 0,3
Температура воды в точке отбора	°С	+20 - +30

Применение данного оборудования позволит использовать низконапорный попутный газ, как и газ с первой ступени сепарации по различным направлениям:

- Закачка в недра для повышения пластового давления и, тем самым, эффективности добычи нефти.
- Использование на местах для выработки электроэнергии, идущей на нужды нефтепромыслов.
- При выделении значительных и устойчивых объемов попутного нефтяного газа - использование в качестве топлива на крупных электростанциях, либо для дальнейшей переработки[1].

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что применение жидкостно-кольцевого компрессора позволит повысить рациональное использование низконапорного попутного нефтяного газа и достичь 100% утилизации ПНГ, вследствие этого ожидается улучшение экологической обстановки в нефтепромысловых районах. Так же при выборе компанией оптимального варианта использования газа ожидается положительный экономический эффект.

#### Библиографический список

1. Книжников А.Ю. Проблемы и перспективы использования нефтяного попутного газа в России: учебник / А.Ю. Книжников, Н.Н. Пусенкова. – Москва: КПМГ, 2011. – 43с.

2. Иванов С.С. Обобщение опыта ОАО «Гипротюменнефтегаз» по использованию попутного нефтяного газа / Иванов С.С., Тарасов М.Ю., Варламов Н.В., Фахретдинов И.З. // Нефтяное хозяйство. - 2013. - № 6. - С.114–118.

Научный руководитель: Трушкова Л.В., канд. хим. наук, доцент.

## Полимер широкого круга изделий – синтетический каучук

*Сулейманова Л.Ф., Гуров Ю.П.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время производится широкий ассортимент синтетических каучуков, различных по составу и потребительским свойствам. Обычно каучуки классифицируют и именуют по названию мономеров, использованных для их получения (изопреновые, бутадиеновые каучуки), или по характерной группе атомов, входящих в их состав.

Каучуки общего назначения обладают комплексом свойств, позволяющих применять их для производства широкого круга изделий, для которых необходимо основное свойство резин - высокая эластичность при обычных температурах (шины, транспортёрные ленты, обувь и др.). Каучуки специального назначения должны обладать свойствами, обеспечивающими работоспособность изделий в специфических, часто экстремальных условиях: стойкостью к действию растворителей, масел, кислорода, озона, тепло- и морозостойкостью. Существуют особые группы синтетических каучуков, такие как водные дисперсии каучуков - латексы; жидкие каучуки - отверждающиеся олигомеры; наполненные каучуки - смеси каучука с наполнителями или пластификаторами. [1]

Исходным сырьем в получении каучуков является сырая нефть, которую разделяют на фракции (углеводороды определенного размера) и далее уже используют в синтезе необходимых мономеров. Мономеры используют для производства синтетических каучуков различными методами полимеризации.

Синтез мономеров – это первая стадия процесса получения любого синтетического каучука (СК). В качестве мономеров используют соединения с функциональными группами или непредельными связями (ацетиленовые, моноолефиновые, диеновые углеводороды, некоторые полифункциональные и циклические соединения). В промышленности наибольшее распространение получили диеновые и моноолефиновые углеводороды, главным образом бутадиен, изопрен и изобутилен, которые используют при производстве СК общего назначения. [3]

В производстве СК синтез мономеров – наиболее капиталоемкая часть производства, технологические показатели которого определяются главным образом стоимостью основных мономеров. Синтез мономеров, являясь первой стадией синтеза каучука, может быть осуществлен либо на заводе СК, либо на отдельном предприятии. [2]

На основе нефтехимического сырья стало возможным организовать массовый выпуск СК, пластмасс, моющих средств, синтетических волокон и смол. Современные производства мономеров и каучуков включают многочисленные технологические процессы, такие как нефтепереработку, ор-

ганический синтез, выделение индивидуальных углеводов из их смесей, дегидрирование, полимеризацию и др.

Из всех мономеров изобутилен заслуживает особого внимания, т.к. он является одним из основных мономеров в промышленности СК. При синтезе каучуков он используется для производства: полиизобутилена, бутилкаучука, изопрена, олигомеров изобутилена. А также для производства метилметакрилата, метакрилонитрила, триизобутиламмония, метилтретбутилового эфира (МТБЭ). [3]

Промышленность основного органического и нефтехимического синтезов всё больше сосредотачивается на крупных химических и нефтехимических комбинатах, построенных по принципу комплексной переработки исходного сырья и промежуточных продуктов.

#### Библиографический список

1. Платэ, Н.А. Основы химии и технологии мономеров. / Н.А. Платэ, И.В. Сливинский. - Москва: Наука Майк Наука Интерпериодика, 2002. - С. 76-88.

2. Технологический регламент на производство изобутилена дегидрированием изобутана цеха БК-2

3. Борисов. Г.С. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский // под редакцией Ю.И. Дытнерского. – 4-е изд., стереотипное. – Москва: Альянс., 2008 г. - 271 с.

Научный руководитель: Гуров Ю.П., канд. техн. наук, доцент.

#### Получение изобутилена в промышленности

*Тагиров А.В., Гурова А.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Среди каучуков специального назначения наиболее многотоннажными являются бутиловые каучуки, и производство, как бутилкаучука, так и гало-бутилкаучуков с каждым годом увеличивается, что приводит к необходимости постоянного наращивания производства мономера – высококислотного изобутилена с концентрацией не ниже 99,95 % (масс.) [1].

Промышленные способы получения изобутилена можно объединить в две основные группы: процессы, предназначенные для получения максимального количества изобутилена, фракции углеводов  $C_4$  и процессы, в которых они побочно образуются.

К первой группе процессов относят: 1) высокотемпературный пиролиз, сырье для этого процесса может быть жидким и газообразным, а

именно газы, получаемые при переработке нефти, попутные нефтяные газы, прямогонный и газовый бензин, этан, пропан, бутан. В некоторых случаях в качестве сырья для процесса пиролиза используют рафинаты каталитического риформинга, предварительно извлечены ароматические углеводороды, а также нефть и нефтяные остатки; 2) термический крекинг высокомолекулярных парафиновых углеводородов, которые получены при переработке нефти; 3) селективная деполимеризация полиолефинов таких как полипропилен, олиго- и полибутилены и др.; 4) процессы каталитического дегидрирования парафиновых углеводородов; 5) процесс дегидратации триметилкарбинола.

Ко второй группе процессов относят каталитические процессы нефтепереработки при производстве топлив, которые сопровождаются получением большого количества олефинов  $C_3$  и выше [2].

Традиционными способами получения изобутилен-содержащих фракций являются процессы пиролиза углеводородного сырья, каталитического крекинга и дегидрирования. Содержание изобутилена в  $C_4$ -углеводородных фракциях может колебаться в среднем от 15-16 % (масс.) во фракциях каталитического крекинга, при дегидрировании изо-бутана до 42-46 % (масс.) [3].

Важнейшим способом получения изобутилена в промышленности является процесс дегидрирования бутановой фракции, который проводят при температуре 770-775 К на оксиде хрома, нанесенном на оксид алюминия с последующей изомеризацией в изобутилен (температура 575-815 К, катализатор  $H_3PO_4$  на силикагеле или  $Al_2O_3$ ) и изомеризация бутановой фракции с последующим дегидрированием изобутана на хром-алюминийоксидных катализаторах при температуре 810-875 К, давлении 980 кПа. После стадии изомеризации проводят химическую абсорбцию серной кислотой для извлечения изобутилена. Выход изобутилена достигает 42 % при конверсии 50 % и селективности 82 % (в пересчете на изобутан) [4].

В процессе дегидрирования происходит отложение кокса на поверхности катализатора, в результате чего активность катализатора уменьшается. Для восстановления активности катализатора проводят регенерацию с помощью воздуха при температуре 925 К и давлении 0,117 МПа.

В последнее время все большее значение приобретают процессы извлечения изобутилена жидкофазной гидратацией или взаимодействием с низшими спиртами на ионообменных полимерах. Особенностью метода является отсутствие высокоагрессивных коррозионных сред, по сравнению с сернокислотным способом, также катализатор можно многократно использовать и, получающийся при данном методе изобутилен, обладает высокой чистотой [4].

Также практически важными методами получения изобутилена являются пиролиз и крекинг различных нефтяных фракций, прежде всего

прямогонных бензинов, а также газообразных углеводородов. Доля процесса пиролиза растет, по сравнению с каталитическим крекингом, т.к. он лидирует по содержанию изобутилена в расчете на углеводороды C<sub>4</sub>. Однако, при распаде молекул углеводородного сырья, кроме изобутилена, образуются водород, метан, различные олефины. Процессы сопровождаются побочными реакциями деструкции образовавшихся олефинов, гидрирования и дегидрирования олефинов до парафинов, диенов, ацетиленов и их производных, конденсацией с формированием более высокомолекулярных углеводородов, а также аренов, циклодиенов и др. [2,4].

Существует способ получения изобутилена из изобутилового спирта в результате реакции каталитической дегидратации. Реакция протекает на катализаторе при температуре 360-370 °С и избыточном давлении 3-4 ат. В качестве катализатора применяют активную окись алюминия. Этот способ получения изобутилена по технико-экономическим показателям уступает другим способам вследствие более высокой стоимости сырья. Поэтому этот способ в настоящее время не имеет перспектив для широкого промышленного развития [3].

#### Библиографический список

1. Кузьмин, В.З. Развитие технологии получения высококонцентрированного изобутилена / В.З. Кузьмин, И.А. Каюмов, И.И. Сафарова, Д.Х. Сафин, В.А. Шепелин // Катализ в промышленности. – Москва: Калвис, 2013. - С.22-27.
2. Черный, И.Р. Производство мономеров и сырья для нефтехимического синтеза / И.Р. Черный. – Москва: Химия, 1973. - 264 с.
3. Павлов, С.Ю. Выделение и очистка мономеров для синтетического каучука / Ленинград: Химия, 1983. - 230 с.
4. Сангалов, Ю.А., Полимеры и сополимеры изобутилена. Фундаментальные проблемы и прикладные аспекты / Ю.А. Сангалов, К.С. Минскер. – Уфа.: Гилем, 2001. - 384 с.

Научный руководитель: Гурова А.А., ассистент.

#### **Оптимизация технологии процесса пиролиза ООО «Томскнефтехим»**

*Тамазян Д.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

ОАО «Томскнефтехим» является крупнейшим нефтехимическим комплексом в нашей стране по производству пластмасс и синтетических смол, сырьем для которых является нефть и газ с месторождений Западной- Сибири.

В наше время нефтехимическая промышленность в развитых странах определяется объёмами производства этилена и пропилена, которые получают в основном на установках термического пиролиза в присутствии водяного пара. Сам процесс является модификацией термического крекинга нефтепродуктов, развитие которого с применением трубчатых печей началось в 1910-1920 годах на НПЗ в США. Первые промышленные синтезы современной нефтехимии были осуществлены на основе этилена и пропилена, выделенных из газов крекинга. Именно на установках пиролиза получают сегодня первичные продукты, обеспечивающие сырьем производства пластических масс, синтетических смол, каучуков и волокон.

Россия имеет большой опыт в работе как на отечественных, так и на зарубежных установках пиролиза, овладевает новыми технологическими решениями переработки различных углеводородов.

Пиролиз в трубчатых печах является основным процессом производства этилена в России. Для повышения его эффективности намечено создание целого ряда мощных (300 тыс.т. этилена в год) установок, способных перерабатывать после соответствующей подготовки широкий ассортимент углеводородного сырья, включая керосиновые и газойлевые фракции, предусматривается проведение процесса в жестком режиме – при высоких температурах (до 860°C) и скоростях подачи сырья.

Эволюция нефтехимической промышленности в основном направлена на получение четырех важных углеводородов: этилен, пропилен, бутadiен, и бензол.

В последние 20 лет наибольшее распространение в мировой нефтехимии получил процесс термического пиролиза прямогонного бензина с водяным паром в трубчатых печах, достигший практически предельных выходов целевой продукции. Этому способствовало непрерывное совершенствование основных узлов технологических схем развивающегося производства этилена.

В связи с тем, что в производстве есть ограничение по количеству собственного бензина, при этом ШФЛУ в достатке и более дешёвое по цене, в компании есть потребность наращивать объем переработки ШФЛУ и снижать зависимость от стороннего бензинового сырья.

Целью данной работы является увеличение выхода олефинов за счет установки узла предварительного фракционирования ШФЛУ, с целью разделения «широкой фракции» на составляющие и последующего селективного пиролиза отдельных фракционных групп: пропан-бутановая фракция (верх колонны) и легкий бензин (куб колонны).

Указанное разделение требуется для изменения режимов пиролиза и увеличения выхода олефинов. Пиролиз пропан-бутановой фракции (ПБФ) необходимо производить с более высокой температурой 860-865°C (этиленовый режим), при этом выход этилена будет значительно выше, чем при

пиролизе ШФЛУ с температурой 850°C – (существующий на сегодня технологический режим пиролиза ШФЛУ).

Фракцию C<sub>5</sub> и выше (куб колонны), для оптимального выхода пропилена, необходимо пиролизовать при более низких температурах, 808°C (пропиленовый режим).

При исключении из состава ШФЛУ фракции C<sub>5</sub> и выше, получим дополнительный эффект за счет уменьшения процесса коксообразования в пиролизных змеевиках и увеличения продолжительность работы печей, что будет экономить топливный газ, увеличивать выход этилена, снижать затраты на ремонт, повышать надежность работы оборудования.

С точки зрения экономической рациональности предложенное решение заключается в:

- а) повышение выхода этилена, пропилена;
- б) повышение эффективности переработки собственного сырья ШФЛУ и снижения зависимости предприятия от привозного бензинового сырья, сторонних производителей;
- в) селективный пиролиз обеспечит снижение коксообразования в змеевиках печей и как следствие приведет к повышению надежности работы оборудования и снижению затрат на ремонт.

Научный руководитель: Савченков А.Л., канд. техн. наук, доцент.

### **Пути увеличения выхода этилена при пиролизе**

*Торопова Е.Ю., Мозырев А.Г.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Этилен является основным компонентом в производстве полимеров и других продуктов нефтехимии. На его основе получают полиэтилен, поливинилхлорид, этанол и т.д.

Для увеличения производительности по этилену можно построить новые предприятия (экстенсивный путь) или интенсифицировать уже существующие производства (увеличение мощности). Экономически выгодно увеличивать мощности уже существующих производств.

Увеличить выход этилена можно разными путями, при этом сочетание этих способов даст наибольший эффект. Большое значение имеет сырье, в частности состав исходной смеси. В качестве сырья пиролиза используют этан, смесь пропана с бутанами, бензины, атмосферный или вакуумный газойли. Пиролиз этана дает наибольший выход этилена (степень превращения за проход 50-65% и селективность по этилену 75-85%). При этом очень важно, чтобы исходное сырье не содержало примесей, так как присутствие циклических соединений сокращает выход этилена и увели-

чивает выход жидких продуктов [1]. Добавление водорода повышает выход этилена и снижает время достижения его максимального выхода [2].

Параметры не в меньшей степени влияют на процесс пиролиза.

Повышение температуры не только сокращает оптимальное время пиролиза, но и повышает выход этилена и снижает выход пропилена и жидких продуктов пиролиза [1]. С увеличением давления выход этилена снижается, увеличивается выход алканов и жидких продуктов [1].

Обеспечение малого времени реакции требует создания высоких скоростей потока реакционной смеси в реакторе – змеевике трубчатой печи, что приводит к большому перепаду давления между входом и выходом из него. Проблема решается снижением парциального давления углеводородов разбавлением сырья водяным паром (для этана 0,35 кг/кг). При таком условии выход этилена будет выше [2].

Таким образом, наилучшим решением увеличения выхода этилена при пиролизе будет использование газообразного этана разбавленного водяным паром, малое время реакции и правильно подобранные давление и температура.

Подобное решение реализуется при пиролизе этана, нагретого до температуры 650 °С, разбавленного паром (30%) при степени конверсии 67%.

#### Библиографический список

1. Корзун Н.В., Магарил Р.З. Термические процессы переработки нефти: учебное пособие / Н.В. Корзун, Р.З. Магарил. – М.: КДУ, 2008. – 96 с.: табл., ил.

2. Магарил Р.З. Теоретические основы химических процессов переработки нефти: Учебное пособие для вузов. – Л.: Химия, 1985, 280 с.

Научный руководитель: Мозырев А.Г., к.т.н., доцент.

#### Методы получения электретов

*Усик Т.Н., Евстигнеев Е.И.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Все предметы в окружающей среде в соответствии с их способностями проводить электрический ток можно разделить на три группы: диэлектрики, полупроводники, проводники [1]. К диэлектрикам относятся вещества, плохо проводящие электрический ток по сравнению с проводниками [2]. Основным свойством диэлектриков является способность к поляризации [1].

Электрет – это поляризованный диэлектрик, несущий на одной стороне положительный заряд, а на другой отрицательный и способный создавать электрическое поле в окружающем его пространстве, сохраняя по-



ляризации длительное время [1]. Таким образом, электреты являются аналогом постоянного магнита, но обладают не магнитным полем, а электростатическим полем [3].

Первые научные сведения об электретном состоянии ряда диэлектриков, особенно восков смол и серы, появились в работах С. Грея в 1732 г., в 1839 г. электретные свойства привлекли внимания Фарадея, после чего был введен сам термин «диэлектрик». И только в 1896 г. О. Хевисайд высказал предположение о существовании постоянно заполяризованного диэлектрика. Именно он ввел термин «электрет» и дал его первое определение [3, 4]. Первые электреты были получены термическим методом в 1919 г. японским физиком Егучи, после этого началось систематическое изучение свойств электретов [4].

Электреты нашли широкое применение в различных областях техники в качестве источников постоянного электрического поля. В большинстве случаев их применяют в качестве электретных датчиков сигналов или электретных преобразователей различного рода. Их работа основана на индуцировании переменного тока в поле электрета [1]. Электреты могут быть использованы в вибродатчиках, тахометрах, в простейших запоминающих устройствах, в электрофотографии [2]. Неожиданное применение электретный эффект нашел в медицине. Его используют для обработки искусственных сосудов в электрическом поле, отсутствие обработки приводит к повышенной свертываемости крови. Везде, где требуется наличие электрических полей, небольшой вес, надежность и простота конструкции, можно успешно использовать электреты [3].

Электреты можно получить одним, или несколькими в совокупности, ниже перечисленными методами:

1. Метод коронного заряда – в основе лежит перенос из области электрического заряда в воздушном зазоре диэлектрику. При этом ионы либо передают свой заряд диэлектрику и возвращаются обратно в воздух, либо проникают в приповерхностную область диэлектрика, где фиксируются ионными ловушками.

2. Фотоэлектреты – в электрическом поле диэлектрик подвергают облучению светом. Изготовление электретов данным методом возможно только из фотопроводящих материалов, такие как сера, сульфид цинка, кадмия и др.

3. Электроэлектреты – существенную роль в данном способе играет только электрическое поле. Здесь не применяется ни нагревания, ни освещения светом [1].

4. Радиоэлектреты – воздействие на диэлектрик электронного пучка приводит к инжекции электронов внутрь материала с образованием отрицательно заряженных слоев [3].

5. Метода термоэлектрирования. При напряженности менее  $10 \text{ кВ/см}$  образуется термоэлектреты с гетерозарядом, а при большей напряженности с гомозарядом [2, 3]. Суть термического метода в работах

Егучи заключалась в затвердевании смеси материалов (смесь смолы карнаубской пальмы и воска) в сильном электрическом поле, приложенном на все время, в период которого продолжалось затвердевание. Диэлектрик, выведенный из поля, после достаточного охлаждения, демонстрировал очень сильные полярности на поверхностях. Электризацию такого диэлектрика нельзя было разрушить касанием пламени Бунзена, воздействием рентгеновских лучей (позже было установлено, что облучение приводит к уменьшению поверхностного заряда, однако через некоторое время заряд термоэлектрета восстанавливается [2]), срезанием или скабливанием ножом, промывкой некоторыми растворителями и т.д. По истечению некоторого времени поляризация сохранялась. Из последующих исследований стало очевидным, что электрическое изменение диэлектрика носит не поверхностный характер, а постоянное внутреннее изменение в материале [5]. В дальнейшем карнаубский воск зарекомендовал себя, как классический материал для получения электретов. Многочисленное количество ранних работ по исследованию электретного эффекта было выполнено на нем [1].

Таким образом, заинтересованность в получении и изучении электретов растительного происхождения по сей день является актуальной.

#### Библиографический список

1. Губкин А. Н. Электреты // М.: Наука. – 1978. – С. 192.
2. Кондратюк А. Д. Электретные свойства диэлектриков // Ярославский педагогический вестник. – 1998. – №3. – С. 109-112.
3. Гороховатский Ю. А. Электретный эффект и его применение // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – №8. – С. 92-98.
4. Сесслер. Г. Электреты // М.: Наука. – 1983. – С. 474.
5. Eguchi M. On the Permanent Electret // Philosophical Magazine. – 1925. – Vol .49. – p. 178.

#### **Малотоннажное производство высокооктановых спортивных бензинов по директиве FIA (102), советуемых нормам ЕВРО-4**

*Фоменко О.С., Глазунов А.М.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Целью работы является выбор схемы малотоннажного производства высокооктанового спортивного бензина по директиве FIA (102) и соответствующего нормам ЕВРО-4. Исходя из предыдущих исследований [1] за основу взят бензин АИ-98, поставщиком которого является нефтебаза “Никифор” расположенная в г. Тюмень.

Получение спортивного бензина производится путем добавления в исходный образец топлива следующих компонентов: толуола, метилтрет-

бутилового эфира (МТБЭ) и изооктана. Необходимые пропорции компаундирования определяются для каждой партии закупленного бензина.

Контроль качества производится по следующим показателям ГОСТ [2]: октановое число, фракционный состав, испаряемость, плотность, а также качественным характеристикам бензинов: равномерному распределению октановых чисел по фракционному составу, индексу испаряемости (ИИ), количественному содержанию олефинов, изопарафинов, ароматических углеводородов, содержанию присадок [3,4]. Исследования проводили на аппаратно-программном комплексе «Хроматограф- Кристалл 5000-2».

Для получения высокооктанового спортивного бензина компоненты смешивали в следующих пропорциях: 100 бензин АИ-98 : 10 МТБЭ : 3 толуола : 1,5 изооктана. Изменение основных показателей представлены в таблице 1. Групповой состав и распределение компонентов представлено на рисунке 1.

Таблица 1

Основные показатели бензинов

Образцы ав- тобензинов	ОЧИМ	ОЧММ	ДНП, кПа	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	МТБЭ, %	Изооктан, %	Толуол, %
АИ-98	98,3	91,6	64,1	762,6	5,5	9,7	17
АИ-102	102,1	94	62,8	770,2	14,85	11	20
Изменение	3,8	2,4	-1,3	-7,6	9,5	1,3	3

Для промышленного получения высокооктановых спортивных бензинов необходима определенная степень эмульгации компонентов в готовой смеси. Для этих целей служат установки компаундирования различных типов.

Так как согласно мониторинга рынка потребность в спортивном товарном бензине на рынке не велика из-за специфики двигателей для него и своей дороговизны в реализации многотоннажного производства нет необходимости.

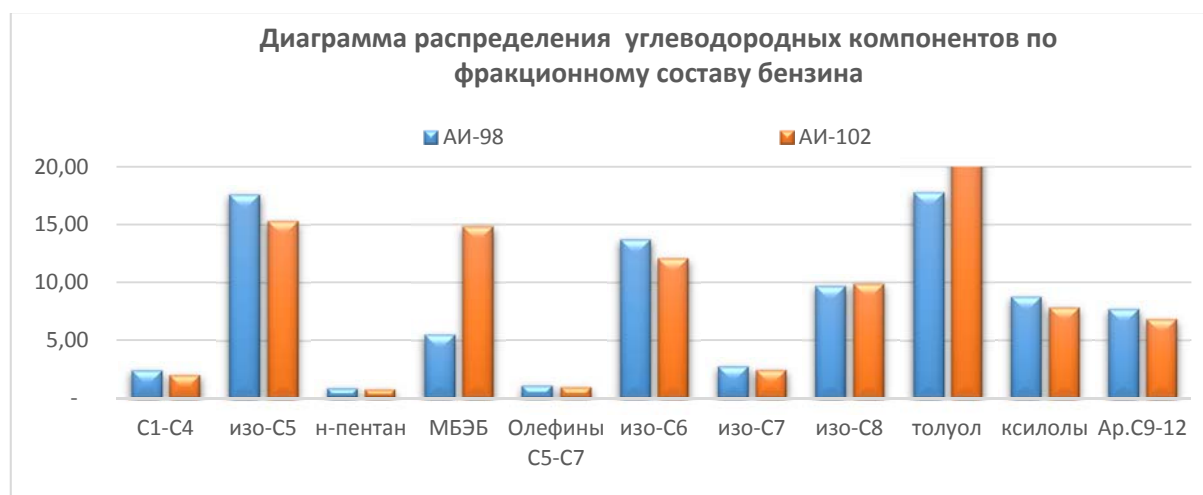


Рисунок 1 Распределение углеводородных компонентов

Исходя из этого подбираем оборудование для малотоннажных производств. На данный момент для малотоннажных систем компаундирования наиболее распространение получили инжекторные смесители, характеризующиеся своей простотой и высокой степенью смешения.

На основе данных смесителей широкое распространение получили установки типа УСБ (установки компаундирования смесевых топлив). Основным недостатком данных систем является низкое число компонентов для смешения. При смешении больше четырех дополнительных компонентов к топливам, эффективность компаундирования начинает снижаться. Производительность данных установок варьируется в пределах от 2,5 до 100 м<sup>3</sup>/час. Что позволяет подобрать оптимальное оборудование для имеющихся запросов [5].

Принципиальная схема установки компаундирования типа УСБ для получения спортивного высокооктанового бензина представлена на рисунке 2.

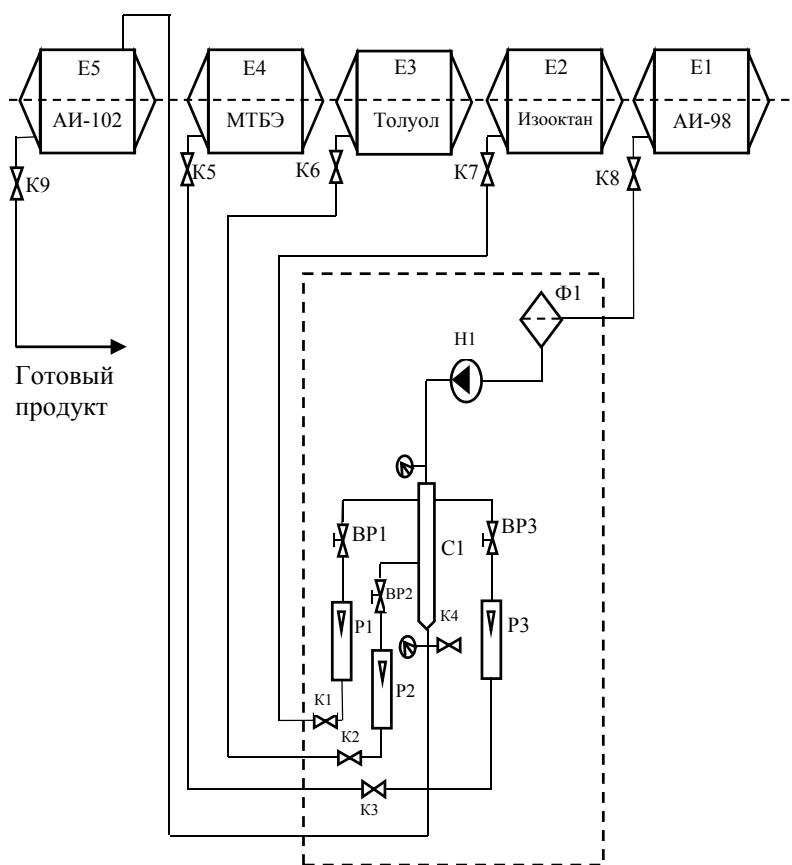


Рисунок 2 Принципиальная схема установки компаундирования типа УСБ

Из емкости E1 на установку компаундирования подается жидкость с помощью насоса H1 и через фильтр Φ1. По трубопроводам добавки из емкостей E2, E3, E4 самотёком через краны K1, K2, K3 ротаметры, регулирую-

ющие вентиля ВР1, ВР2, ВР3 подаются на установку. Расход добавок из емкостей Е2, Е3, Е4 в соответствии с существующими рецептурами регулируется вентилями ВР1, ВР2, ВР3.

Контроль за расходом осуществляется визуально по соответствующим ротаметрам Р1, Р2, Р3. Возможна замена на автоматические приборы учета расхода. Основная жидкость насосом Н1 под давлением подается в инжектор смесителя, где создает разрежение и подсасывает строго дозируемое количество добавок. Далее частично перемешанная и дозированная жидкость попадает в смеситель, где смешивается окончательно. Жидкость после смешивания по трубопроводу направляется на хранение в емкость Е5 для хранения.

Повысить эффективность установки компаундирования возможно введением постоянного контроля за качеством поступающего исходного бензина и полученным продуктом компаундирования, что позволит изменить соотношение подачи присадок для более рационального их использования.

Но для малотоннажных производств не в рамках крупных производств постоянный контроль посредством высокоточной техники является слишком затратным, что значительно повысит себестоимость получаемой продукции.

#### Библиографический список

1. Фоменко О.С. Получение высокооктановых спортивных бензинов по директиве FIA (102), советующих нормам ЕВРО-4 / О.С. Фоменко, В.В. Дрогалев, А.М. Глазунов // Новые технологии - нефтегазовому региону материалы Международной научно-практической конференции том 2. – 2016, С.170-173.

2. ГОСТ 32513-2013. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические требования. – Введ.01.01.2015. М.: Стандартинформ, 2016. – 2 с

3. Ахметов С. А. Технология переработки нефти, газа и твердых горючих ископаемых: учебное пособие/ С. А. Ахметов, М. Х. Ишмияров, А.А. Кафман; под ред. С.А. Ахметова.- СПб.: Недра, 2009.-832 с.

4. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости : учебное пособие / В.В. Остриков, С.А. Нагорнов, О.А.Клейменов, В.Д. Прохоренков, И.М. Курочкин, А.О. Хренников, Д.В. Доровских. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн.ун-та, 2008. – 304 с.

5. Смышляева Ю.А. Моделирование процесса приготовления высокооктановых бензинов на основе углеводородного сырья в аппаратах циркуляционного типа [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.17.08) / Ю.А. Смышляева; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск, 2011. – 23 с.

Научный руководитель: Дрогалев В.В., ведущий специалист.

## **К обеспечению надежности оборудования отрасли**

*Храмцова Е.В., Логинова Т.В., Мозырев А.Г.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Перспективы развития нефтяной и газовой промышленности, в основном зависят от состояния ее сырьевой базы, но немалое значение в данной отрасли имеет и состояние аппаратов: их работоспособность, надежность и пригодность к ремонту, что приводит к повышению эффективности добычи нефти и газа.

Целью данной работы является рассмотрение некоторых аспектов по обеспечению надежности таких аппаратов, как нефтегазовый сепаратор и абсорбер.

При добыче нефти и газа аппараты ускоренно теряют свою работоспособность, это связано с агрессивностью среды и, в основном, с проведением процесса при высоких температурах и давлениях.

Основные неисправности нефтегазовых аппаратов заключается в следующем: дефекты корпуса, трещины, коррозия внутри корпуса, нарушение целостности сварного соединения.

Анализ степени надежности оборудования на стадиях проектирования и эксплуатации, заключается в реализации набора процедур последовательного поэтапного уточнения оценок показателей надежности, с учетом наработки и модернизации конструкций и технологии изготовления деталей и узлов оборудования.

Для защиты от превышения рабочего давления на узлах подготовки газа на собственные нужды установлены предохранительные клапаны.

Для исключения прорыва газа высокого давления запроектированы обратные клапаны на линиях подачи: регенерированного триэтиленгликоля в абсорберы. 1

Для каждого аппарата устанавливается своя рабочая температура и рабочее давление.

Запрещается эксплуатация сепараторов в режиме возможного гидратообразования, а также должна быть предусмотрена возможность проведения гидравлического испытания (перед включением в работу и периодически по мере необходимости) под избыточным давлением не менее 0.2 МПа.

В абсорберах рекомендуется сжигать газы и пары при подготовке технологического оборудования к ремонтам, при продувке коллекторов газосборных сетей, при сбросе газа в аварийных ситуациях предусмотрена отдельная факельная система [1].

Применение перед сепаратором депульсатора, функция которого заключается в предварительном отборе попутного газа из нефти, обеспечивает надежную работу НГС и как следствие, увеличение производительности, а также качества отобранной нефти.

Основными конструктивными методами обеспечения жесткости абсорбера без существенного увеличения массы являются:

- привлечение жесткости смежных деталей;
- общее устранение изгиба с заменой его растяжением или сжатием;
- для узлов, работающих на изгиб, правильное распределение опор, исключение излишних видов нагружения и др [1].

При проведении технического обслуживания проводится комплекс мероприятий по текущему эксплуатационному обслуживанию. В эти мероприятия входит наружный осмотр с целью выявления явных дефектов.

Техническое освидетельствование проводится инспектором Ростехнадзора в присутствии лица, ответственного за исправное состояние и безопасное действие установки.

Перед ремонтом определены лица, ответственные за подготовку оборудования к ремонту, организацию и проведение ремонта, выполнение мероприятий по безопасности работ.

Один из методов по ремонту, набирающий популярность, приобретает метод ремонта нефтепромыслового оборудования с применением композитных материалов. Такие материалы объединяют две или более составляющих с взаимно усиливающим их свойства эффектом, что в ряде случаев позволяет достичь максимальных прочностных характеристик (в 1,5–2 раза выше, чем у стали), высокой коррозионной стойкости и износостойкости. Кроме того, данный метод реновации характеризуется экономичностью и меньшими временными затратами в сравнении с другими способами ремонта [2].

При оценке надежности оборудования производится сбор, систематизация и обработка статистических данных о наблюдениях за его работой. Для сбора информации о надежности оборудования внедряются средствами автоматизированной системы управления (АСУ) с начала эксплуатации.

Метод включения резервного блока на предприятии дает возможность получения заданных уровней надежности, что нашло широкое применение в практике.

Для повышения надежности сложных систем и отдельных объектов имеются основные пути:

- повышение надежности элементов системы;
- введение различного вида избыточности (введение различного вида резерва);
- конструктивные мероприятия (например, нивелирование возможных вибраций, определение статически неопределимой конструкции как статически определимой);
- использование всевозможных защитных покрытий твердым металлом, полимерами и т. д.;
- принципиальное изменение функционирования системы данного назначения [3].

Более подробное рассмотрение данных аспектов подлежит раскрытию при выполнении наших выпускных квалификационных работ.

#### Библиографический список

1. Tekhnologicheskiiy\_reglament\_GGP\_2012\_posl
2. О.И. Прокопьев, А.В. Мочалов, А.Е. Васюков, Н.В. Прокопьева, ООО «Сканди-М» Квалифицированный ремонт оборудования с применением композитов [Электронный ресурс] / О.И. Прокопьев, А.В. Мочалов, А.Е. Васюков, Н.В. Прокопьева // Территория нефтегаз. – 2015. - № 12 – Режим доступа: <http://www.neftegas.info/tng/12-2015/kvalifitsirovannyyu-remont-oborudovaniya-s-primeneniem-kompozitov-/>;
3. Шубин В.С., Рюмин Ю.А. Надёжность оборудования химических и нефтеперерабатывающих производств. – М.: Химия, Колос, 2006.- 359с.: ил.-Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений.128-144 с.;

Научный руководитель: Мозырев А.Г., канд. техн. наук, доцент.

### **Использование гидроизомеризации для снижения содержания бензола в топливах**

*Чащин Е.М.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Один из путей улучшения экологических показателей бензинов – снижение содержания ароматических углеводородов, в особенности, бензола. Проблема снижения содержания бензола в бензинах остро стоит перед отечественной нефтепереработкой. Базовым компонентом автомобильных топлив является катализат риформинга (риформат), в котором содержится большое количество ароматики. Для получения бензинов, отвечающих требованиям ЕВРО, необходимо вовлечение в компаундирование высокооктановых неароматических компонентов.

В Западной Сибири планируется строительство установки изомеризации легкой бензиновой фракции на Сургутском ЗСК (ООО «Газпром переработка»). Установка состоит из нескольких секций, включая как секцию изомеризации легких бензиновых фракций, так и секцию выделения бензолсодержащей фракции с последующей гидроизомеризацией.

В данный момент снижение содержания бензола в бензинах осуществляется за счёт повышения температуры начала кипения сырья установок риформинга. Сейчас сырьём установок риформинга УКР (секция 100) и *Petrofac* является тяжёлая бензиновая фракция 110 – 180 °С. Даже с началом кипения в 110 °С доля бензола в бензинах составляет 0,7 ‰ из-за



реакций dealкилирования и трансалкилирования, особенно в связи с увеличением температуры в реакторе к концу регенерационного цикла. Вследствие утяжеления сырья завода (за счёт вовлечения ачимовского конденсата) нехватка сырья может привести к уменьшению производства бензинов на 250 тыс. тонн в год. Увеличение количества сырья риформинга можно обеспечить понижением температуры НК до 85 °С, но при этом полученный бензин не будет соответствовать нормам ЕВРО по содержанию бензола [1].

Для уменьшения содержания бензола в топливах существует множество методов:

- Получение циклогексана путем гидрирования выделенного бензола. Циклогексан обладает относительно низким октановым числом.
- Выделение чистого бензола с помощью экстракции характеризуется высокими эксплуатационными затратами.
- При алкилировании бензола олефинами (и другими алкилирующими агентами) можно получать алкилароматику, которая повышает число общей ароматики в бензинах. Нужно отметить дороговизну алкилирующих агентов и отсутствие олефиновых мощностей на заводе.
- Совместная изомеризация бензола с головными фракциями ухудшает термодинамику реакций, что значительно снижает октановое число продуктов.
- Гидроизомеризация позволяет без потери октанового числа получать компонент топлив гидроизомеризат, который практически не содержит ароматики.

Таким образом, гидроизомеризация представляется наиболее перспективной. Описание процесса: с установок риформинга риформат объединённым потоком поступает в колонну выделения бензолсодержащей фракции, которая отводится боковым потоком. Полученная фракция поступает на секцию гидроизомеризации в последовательно расположенные реакторы, где происходит гидрирование бензола до циклогексана с последующей изомеризацией до высокооктанового метилциклопентана. Одновременно происходит изомеризация сопутствующих компонентов бензолсодержащей фракции (метилгексаны, гексан и т.д.). С использованием средств моделирования химико-технологических процессов Aspen HYSYS 8.6 получены следующие данные: выход стабильного гидроизомеризата составляет 98 %, а его октановое число по исследовательскому методу 79 пунктов. Содержание бензола в полученном продукте составляет 0,54 ‰.

При компаундировании содержание бензола в бензине составляет 0,12 ‰. Ввод секции гидроизомеризации позволяет загрузить установки риформинга на проектную мощность и предотвратить снижение производства бензинов, а также значительно улучшит экологические свойства полученных бензинов.

В качестве дополнения к стандартной схеме возможно вовлечение кубового продукта колонны деизогексанизации секции изомеризации легкой бензиновой фракции, который представлен преимущественно гексаном и циклогексаном. Это позволит дополнительно увеличить октановое число гидроизомеризата на 3 – 4 пункта [2].

#### Библиографический список

1. Чащин, Е. М. Оптимизация производства моторных топлив Сургутского ЗСК [Текст] / Е. М. Чащин, С. П. Семухин // Нефть и газ Западной Сибири : сб. науч. тр. / ТюмГНГУ. – Тюмень, 2015. – С. 228-229.
2. Чащин, Е. М. Реконструкция реакторного блока установки изомеризации с переходом на циркониевый катализатор СИ-2 [Текст] / Е. М. Чащин // Новые технологии нефтегазовому региону : сб. науч. тр. / ТюмГНГУ. – Тюмень, 2016. – С. 174.

Научный руководитель: Яковлев Н.С., канд. техн. наук, доцент.

### Технический парафин Т-1

*Чубарова В.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Парафин - это воскоподобное вещество, представляющее собой смесь твердых углеводородов предельного ряда состава  $C_{18}H_{38}$ - $C_{35}H_{72}$ , получаемое в результате нефтепереработки. Парафин - вещество белого цвета кристаллического строения с молекулярной массой 300 - 450, в расплавленном состоянии маловязкий.

Величина и форма кристаллов парафина зависят от условий его выделения: из нефти парафин выделяется в виде мелких тонких кристаллов, а из нефтяных дистиллятов и дистиллятных рафинатов селективной очистки - в виде крупных кристаллов. Размер кристаллов зависит от скорости охлаждения, чем быстрее протекает процесс охлаждения, тем мельче кристаллы и наоборот [1].

Парафин не растворим в воде, но растворим в большинстве органических жидкостях: бензине, эфире, жирных и эфирных маслах. Состав и свойства парафинов зависят от природы нефти и от способа получения этих продуктов. Температура плавления 45-52°C, температура кипения 350°C. Отсутствие циклических углеводородов в парафинах создает повышенное напряжение в них и делает систему хрупкой, что приводит к возрастанию прочности.

В зависимости от степени очистки и области применения множество марок твердых парафинов [2].

Подробнее разберем характеристику твердого технического очищенного парафина Т-1.

Парафин нефтяной Т-1 (ГОСТ 23683-89) - твердый очищенный парафин технического назначения, смесь твердых углеводородов метанового ряда. Основные эксплуатационные характеристики: в расплавленном состоянии маловязкий. Является горючим веществом с температурой вспышки не ниже 160°C и температурой самовоспламенения не ниже 300°C.

Технический парафин Т-1 применяют в производстве свечей, бытовой химии, технических кремов (например, крема для обуви или технической смазки), в качестве водостойкая пропитка при изготовлении тары и упаковочных материалов технических сортов бумаги, в деревообработке как смазка абразивных агрегатов и трущихся деревянных поверхностей, в металлургии (смазка форм, для выплавляемых моделей) [3].

Таблица 1

Технические характеристики Т-1

Наименование показателя	Норма по ГОСТ (ТУ)
Внешний вид и цвет	Кристаллическая масса белого цвета, допускаются оттенки серого или желтого
Температура плавления, °С	52-58
Массовая доля масла, %, не более	1,8
Цвет, условие марки, не более	11
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие
Содержание механических примесей	Отсутствие

Твердый парафин марки Т-1 транспортируется в герметично упакованных целлофановых пакетах.

Т-1 рекомендуется хранить в расплавленном состоянии при температуре не более 80°C, а в твердом - 45°C. При этом в обязательном порядке необходимо исключить попадание воды. Парафин марки Т-1 имеет гарантийный срок хранения два года.

Парафин Т-1 считают горючим веществом и относят к четвертому классу опасности. Производственное помещение должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией, для того чтобы снизить концентрацию вредных веществ. Также стоит отметить, что парафин Т-1 пожароопасен, поэтому его нельзя хранить и использовать вблизи открытого огня. По этой причине искусственное освещение необходимо делать во взрывобезопасном исполнении.

Что же касается воздействия парафина на организм человека, он оказывает благоприятное действие на кожу. Лечение парафином помогает улучшить лимфо- и кровообращение, повысить тканевый обмен.

В результате парафинотерапии кожа становится нежной и эластичной. При местном использовании парафина достигается лечебный эффект, который заключается в антиспастическом и рассасывающем действии [4].

#### Библиографический список

1. <http://optneft.ru/parafiny/item/457-parafin-t-1/457-parafin-t-1>
2. <http://www.vot-nn.ru/production/paraffin/>
3. <http://www.reachem.ru/catalog/p/parafin/>
4. [http://www.newchemistry.ru/gost/gost\\_info.php?g\\_id=33](http://www.newchemistry.ru/gost/gost_info.php?g_id=33)

#### **Анализ современного ассортимента депрессорных присадок к дизельным топливам**

*Юлдашева Г.Р., Яковлев Н.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время в условиях активно развивающихся северных регионов актуальной проблемой является дефицит топлив с улучшенными низкотемпературными характеристиками. Известно, что нефтепродукты, получаемые из малопарафинистых нефтей нафтенового основания, обладают удовлетворительными температурными характеристиками [1]. Однако такие ресурсы сырья практически исчерпаны, поэтому возникла необходимость в переработке и получении указанных нефтепродуктов из парафинистых нефтей.

Существует несколько способов улучшения низкотемпературных характеристик зимних сортов дизельных топлив. Наиболее экономически выгодным является введение депрессорных присадок в топливо, так как при получении низкозастывающих дизельных топлив по этому способу не требуется применения предварительных высокостоящих и энергозатратных процессов дегидроизомеризации и депарафинизации. Кроме того, этот способ отличается целесообразностью использования ресурсов нефтяного сырья, так как не предполагает облегчения фракционного состава [2].

Высокоэффективные депрессорные присадки, как правило, представляют собой растворы активного вещества, непосредственно обеспечивающие депрессорные свойства, в органическом растворителе, позволяющие снизить температуру застывания не депарафинированных высокозастывающих нефтепродуктов.

В настоящее время известные депрессорные присадки к дизельным топливам по их химической природе можно классифицировать следующим образом:

- сополимеры этилена с полярными мономерами;
- продукты полиолефинового типа;

- полиметакрилатные присадки, химические вещества неполимерного типа [3].

При первых разработках молекулы присадок в большом количестве включали в себя соответствующие функциональные группы, например аминные, так как использовалась идея создания на поверхности зародившихся кристаллов электрического заряда, благодаря которому они будут отталкиваться друг от друга, не вырастая в крупные образования.

Низкотемпературные свойства дизельных топлив характеризуются такими показателями, как температура помутнения, предельная температура аилтруемости и температура застывания.

При температуре помутнения выпадающие из топлива наиболее высокоплавкие *n*-алканы находятся в мелкодисперсном состоянии и обычно не закупоривают топливные фильтры. При температурах топлива, близких к температуре застывания, кристаллы *n*-алканов срачиваются, образуют пространственную решетку и упрочняются. В этот момент топливо теряет подвижность и его прокачиваемость практически прекращается [3].

В дизельных топливах содержится довольно много углеводородов с высокой температурой плавления. Наиболее высокие температуры плавления имеют парафиновые углеводороды с длинной неразветвлённой цепью углеводородных атомов. Исследования показали, что при охлаждении дизельных топлив в первую очередь выпадают парафиновые углеводороды нормального строения [3].

В настоящее время лишь импортные производители готовы предоставить большой ассортимент качественных депрессоров, диспергаторов и депрессорно-диспергирующих присадок под любое отечественное базовое ДТ - это присадки таких фирм как: Clariant (серия Dodiflow), BASF (серия Keroflux), Innospec (серия OFI), Infineum, Lubrizol и др. Отечественных диспергаторов парафина на рынке пока практически нет, можно назвать только один выпускаемый диспергатор фирмы Депран-ДП, депрессор ВЭС 410, депрессор-диспергаторы Миксент-2020 и АддиТОП ДДП, однако информации о промышленном внедрении этих присадок нет. Существует много исследований эффективности зарубежных присадок в топливах, а также работы по разработке отечественных присадок [2-5].

Приёмистость различных парафинистых топлив к депрессорным присадкам, иначе говоря, эффективность действия последних, исследована в статье [2]. Авторами были исследованы две серии опытных образцов депрессорных присадок типа сополимеров этилена с винилацетатом – ВЭС с различной концентрацией активного вещества (звеньев ВА) на десяти промышленных образцах нефтяных фракций различного фракционного и углеводородного состава.

В [3] проводится анализ эффективности действия депрессорной присадки в зависимости от фракционного состава дизельного топлива. В дизельные топлива с различным фракционным составом ввели депрессор-

ную присадку Keroflux 6100, отвечающая за снижение предельной температуры фильтруемости и температуры застывания топлив и диспергатор парафинов Keroflux 3614, обеспечивающий седиментационную устойчивость топлива при холодном хранении. Авторами было установлено, что чем уже температурные пределы выкипания дизельного топлива, тем менее эффективны известные депрессорные присадки.

Работа [4] посвящена исследованию эффективности зарубежных депрессорных присадок в дизельных топливах. Использовали присадки Keroflux 3501, Keroflux 5696A, Dodiflow 7118, Dodiflow 5817, Dodiflow 4971 и Ofi 8863, отличающиеся по химическому строению. Опыт проводили на трех видах топлив: летнее и судовое дизельные топлива, а также топливо УФС. По результатам работы, был сделан вывод, что эффективность присадок определяется физико-химическими свойствами дизельных топлив и n-алканов, входящих в состав топлив.

Также интересны исследования [5], в которых дается сравнительная оценка технико-экономических показателей депрессорных присадок. Авторами получен итоговый показатель, отображающий экономическую целесообразность покупки и применения той или иной присадки. Результатом работы является разработка отечественной присадки, которая полностью удовлетворяет физико-химическим требованиям, проста по способу синтеза и низкочувствительна в производстве, поскольку базовыми компонентами присадки являются продукты промышленного нефтехимического производства.

Таким образом, анализ литературных данных показал, что существующие зарубежные полимерные присадки достаточно эффективны и справляются с задачей улучшения низкотемпературных характеристик дизельных топлив, однако существенным недостатком является их дороговизна. Перспективным направлением является разработка отечественных присадок из неполимерных материалов. Кроме того, множество исследований указывают на то, что эффективность действия всех присадок определяется физико-химическими свойствами и составом дизельных топлив. Поэтому в большинстве случаев производители присадок эмпирически подбирают уникальную рецептуру депрессора и диспергатора под топливо конкретного НПЗ.

#### Библиографический список

1. Агаев С.Г. Улучшение низкотемпературных свойств дизельных топлив: Монография/ С.Г. Агаев, А.М. Глазунов, С.В. Гульятев, Н.С. Яковлев. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2009. – 145 с.
2. Рудко В.А. Изучение приёмистости дистиллятных компонентов дизельных и судовых топлив к депрессорным присадкам [Текст] / В.А. Рудко, А.А. Шайдулина // Молодая нефть: сб. статей Всерос. молодежной науч.-техн. конф. нефтегазовой отрасли / Сиб. федер. ун-т. – Красноярск, 2014. – с. 47-51.

3. Мухторов Н.Ш., Карпов С.А., Капустин В.М. Эффективность депрессорных и диспергирующих присадок в зависимости от фракционного состава дизельных топлив// Н.Ш. Мухторов, С.А. Карпов, В.М. Капустин. – Нефтепереработка и нефтехимия. – 2012. - № 10. – с. 46-48.

4. Депрессорно-диспергирующие присадки для дизельных топлив / Г.Р. Юлдашева, Т.О. Новикова, Н.С. Яковлев, С.Г. Агаев // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе [Текст]: материалы Междунар. науч.-практ. конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов / ТИУ. – Тюмень, 2016. - с. 258-261.

5. Храмцов М.С., Демина А.А., Прохорченко И.М. Сравнительная оценка технико-экономических показателей депрессорных присадок к дизельному топливу// М.С. Храмцов, А.А. Демина, И.М. Прохорченко. – Фундаментальные исследования. – 2014. - № 9. – с. 649-652.

Научный руководитель: Яковлев Н.С., канд. техн. наук, доцент.

## СЕКЦИЯ «Машиностроение, материаловедение»

### К разработке универсального редуктора-распределителя к ВОМ хлопководческого трактора

*Алимова Ф.А., Примкулов Б.Ш., Шеркобилов С.М.*

*Ташкентский государственный технический университет, г. Ташкент*

Среди большого разнообразия приводов машин наибольшее распространение получили механические приводы. При этом их конструктивные решения могут быть самыми разными и дело конструктора найти оптимальный вариант. Из всех передаточных механизмов механические приводы общего назначения получили наибольшее распространение в приводах технологических и легких транспортных машин. Обобщенная схема механического привода рабочей машины включает в себя двигатель, передаточный механизм, рабочую машину и соединительные муфты. И поскольку угловые скорости вала двигателя и ведущего вала рабочей машины, как правило, не равны между собой, для согласования в механическом приводе применяется механизм, состоящий из набора механических передач [1].

Обычно такой механизм называют раздаточным (распределительным) редуктором. Хлопководческие тракторы АО «Ташкентский завод сельскохозяйственной техники» серии ТТЗ используются в агрегате не только с сельскохозяйственными машинами и орудиями, но и дорожно-строительными, коммунальными, навесными, прицепными или полуприцепными устройствами и рабочими органами. При этом потребителями мощности могут быть два или более рабочих органа. Наиболее сложной машиной, агрегируемой с трактором серии ТТЗ, является полунавесная хлопкоуборочная машина марки МХ-1,8. Привод рабочих органов вышеуказанной машины осуществляется от ВОМ трактора через раздаточный редуктор, общий вид которого показан на рисунке 1.

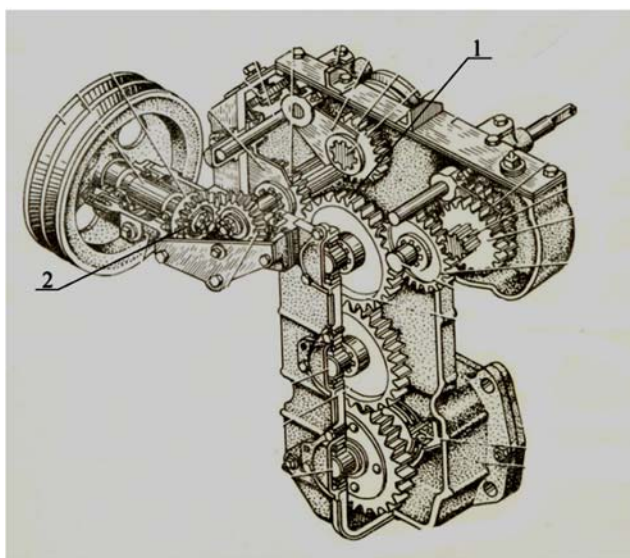


Рисунок 1. Общий вид раздаточного редуктора, применяемого для привода рабочих органов полунавесной хлопкоуборочной машины марки МХ-1,8



Раздаточный многоступенчатый редуктор состоит из основного цилиндрического редуктора 1 для привода хлопкоуборочных аппаратов и конического редуктора 2 для привода вентиляторов. Главными недостатками данной конструкции, не отвечающей современным требованиям, являются: дороговизна изготовления из-за литейного корпуса, большие габаритные размеры, вес, металлоёмкость, узкий спектр применения. На данный момент возникла необходимость разработки редуктора, отвечающего требованиям современных стандартов, экономически выгодного, универсального с точки зрения возможностей его применения для привода различных устройств и машин [2].

В предлагаемой конструкции редуктора предусмотрен сварной корпус, где размещаются косозубые шестерни. Согласно особенности геометрии косозубых цилиндрических колес, зубья располагаются не по образующей делительного цилиндра, а составляют с ней некоторый угол  $\beta$  (рисунок 2), оси колес при этом остаются параллельными. Прочность зуба определяют его размеры и форма в нормальном сечении. Форму косоугого зуба в нормальном сечении принято определять через параметры эквивалентного прямоугого колеса

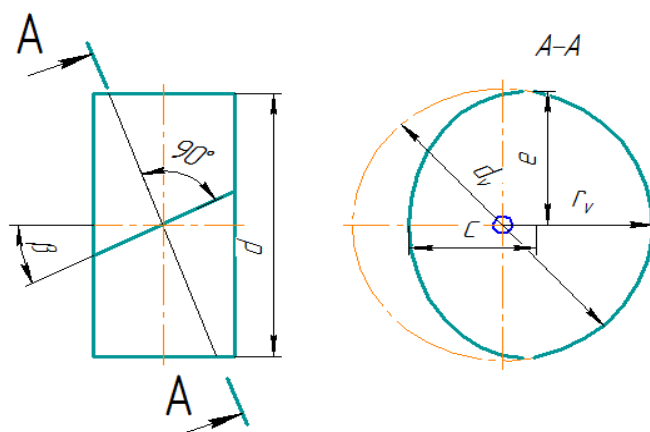


Рисунок 2. Особенности геометрии косозубых цилиндрических колес

Нормальное к зубу сечение образует эллипс с полуосями  $c = d/2$ ;  $e = d/2 \cos \beta$

Радиус кривизны эллипса равен

$$r_v = e^2/c = d/(2 \cos^2 \beta).$$

В соответствии с этим форма косоугого зуба в нормальном сечении определяется эквивалентным прямоугого колесом, диаметр которого

$$d_v = 2r_v = d / \cos^2 \beta$$

и число зубьев

Например, при  $\beta = 20^\circ$ ;  $d_v = 1,13 d$ ;  $z_v = 1,2 z$ .

Увеличение эквивалентных параметров ( $d_v$  и  $z_v$ ) с увеличением угла  $\beta$  является одной из причин повышения прочности косозубых передач. За счет наклона зубьев мы как бы получаем колесо больших размеров или при той же нагрузке можем уменьшить габариты передачи. Кроме этого косозубые передачи по сравнению с прямозубыми обладают еще и другими преимуществами: многопарность зацепления, уменьшение шума и пр., поэтому в современных передачах косозубые колеса получили преимущественное распространение [3].

На основании предварительных расчетов можно сделать следующие выводы;

- Редуктор предлагаемой конструкции позволяет переносить более высокие нагрузки, обладает повышенной износостойкостью, снижает уровень шума и вибрации.
- Современная тенденция развития приводов агрегируемых с трактором машин и орудий заключается в замене механических приводов на гидравлические, более надёжные, долговечные и легкие в управлении. Предлагаемый редуктор можно будет с успехом использовать для привода гидравлических насосов.

#### Библиографический список

1. Флик Э.П. Механические приводы сельскохозяйственных машин - М. Машиностроение, 1984.-С.272.
2. Иванов М.Н. Детали машин – Москва: «Высшая школа», 1976. – С. 161-166.
3. Барский И.Б. Конструирование и расчёт тракторов.-М. Машиностроение, 1980.-С.335.

#### **Процесс стружкообразования инструментом с укороченной передней поверхностью**

*Абрамова Е.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Познание законов распространения теплоты в зоне резания позволяет намечать пути регулирования температур, возникающих на контактных поверхностях инструмента. Было показано, как такое регулирование может быть достигнуто путем изменения теплофизических свойств и положения режущей пластинки. В ряде случаев более доступным способом является регулирование длины контактных поверхностей инструмента.

М. И. Клушин предложил применять резцы с укороченной передней поверхностью (рисунок 1).

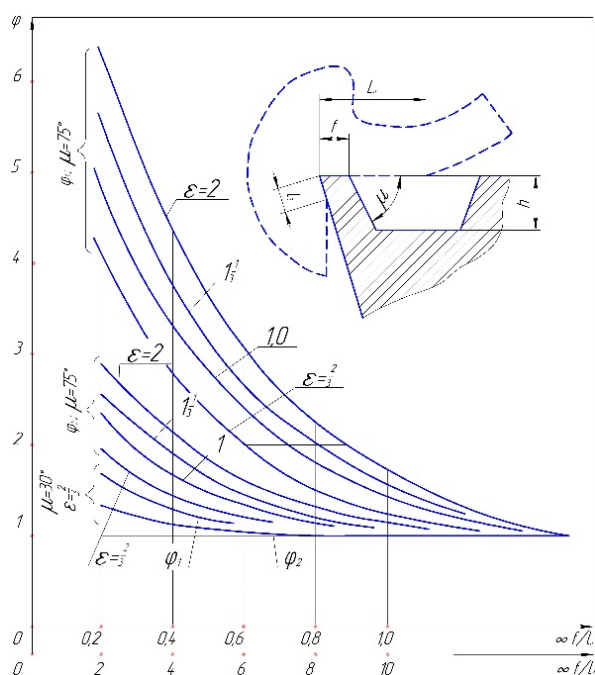


Рисунок 1. Поправочные коэффициенты  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  в зависимости от размеров фаски и конфигурации канавки резцов с укороченной поверхностью

Длина контакта  $f$  у этих резцов меньше, чем естественная длина контакта инструмента со стружкой  $l$  что приводит к ряду изменений в процессе стружкообразования, снижению сил резания и усадки стружки. М. ф. Полетика и В. С. Кушнер, изучая процесс резания резцами с укороченной передней поверхностью, установили, что средняя удельная сила трения на малой фаске не зависит ни от длины фаски, ни от переднего угла, оставаясь для данных условий величиной постоянной. Это заключение согласуется с законом распределения касательных  $\tau(\psi)$ . Если размер фаски  $f$  окажется меньшим, чем  $l_1$ , то на всей длине  $f$  будет происходить только внутреннее трение между заторможенным слоем обрабатываемого материала и стружкой [1]. Следовательно, напряжение трения во всех точках участка будет одним и тем же и равным сопротивлению сдвига  $\tau_s$ .

Особенностью процесса резания инструментами с укороченной передней поверхностью являются также меньшие, чем обычно, коэффициенты усадки стружки [2]. В связи с уменьшением коэффициента усадки при работе инструментами с укороченной поверхностью толщина стружки уменьшается, а скорость ее перемещения по направлению схода увеличивается. Это, несмотря на постоянство  $\tau_s$  (сопротивление сдвига) вызывает увеличение интенсивности теплового потока  $q$ , эквивалентного работе трения на площадке контакта инструмента со стружкой.

Важной особенностью процесса резания инструментами с укороченной передней поверхностью является затруднение теплоотвода в тело резца в связи с удалением из режущего клина части металла для образования канавки.

На изменение температуры резца, как показывает моделирование, сильное влияние оказывает форма канавки, в частности, угол  $\mu$ , под которым проведена ее передняя стенка. Увеличение  $\mu$  ведет к значительному возрастанию коэффициентов  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ .

Чтобы оценить влияние различного укорочения передней поверхности на тепловой режим в зоне резания, рассмотрим пример, ориентируясь на резец с полной передней поверхностью. По условиям (стр.97 [3]) и формуле (65)[3] получаем  $\tau_s=55$  кг/мм<sup>2</sup>. Это значение принимаем для расчета температуры трения на передней поверхности инструмента с фаской длиной  $f$  (рисунок 2). Уменьшение длины передней поверхности сильно влияет на температуру этой поверхности и значительно слабее — на температуру задней поверхности инструмента [4]. Увеличение глубины канавки  $h$  вдвое (линии 1 и 2) приводит к некоторому повышению температуры, но значительно сильнее влияет угол  $\mu$  (линии 2 и 3). Дело в том, что изменение угла оказывает существенное влияние на интенсивность итоговых потоков теплообмена  $q_n$  и  $q_3$ . При  $\mu =30^\circ$  наряду с общим снижением количества теплоты, образующейся в зоне резания при уменьшении размера фаски, улучшается и теплоотвод в резец. Наоборот, при большом угле  $\mu$  режущая часть инструмента становится тонкой и тем тоньше, чем меньше  $f$ , что сильно затрудняет теплоотвод от передней поверхности инструмента и снижает  $q_n$ . Следовательно, при больших  $\mu$  уменьшение размера фаски  $f$  действует на температуру инструмента в двух противоположных направлениях – снижает ее в связи с уменьшением общего количества теплоты, образующейся в зоне резания, и повышает в результате ухудшения теплоотвода в резец. Первый фактор оказывается более мощным, и в итоге температура на передней поверхности инструмента все же снижается, но менее активно, чем при  $\mu =30^\circ$ .

Канавка на резце даже при  $f/l_n=1$ , т. е. когда естественная длина площадки контакта не нарушается, в связи с ухудшением теплоотвода в инструмент, повышает температуру передней поверхности по сравнению с гладким резцом ( $f=\infty$ ). Работа инструментами с фаской  $f/l_n=1$  с точки зрения теплового режима инструмента невыгодна. Более того, невыгодными оказываются и некоторые другие значения  $f$ , даже при  $f/l_n<1$ . Так, в примере, показанном на рисунке 1, при  $\mu=75^\circ$  и  $\varepsilon=1$  преимущества инструментов с укороченной передней поверхностью начинают сказываться лишь при  $f/l_n<0,8$ , а когда  $\varepsilon=2$ , то при  $f/l_n<0,7$ . Чтобы снизить температуру передней поверхности инструмента, например, на 10% по сравнению с температурой гладкого резца, в условиях примера нужно применять резцы с величиной  $f/l_n=0,45\div 0,65$  в зависимости от глубины канавки и угла  $\mu$ , что соответствует размерам фасок, равным двум-трем толщинам среза. Эти цифры хорошо согласуются с рекомендациями, приведенными в работах М. И. Клушина.

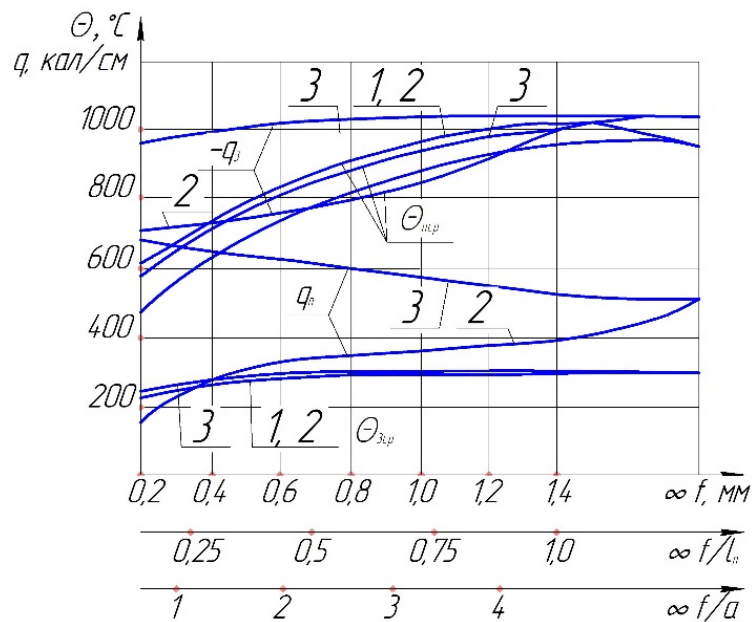


Рисунок 2. Зависимость температурного режима инструмента от длины площадки контакта для резца с укороченной поверхностью

Итак, искусственное уменьшение длины контакта резца со стружкой является важным средством регулирования теплового режима режущих поверхностей, главным образом, передней. Учитывая теплофизику процесса, целесообразно канавки на передней поверхности делать возможно меньшей глубины и с возможно меньшим углом. Размеры и форма канавки при этом должны обеспечить свободный сход стружки, без ее вторичного контакта с передней поверхностью инструмента, а также надлежащую прочность режущего клина.

#### Библиографический список

1. Артамонов, Е.В. Метод формирования условий максимальной обрабатываемости жаропрочных материалов путем высокотемпературного охрупчивания при резании: учебное пособие / Е.В. Артамонов, Д. В. Васильев, В.В. Киреев, М.Х. Утешев; Тюменский индустриальный университет.- Тюмень: Издательский центр БИК, ТИУ, 2016. – 191 с.
2. Нодельман, Макс Оленович. Стружколомание при токарной обработке [Текст]. - Челябинск : Кн. изд-во, 1963.
3. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов. М : Машиностроение, 1981. - 279 с.
4. Vasil'ev, D.V. Determining the optimal cutting speed in turning by composite cutters on the basis of the chip./ E.V. Artamonov, D.V. Vasil'ev// Russian Engineering Research. – 2014, Volume 34, Issue 6, pp 404-405.

Научный руководитель: Васильев Д.В., канд. техн. наук, доцент.

## **Расширение технологических возможностей токарных станков с ЧПУ**

*Бекарева О.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Машиностроительную отрасль промышленности можно рассматривать как основную движущую силу эволюции человека. Так как именно развитие различного вида машин заменило собой эволюцию человека как биологического вида, обеспечивая наиболее комфортное существование в условиях окружающей среды. Таким образом именно недостаточное развитие машиностроения, ограничивает возможности повышения эффективности, сопутствующих отраслей: энергетики, сельского хозяйства, химического производства – ответственных за комфортное существование человека. Недостаточное развитие технологических возможностей оборудования приводит к торможению научно-технического прогресса.

Расширение технологических возможностей оборудования напрямую связано с повышением гибкости и достижением высокого уровня автоматизации производства, необходимого для быстрой смены номенклатуры выпускаемой продукции в целях достижения максимальной конкурентоспособности.

Отмечается, что расширение технологических возможностей оборудования нетривиальная задача, её решение невозможно без привлечения современной вычислительной техники и использования имитационного моделирования как работы изделия, так и его изготовления.

Широкое распространение в современном механообрабатывающем производстве станков с ЧПУ приводит к появлению еще одной проблемы, требующей решения – снижение качества продукции производимой технологической системой в процессе эксплуатации. Дело в том, что любой материальный объект подвержен такому явлению, как старение, т.е. постепенному ухудшению его первоначальных характеристик.

Технологическая система не является исключением из этого правила, она также подвержено ухудшению своих эксплуатационных характеристик со временем, причем этот процесс протекает тем быстрее, чем интенсивнее используются возможности технологической системы.

Одной из главных эксплуатационных характеристик технологической системы является ее способность обеспечивать требуемую размерную точность и качество обрабатываемой поверхности при минимальных производственных затратах. Ухудшение способности технологической системы обеспечивать требуемую размерную точность, связано со многими физическими явлениями, протекающими в процессе эксплуатации.

В подавляющем большинстве случаев разработка управляющих программ для станков с ЧПУ ведётся либо с использованием САПР, либо осуществляется встроенными средствами моделирования, непосредствен-

но на панели управления ЧПУ. Надо заметить, что при этом и САПР, и панель управления ЧПУ работают с абстрактной идеализированной математической моделью, обрабатываемой детали и квазижесткой технологической системой, не претерпевающей в процессе обработки резанием деформаций и изменений пространственного положения исполнительных органов. Следовательно, погрешности, возникающие при реализации управляющих программ, созданных с помощью средств САПР или панели управления ЧПУ, на реальной технологической системе, будут унаследованы обрабатываемой деталью [1]. Таким образом конструктор передает технологу-программисту геометрическую модель предмета труда, заранее обреченную на возникновение погрешностей, связанных с упругими силовыми деформациями технологической системы. Решение данной проблемы лежит в изменении геометрической модели предмета перед генерацией УТ и созданием управляющей программы (УП).

В общем виде алгоритм работы по учету погрешностей связанных с упругими силовыми деформациями технологической системы выглядит следующим образом:

- определение схемы базирования и закрепления предмета труда;
- расчет составляющих силы резания, возникающей в процессе обработки;
- создание геометрической модели предмета труда в САД-системе;
- моделирование процесса обработки в системе конечно-элементного анализа, с целью определения величины, возникающих деформаций;
- запись исходной геометрической модели в формате STEP;
- замена строк в файле содержащем геометрическую модель предмета труда.

Ключевая роль в данном способе отводится средству конечно-элементного анализа, позволяющего получить конкретные величины деформаций.

Для определения величины вводимых корректировочных данных было использовано конечно-элементное моделирование в программном комплексе SolidWorks Simulation. Для ввода коррекций необходимо прибегнуть к использованию записи модели в формате STEP, для того, чтобы в дальнейшем выявить строки, отвечающие за геометрию детали и ввести изменения в их значениях.

Для оценки эффекта от использования измененной геометрической модели были проведены статистические исследования. Произведя обработку двух партий деталей в которых для первой партии управляющая траектория была создана на основании исходной геометрической модели, а для второй партии управляющая траектория была создана на основании измененной геометрической модели. В качестве контролируемого параметра будет выступать максимальное отклонение диаметрального размера

от номинального, заданного чертежом, в сечении максимально удаленном от поверхности закрепления.

Сделав допущение, что обе выборки подчиняются нормальному закону распределения определили, что основными параметрами, характеризующими закон нормального распределения, являются среднеарифметическое значение и среднеквадратическое отклонение. Так как среднеарифметическое значение будет являться несмещённой оценкой математического ожидания (среднее значение, одна из важнейших характеристик распределения вероятностей случайной величины), а среднеквадратическое отклонение наиболее употребительная мера рассеяния. В результате экспериментальной проверки гипотезы и анализа полученных данных в ходе расчётов, были сделаны следующие выводы:

- произошло смещение математического ожидания получения фактического размера в сторону номинального размера;
- уменьшилась область рассеяния значений фактического размера относительно математического ожидания.

Это дает основания говорить об эффективности предложенного способа повышения размерной точности обработки на технологическом оборудовании с ЧПУ.

#### Библиографический список

1. Моделирование технологических процессов диагностики и управления обработкой на станках с ЧПУ. Некрасов Р.Ю., Стариков А.И., Кусков К.В. Путилова У.С., Соловьев И.В. Известия высших учебных заведений: Нефть и газ. 2015. № 3. С. 98 – 103.

Научный руководитель: Соловьев И.В., ассистент.

#### Альтернативная энергетика

*Бондарь М.О.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Как известно, в последние годы большинство стран мира переходят на альтернативную энергетику. Это объясняется тем, что солнечный свет и ветер практически не загрязняют окружающую среду и не расходуются при использовании. Помимо солнечного света и ветра существуют и другие источники энергии.

Под альтернативной энергетикой подразумевается совокупность подающих большие надежды способов получения, использования и передачи энергии.





Рисунок 1. Виды энергетики

Представленные на рисунке 1 виды альтернативной энергетики используются в России. Разберем каждый из видов отдельно.

Как известно, Россия обладает самым большим мировым ветропотенциалом. Ветровые зоны, которые считаются одними из самых крупных в России расположены в основном в районах Дона, Средней и Нижней Волги, на побережьях Балтийского, Охотского, Чёрного, Каспийского, Баренцева и Азовского морей, на островах Северного Ледовитого океана, на Байкале, на Алтае, в Карелии и в Туве. На сегодняшний день Российские ВЭС производят около 16 МВт ветроэнергии [1].

Российская солнечная энергетика развивается достаточно медленно. Доля солнечной генерации в энергетическом балансе страны составляет 0,001%. Белгородская и Краснодарская области, Республика Алтай наиболее развитые регионы нашей страны в отрасли солнечной

энергетики. Самые крупные на сегодняшний день солнечные электростанции: Кош-Агачская СЭС мощностью 5 МВт и крымская СЭС «Перово» мощностью 105 МВт [2].

В настоящее время в России существует три геотермальные электростанции, которые расположены на территории Камчатки. Развитие ГеоЭС является достаточно перспективным направлением, так как запасы геотермальной энергии довольно велики, ведь только в верхнем слое Земли содержится свыше 1020 Дж теплоты. Сегодня геотермальные источники обеспечивают Камчатку до 25% от общего энергопотребления [3].

В России существует 13 ГЭС с мощностью более 1 тыс.МВт каждая. Суммарная мощность всех ГЭС равна 25,6 тыс.МВт. Одной из самых важных особенностей гидроэнергетических ресурсов является их возобновляемость. Так как отсутствует потребность в топливе для работы ГЭС, то это определяет низкую себестоимость вырабатываемой электроэнергии. Но несмотря на всё это, у ГЭС есть большой минус. Он заключается в том, что происходит затопление плодородных земель, из-за этого почва теряет влагу и исчезают многие виды растительности. В результате моря и океаны теряют ценные биогенные вещества [4].

Общий потенциал энергии мирового океана составляет около 800 ГВт. Такое количество энергии способно обеспечить до 15% мирового электропотребления. Россия имеет большие возможности для разработки приливных электростанций. От энергии приливов может быть выработано более 120 ГВт мощности. В нашей стране существует экспериментальная станция – Кислогубская ПЭС, находящаяся в Мурманской области, мощностью 400 кВт [5].

На рисунке 2 представлена диаграмма показателей мощностей альтернативной энергетики в России.

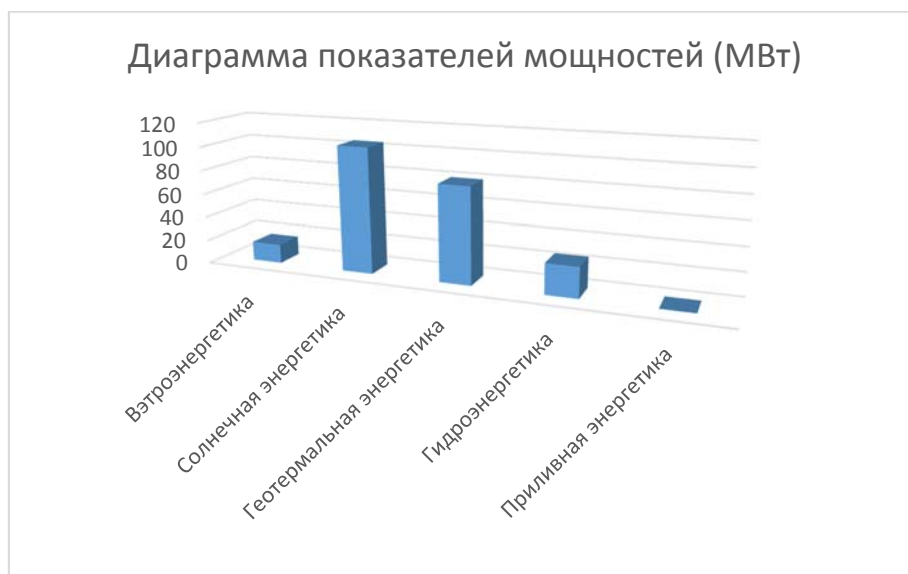


Рисунок 2. Диаграмма показателей мощностей

Исходя из всего прочитанного можно сделать вывод о том, что самой перспективной альтернативной энергетикой можно считать ветровую энергетiku. ВЭС не наносит вреда окружающей среды, происходит экономия на топливе, низкие затраты на техническое обслуживание и эксплуатацию, минимальные потери при передаче энергии. В дальнейшем возможно, что 30% от всего производства электроэнергии в России, будет вырабатываться именно ВЭС.

#### Библиографический список

1. Ветроэнергетика: перспективы, плюсы и минусы [Электронный ресурс]– Режим доступа: <http://altenergiya.ru/veter/vetroenergetika-plyusy-i-minusy.html>
2. Солнечная энергетика в России [Электронный ресурс]– Режим доступа: <http://altenergiya.ru/sun/zelyonaya-generaciya-v-rossii-chto-meshaet-poluchat-elektrichestvo-i-teplo-ot-solnca.html>
3. Альтернативная энергетика России: перспективы развития [Электронный ресурс]– Режим доступа: <http://www.cleandex.ru/articles/2015/01/22/>
4. Будущее ГЭС и перспективы других технологий электроэнергетики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://altenergiya.ru/apologiya/perspektivy-texnologij-elektroenergetiki.html>
5. Приливная энергетика в России [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.cleandex.ru/articles/2015/12/27/hydropower13>

Научный руководитель: Теплоухов О.Ю., канд. техн. наук, доцент.

#### Геотермальные электростанции

*Бочков И.Ю.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Геотермальная энергия — это такая энергия, которая получается из природного тепла Земли. Для выработки тепла из недр Земли необходимо бурить скважины. Известно, что геотермический градиент в скважине увеличивается на 1 °С каждые 36 метров. Тепло доставляется на поверхность в виде пара или горячей воды. Такое тепло может использоваться как непосредственно для обогрева домов и зданий, так и для производства электроэнергии. Термальными регионами располагают большинство стран мира. Запасы геотермальной энергии огромны. Геотермальная энергия в ряде стран (Венгрии, Исландии, Италии, Мексики, Новой Зеландии, России, США, Японии) широко используется для теплоснабжения, выработки

электроэнергии. В Исландии за счет геотермальной энергии обеспечивается 26,5% выработки электроэнергии. Для выработки и полноценной переработки геотермальной энергии в электроэнергию необходимы геотермальные электростанции.

Различают пять основных типов геотермальной энергии: нормальное поверхностное тепло Земли на глубине от нескольких десятков до сотен метров; парогидротермальные системы – месторождения пара и самовыливной пароводяной смеси; гидротермальные системы, то есть резервуары горячей или теплой воды, в большинстве случаев самовыливной; парогеотермальные зоны или теплота сухих горных пород.

Геотермальная электростанция — это особый вид электростанций, которые вырабатывают электрическую энергию путем добычи тепловой энергии из парогидротермальных месторождений.

Однако такие парогидротермальные месторождения расположены в районах сейсмической активности. На геотермальных электростанциях паровоздушная смесь из природного источника, поступающая на поверхность по скважинам, направляется в сепараторационные устройства, где пар отделяется от воды и различного мусора. Отсепарированный пар поступает в паровую турбину, а вода температурой в 120 °С используется для теплоснабжения и других целей. В некоторых случаях перед турбиной устанавливаются устройства, предварительно очищающие пар от агрессивных газов. Главным отличием от других тепловых электростанций, на геотермальных электростанциях отсутствует котельный цех; практически геотермальная электростанция состоит лишь из машинного зала и помещения для электротехнических устройств. Себестоимость производимой электроэнергии на электростанциях такого рода значительно ниже, чем на тепловых электростанциях.

Самыми экологически чистыми считаются геотермальные электростанции Бинарного типа. Кроме подземной воды используют дополнительную жидкость или газ с более низкой точкой кипения, например фреон. При пропускании через теплообменник, горячая вода преобразует дополнительную жидкость до состояния пара, который приводит в действие турбины.

Электростанции, в основу которых входит геотермальная энергия, способны функционировать при довольно низких температурах подземной воды, от 100 до 190 °С. В будущем геотермальные станции бинарного типа могут стать наиболее востребованными, поскольку большинство геотермальных источников в России имеют температуру воды намного ниже 190 °С. Схема геотермальной станции смешанного типа представлена на рисунке 1.

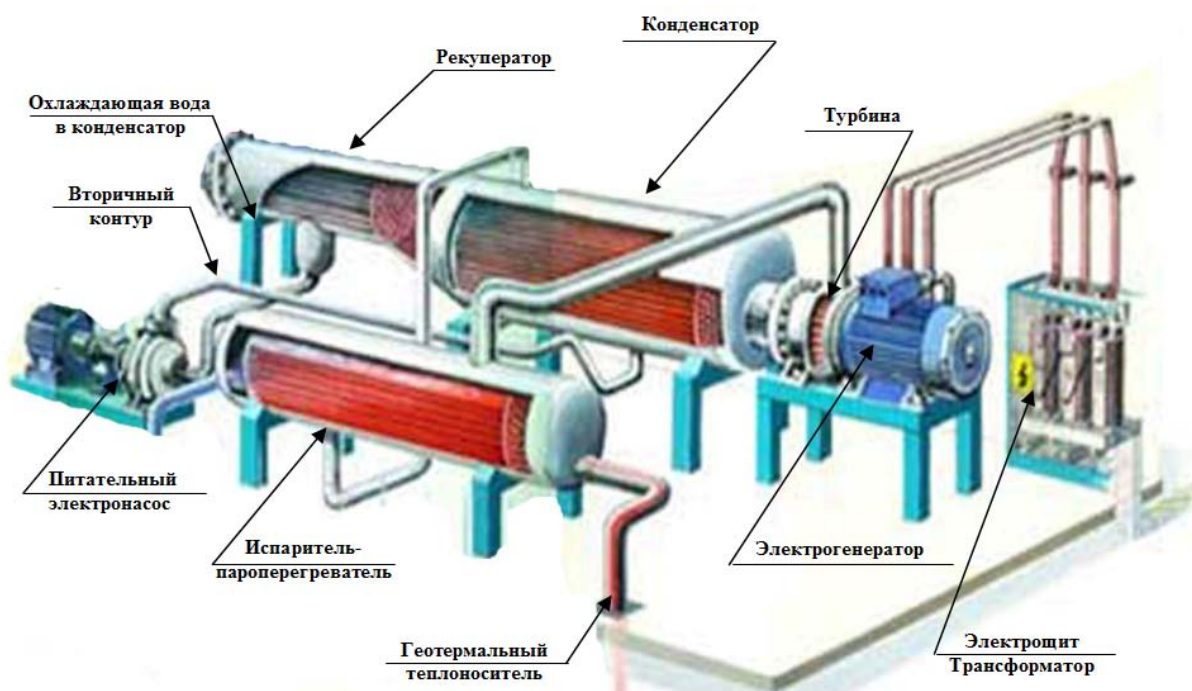


Рисунок 1. схема Бинарной электростанции

Бинарный вид электростанции используется на острове геотермальная электростанция на острове Кунашир рядом вулканом Менделеев. Мощность станции — 3,6 МВт. В 2011 году станция прошла модернизацию, результатом которой стало достижение мощности в 7,4 МВт. Станция Менделеева предназначена для теплоснабжения и электроснабжения города Южно-Курильска. Курильские острова располагают ресурсами позволяющие выработать 230 МВт электроэнергии, что способствует удовлетворению всех потребностей региона в тепле, горячем водоснабжении, а самое главное – в энергетике.

Интерес к альтернативным источникам энергии неуклонно растёт последние годы. Простой и безотходный метод переработки геотермальной энергии в процессе производства оказывается экономически выгодным. С развитием методов бурение, себестоимость скважин от которых зависят геотермальные электростанции, станут дешевле. Например, если использовать метод выжигания где бы не происходил непосредственный контакт инструмента с породой, тогда инструмент будет служить дольше и пропадет необходимость в ее постоянной замене. Такой метод поспособствовал бы установления геотермальных станций там, где не наблюдается сейсмическая активность, а не дорогое и безотходное сырье, сделало бы себестоимость выработки электроэнергии намного дешевле.

### Библиографический список.

1. <https://ru.wikipedia.org> – Геотермальные электростанции;
2. [http://www.manbw.ru/analitycs/geothermal\\_power\\_stations\\_plant.htm](http://www.manbw.ru/analitycs/geothermal_power_stations_plant.htm) – Что такое геотермальная электростанция;
3. <http://altenergiya.ru/termal/geotermalnaya-energetika-v-rossii.html> – Геотермальные станции в России.
4. <http://tesiaes.ru/?p=8347> – Геотермальные станции за рубежом.

Научный руководитель: Теплоухов О.Ю., канд. техн. наук., доцент.

### **Исследование влияния доменного гранулированного шлака на свойства гипса**

*Вахрушев Д.А., Иозефатова А.И.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

За последние годы на строительном рынке возрастает потребность в материалах на основе гипсовых вяжущих. Гипс ввиду низких энергозатрат на его производство является привлекательным и перспективным вяжущим для производства строительных материалов.

Однако ряд эксплуатационно-технических свойств гипсовых изделий характеризуются низкими показателями и определяют их эксплуатацию только в воздушно-сухих условиях. Во многом причиной низкой водостойкости гипсовых изделий является их высокая пористость. Одним из направлений решения данной проблемы является модификация гипсового вяжущего активными минеральными добавками (АМД) [1]. АМД в виде тонкодисперсных порошков позволяют за счет микроразмерности зерен и их гидравлической активности уплотнить структуру гипсового конгломерата.

В качестве АМД могут выступать как природные материалы, так и вторичные ресурсы производства. В целом при производстве строительных материалов применение в качестве сырьевых компонентов техногенных отходов является приоритетным направлением.

В данном научном исследовании были проведены эксперименты по изучению влияния тонкомолотого шлака на физико-механические свойства гипсового вяжущего.

В работе использовался доменный гранулированный шлак с содержанием оксидов: SiO<sub>2</sub> – 35,4%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 16,9%, CaO – 34,9%, MgO – 8,9%, Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O – 2,1%.

Предварительно измельченный шлак с поверхностью 2800 см<sup>2</sup>/г вводился в гипсовое вяжущее в дозировках 10, 20, 30, 40 и 50 % от массы

вяжущего. Свойства гипсового теста и камня определялись по стандартным методикам.

Оптимальное количество воды затворения для гипсового вяжущего является одним из основных факторов, влияющих на структурную пористость, что в свою очередь непосредственно отражается на прочности гипсового камня в целом. Результаты, полученные при испытании гипсового теста, представлены на рисунках 1 и 2.

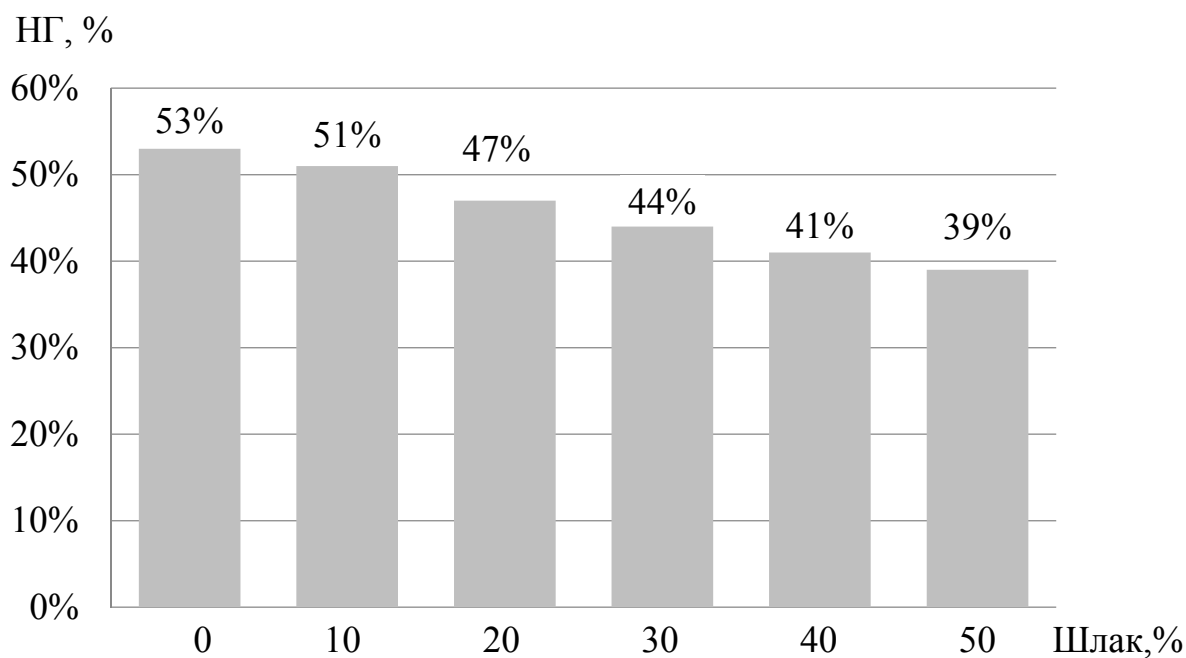


Рисунок 1. Влияние %-го содержания шлака на водопотребность гипсового теста

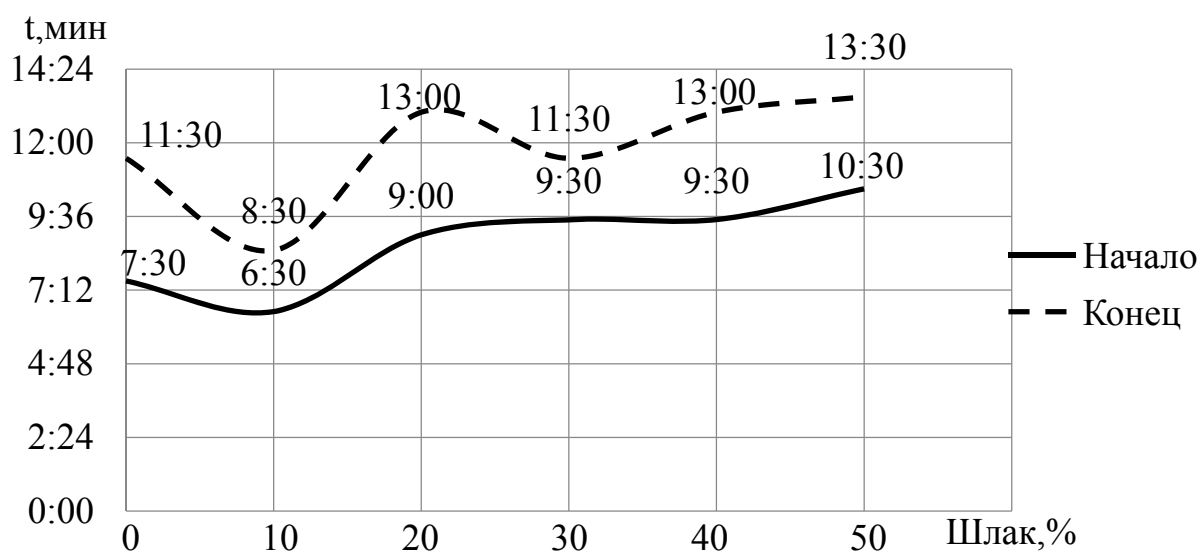


Рисунок 2. Влияние %-го содержания шлака на сроки схватывания гипсового теста



Полученные результаты свидетельствуют о том, что при увеличении дозировки молотого шлака количество воды затворения уменьшается. При этом сроки схватывания удлиняются не значительно.

Из теста формовались образцы размером 16<sup>x</sup>4<sup>x</sup>4 мм. Хранение образцов контрольного состава (без шлака) осуществлялось при комнатной температуре и влажности, хранение составов со шлаком осуществлялось при температуре 20±2 °С и относительной влажности воздуха 100%. По истечении 7-ми суток образцы испытывались на прочность при изгибе и сжатии (рисунок 3).

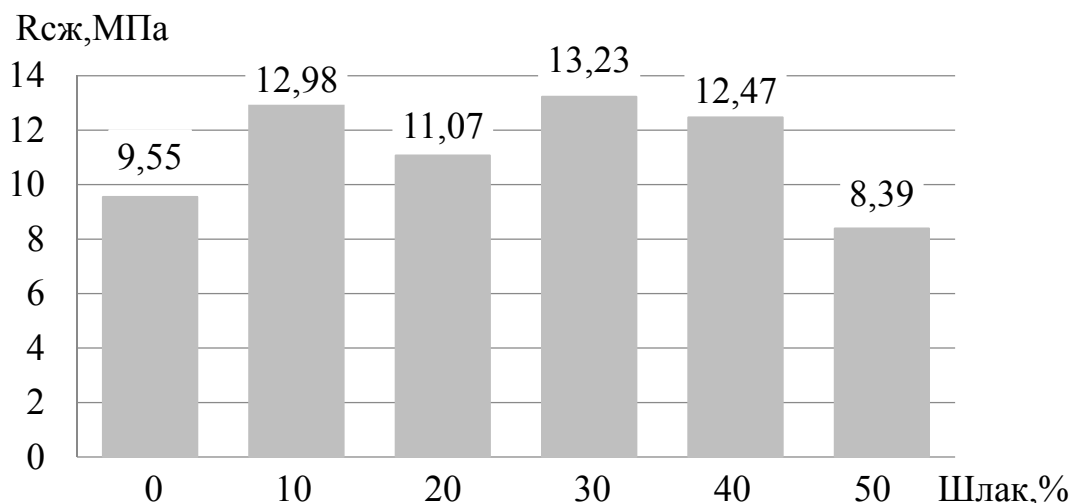


Рисунок 3. Влияние %-го содержания шлака на прочность при сжатии гипсового камня

Так как шлак обладает пуццалонической активностью, а его введение в состав гипсового вяжущего снижает пористость гипсового камня, это дает значительный прирост прочности. Как показали результаты эксперимента, введение в гипсовое вяжущее 30% молотого доменного шлака позволяет получить прирост прочности при сжатии до 38,5%. При этом снижение прочности в сравнении с контрольным составом отмечено при содержании шлака 50 %.

#### Библиографический список

1. Ферронская А.В. Развитие теории и практики в области гипсовых вяжущих веществ /А.В. Ферронская // Сб. «Развитие теории и технологий в области силикатных и гипсовых материалов».- Часть 1 - М, 2000.- С. 47–56.
2. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества /А.В. Волженский // - М.: Стройиздат, 1986. – С. 464.
3. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов / Ю.М. Бутт, М.М. Сычев, В.В. Тимашев // - М.: Высшая школа, 1980. - С. 472.



4. Волженский А.В., Стамбулко В.И., Ферронская А.В. Гипсоцементно-пуццолановые вяжущие, бетоны и изделия / А.В. Волженский, В.И. Стамбулко, А.В. Ферронская // - М.: Стройиздат, 1960. – С. 318.

Научный руководитель: Солонина В.А., канд. техн. наук, доцент.

### **Технология безтопливного подогрева ДВС для усовершенствования процесса пуска двигателя в условиях низких температур**

*Волков Н.А., Чайников Д.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Как описано в [ГОСТ Р 54120-2010](#) «Двигатели автомобильные. Пусковые качества», предельная температура для пуска бензиновых двигателей составляет  $-30^{\circ}\text{C}$ , дизельных  $-30^{\circ}\text{C}$ , турбодизельных  $-25^{\circ}\text{C}$ . Запуск двигателя при более низких температурах автоматически снижает его срок службы.[1] Густое вязкое масло еще не успело разойтись по масляным каналам, увеличивается износ поршней, цилиндров, шеек коленчатого вала, коренных и шатунных вкладышей, повышенное трение деталей приводит к преждевременному износу и повышенному потреблению топлива для поддержания холостых оборотов. Одновременно с этим компрессия двигателя падает из-за увеличения зазоров между стенками цилиндров и поршнями, а также между клапанами и направляющими, соответственно требуется больше масла и топлива для обеспечения запуска. Когда же двигатель прогреется до рабочей температуры, данный параметр приходит в норму. Следовательно, пока температура двигателя не возрастет до определенной температуры, трение происходит в сухую.

В настоящее время существуют технологии способные подогревать двигатель автомобиля до рабочей температуры, такие как: топливный подогреватель, электрический предпусковой котел. Топливный предпусковой подогреватель является автономным устройством и работает на топливе автомобиля. Электрический предпусковой котел не задействует ресурсов автомобиля, а требует подключения к внешнему источнику питания. Все перечисленные устройства в полном размере справляются с поставленной задачей, но всем устройствам необходим внешний источник питания: топливо, или электричество. В данной работе рассмотрен способ безтопливного предпускового подогрева, не требующий использования внешних ресурсов, способный составить конкуренцию существующим устройствам для подогрева двигателя в зимний период.

Во время работы в двигателях внутреннего сгорания, лишь малая часть вырабатываемого тепла затрачивается непосредственно на движе-

ние автомобиля. На бензиновых двигателях, эта отметка в среднем колеблется в районе 32%, в то время как у дизельного тот же показатель равен приблизительно 45% от всего вырабатываемого тепла. Следовательно, можно сделать вывод, что большая часть тепла тратится практически в пустую. Незадействованную энергию, вырабатываемую двигателем, можно использовать для выработки электричества. Для этого необходимо внедрить в конструкцию автомобиля термоэлектрический генератор. Термоэлектрический генератор представляет собой совокупность термопар, электрически соединенных, как правило, последовательно. В стандартном термоэлектрическом модуле термопары помещаются между двух плоских керамических пластин на основе оксида или нитрида алюминия. Для выработки электричества необходимо обеспечить разницу температур между холодной и горячей стороной термоэлектрического модуля.[2]

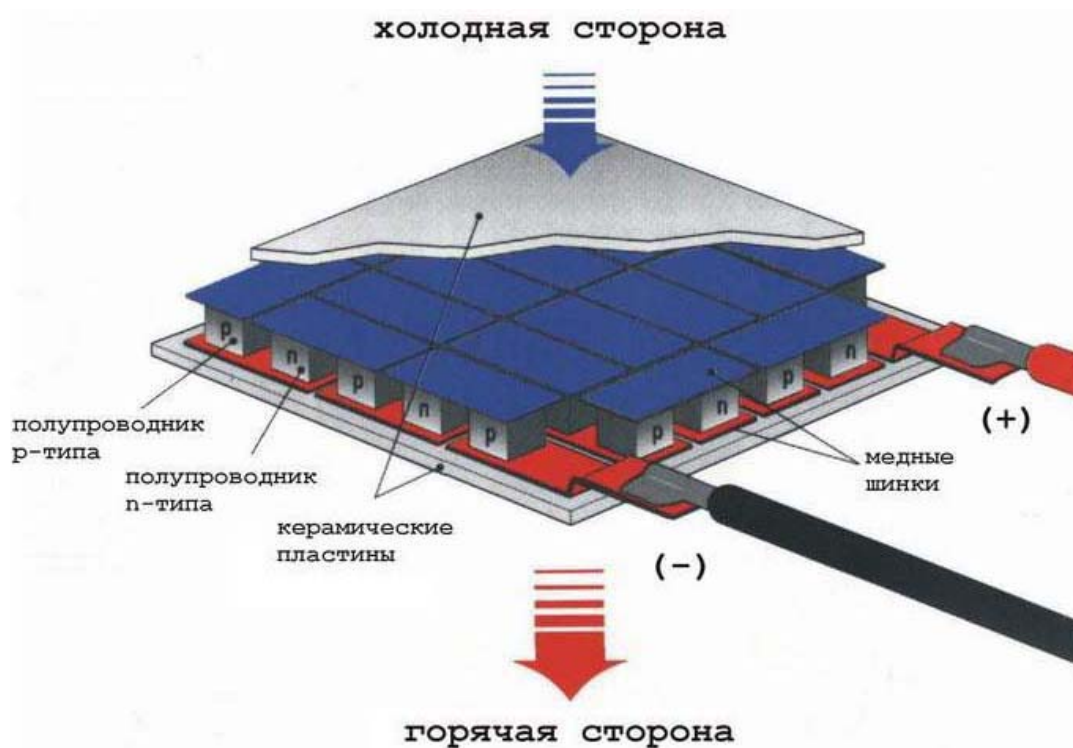


Рисунок 1. Термоэлектрический модуль

Предполагается задействовать тепловую энергию системы охлаждения двигателя автомобиля во время его движения. Температура охлаждающей жидкости в прогретом двигателе составляет от 90-110°C.[3] В результате чего, может достигаться разница температур от 90-150°C на горячей и холодной стороне термомодуля. Подобных показателей будет достаточно для выработки электричества, которое будет накапливаться в дополнительном аккумуляторе для питания системы подогрева.[4]

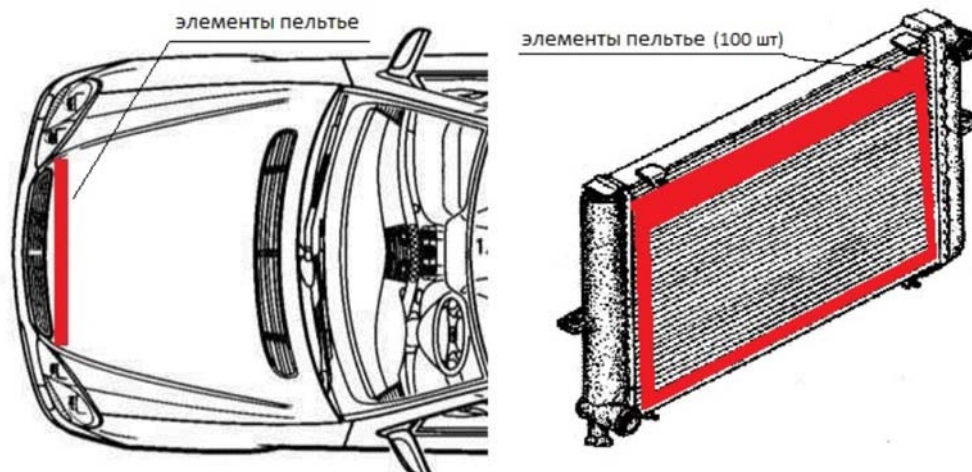


Рисунок 2. Место установки термоэлектрического генератора



Рисунок 3 Место установки подогревателя амортизаторов

Непосредственный подогрев двигателя предполагается осуществлять инфракрасным подогревателем, с рабочим напряжением в 12 вольт, что соответствует напряжению бортовой сети автомобиля. Инфракрасный подогреватель представляет собой пленку с карбоновым напылением, способную нагреваться до  $45^{\circ}\text{C}$ . [5] Для подогрева будет использован масляный поддон автомобиля, где будет осуществляться, подогрев масла для предотвращения увеличения его вязкости. Помимо подогрева масла необходимо осуществлять, подогрев амортизаторов автомобиля, для предотвращения их выхода из строя в условиях низких температур. Подобная установка поможет снизить повышенное трение деталей, которое приводит к преждевременному износу и повышенному потреблению топлива для поддержания холостых оборотов автомобиля, а также снизить вредные выбросы в атмосферу, т.к. после запуска двигателя автомобиля время прогрева уменьшится.

### Библиографический список

1. ГОСТ Р 54120-2010. Двигатели автомобильные. Пусковые качества. Технические требования. Введ. 01-09-2011. М., 2010, 8 с.
2. Волков Н.А., Чайников Д.А. Преобразование тепловых потерь двигателя в электроэнергию для автомобиля/Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (с международным участием): в 2-х томах. - Тюмень: ТИУ, 2016, с. 91-94.
3. Чайников Д.А., Волков Н.А., Гаваев А.С. Применение термоэлектрических модулей в газобаллонном оборудовании автомобилей/Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. – М.: Издательство «Инновационное машиностроение», 2017, с. 3-6.
4. Самойлов В.Н. Элементы Пельтье [Электронный ресурс]/Поисковая система Яндекс. URL: [https://yandex.ru/images/search?text=pics.livejournal.com%2Fkitano\\_122F45881295\\_900.jpg&pos=6&rpt=simage&lr=55](https://yandex.ru/images/search?text=pics.livejournal.com%2Fkitano_122F45881295_900.jpg&pos=6&rpt=simage&lr=55) (дата обращения: 04.03.2017).
5. Карнаухов В.Н. Электротепловая подготовка двигателей к пуску / Межвузовский сборник научных трудов «Проблемы эксплуатации машин в суровых условиях Сибири». – Тюмень, 1991. – С. 76-79

Научный руководитель: Карнаухов В.Н., доктор технических наук.

### **Диагностика рабочего органа «Стол» фрезерного станка с ЧПУ, определение погрешностей обработки**

*Гашева Е.А., Кокорин И.Н., Калаев А.П.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Целью данной работы является определение погрешностей, возникающих в процессе обработки криволинейных поверхностей у рабочего органа станка «Стол».

Для достижения поставленной цели, были решены следующие задачи:

- а) Была произведена диагностика исполнительного рабочего органа фрезерного станка при силовом воздействии и без него.
- б) По полученным данным диагностики, были определены погрешности, вызванные технологической системой, и отклонения формы и размеров обрабатываемых поверхностей детали от идеальной модели.

Согласно ГОСТ 17734-88 вертикально – фрезерные станки подвергаются следующим видам проверок:

1. Параллельность рабочей поверхности стола продольным направляющим;



## 2. Параллельность рабочей поверхности стола направляющим консоли и др.

Процесс измерений стола индикатором в осях X, Y, представлены на рисунке 1.

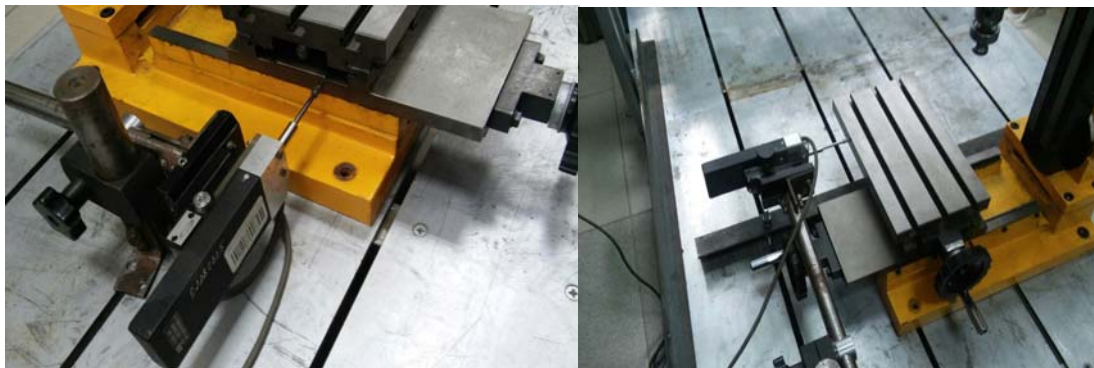


Рисунок 1. Замеры отклонений «Стола» индикатором, по оси X, Y

Результаты измерений изображены на диаграммах – рисунок 2.

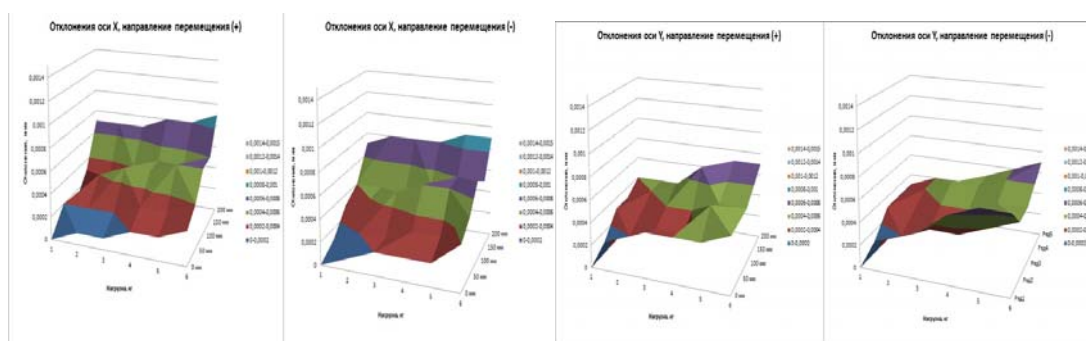


Рисунок 2. Диаграммы отклонений «Стола» по оси X, Y

Для определения геометрической точности фрезерного станка «Корвет – 412» с учетом силовых нагрузок, был произведен замер погрешностей исполнительного органа станка «Стол» в процессе обработки детали – диск (Ст. 40), базируемой в трехкулачковом патроне, установленном на столе станка. Данная форма детали в полной мере отражает возможные погрешности при изготовлении. В качестве режущего инструмента использовалась концевая фреза  $\varnothing 16\text{мм}$  (P6M5). Обработка детали производилась по наружной и внутренней цилиндрической поверхности с размерами, представленными на рисунке 3.

После механической обработки детали «Диск» на фрезерном станке, производились измерения по внутренней и наружной поверхности контактным методом на контрольно-измерительной машине с ЧПУ EOS 5-4-4,

прямым щупом с резьбой М2, рубиновым шариком диаметром 2 мм, длиной: 20 мм, ЭРД: 14 мм, стержнем из нержавеющей стали диаметром 1,4 мм. Для интерпретации данных измерений использовалось программное обеспечение Metrologic group.

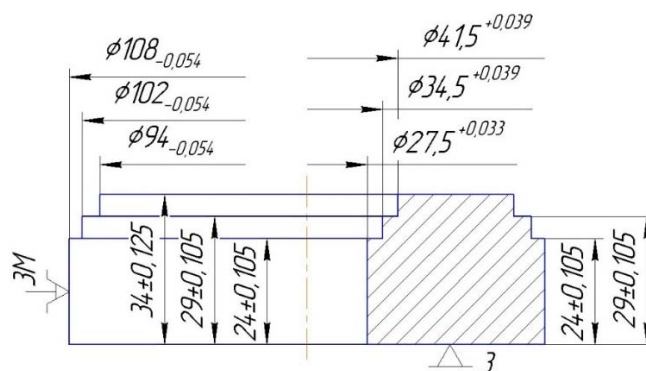


Рисунок 3. Размерные параметры измеряемой детали

По проведенным измерениям выявлено, что погрешности рабочего органа «Стол» фрезерного станка и детали «Диск» имеют схожие числовые значения.

Так же выявлено, что в месте врезания инструмента в заготовку происходит превышение допуска.

При смене траектории движения инструмента с перпендикулярного на касательное (для внешней поверхности) и спиральное (для внутренней) происходит выдерживание размера в пределах поля допуска.

#### Библиографический список

- ГОСТ 17734-88. Станки фрезерные консольные. Нормы точности и жесткости. Введ. 1990-01-01 – Москва: Государственный комитет по стандартам, 31 с.
- Моделирование технологических процессов диагностики и управления обработкой на станках с ЧПУ / Некрасов Р.Ю., Кусков К.В., Путилова У.С., Соловьев И.В. // Известия высших учебных заведений: Нефть и газ. 2015. № 3. С. 98 – 103. Библиотечно-издательский центр ТюмГНГУ
- Nekrasov R. Yu. Simulation of Technological Systems for Diagnosis and Management Machining With CNC / Nekrasov R.Yu., Starikov A.I., Soloviev I.V. // Applied Mechanics and Materials Vol. 770 (2015) pp 617-621, Trans Tech Publications, Switzerland
- Diagnostics of cut-layer deformation and rational tool loading in numerically controlled lathes / R.Yu. Nekrasov, U.S. Putilova, Yu.I. Nekrasov, A.I. Starikov, D.A. Kharitonov // SpringerLink, New York

5. Моделирование процессов диагностики и управления обработкой на станках с ЧПУ / Некрасов Р.Ю., Путилова У.С., Стариков А.И., Некрасов Ю.И., Соловьев И.В. // Известия высших учебных заведений: Системы. Методы. Технологии. 2015. № 2. С. 54– 59.

Научный руководитель: Стариков А.И., ассистент.

### **Использование нанопорошка для продления износостойкости двигателя**

*Гашева Е.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Проблема износа двигателя существует с момента его создания. В большинстве случаев это происходит из-за воздействия на металл механических и коррозионных факторов. Износ двигателя влияет на расход масла, в основном это проявляется: ухудшением технического состояния двигателя, что увеличивает скорость старения масла; уменьшением упругости поршневых колец, ухудшением их прилегания к зеркалу цилиндра, увеличением зазоров в замках колец, нарушением правильной геометрической формы цилиндра.

Всё это в итоге может привести к капитальному ремонту двигателя. А ведь ежегодно в мире прямые потери от износа машин и механизмов составляют около одного триллиона евро и их надо постоянно восполнять, используя человеческий труд, большое количество углеводородного сырья, природных ископаемых, засоряя окружающую среду. Также необходимо восстанавливать оборудование, на котором выпускаются новые узлы и детали.

Но с помощью такой науки как трибология, инженерам-изобретателям удалось создать нанопорошок, который будучи доставленным к трущимся поверхностям деталей создаст на поверхности работающего двигателя самоорганизующуюся структуру по принципу диссипативных структур.

Другими словами то количество энергии двигателя, которое раньше расходовалось на предотвращение сил трения, а следовательно на лишней перегрев деталей и их физический износ, частично перенаправляется на создание и поддержание самоорганизующейся структуры с небольшим коэффициентом трения и преумножением полезной работы двигателя. То есть с практической точки зрения это введение в смазывающее масло двигателя нанопорошка, которое улучшит физико-механические свойства деталей. В результате чего на границе поверхностей трущихся деталей про-

изойдёт процесс образования самоорганизующейся структуры достаточной толщины и оптимальной геометрии, что значительно упрочнит поверхность. Компенсируется износ деталей и повысится степень близости друг к другу независимых кинематических пар. Термодинамические характеристики двигателя изменятся в лучшую сторону. В целом для различных двигателей внутреннего сгорания это приведёт к изменению условий сгорания топлива, увеличению и выравниванию компрессии по всем цилиндрам, значительному снижению токсичности отходящих газов, снижению шумной работы двигателя. Наглядно работа нанопорошка, в сравнении с работой минерального и синтетического масла без его добавления, представлена на рисунке 1.

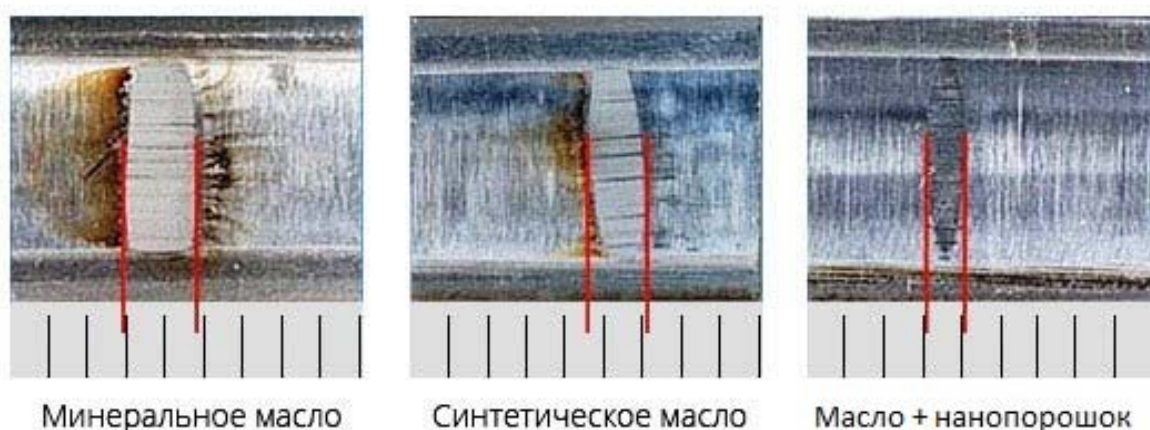


Рисунок 1. Сравнение использования различного вида масел

Отличием нанопорошка от различных присадок является то, что его количество в масле двигателя составляет 0,001%, так как его частицы очень маленького размера, а так же благодаря этому они легко проходят через различные виды фильтров и не осаждаются в масле. Таким образом определить его наличие в масле практически невозможно. Одного килограмма порошка достаточно для приведения в порядок десяти тысяч двигателей легковых автомобилей и спасением их от износа.

#### Библиографический список

1. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах: от диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. — М. : Мир, 1979. — 512 с.
2. Сулов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин М.: Машиностроение, 2000. - 320 с.
3. Чичинадзе А.В. и др. Основы трибологии: трение, износ, смазка Учебник для технических вузов. — 2-е изд. перераб. и доп. — А. В. Чичи-



надзе, Э. Д. Браун, Н. А. Буше и др.; Под общ. ред. А. В. Чичинадзе. — М.: Машиностроение, 2001. — 664 с.

Научный руководитель: Теплоухов О.Ю., канд.техн.наук, доцент.

### **Внутреннее охлаждение резца с СМП**

*Грузинцева Д.Е., Калаев А.П.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В промышленной индустрии режущий инструмент является неотъемлемой частью сопряженной автоматизированной системы станка с числовым программным управлением (ЧПУ). Режущий инструмент для станков с ЧПУ должен соответствовать высоким требованиям. Сборный инструмент со сменной многогранной пластиной (СМП) нашел широкое применение в машиностроении, поскольку позволяет: повысить эксплуатационные качества инструмента; уменьшить использование режущих материалов; использовать усовершенствованные материалы для изготовления инструмента.

Как и весь режущий инструмент, при обработке детали сборные резцы нуждаются в охлаждении. Оно необходимо для уменьшения вредного воздействия температуры и снижению трения между инструментом и заготовкой, для решения этих проблем применяются смазывающе-охлаждающие жидкости (СОЖ) [1].

При классическом способе охлаждения жидкость подается непрерывно к инструменту сильной струей в место отделения стружки. На токарных станках этот метод охлаждения используют, в основном, для обработки сталей и цветных металлов быстрорежущими инструментами.

С недавних пор, часто используется способ подачи СОЖ в зону резания в распыленном состоянии (с помощью инжекторной установки), в основном для обработки деталей твердосплавными резцами. Попадая на нагретый резец и стружку, воздушно-жидкостная смесь мгновенно испаряется и заметно снижает температуру в зоне резания [2].

Использование внутреннего охлаждения набирает большие обороты и находит массовое применение в отрасли машиностроение, в основном на автоматизированных производствах. Без внутреннего охлаждения не могут работать сверла для глубокого сверления, и головки для кольцевого сверления, так как при их работе важны подача СОЖ именно в зону резания и своевременное удаление образованной стружки.

Рассмотрен вариант подачи внутреннего охлаждения на обратную сторону пластины. В этом случае, жидкость подается по внутреннему каналу, к обратной стороне СМП под высоким давлением и в большом коли-

честве. Державка является сборной, на элементе 2 профрезеровывается канал для СОЖ. Канал проходит под пластиной, максимально близко к зоне резания, для лучшего охлаждения. Элементы 1 и 2 спаиваются между собой. На рисунке 1 представлены элементы реза.

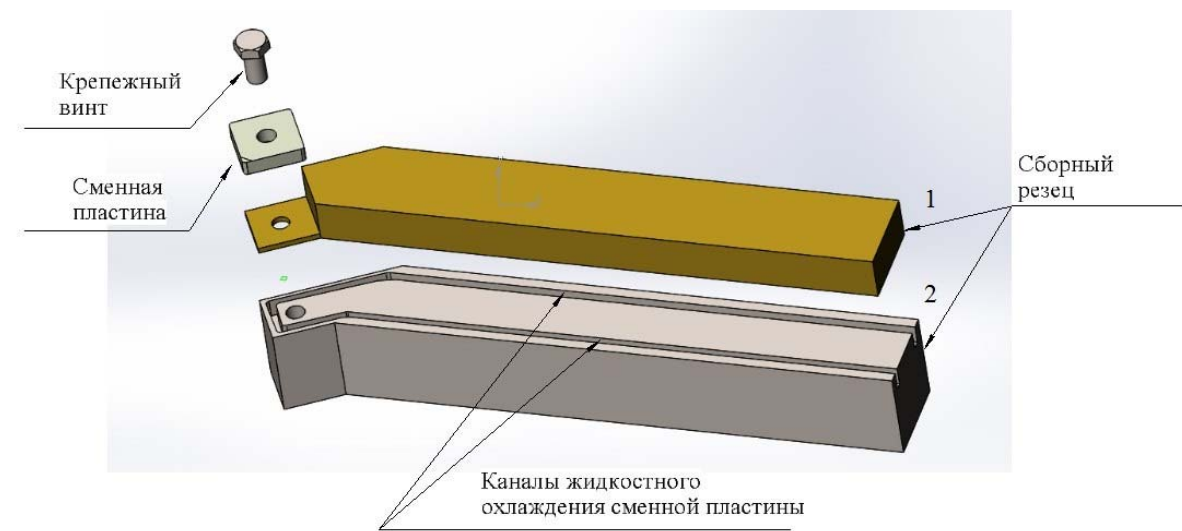


Рисунок 1. Элементы реза

Внутреннее охлаждение имеет огромное значение для твердосплавных инструментов, неработающих без каналов жидкостного охлаждения. В случае, когда присутствуют каналы охлаждения, стружка образуется без следов побеговости и имеет цвет стали, то есть определяет точный процесс резания [3]. На рисунке 2 представлена схема охлаждения сменной пластины токарного инструмента.

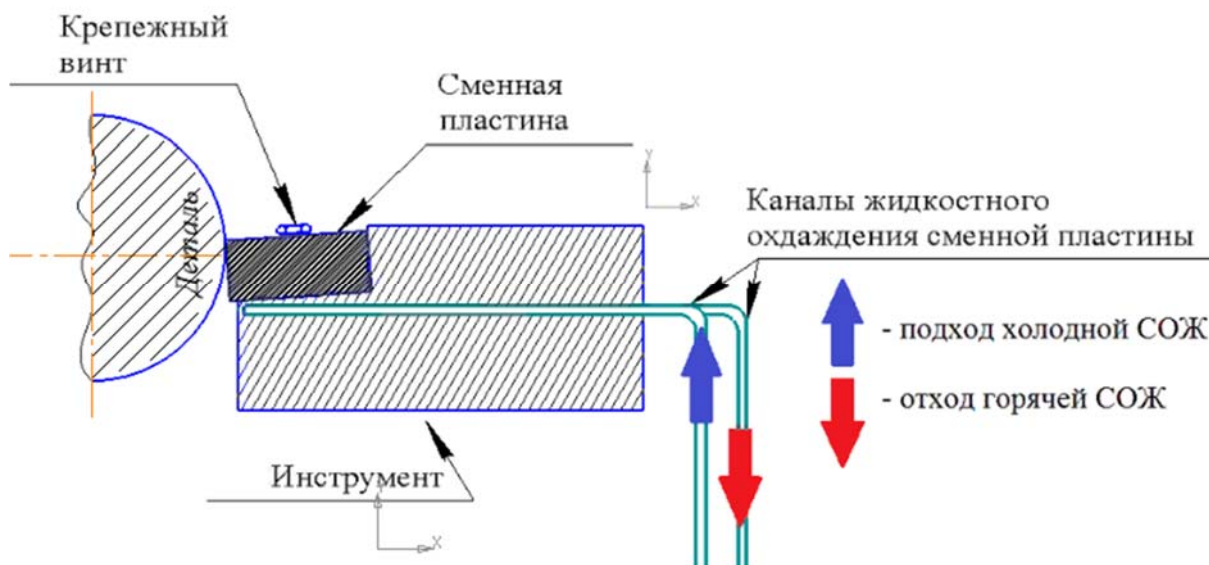


Рисунок 2 Схема охлаждения сменной пластины

Произведен полнофункциональный термический анализ резцов в программе SolidWorks. Для анализа использованы два резца, в одном из них про фрезерованы пазы для охлаждающей жидкости. Осуществлен нагрев режущей кромки пластины ВК8 до 850 градусов Цельсия. На рисунке 3 представлен термический анализ резцов.

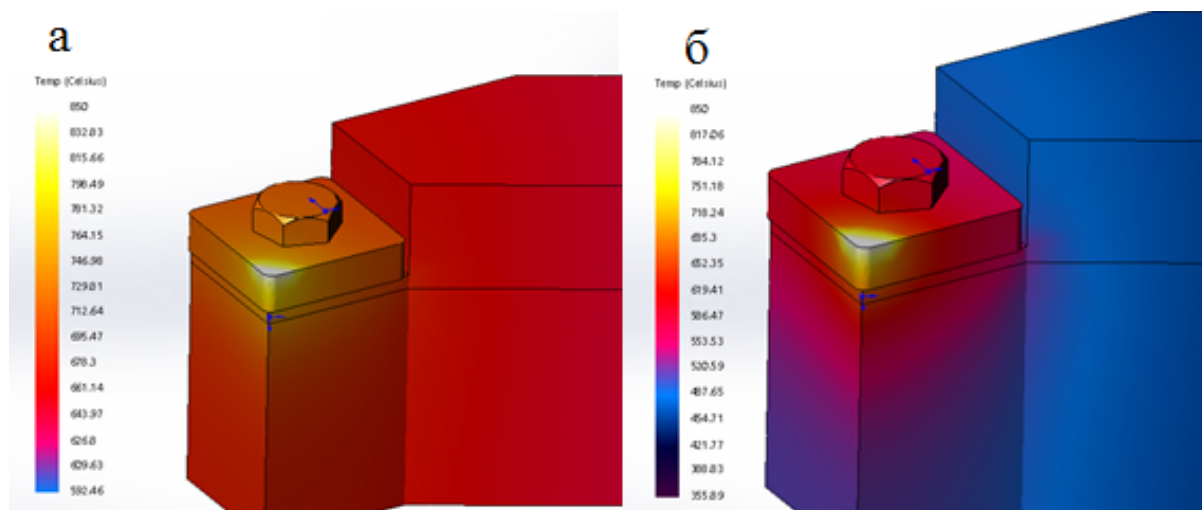


Рисунок 3 Термический анализ

а) без охлаждения

б) с охлаждением

В результате проведенного анализа можно сделать вывод, при использовании внутреннего охлаждения нагрев СМП значительно уменьшается, в отличие от использования резца без охлаждения, что увеличивает износостойкость резца, тем самым продлевая время эксплуатации. Правильное применение охлаждения резца обеспечивает повышение скорости резания. Также улучшается чистота обработки поверхности заготовки и повышается производительность процесса резания металла.

#### Библиографический список

1. Энциклопедический справочник «Машиностроение» Раздел 3 Том 7 1949г.[Электронный ресурс]– Режим доступа:<http://mash-xxl.info/info/444868/>
2. Режим резания и охлаждение при точении [Электронный ресурс]– Режим доступа: <http://megaobuchalka.ru/7/30247.html>
3. Охлаждение режущей части в процессе резания [Электронный ресурс]– Режим доступа:<https://www.metalcutting.ru/content/ohlazhdenie-rezhushchey-chasti-v-processe-rezaniya>

Научный руководитель: Некрасов Р.Ю. канд. тех. наук, доцент.

## Шток плунжерного насоса

*Дыбля М.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Для исследования был представлен разрушенный шток плунжерного насоса, проработавший длительное время в агрессивной среде. Целью изучения механических свойств и микроструктуры объекта является установление причины разрушения. Деталь изготовлена из нержавеющей стали 14X17M2 с мартенситно-ферритной структурой.

По ГОСТ 5632-72 данная марка относится к сталям высоколегированным и сплавам коррозионностойким, жаростойким и жаропрочным [1].

К классу мартенситно-ферритных сталей относят стали с частичным  $\gamma \rightarrow \alpha$  мартенситным превращением. Термокинетическая диаграмма у этих сталей состоит из двух областей превращения. При температурах  $>600^\circ\text{C}$  при низкой скорости охлаждения возможно образование ферритной составляющей структуры. При скорости охлаждения большей  $400^\circ\text{C}$  наблюдается бездиффузионное превращение аустенита в мартенсит. Количество образовавшегося мартенсита зависит от содержания углерода и скорости охлаждения [2].

Содержание хрома в мартенситно-ферритных сталях 13 - 14 %, что оптимально по коррозионной стойкости. Такой уровень легирования хромом обеспечивает пассивацию поверхности в агрессивных средах, связанных с нефтехимическим производством; в воде высоких параметров, в том числе с борным регулированием.

Дальнейшее повышение содержания хрома практически без увеличения коррозионной стойкости сталей в указанных средах способствует формированию в их структуре значительного количества ферритной составляющей. Стали с большим содержанием  $\delta$ -феррита в структуре отличаются повышенной склонностью к хрупкому разрушению, их сварка связана с риском образования холодных трещин.

Мартенситно-ферритные стали находят довольно широкое применение для изготовления нефтехимической аппаратуры и энергетического оборудования.

В результате исследования были выявлены отклонения структуры, это связано с тем, что производитель детали произвел неправильный отжиг при  $760^\circ\text{C}$ , вместо  $350^\circ\text{C}$  (ГОСТ 5632-72), что привело к быстрому изнашиванию.

### Библиографический список

1. ГОСТ 5632-72 Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные. – М.: Издательство стандартов, 2007. – с. 64.

2. Бугай, Д. Е. Коррозионно-стойкие материалы: учебник / Д. Е. Бугай, О. Р. Латыпов, С. Е. Черепашкин ; УГНТУ. - Уфа : Нефтегазовое дело, 2012. - 191 с. : ил., граф. - (Библиотека нефтегазового дела). - Библиогр.: с. 189.

Научный руководитель: Моргун А.И. канд. тех. наук, доцент.

## Сравнение технологии лазерной и плазменной резки

*Енбахтова Е.А., Калаев А.П.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В мире высоких технологий резка материалов является важной частью всего машиностроения. Так большое распространение получили и стали конкурентными лазерная и плазменная резка материалов.

Инструмент при лазерной резке - сфокусированный луч. Материал в процессе обработки нагревается лучом до температуры плавления используемого материала. После нагрева расплавленная часть удаляется газовой струей под высоким давлением. Значительным достоинством резки лазером считаются точность деталей и точные вырезы, небольшие фигуры и четкие углы.

Инструментом при резке плазмой является плазменная дуга, которая получается с помощью плазмообразующего газа. Металл проплавляется с помощью большой температуры плазменной дугой. После плавления расплав интенсивно удаляется плазменной струей. На рисунке 1 показана резка лазерной и плазменной струей



Рисунок 1. Лазерная и плазменная резка

Лазерная резка наиболее эффективна для стали толщиной до 6 мм. Она гарантирует получение более перпендикулярных и качественных кромок и узких прорезей с небольшой зоной термического воздействия. Диа-



метры отверстий остаются круглыми и хорошего качества, равного качеству, обрабатываемых углов. При лазерной резке конусность менее 1, прижоги незаметны, а тепловое воздействие очень мало.

Резка плазмой наиболее эффективна при использовании для резки различных материалов, толщина которых до 150 мм. При данной резке происходит термический обжиг кромки металла. Это ухудшает качество детали. При обработке углов происходит некоторое скругление. Конусность от 3 до 10, на наружных кромках деталей присутствуют прижоги, тепловое воздействие выше, чем резке лазером[1]. На рисунке 2 представлены две одинаковых детали, вырезанных лазером и плазмой.



Рисунок 2. Детали, вырезанные плазмой и лазером

Значимая характеристика станка – это его стоимость. Стоимость станка плазменной резки начинается от 650 тысяч рублей, стоимость самого простого лазерного станка начинается почти с миллиона рублей[2]. Но при сравнении данных технологий, также стоит учитывать расходы на установку оборудования, электроэнергию и расходные материалы. В этом случае плазменный станок занимает высшее положение, так как расходы электроэнергии у него меньше. Энергия расходуется в основном, только на создание плазменной дуги[3].

Таким образом, резка лазером и плазмой имеют разные диапазоны толщины материала. Лазерная отлично справляется с тонкими, но не сможет разрезать очень толстый материал, плазменная же наоборот используется для резки толстых материалов. Также разный ценовой диапазон. Лазер обходится производителю дороже. Но все же имеет более высокие технические характеристики.

В итоге, обе технологии обеспечивают высокое качество и точность при высоких скоростях. Они отлично справляются с поставленными целями.

ми. И какой станок лучше использовать решать только потребителю, исходя из своих интересов и потребностей.

#### Библиографический список

1. Производство станков плазменной и газовой резки металла с ЧПУ. [Электронный ресурс]– Режим доступа: <http://plazma-stanok.ru/plazmennaya-ili-lazernaya-rezka-chto-luche/>
2. Лазерные станки с ЧПУ [Электронный ресурс]– Режим доступа: [http://stankosnab.kz/g2931927-lazernye-stanki-chpu/page\\_2#catalog\\_controls\\_block](http://stankosnab.kz/g2931927-lazernye-stanki-chpu/page_2#catalog_controls_block)
3. Плазменные станки с ЧПУ [Электронный ресурс]– Режим доступа: <http://satu.kz/Stanok-plazmennoj-rezki-chpu.html>

Научный руководитель: Стариков А. И. ассистент.

### **Анализ методов поверхностного упрочнения деталей машин применяемых в машиностроении**

*Зыкин П.В, Коновалов А.Ю.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В основе современного машиностроения лежит разработка новых технологий обработки металла, с целью повышения физико-механических свойств поверхностного слоя и дальнейшего создания конкурентной и уникальной продукции с заданными свойствами. При выбранном типе производства необходимо чтобы на всех его этапах использовался наиболее подходящий по своим свойствам тип материала, а для осуществления таких процессов как проектирование, конструирование, изготовление и ввод в эксплуатацию использовались современные технологические методы [1].

Именно поэтому для того чтобы решить выше затронутые задачи необходимо вести постоянную разработку новых методов упрочнения, которые способствуют повышению уровня эксплуатационных свойств инструментов и деталей машин.

В настоящее время в машиностроении применяется поверхностная закалка токами высокой частоты (ТВЧ), которая является одним из перспективных методов упрочнения износостойкости металлорежущего инструмента. С помощью поверхностной закалки ТВЧ можно создать поверхностный слой режущего инструмента необходимой структуры и повысить износостойкость металлорежущего инструмента в 1,5-2 раза [2].

Помимо повышения уровня износостойкости инструмента при закалке ТВЧ повышается и твердость обрабатываемой детали (таблица 1).

Химико-термические показатели стали 45 [3]

Показатели	Закалка термическими методами (Ст 45)	Закалка ТВЧ (Ст 45)
Твердость после закалки (НВ)	156-197	160-200
Температура нагрева (°С)	850	920
Среда охлаждения	Вода	Масло

Кроме этого закалка ТВЧ обладает рядом существенных преимуществ перед известными и наиболее часто используемыми на производстве методами упрочнения: повышение износостойкости и прочности металлорежущего инструмента; высокие показатели упрочнения металлорежущего инструмента – высокая производительность; экономичность процесса; экологичность; возможность регулирования и автоматизации процесса.

Основными недостатками поверхностной закалки (ТВЧ) являются:

- высокая стоимость индукционных установок и комплексов;
- опасность поражения токами высокой частоты (ТВЧ);
- ожоги вследствие контакта с открытыми участками тела и при прикосновении к предметам, находящихся при высоких температурах. Из выше сказанного можно сделать вывод, что закалка ТВЧ является эффективным методом упрочнения способным придать обрабатываемым поверхностям детали, а также режущей части инструмента новые

На данный момент существует несколько перспективных и эффективных методов упрочнения. Помимо закалки ТВЧ таковой является плазменная закалка. При использовании данного метода в процессе производства появляется возможность повысить эксплуатационные свойства металлов и сплавов[4]. Суть метода заключается в следующем: струя плазмы расплавляет поверхность металла в разных режимах, а так же инфильтрацией разных элементов, что позволяет получить на выходе новый сплав с заданными свойствами [5]. Для повышения механических свойств поверхностных слоев использовали плазменную инфильтрацию с использованием дисперсного графита. Инфильтрацию графитом осуществлялось тремя способами. На предварительно подготовленный образец наносили дисперсный порошок графита. Во втором случае добавку инфильтранта осуществляли непосредственно в зону воздействия излучения. В третьем случае так же осуществляли подачу графита в саму струю излучения после предварительно проведенной упрочняющей термообработки.

По сравнению с другими известными способами: химико-термической и термомеханической, метод плазменного упрочнения и легирования металла обладает целым рядом преимуществ: высокой скоростью процесса и качеством получаемого изделия, простотой использования в производстве [1].



Выше упомянутыми учеными установлено, что толщина наносимого порошкового слоя влияет на формирование валиков при плазменном оплавлении. При больших толщинах предварительно нанесенных слоев не всегда удается обеспечить достаточно надежную связь оплаваемого покрытия с основой. Так же огромную роль на формирование слоя влияет диаметр плазменного пучка и расстояние от сопла до поверхности образца. Полученные результаты [1] после плазменного упрочнения и инфильтрации дисперсного графита предоставлены на гистограмме, рисунок 1.

Как видно из гистограммы, твердость упрочненных образцов заметно отличается лишь при плазменном упрочнении с инфильтрацией графита и с последующей закалкой на 14%.

Таким образом, плазменное упрочнение с применением дисперсного графита увеличивает твердость поверхностного слоя по сравнению с обычной термической обработкой. Металлографические исследования показывают изменение в структуре упрочненных образцов.

Упрочненные детали приобретают твердость и износостойкость поверхностных слоев при сохранении пластичной сердцевины. Разработанная технология повышает ресурс работы инструмента и деталей машин.

Анализ передовых методов упрочнения показал, что при внедрении их в производство появляется возможность выпускать наиболее прочные изделия отвечающие государственным стандартам качества и способным составить конкуренцию иностранным аналогам, широко использовать данный подход при изготовлении автомобилей [6], машин и оборудования.

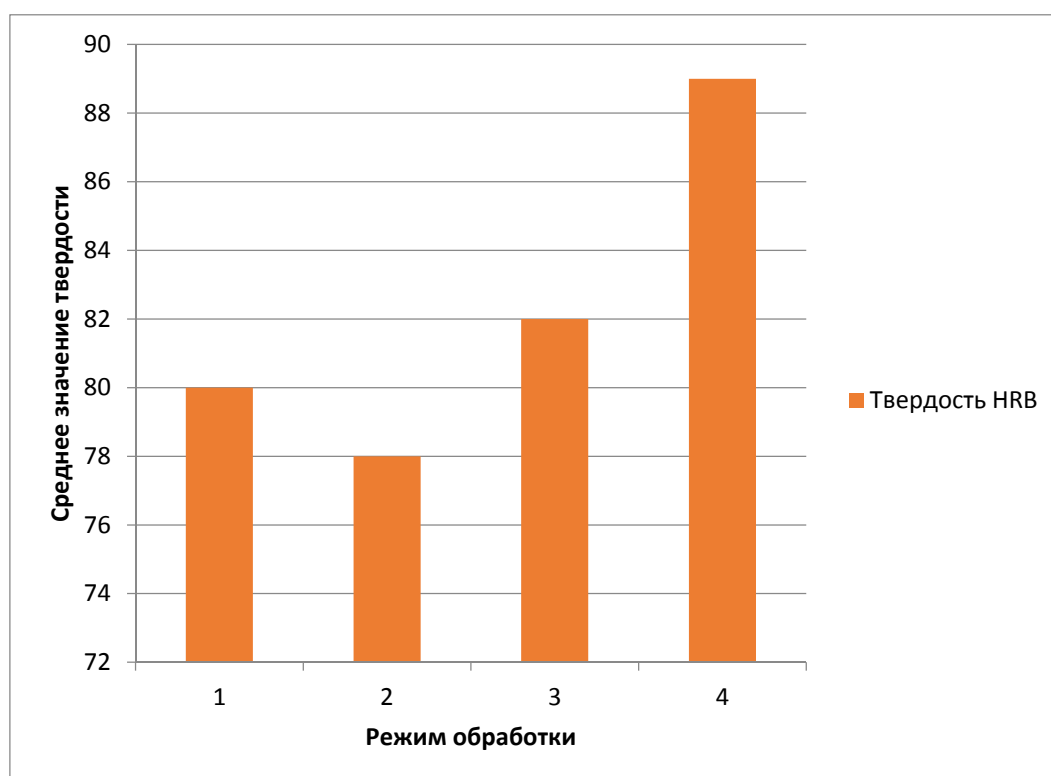


Рисунок 1. Зависимость изменения твердости при плазменном упрочнении

### Библиографический список

1. Алибеков С. Я, Шалагин М. В., Сластихина С. В., Соловьева Е. В., Сальманов Р. С. ПЛАЗМЕННОЕ Упрочнение деталей машин. УРЛ: <http://cyberleninka.ru/article/n/plazmennoe-uprochnenie-detaley-mashin>. (дата обращения 06.04.2017).
2. Водин Д. В. Поверхностная закалка токами высокой частоты (ТВЧ) как перспективный метод повышения износостойкости металлорежущего инструмента [Текст] // Технические науки: теория и практика: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Чита, апрель 2016 г.). — Чита: Издательство Молодой ученый, 2016. — С. 96-98.
3. Арзамасов Б.Н. Материаловедение: Учеб. для вузов. – 8-е изд. стереотип. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 648 с.
4. Лахтин Ю.М. Основы металловедения: учеб.-М.: Металлургия, 1988. -320с. 2. Лабунец В.Ф. Износостойкие боридные покрытия: справ. Пособие,1989.-187с.
5. Бернштейн М.Л. Металловедение и термическая обработка стали: перераб. И доп.-М.: Металлургия, 1991.-472с.
6. Ишкина, Е.Г. Управление автотранспортным предприятием по экономическим показателям жизненного цикла автомобилей Экономика и менеджмент систем управления. 2016. Т. 22. № 4.1. С. 123-129.

Научный руководитель: Ишкина Е.Г., канд. техн. наук, доцент.

### **Повышение работоспособности режущих инструментов из твердого сплава**

*Зырянов В.А., Королев С.А*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время ведущими инструментальными фирмами (Sandvik Coromant, Kennametal, CERATIZIT, Mitsubishi) используется большая номенклатура фрез, такие как: цилиндрические, торцевые, дисковые, концевые и т.д.

В машиностроении металлорежущий инструмент является доминирующим. Преимущественно, инструмент является сборный с СМП (сменных многогранных пластин), так как их экономическая и производственная эффективность давно доказана различными учёными. [1-3]

Но в тяжелом машиностроении, например, при изготовлении крупномодульных зубчатых колёс  $m > 12$ , инструмент испытывает высокие нагрузки, в результате чего он быстрее изнашивается и приходит в негодность, что значительно замедляет производство и оказывает значительное

влияние на экономику предприятия [4]. Широкому применению твёрдых сплавов способствуют следующие достоинства процесса фрезерования:

- благоприятная форма стружки, имеющая малую толщину и длину.
- прерывистость процесса резания, снижающая тепловое напряжение режущих элементов
- высокая жесткость и виброустойчивость.

Эти свойства обусловили возможности для применения СМП, а большие размеры корпусов фрез позволяют размещать в них элементы для крепления пластин [5].

Таким образом, в результате постоянных поисков технологических решений для снижения циклических нагрузок на инструмент профессором Артамоновым Е.В. [6] в ходе исследований был получен график 1, в котором показаны зависимости напряжений от толщины/длины пластины. Исходя из графика 1 можно сделать вывод, что толщина пластины оказывает наибольшее влияние на напряжения, которые испытывает пластина, в процессе резания. Исходя из этого, увеличение толщины СМП снижает нагрузки на неё. Однако не стоит забывать о том, что использование инструментального твёрдого сплава экономически затратно, следовательно, простое увеличение толщины пластины не окажет значительной экономической и технологической выгоды для предприятия, а в некоторых случаях может привести к перерасходам и убыткам.

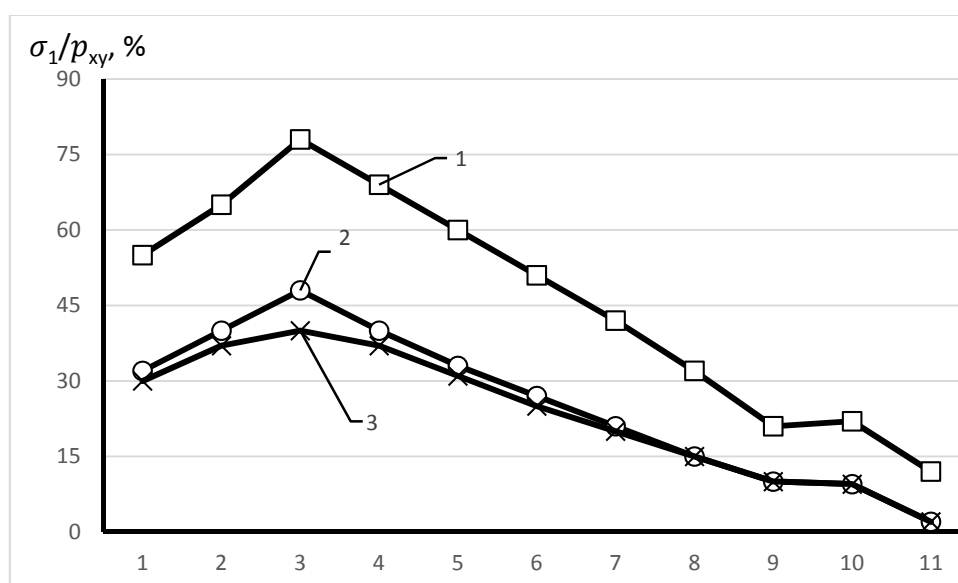


График 1. Зависимость контактных напряжений от геометрических размеров пластины.  
1)  $l=11$  мм;  $S=3,18$  мм; 2)  $l=16,5$  мм;  $S=4,76$  мм; 3)  $l=22$  мм;  $S=4,76$  мм

Существует способ, при котором возможно эффективно увеличить толщину пластины, без увеличения расхода твердого сплава. Осуществляется это с помощью применения тангенциального расположения режущей пластины в корпусе инструмента, при котором увеличивается её толщина.

Помимо экономии твердого сплава данный способ крепления позволяет обеспечить точность позиционирования пластины, улучшить сход стружки и упрощает доступ к крепежным винтам при замене пластин в процессе обработки.

На рисунке 1 приведены результаты расчёта, проведенные в программе T-flex 15, при нагрузке в 3000 (Н) для инструментального твердого сплава ВК8.

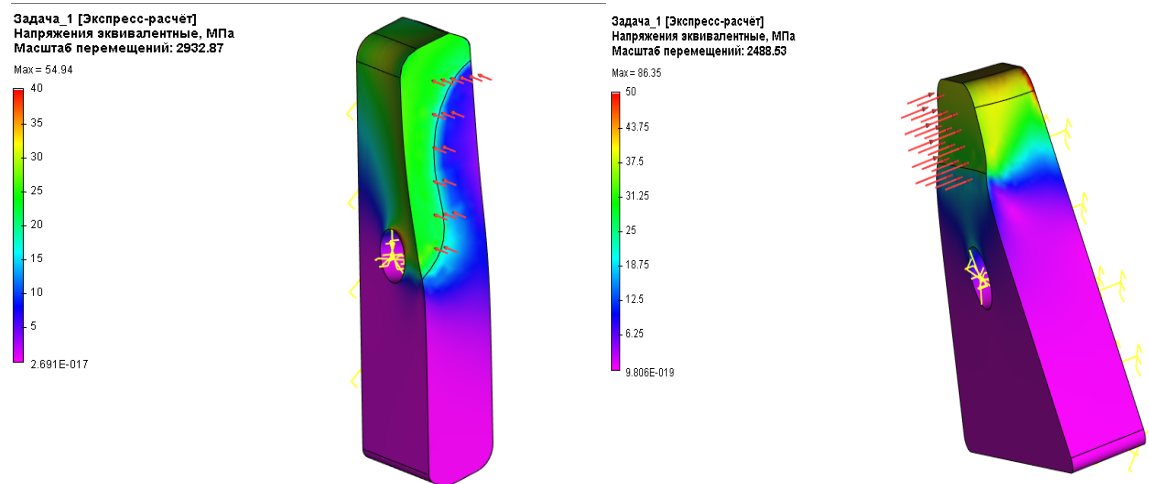


Рисунок 1

По результатам видно, что максимальная нагрузка на тангенциальную пластину значительно меньше (54,94 Н против 86,36 Н). Область опасных напряжений так же значительно больше на пластинке с фронтальным креплением.

Из выше сказанного можно сделать вывод, что использование тангенциального расположения режущих пластин в корпусе инструмента является как экономически эффективным, так и технически целесообразным в промышленности. При работе с высокими нагрузками, возникающими при обработке крупномодульных зубчатых колес необходимо обеспечить условия максимальной работоспособности инструментального твердого сплава [7].

#### Библиографический список

1. Артамонов, Е.В. Определение рациональных режимов резания по виду стружки. / Е.В. Артамонов, Д.В. Васильев // Новые материалы, неразрушающий контроль и наукоемкие технологии в машиностроении: материалы VI научно-технической интернет-конференции с международным участием / отв. ред. Р. Ю. Некрасов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. - 220 с.– С. 13 – 16.
2. Артамонов Е.В., Василега Д.С., Тверяков А.М., Штин А.С. Повышение эффективности механической обработки деталей газотурбинных двигателей. Известия высших учебных заведений. Нефть и газ Западной Сиби-

ри. Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию Тюменского индустриального института. - 2013. С. 136-140.

3. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. [Текст] / Т.Н. Лоладзе - М.: Машиностроение, 1982. - 320 с.

4. Гречишников В.А., Григорьев С.Н., Схиртладзе А.Г. Режущие инструменты. / В.А. Гречишников., С.Н. Григорьев, А.Г. Схиртладзе, - М.: Мосстанкин, 2014, – 384 стр.

5. Зырянов В.А., Штин А.С., Киреев В.В. Выбор оптимального положения пластин в корпусе зубообрабатывающих фрез. Материалы международной научно-практической конференции молодых исследователей им. Д.И. Менделеева – Тюмень: ТИУ, 2016 - 486 с: С. 329-333

6. Артамонов Е.В. Прочность и работоспособность сменных твёрдосплавных пластин сборных режущих инструментов. –Тюмень: ТюмГНГУ, 2003.-192с.

7. Пат. 2468894 Российская Федерация, МПК В 23 В 1/00. Способ определения температуры максимальной работоспособности твердосплавных режущих пластин/Артамонов Е. В., Кусков В. Н., Василега Д. С., Тверяков А. М.; заявитель и патентообладатель Тюменский гос. нефтегазовый ун-т. -№ 2011137730/02; заявл. 13.09.11; опубл. 10.12.12, Бюл. № 34. -3 с.

Научный руководитель: Киреев В.В., канд. техн. наук.

### **Сокращение времени переналадки оборудования**

*Ильдеркина К.Е.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В условиях современной конкуренции необходим новый подход к производственному планированию, размещению промышленного оборудования, так как главной задачей на производстве является сокращение затрат при увеличении времени производства, а вследствие количества выпускаемой продукции. Как правило, технологи пытаются добиться высокой производительности труда и норм выработки посредством сведения до минимума числа переналадок на производственных участках, при этом не задумываясь о таком аспекте, как сокращение времени переналадки оборудования.

Переналадка оборудования - это процесс подготовки оборудования к изготовлению новой партии деталей. Время переналадки - это отрезок между выходом последней детали предыдущей партии и выходом первой детали новой партии [1].

Однако, сокращение времени переналадки оборудования является одним из способов уменьшения денежных затрат, а оптимизированный процесс переналадки оборудования способствует значительному увеличению производительности.

Оптимизированный процесс переналадки оборудования состоит из двух этапов.

На первом этапе происходит разделение выполняемых операций на внутреннюю наладку (операции процесса переналадки, которые выполняются при остановленном оборудовании, подлежащем наладке) и внешнюю переналадку (операции процесса переналадки, которые выполняются во время изготовления изделий на оборудовании, подлежащем наладке), а также преобразование, где это необходимо, внутренних действий по переналадке во внешние.

На втором этапе рассматриваются способы сокращения времени внутренней и внешней наладки. Затрачиваемое время можно сократить благодаря некоторым организационным мероприятиям:

- предварительная подготовка заготовок и инструментов;
- оптимизация действий наладчиков;
- предварительная подготовка информации из чертежей;
- осуществление замеров до начала процесса наладки.

При проведении исследования процесса переналадки оборудования на ЗАО «Тролза» оказалось, что до 50% затрачиваемого времени можно сократить, применяя оптимизированный алгоритм процесса переналадки оборудования. Доля организационных мероприятий в сокращении времени простоя оборудования составляет:

- подготовка инструментов и заготовок - 30,3%;
- подготовка чертежей - 3,7%;
- предварительные замеры - 0,7%;
- оптимизация действий - 17,7%.

В результате проведенных работ по оптимизации процесса переналадки происходит увеличение использования оборудования и уровня производительности рабочих, сокращается занятость вспомогательных рабочих во время процесса переналадки оборудования. Кроме того, снижаются запасы незавершенного производства, а также значительно сокращаются издержки на техническое обслуживание.

#### Библиографический список

1. Мартынов, Р.С. Сокращение времени переналадки оборудования как фактор повышения эффективности использования материальных ресурсов на предприятии / Р. С. Мартынов // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. - 2011. - №4. - С. 87-90.

2. Стратегии, которые работают: Подход VCG: сб.ст.: пер. с англ. / Сост. Карл Штерн и Джордж Сток - мл: под общ. ред. И. В. Лазуновой. - М.: Манн, Иванов и Фербер, 2005. - 496 с.

3. Управление современным предприятием. Т. 2: Учебное пособие / под общей редакцией Н.Я. Сеницкой. - М. - Берлин: Директ - Медиа, 2015. – 503 с.

Научный руководитель: Стариков А.И., ассистент.

## **Исследование влияния доменного гранулированного шлака на свойства смешанного вяжущего**

*Иозефатова А.И., Вахрушев Д.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Техногенные отходы стройиндустрии давно нашли свое применение в сфере производства строительных материалов. Многие из них, имеющие минеральную основу, вводятся в состав искусственных конгломератов в качестве активных минеральных добавок. Это тонкоизмельченные дисперсные порошки, которые добавляют в относительно больших количествах в цементные композиции для изменения как реологических, так и физико-механических свойств растворов и бетонов.

Минеральные добавки оказывают влияние на степень гидратации портландцемента, прочность и проницаемость затвердевшего бетона. Это связано с тем, что пуццоланы обладают реакционной способностью, которая зависит от их химического и минералогического составов.

Как известно, прочность и плотность бетона, а так же его пористость, зависят от наличия больших пор в гидратированном цементном камне и микротрещин в зоне контакта с заполнителем. Использование минеральных тонкомолотых добавок позволяет не только увеличивать реакционную способность цемента, но и способствует процессам новообразований кристаллогидратов с образованием более мелких пор, заполняющих остаточное пространство в теле конгломерата.

На процессы гидратации цемента достаточно существенное влияние оказывает дисперсность частиц добавки. Установлено [3], что частицы размером менее 10 мкм влияют на раннее развитие прочности в бетоне (до 28 суток), в то время как частицы шлака размером 10-40 мкм продолжают гидратировать в более поздний период. Благодаря своей стекловидной природе материал способен снижать водопотребность цементного раствора, что в свою очередь напрямую способствует увеличению прочности и морозостойкости цементного камня.

В обычных портландцементных растворах контактная зона менее плотная и включает большое количество пластинчатых кристаллов гидроксида кальция, в результате которых возникают микротрещины при растягивающих усилиях. При введении в состав вяжущего тонкомолотого шлака, происходит изменение водопотребности, консистенции, водоотделения и сроков схватывания, что приводит к увеличению сцепления контактной зоны системы «заполнитель - цементный камень».

В рамках исследовательской работы было изучено влияние шлака доменного гранулированного молотого ООО «Мечел-Материалы» в составе смешанного цементного вяжущего на прочностные свойства.

На начальном этапе были проведены исследования по оценки пуццолонической активности шлака. После подтверждения данного параметра были так же изготовлены образцы размером 20x20x20 мм. Хранение образцов осуществлялось в нормальных условиях, при температуре 20±2 °С и относительной влажности воздуха 100 %.

Для изучения влияния минеральной добавки на гидратацию цементного камня, и соответственно на прочность, были проведены испытания образцов в возрасте 7,14 и 28 суток. Полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты испытаний образцов на сжатие, МПа

№ состава	Шлак, %	7 суток	14 суток	28 суток
I	0	28,1	41,3	45,1
II	10	31,2	43,5	46,7
III	20	35,4	44,2	51,1
IV	30	37,3	46,9	54,5
V	40	32,0	39,2	42,3
IV	50	30,5	36,5	39,0

#### Вывод:

Из полученных результатов следует, что при введении в состав минеральной добавки в виде техногенного отхода – шлака до 30%, обладающей высокой пуццолановой активностью, приводит к увеличению прочности образцов на 20 % по сравнению с контрольным составом.

#### Библиографический список

1. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Портландцемент / Ю.М. Бутт, В.В. Тимашев // - М.:Стройиздат, 1974. – С.328.
2. Волконский Б.В., Макашев С.Д., Штейнерг Н.Н. Технологические исследования цементных материалов / Б.В. Волконский, С.Д. Макашев, Н.Н. Штейнерг // – Л.: Стройиздат, 1972. – С.304.
3. Рамачадран В.С. Добавки в бетон: справ. Пособие / В.С. Рамачадран // - М., 1988. – С.575.
4. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высокопрочные бетоны / Ю. М. Баженов, В.С. Демьянов, В.И. Калашников // - М.: Изд-во АСВ, 2006. – С.368.

Научный руководитель: Солонина В.А., канд. техн. наук, доцент.



## Математическое моделирование погрешностей рабочего органа «Шпиндель» фрезерного станка с ЧПУ

Калаев А.П., Кокорин И.Н., Косогина И.М.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Исследования фрезерного станка с числовым программным управлением (ЧПУ) позволяют определить геометрическую точность и являются проверкой – размерной точности детали, положения и качества работы основных узлов станка. В научной литературе приводятся различные способы повышения точности и наладки оборудования. Среди работ следует выделить следующие [1, 2], где наиболее подробно освещены данные вопросы.

Предельные значения допустимых отклонений при проверке на геометрическую точность станков определяют по ГОСТ 17734-88 [3]. Согласно ГОСТ 17734-88 вертикально-фрезерные станки подвергают следующим видам проверок:

- а) определение радиального биения наружной центрирующей шейки шпинделя;
- б) осевое биение шпинделя;
- в) перпендикулярность оси вращения шпинделя и рабочей поверхности стола.

Радиальное биение поверхности шпинделя под инструмент проверяют так, как показано на рисунке 1.

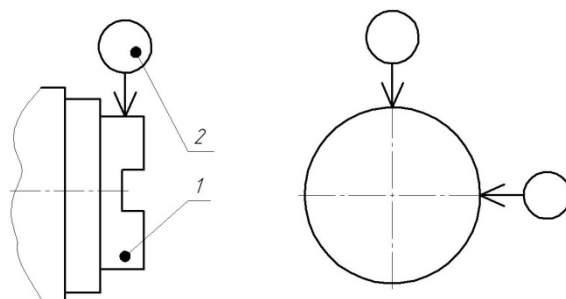


Рисунок 1. Проверка радиального биения шпинделя по ГОСТ 17734-88  
1 – шпиндель станка, 2- измерительное устройство

Для определения геометрической точности фрезерного станка «Корвет 412» произвели диагностику рабочего органа «Шпиндель». Результаты диагностики опубликованы в статье: «Определение погрешностей работы технологического элемента «Шпиндель» фрезерного станка с ЧПУ».

Следующим этапам исследования производилось построения математической модели. На рисунке 1 представлена опытная кривая, полученная по экспериментальным данным диагностики, аппроксимированная полиномом 4го порядка.

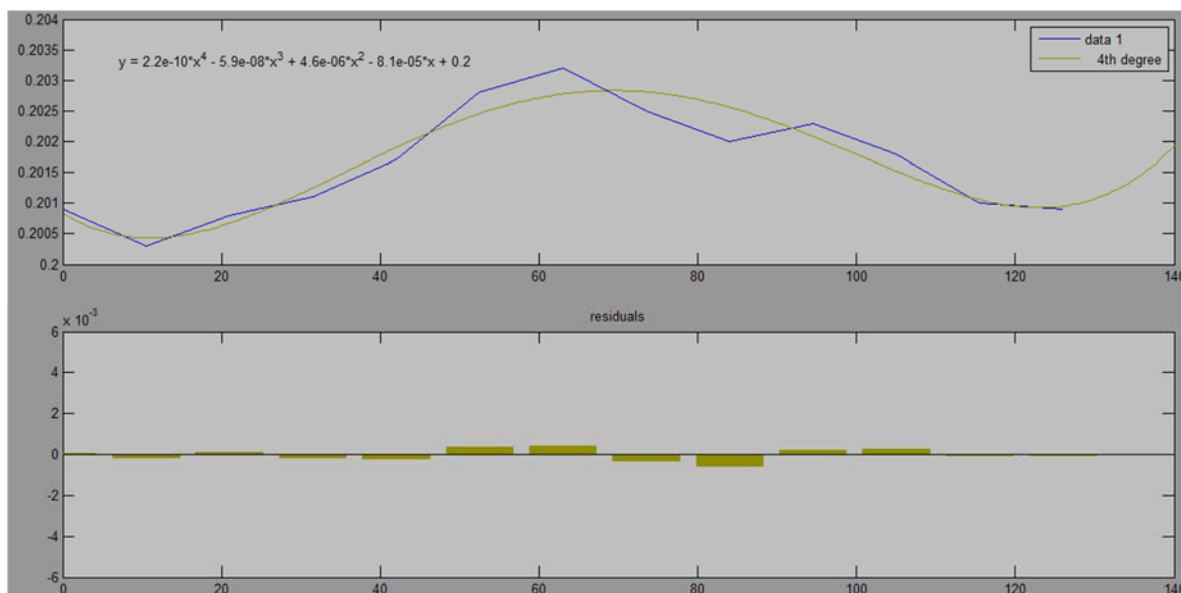


Рисунок 2. Математическая модель результатов диагностики

Математическая модель уравнения описывающее поведение данного полинома выглядит следующим образом:

$$y = 2.2e + 1.0 \cdot x^4 - 5.9e - 0.8 \cdot x^3 + 4.6e - 0.6 \cdot x^2 - 8.1e - 0.5 \cdot x + 0.2 \dots (1)$$

На основании полученной математической модели, возникающие погрешности при обработке цилиндрических поверхностей на фрезерном станке с ЧПУ, можно вводить коррекцию в управляющую траекторию исполнительного рабочего органа станка при условии использования системы ЧПУ класса PCNC.

#### Библиографический список

1. Нейросетевое моделирование и оперативный ввод коррекций при обработке на станках с ЧПУ / Стариков А.И., Некрасов Р.Ю., Путилова У.С. // Статья в сборнике трудов конференции: Нефть и газ западной Сибири. 2013. С. 49-53. Библиотечно-издательский центр ТюмГНГУ.
2. Моделирование технологических процессов диагностики и управления обработкой на станках с ЧПУ / Некрасов Р.Ю., Кусков К.В., Путилова У.С., Соловьев И.В. // Известия высших учебных заведений: Нефть и газ. 2015. № 3. С. 98 – 103. Библиотечно-издательский центр ТюмГНГУ
3. ГОСТ 17734-88. Станки фрезерные консольные. Нормы точности и жесткости. Введ. 1990-01-01 – Москва: Государственный комитет по стандартам, 31 с.

Научный руководитель: Стариков А.И., ассистент.

## Нечеткое регулирование в системах адаптивного управления токарных станков с ЧПУ

*Кокорин И.Н., Калаев А.П.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Конкурентоспособность современного машиностроительного производства и его продукции определяется технологическими возможностями обеспечения изготовления изделий высокого качества. При этом решающим фактором увеличения эффективности производства является использование технологий, позволяющих в автоматическом режиме обеспечивать рациональное силовое нагружение и стабилизацию величин контактных напряжений на рабочих поверхностях режущего инструмента.

Наиболее актуальным это является при точении на токарных станках с ЧПУ сложных фасонных деталей из труднообрабатываемых жаропрочных сталей и сплавов в условиях непрерывного изменения величин скорости и глубины резания, диаметра обработки и формы сечения срезаемого слоя.

В условиях высоких требований, предъявляемых к точности размеров, формы поверхности, качеству поверхностного слоя и других показателей изготавливаемых деталей, повышение качества изделий современного машиностроения может осуществляться различными путями.

Наряду с такими традиционными направлениями улучшения качественных показателей технологической системы станков с ЧПУ, как повышение жесткости станка, поддержание требуемой точности его элементов путем проведения периодических регламентных профилактических и ремонтных работ, обработка на режимах с меньшей производительностью и т.д., наиболее эффективным вариантом является стабилизация неблагоприятных факторов, имеющих место на входе технологической системы.

К таким факторам в первую очередь следует отнести деформации технологической системы от сил резания, вибрации элементов технологической системы в процессе обработки, износ режущего инструмента и т.д.

Изучая деформации в технологической системе, Б.С. Балакшин пришел к выводу, что "...основным фактором, влияющим на точность и производительность обработки является отклонение сил резания, порождающие упругие перемещения режущего инструмента относительно базы станка или приспособления" [1], и если поддерживать постоянство сил резания путем изменения скорости резания или подачи режущего инструмента, то ход технологического процесса будет оптимальным.

Реализация ряда технических решений по разработке систем адаптивного управления со стабилизацией сил резания для различных типов станков с ЧПУ, осуществляющих предельное регулирование по текущей информации о значении одного или нескольких контролируемых параметров в зоне резания, позволила обеспечить значительное повышение точности и качества обработки, рост производительности, увеличение стойкости режущего инструмента [2].

Наиболее широкое распространение в параметрических системах адаптивного управления получило использование ПИД-регулятора [2], алгоритм управления которого определяется дифференциальным уравнением 2-го порядка:

$$U(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d de(t)/dt, \quad (1)$$

где параметры  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  характеризуют удельный вес соответственно пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющей и выбираются исходя из заданных показателей качества регулирования (порядок астатизма, время регулирования, перерегулирование).

Такая математическая модель (1) является достаточно упрощенным представлением о функционировании технологической системы и не учитывает всю совокупность параметрических и структурных возмущений, присущих реальной системе резания.

В действительности состояние системы резания далеко не постоянно. При этом разнообразные процессы, действующие на технологическую систему станка в процессе механообработки, в основном носят случайный характер. Поэтому в настоящее время нет достаточно надежных расчетных моделей, описывающих ход технологического процесса в реальных условиях обработки.

В этой связи эффективное использование классических ПИД-регуляторов с целью стабилизации силы резания в технологической системе станка с ЧПУ оказывается возможным только тогда, когда имеется возможность перестраивать их параметры непрерывно, в реальном масштабе времени, что приводит к резкому увеличению сложности регулятора.

Вместе с тем, как показывает практика, точный качественный анализ поведения системы резания в процессе обработки не имеет большого практического значения, поскольку, как заметил создатель кибернетики Дж. фон Нейман "...стремление получить точную, исчерпывающую модель для достаточно сложного объекта или процесса не имеет смысла, поскольку сложность такого описания становится соизмеримой со сложностью самого объекта" [3].

Принципиально иной подход к решению задачи проектирования адаптивных систем управления процессом обработки на станках с ЧПУ обеспечивается с использованием нового математического аппарата методов и средств искусственного интеллекта, в том числе алгоритмов нечеткой логики.

Главное преимущество нечетких регуляторов – возможность управления сложными объектами или процессами с плохо изученной динамикой на основе методов, базирующихся на эмпирически приобретенных знаниях относительно функционирования объекта (процесса), представленных в лингвистической форме в виде некоторой совокупности правил,

позволяющих обеспечить выбор наиболее подходящей в данный момент стратегии управления.

Применение нечеткого регулирования дает возможность решения ранее не доступных, плохо формализуемых задач, в том числе задачи стабилизации величины силы резания при обработке на станках с ЧПУ в условиях значительной неопределенности характеристик системы резания и рабочей среды.

Результаты моделирования фаззи-регулятора в среде Fuzzy Logic Toolbox, входящих в пакет программного обеспечения MATLAB, показывают, что использование нечеткого регулирования в системе автоматической стабилизации величины силы резания токарных станков с ЧПУ позволяет обеспечить высокие показатели качества переходного процесса при воздействии силовых возмущений в зоне резания, возникающих в реальной технологической системе.

Кроме того, более высокий уровень стабилизации величин контактных напряжений на рабочих поверхностях режущего инструмента дает возможность реализовать наиболее полное и рациональное использование эксплуатационного ресурса технологического оборудования при обеспечении стабильности качества и наибольшей технико-экономической эффективности в процессе обработки на токарных станках с ЧПУ деталей из труднообрабатываемых жаропрочных сталей и сплавов.

#### Библиографический список

1. Балакшина, Б.С. Адаптивное управление станками / под ред. Б.С. Балакшина – М.: Машиностроение, 1973. – 688с.
2. Каминская В.В. Направление развития адаптивных систем управления для станков с ЧПУ / В.В. Каминская - Станки и инструмент, №3 – 1973. – С.2-4.
3. Грабченко А.И. Введение в мехатронику / Уч. Пособие, А.И. Грабченко, В.Б. Клепиков, В.Л. Доброскок, Г.К. Крыжный, Н.В. Анищенко, Ю.Н. Кутовой, Д.А. Пшеничников, Я.Н. Гаращенко - НТУ ХПИ, 2014. – 274с.

Научный руководитель: Проскуряков Н.А. канд. техн. наук, доцент.

#### **ТЭК. Перспектива развития угольной промышленности**

*Косогина И.М.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Развиваясь, общество использует новые виды ресурсов, такие как солнечная энергия, атомная и геотермальная энергия, ветряная, гидроэнергия приливов и отливов. Тем не менее, главную роль в обеспечении энер-

гии всех отраслей экономики играют топливные ресурсы, а именно нефтяные, торфяные, газовые, угольные и сланцевые.

Сегодня переработка такого вида сырья, как уголь, представляется как новое многообещающее направление для удовлетворения прогрессирующей необходимости общества в моторных топливах и химическом сырье. Во многих странах разработаны программы развития технологий синтетических жидких топлив из угля. Одним из методов является гидрогенизация, при котором происходит превращение угля под давлением водорода в жидкие и газообразные продукты высокомолекулярных веществ органической массы угля при 400-500 °С в присутствии всевозможных веществ, таких как катализаторов, органических растворителей. При гидрогенизации угля представляется вероятность получения около 60% бензина, 30% газа, 5% воды и только 5%, не вошедшего в реакцию, органического вещества угля.

Считается, что уголь - это экологически грязное топливо из-за содержания в нем серы и золы. Однако, полученные продукты в процессе гидрогенизации угля, значительно меньше загрязняют атмосферу, чем полученные на электростанциях.

В связи с переходом предприятий на получение сырья из нефти, работы, направленные на улучшения процесса гидрогенизации угля продолжались в незначительных масштабах и лишь в теоретических исследованиях по подготовки перспективных процессов переработки.

Жидкое искусственное топливо, получаемое при гидрогенизации угля, существенно дороже производимого из нефти. Однако, по мнению экспертов, в России существующих запасов нефти и газа хватит на 100 лет, высокие цены на нефть и природный газ так же обуславливают активный поиск альтернативных источников энергии. Тем самым необходимо стремиться иметь резервный источник химического сырья на случай истощения ресурсов. Россия занимает 2-е место в мире по запасам угля (17,61% мировых запасов) - 157'010 млн. тонн и 30-е место по глубине его переработки. В стране сосредоточено 5,5% мировых запасов угля, что составляет более 200 млрд. тонн, из них 70% приходится на запасы бурого угля, поэтому необходимо развивать угольную отрасль промышленности с использованием новейших технологий.

Использование синтетических углеводородов, получаемых из угля, ближайшая перспектива. Таким образом необходимо усилить разведку месторождения угля и провести оценку ресурсов пригодных для синтеза, разработать полупромышленные, промышленные установки для гидрогенизации.

#### Библиографический список

1. Глущенко, И.М. Теоретические основы технологии горючих ископаемых / И.М. Глущенко. - М.: «Металлургия», 1990;

2. Засядько, А.Ф. Топливо-энергетическая промышленность / А.Ф. Засядько. - М.: 1959 г;

3. Каляя, И. В. Химия гидрогенизационных процессов в переработке топлив / И.В. Каляя. - М.: 1973.

Научный руководитель: Некрасов Р.Ю., канд.техн.наук, доцент.

## Исследование и снижение времени обработки поверхностей сложной конфигурации

Кудряшова С.В.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В машиностроении широко используются различные виды переходников, в данном случае это втулки. Втулка это симметричное, относительно оси, изделие, но в данном частном случае рассматривается ассиметричная втулка сложной конфигурации.

«Втулка», на рисунке 1, представляет собой полое тело. Служит как переходник между двумя деталями: гладкого конца вала одной детали (посадочная поверхность под который  $\text{Ø}39\text{K}5$ ) и круглой шлицевой поверхностью другой детали (на посадочный размер D8-32H8x38x6F10) [3]. Деталь изготовлена из стали 40Х весом 2,43 кг, заготовкой является сортовой прокат нормальной точности. Данный тип заготовки применим только к мелкосерийному производству, так как коэффициент использования материала меньше 0.5.

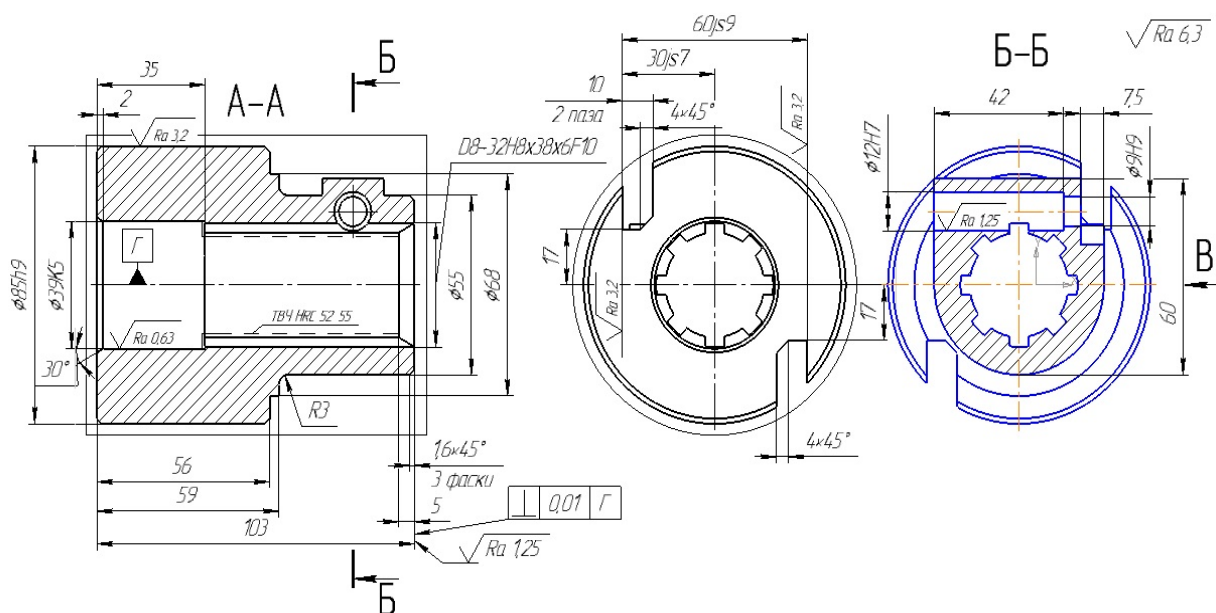


Рисунок 1. Деталь «Втулка»

Особенностью детали является термообработка отверстия D8-32H8x38x6F10 до твердости HRC 52...55, а также последующее его шлифование с целью получения 5 квалитета точности с шероховатостью Ra 0,63. Поэтому для того чтобы термообработать данное отверстие используются ТВЧ, метод местной закалки.

Конструкция детали интересна [6], так как «втулка», что ей не свойственно, не симметрична и имеет много фасонных поверхностей. На основании огромного количества поверхностей, получаемой детали, произведен анализ на технологичность. Он показал, что деталь в целом технологична, по качественной и количественной оценке технологичности изделия [1]. Следовательно ее можно изготовить с минимальными затратами.

Также проведено исследование на время обработки поверхностей по переходам [4]. Используя программный продукт Siemens NX, который не только симулирует процесс обработки, но и производит симуляцию обработки в G-кодах, что гарантирует идентичность работы станка и симулятора [2]. Отслеживает столкновения с оснасткой и узлами станка, а также предельные перемещения по осям. Так же позволяет производить взаимное синхронное перемещение различных компонентов станка. Поэтому также сокращается время на отладку программы уже на самом станке с ЧПУ.

Наглядно исследуя процесс обработки, выбирая различные вариации движения инструмента, можно выбрать оптимальную траекторию, тем самым уменьшив время на обработку и что не менее важно - последовательность операций, что также сокращает время обработки.

Программа Siemens NX позволяет симулировать процесс обработки и получать готовую программу для станка с ЧПУ не требующей проверки.

Если задать координаты передвижения инструмента так чтобы погрешности системы СПИД компенсировались, то можно получить высокое качество поверхностей.

Произведена верификация процесса обработки и симуляция работы токарно-фрезерного станка, в ходе выполнения которой, произведена синхронизация работы элементов станка для уменьшения основного технологического времени [5]. В итоге время сократилось на 31% [7].

#### Библиографический список

1. Аверченков В.И. Технология машиностроения: Сборник задач и упражнений. – М.: ИНФРА-М, 2006 – 288 с.
2. Ведмидь П. А., Сулинов А. В., Программирование обработки в NX Cam. Под ред. Мовчан Д. А., издательство: ДМК-Пресс, 2014 г. 304с.
3. Справочник технолога – машиностроителя в 2 –х т. Т.2, Под ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К.- М.: Машиностроение, 1985-496с. Лебедев Л.В. Технология машиностроения. – Академия, 2006 – 528 с.



4. Методические указания к лабораторной работе по обработке наружных поверхностей тел вращения точением. Под ред. Некрасова Ю.И. и Юсуповой Э.М. – Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2012 – 22с.

5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания в двух частях. Часть 2. Нормативы режимов резания - М.: Экономика, 1990. - 473 с.

6. Ткачев А.Г., Шубин И.Н., Типовые технологические процессы изготовления деталей машин: Учебное пособие. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – 112 с.

7. Чалдаева, Л. А. Экономика предприятия: учебник для бакалавров/ Л. А. Чалдаева.— 3-е изд., перераб. и доп.— М.: Юрайт, 2013.

Научный руководитель: Некрасов Р.Ю., канд. техн. наук, доцент.

### **Влияние легирования на структуру электролитических сплавов никеля**

*Кулемина А.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Никель в качестве защитного покрытия используется достаточно давно, однако, как известно, применение электролитических сплавов на основе никеля позволяет более широко варьировать свойства получаемых покрытий. Одним из наиболее эффективных легирующих элементов является молибден.

Рассматривая равновесную диаграмму состояния Ni-Mo [2] видно, что в сплавах, содержащих молибдена менее 20%, наблюдается однофазная структура твердого раствора молибдена в никеле. При увеличении концентрации структура становится двухфазной. Результаты рентгеноструктурного фазового анализа свидетельствуют, что сплавы никеля, содержащие 5% молибдена, кристаллизуются с ГЦК-решеткой и являются твердыми растворами молибдена в никеле. На дифрактограммах изучаемых покрытий видны рефлексы, имеющие смещение относительно спектра чистого никеля. С увеличением концентрации молибдена в осадках до 12,5 – 18% фазовый состав сплавов всё ещё соответствует равновесному, однако параметр кристаллической решетки сплавов возрастает, а размер зерна становится меньше. С повышением содержания молибдена до 25 % на дифрактограмме осадка не наблюдается никаких дополнительных рефлексов, кроме рефлексов никелевой матрицы, хотя сплав с таким содержанием молибдена должен быть двухфазным согласно равновесной диаграмме состо-

яния. Увеличенное значение параметра кристаллической решетки говорит о том, что сплав вероятнее всего представляет собой пересыщенный твердый раствор на основе никеля. С дальнейшим ростом концентрации молибдена наблюдается уширение рефлексов на дифрактограммах, они становятся диффузными, а их интенсивность уменьшается. На фоне этого наблюдается диспергирование структуры покрытий. Учитывая свойства молибдена, как эффективного аморфизатора, все эти признаки указывают на тенденцию перехода сплава в аморфное состояние.

Таким образом, увеличивая процентное содержание молибдена в электролитических осадках на основе никеля можно существенно изменять структуру получаемых покрытий, а, следовательно, и изменять свойства в широком диапазоне.

#### Библиографический список

1. Ковенский, И.М., Электролитические сплавы/ И.М. Ковенский, В.В. Поветкин - Москва: Интермет Инжиниринг, 2003. – 288 с.
2. Лякишев, Н.П., Диаграммы состояния двойных металлических систем Т.3/ Н.П. Лякишев. – Москва: Машиностроение, 2001. – 872 с.
3. Ковенский, И.М. Формирование структуры никель-молибденовых сплавов при электроосаждении и отжиге/ И.М. Ковенский [и др.]// [Известия высших учебных заведений. Нефть и газ – 2012 - № 2](#) - С. 101-107.

Научный руководитель: Ковенский И.М., д.т.н., профессор.

#### **Использование свойства двойникования при создании оборудования для нефтяной и газовой промышленности**

*Лукьянова О.А.*

*Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, г. Москва*

Надежность, стойкость и способность сохранять функциональную форму - вот основные свойства, которыми должны обладать металлических изделий и конструкций.

Существует ряд металлических сплавов, которые после предварительной деформации, демонстрируют явление возврата к первоначальной форме при изменении температур. Данные материалы называются материалы с памятью формы (МПФ).

МПФ были открыты в конце 60-х годов XX века. В конце 70-х - начале 80-х появляются упоминания в научных журналах о различных

возможностях и областях их применения. В настоящее время для МПФ определены основные функциональные свойства: одно - или двухсторонний эффект памяти, псевдо- или суперэластичность.

Наибольший интерес исследователей вызывает соединение титана с никелем (NiTi), известный как никелид титана, или нитинол, который наряду с хорошей пластичностью обладает уникальным свойством – эффектом памяти формы.

В МПФ можно выделить три основные реакции решетки на воздействие напряжений ( $\sigma$ ) и температур (Т) и, соответственно, три разных способа деформации твердого тела. Это скольжение, двойникование и мартенситное превращение.

Нитинол - сплав, обладающий высокой коррозионной и эрозионной стойкостью. Благодаря этим положительным свойствам данный материал широко применяется в медицине.

Особые коррозионные характеристики никелида титана обусловлены, его способностью образовывать на поверхности оксид  $TiO_2$ , обладающий высокими гидрофобными свойствами и предотвращающий растворение никеля. Никелид титана не корродирует в воде при высоких температурах (до  $300^\circ C$ ), однако при увеличении количества чистого водорода  $H_2$  ( $20 \div 100$  мл/кг) возможно протекание процессов коррозии. Также в реальных условиях морского воздуха при наличии циклических изменений температур может возникнуть туннельная коррозия.

Основным свойством нитинола является сверхупругость. Сверхупругость - свойство материала, заключающееся в полном восстановлении первоначальной формы после снятия нагрузки, значительно превосходящей предел текучести. Сверхупругость наблюдается в области температур между началом прямого мартенситного превращения и концом обратного превращения. Если материал охлаждать из аустенитного состояния с малой скоростью, то фазовые преобразования не происходят, при дальнейшем понижении температуры до определенного значения  $T_n$  появляются первые кристаллы мартенсита, что ведет к увеличению доли мартенситной фазы. При дальнейшем охлаждении размеры и количество мартенситной фазы увеличивается, пока кристаллы не заполнят весь объем. Такое превращение называется прямым и при наличии внешней нагрузки сопровождается появлением большой деформации (эффект пластичности превращения). При последующем нагреве мартенсит начинает переходить в аустенит. При этом накопленная деформация начинает медленно исчезать, пока температура не достигнет определенного значения температуры  $T_k$ , вследствие чего произойдет восстановление формы.

Деформирование металлов в условиях низких температур и больших скоростей нагружения часто приводит к хрупкому разрушению

вследствие нарушения металлической связи и кристаллической решетки. Поэтому изучение кинетики двойникования материалов с высокими физико-химическими свойствами, работающими в экстремальных условиях, является актуальной задачей, как в научном, так и в прикладном плане.

В рамках данной работы рассматривается применение свойства двойникования, т.е. переориентации части кристаллов в положение, симметричное по отношению к первой части плоскости двойникования.

В рамках данной работы предложены новые конструкции нефтегазового оборудования, а именно:

- новая конструкция диафрагменного насоса;
- способ закрепления вооружения (зубков) на долотах;
- новая конструкция клапана-отсекателя;
- новая конструкция свабирующего устройства и предохранительного клапана.

Применение МПФ при проектировании приведенного нефтегазового оборудования позволит:

- упростить конструкции оборудования;
- повысить надежность (ремонтпригодность, безотказность);
- повысить безопасность оборудования;
- снизить финансовые издержки.

#### Библиографический список

1. Корнилов И.И., Белоусов О.К., Качур Е.В. Никелид титана и другие сплавы с эффектом "памяти" – М.: Наука, 1977 г., 161 с.
2. Ооцука К., Симидзу К., Судзуки Ю. Сплавы с эффектом памяти формы (под редакцией Фунакубо Х), пер. с японск. - М.: Металлургия, 1990 г., 224 с.
3. Муслов С.А., Андреев В.А., Бондарев А.Б., Сухочев П.Ю. Сверхэластичные сплавы с эффектом памяти формы в науке, технике и медицине. Справочно-библиографическое издание. - М.: Издательский дом «Фолиум», 2010 г., 456 с.
4. Бледнова Ж.М., Степаненко М.А.. Роль сплавов с эффектом памяти формы в современном машиностроении. Научно-образовательный курс. - Краснодар: Кубанский гос. технологический ун-т, 2012 г., 69 с.

Научный руководитель: проф. ФГБОУ ВО «ЧелГУ» Таскаев С.В., ассистент ФГБОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина» Дубинов Ю.С.

## Применение автоматической подвесной транспортной системы на предприятиях гостиничного бизнеса

Макеев Д.А., Позднякова Н.О.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Существующие в настоящее время гостиничные предприятия характеризуются постоянно повышающимся уровнем автоматизации основных направлений финансово-хозяйственной деятельности и, вместе с тем, низким уровнем автоматизации транспортных операций в гостиничном комплексе.

Такой постепенно нарастающий дисбаланс в уровнях автоматизации основных операций в производстве является одной из причин снижения эффективности работы гостиничного предприятия в целом и, соответственно, снижения его конкурентоспособности.

Такая ситуация характерна не только для гостиничных предприятий в России, она характерна для предприятий гостиничного бизнеса во всем мире.

В этой связи зарубежные отели и гостиницы начали менять организационно-технологическую схему работы и делать необходимым составным элементом в структуре организации работы предприятия автоматическую транспортную систему, позволяющую обеспечить согласованную, равномерную и ритмичную работу предприятия, решить проблему своевременного и непрерывного обслуживания потребителей.



Рисунок 1.  
Транспортный робот-консьерж.  
Япония, Сасебого,  
гостиница Henn-naHotel.



Рисунок 2.  
Автоматическая транспортная  
робототехническая тележка.  
Япония,  
Сасебого, гостиница Henn-naHotel.

Основным средством автоматизации являются автономно работающие напольные транспортные системы, широко используемые в автоматизированных комплексах гибких производственных систем предприятий машиностроения. В первую очередь это транспортные роботы, представленные на рисунке 1 и модернизированные автоматические робототехнические колесные тележки представленные на рисунке 2.

В отличие от гибкого автоматизированного производства, где технологическая схема расположения оборудования статична, в гостиничных комплексах параметры производственной среды и схема транспортных потоков постоянно изменяются. В этих условиях напольные транспортные роботы, имеющие пока еще ограниченные возможности в выполнении полезной работы, испытывают серьезную сложность в навигации.

Кроме того, не все помещения пригодны для эксплуатации робототехнических систем. Высокие требования к рельефу и качеству полового покрытия ограничивают их применение. При этом высокая стоимость, значительные эксплуатационные расходы сводят на нет экономический эффект от внедрения напольных автоматических транспортных систем.

Кроме того, в автономно работающих автоматических системах для питания электромеханических приводов используются аккумуляторные батареи. Необходимость периодического посещения станции зарядки значительно снижает общее время работы оборудования.

Наряду с напольными автоматическими транспортными системами на предприятиях машиностроения в автоматизированном производстве широко используются подвесные автоматические транспортные системы. В первую очередь это монорельсовые автоматические транспортные подвесные системы, работающие в составе автоматизированного склада и обеспечивающие перемещение грузовых единиц без участия человека и подвесные автоматические краны-манипуляторы, способные решать разнообразные технологические задачи, выполнять разные операции и обслуживать оборудование различного вида.

Примером выполнения автоматической подвесной транспортной системы, удовлетворяющей требованиям работы в гостиничных комплексах, является система АТПС-10. Состав технических средств АТПС-10 включает монорельсовый путь, стрелки рамного типа, подъемно-опускные секции, подвесные транспортные манипуляторы, оснащенные телескопическими грузонесущими секциями и микропроцессорную систему управления.

Крепление несущих элементов автоматической подвесной транспортно-технологической системы по месту назначения осуществляется к соответствующим строительным конструкциям (потолку или стенам) на уровне от 3 до 5 метров от уровня пола или на опорах.

Система управления подвесной транспортно-технологической системы устанавливается в подсобном помещении и обеспечивает с помощью оператора дистанционное управление работой транспортно-технологической системы в ручном и программном режиме. Верхнее расположение грузонесущего поддона позволяют автоматической транспортно-технологической системе беспрепятственно и с высокой скоростью выполнять основные функции. Кроме того, благодаря верхнему расположению подвесная автоматическая транспортная система не требует для себя дополнительных производственных площадей.

Конструктивные особенности подвесной транспортно-технологической системы и дизайн в зависимости от назначения могут быть различны.

Длительная практика эксплуатации подвесного автоматического подъемно-транспортного оборудования в производственных условиях показала его высокую надежность и большой эксплуатационный ресурс.

Исходя из успешного опыта работы в автоматизированном производстве подвесного автоматического подъемно-транспортного оборудования предлагается относительно простая в изготовлении автоматическая транспортно-технологическая система с подвесным манипулятором позволяющая решать широкий спектр задач повышения эффективности работы гостиничных предприятий.

Технологичность в изготовлении, проверенный временем принцип работы создает все предпосылки для налаживания массового производства надежных в работе, простых в изготовлении и относительно недорогих систем автоматизации транспортных операций в гостиничных комплексах.

#### Библиографический список

1. Романов В.А. Гостиничные комплексы. Организация и функционирование / В.А. Романов, С.Н. Цветкова, Т.В. Щевцова. - М.: ИЦ МарТ ИКЦ МарТ, 2007. - 65-68 с.
2. Балашова Е.А. Гостиничный бизнес. Как достичь безупречного сервиса / Е.А. Балашова.-М.: Академия, 2005. - 142-143 с.
3. Ляпина И.Ю. Организация и технология гостиничного обслуживания / И.Ю. Ляпина. - М.: Профобридат, 2006. - 14-16 с.
4. Егоров В.А. и др. Транспортно-накопительные системы для ГПС. / В.А. Егоров, В.Д. Лузанов, С.М. Щербаков. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 293 с.

Научный руководитель Проскуряков Н. А. канд. тех. наук, доцент.

## Свойства сплавов Fe-Ni- Cr и Fe-Cr при использовании добавок

Шмидт В.В., Мартюк Д.Р.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Легирование железа в процессе электроосаждения хромом является одним из важнейших процессов, которые применяются для увеличения прочности поверхности изделий. С помощью этого процесса значительно увеличиваются физико-химические характеристики.

Электроосажденные сплавы имеют лучше свойства по сравнению с металлами и металлургическими сплавами. Исследования процессов получения трехкомпонентных сплавов являются сейчас актуальными. Данные сплавы имеют ряд достоинств: экономически более выгодны, обладают большей избирательностью и т.д.

Полученный ранее нами сплав Fe-Ni-Cr имеет лучший выход по току, чем бинарный, а также ряд преимуществ: твердость, прочность, жаростойкость, высокая стойкость к окислению. После закалки эти свойства становятся еще лучше, по сравнению с Fe-Cr. Исследования влияния добавок на свойства сплава не проводились.

Актуальность данной статьи заключается в сравнении бинарного сплава с трехкомпонентным и доказательстве преимуществ последнего. Цель - в изучении влияния добавок для бинарного сплава Fe-Cr и трехкомпонентного Fe-Ni-Cr.

Свойства сплавов не всегда удовлетворяют требованиям в промышленности. Прочностные свойства сплавов могут быть изменены при участии в процессе электроосаждения специальных добавок.

Добавки, участвующие в процессе электроосаждения, действуют по-разному:

- 1) поддерживают рН прикатодного слоя на определенном уровне;
- 2) ингибируют или ускоряют разряд ионов какого-либо компонента;
- 3) придают блеск покрытию;
- 4) влияют на кинетику процесса осаждения.

Нами было рассмотрено влияние добавок на процесс электроосаждения трехкомпонентного и бинарного сплавов железа из сульфатных электролитов. Использовались добавки:  $\text{H}_3\text{BO}_3$  и  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ .

Скорость разряда ионов Fe с добавками  $\text{H}_3\text{BO}_3$  и  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  замедляется при повышении катодной плотности в процессе электроосаждения сплава Fe-Ni-Cr. Схожая ситуация наблюдалась для сплава Fe-Cr.

Для трехкомпонентного и бинарного сплавов получаемые адсорбционные пленки избирательно тормозят разряд ионов более электроположительного компонента - Fe.

О влиянии добавок  $\text{H}_3\text{BO}_3$  и  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  можно судить по величине толщине покрытия, выхода сплава по току, диапазонам катодной плотности тока и температур, скорости осаждения.



Выход по току для трехкомпонентного сплава, осажденного из сульфатных растворов в присутствии  $\text{H}_3\text{BO}_3$  и  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ , был 30 и 36 %, что выше, чем при аналогичных условиях для сплава Fe-Cr (25 и 28 %).

Нами было проведено сравнение процесса осаждения, чтобы оценить роль каждой добавки, бинарного сплава Fe-Cr из двух электролитов (первого – с добавкой  $\text{H}_3\text{BO}_3$  и второго – с  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ).

Природа добавок оказывает влияние на толщину покрытия.. Наиболее толстые покрытия можно получить из ванны, содержащей мочевины, но осадок будет неравномерно распределен по поверхности катода. При введении  $\text{H}_3\text{BO}_3$  в электролит осадки становятся менее толстыми.

Еще одним фактором, который влияет на толщину покрытия, является температура электролита. С повышением температуры осадки получаются тонкими для сплава Fe-Ni-Cr, но более равномерными в сравнении с бинарным сплавом Fe-Cr.

После сравнения результатов оказалось, что условия электроосаждения бинарного и трехкомпонентного сплавов почти идентичны, но технологические характеристики процесса электроосаждения лучше для тройного сплава Fe-Ni-Cr (покрытия получаются более равномерными по толщине, плотности тока и температуры более низкие), что позволяет увеличить экономичность технологического процесса.

По статье можно сделать выводы:

1. После сопоставления технологических характеристик осаждения для бинарного и тройного сплава показало, что при близких условиях осаждения, параметры лучше для сплава Fe-Ni-Cr.

2. Оценены влияния добавок для полученного трехкомпонентного сплава с аналогичным бинарным. Доказано, что экономически более целесообразно получение трехкомпонентного сплава.

#### Библиографический список

1 Федотьев Н.П., Бибинов Н.Н., Вячеславов П.М., Грилихес С.Я. Электролитические сплавы. – М.: Машгиз. – 1962. – 312с.

2 Харламов В.И., Кругликов С.С., Григорян Н.С., Ваграмян Т.А. Особенности микрораспределения электролитических сплавов и их компонентов // Электрохимия. – 2001. – Т. 37. – № 7. – С. 780 – 788.

3 Байрачный Б.И., Орехова В.В., Рой И.Д., Ильященко Т.А., Зувевская Н.В. Прогрессивные электролиты для осаждения металлов и сплавов // Гальванотехника и обработка поверхности. – 1993. – Т. 2. – № 5. – С. 16 – 19.

4 Ваграмян А.Т., Соловьева З.А. Методы исследования электроосажденных металлов. – М.: изд. АН СССР, 1980 – 294с.

5 Лошкарев Ю.М. Электроосаждение металлов и сплавов в присутствии поверхностно-активных веществ // Гальванотехника и обработка поверхности. – 1992. – Т. 1. – № 5 – 6. – С. 7 – 16.

- 6 Мельников П.С. Справочник по гальванопокрытиям в машиностроении. – М.: Машиностроение. – 1991. – 384с.
- 7 Галюс З. Теоретические основы электрохимического анализа. – М.: Мир. – 1974. – 552 с.
- 8 Ковенский И.М., Поветкин В.В. Методы исследования электролитических покрытий. – М.: Наука. – 1994. – 234с.
- 9 Кудрявцев Н.П. Электролитические покрытия металлов. – М.: Химия. – 1979. – 352с.
- 10 Лайнер В.И. Защитные покрытия металлов. – М.: Metallургия. – 1974. – 560с.
- 11 Шеметов В.Ю. Отходы гальванического производства // Экология и промышленность России. – 1998. – № 8. – С. 6 – 10.

Научный руководитель: Шмидт В.В., к.х.н., доцент.

**Трехкомпонентные гальванические покрытия  
в двигателях внешнего сгорания транспортных средств  
и транспортно-технологической техники**

*Шмидт В.В., Мартюк Д.Р.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время для освоения Арктических регионов используются транспортные средства с традиционными энергетическими системами. Например, с дизель-гидравлическими, с дизель-генераторными приводами. Данные системы имеют ограничения в совершенствовании. Также для работы в арктических условиях предъявляется ряд требований к транспортным средствам: высокая надежность, широкий диапазон рабочих температур, давления, скорости ветра. Производительность в данных условиях снижается на 50%, вероятность отказа увеличивается в 3 раза. В условиях низких температур уменьшается сервисный интервал, возрастает потребность в высококачественном топливе.

Усовершенствование ДВС усложняет его конструкцию и требует применения дорогостоящих материалов. К тому же увеличивается количество движущих элементов, что сказывается на надежности установки.

Цель работы заключалась в поиске альтернативного решения в качестве привода транспортных средств для эксплуатации в условиях при низких температурах. Альтернативной применению ДВС является использование тепловой машины внешнего сгорания, гибридной трансмиссии и системы утилизации тепла. Особый интерес был направлен на использование не дорогостоящих, но эффективных материалов. Наиболее подходящим

под данные цели и актуальным является применения гальванических покрытий в производстве деталей двигателя внешнего сгорания.

Чтобы добиться требуемых прочностных характеристик, детали паровых двигателей необходимо создавать весьма массивными. Это ведет к уменьшению удельной мощности. Предлагаемые трехкомпонентные сплавы на основе металлов подгруппы железа превосходят металлургические. При сопоставимом весе детали, изготовленные с применением трехкомпонентных сплавов, легче и крепче. Преимущества, которые были определяющими в исследованиях: коррозионная стойкость, экономическая обоснованность применения, широкий диапазон рабочих температур, высокая твердость, надежность изготовленных изделий и длинный сервисный интервал.

Для обоснования применения тепловой машины внешнего сгорания с деталями, изготовленными из трехкомпонентных сплавов были проведены испытания при низких температурах и сравнены со свойствами аналогичных дизельных ДВС, применяемых в качестве привода с мощностью 100..800 кВт на транспортных средствах в условиях Арктики (бульдозеры, экскаваторы, грузовые машины).

При анализе исследуемой паровой машиной выяснилось, что удельный расход топлива ниже, чем у ряда современных дизельных двигателей. Этот показатель актуален для сопоставленных двигателей с мощностью 100..200 кВт.

В ходе исследования были определены факторы, влияющие на КПД паровой установки - давление и температура. Однако, применение деталей, изготовленных из трехкомпонентных сплавов, дало преимущество в стабильности и эффективности всей установки. Установка работала с большей мощностью при применении деталей, изготовленных из сплава Fe-Ni-Cr.

Также, данный паровой двигатель имеет более простую конструкцию чем традиционные ДВС. Поэтому можно считать, что данный двигатель имеет меньше узлов, которые прихотливы к тяжелым погодным условиям.

По результатам исследований можно сделать выводы, что применение тепловых паровых установок при эксплуатации в арктических условиях - обосновано. Исследованный двигатель внешнего сгорания превосходит традиционные в удельном расходе топлива, имеет более высокий эксплуатационный ресурс, надежность, не требуется качественное топливо. Детали из предлагаемого сплава по прочностным характеристикам превосходят традиционные. Также данный процесс изготовления деталей дешевле аналогичным из керамики и композитов. Это позволяет добиться требуемых эксплуатационных характеристик, без значительных затрат.

#### Библиографический список

1. Шмидт, В.В., Мартюк, Д.Р., Актуальность применения нового гальванического покрытия для защиты оборудования нефтегазовой отрасли от

коррозии в морской воде/ В.В. Шмидт, Д.Р. Мартюк // Западно-Сибирский нефтегазовый конгресс. Инновационные технологии в нефтегазовой отрасли. Сборник научных трудов X Международного научно-технического конгресса Студенческого отделения общества инженеров-нефтяников - Society of Petroleum Engineers (SPE). Тюмень: ТИУ, 2016.- С. 86-87.

2. Шмидт, В.В., Мартюк, Д.Р., Разработка гальванического покрытия сплавом на основе железа для защиты нефтепромыслового оборудования от коррозии/ В.В. Шмидт, Д.Р. Мартюк // Сборник тезисов докладов секции «Проектирование, изготовление и эксплуатация оборудования и сооружений нефтегазового комплекса» XI Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России». Москва: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, 2016.-С.22

3. Шмидт, В.В., Мартюк, Д.Р., Влияние добавок на свойства сплавов Fe-Ni-Cr и Fe-Cr / В.В. Шмидт, Д.Р. Мартюк // Молодежь в современном мире: гражданский, творческий и инновационный потенциал: Материалы VII Всероссийской (заочной) научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Старый Оскол: Изд-во РОСА, 2016.- с 88-91

Научный руководитель: Шмидт В.В., к.х.н., доцент

### Анализ использования САПР программ

*Мозгунова О.В., Калаев А.П.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Система автоматизированного проектирования — это система проектирования, представляющая собой техническую систему, предназначенную для процесса проектирования, состоящую из комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности. Также для обозначения подобных систем широко используется аббревиатура САПР [1].

САПР можно разделить на 3 категории: простые, средние, сложные — представленные в таблице 1 с примерами различного рода программ.

Таблица 1

Категории САПР

САПР		
Простые	Средние	Сложные
AutoCAD; Компас-график	Solid Works; Solid Edge; Компас-3D	CATIA; Pro/ENGINEER; NX

1) Простые САПР: 2D черчение в программе легче относительно ручного труда, поскольку программы настроены таким образом, чтобы построение чертежа было облегчено. Используемая программа отображает заданные операции. Можно выполнять чертежи любой сложности и размеров (есть возможность масштабирования создаваемых элементов или уже готовых чертежей).

2) Средние САПР: предназначены для 3D моделирования и создания чертежей из созданных 3D моделей. Создание 3D моделей больше используют для произведения различного рода анализа, визуализации и конкретики в решении тех или иных задач относительно создаваемой модели.

3) Сложные САПР: Это программы, которые включают в себя целые комплексы программ для крупных предприятия. В них можно выполнить 3D модель детали (САД-программа); рассчитать прочность (САЕ-программа); спроектировать инструмент для изготовления; разработать управляющую программу для станков с ЧПУ (САМ-программа).

Но в современное время остались заводы, которые пренебрегают современными программами и используют метод черчения от руки.

Чертеж от руки — проекционное изображение в масштабе на носителе информации (бумаге, фанере и т. д.).

Когда чертят предмет на листе бумаги пользуются разными вспомогательными инструментами. Потому что от чертежа требуется точные размеры предмета, а глазомером этого не достичь, либо достичь очень сложно. Ранее людям приходилось тщательно чертить все инженерные, архитектурные и машиностроительные чертежи: чертить тонкими линиями, раскрашивать и даже оттенять округлые поверхности размытием туши.

Что бы понять, что выгодней и лучше использовать предприятиям (чертеж от руки или чертеж в программе) нужно сопоставить достоинства и недостатки данных методов, представленных в таблице 2.

Таблица 2

Анализ использования САПР программ

САПР		Чертеж от руки	
Достоинства	Недостатки	Достоинства	Недостатки
Повышение качество проектов	Дорогая лицензия	Возможность исправить	Время
Не большие сроки проектирования	Программы устаревшей версии не могут открыть файлы, созданные в более новой	Не зависит от электроэнергии	Качество
Мобильность	Высокие системные требования	Малые затраты	Вспомогательные инструменты
Сокращение трудоемкости	Неисправность компьютерной техники		Неточность линий

Простота в использовании	Зависимость от электроэнергии		
Системы имеют большое количество библиотек элементов стандартизированных по ГОСТ			
Активная разработка и постоянное совершенствование			
Возможность работы с 3D принтерами			

Таким образом, сопоставив «+» и «-» сравниваемых методов и по соотношению цена/качество наиболее оптимальным для предприятий является использование системы автоматизированного проектирования.

#### Библиографический список

1. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учебник для вузов – М.: Изд-во МГТУ, 2000. – 360с.

Научный руководитель: Стариков А.И., ассистент кафедры ТМ.

#### Улучшение конструкция натяжителя цепи для вездеходов с цепным приводом

*Назаревич С.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

При использовании снегоболотоходного вездехода на независимой балансирной подвеске с цепным приводом в особо сложных дорожно-климатических условиях Крайнего Севера выявляется один важный недостаток, влияющий на характеристики проходимости снегоболотохода [1]. Им является растяжение цепи привода. В следствии высоких переменных нагрузок на цепную передачу при использовании вездехода, в совокупности с заранее заложенным в расчет необходимым провисом цепи, цепь растягивается и превышает максимально допустимую длину цепи исходя из расчетов цепной передачи. Данная проблема приводит к уменьшению жесткости цепной передачи, что влечет за собой непостоянную передачу вращающего момента или заклинивание всего механизма, и как итог, происходит обрыв цепи.

Для решения данной проблемы конструкцию цепного привода komponуют натяжителями цепи [2]. Имеющиеся типы динамических натяжи-

телей цепи в виде пружин, действующий на растяжение, не выполняют своих функций в полном объеме, создавая недостаточный натяг цепи для необходимой жесткости привода, или скоротечно выходят из строя, требуя постоянного осмотра и обслуживания. Также статические натяжители в виде дополнительной натягивающей звезды не пригодны в использовании цепного привода снегоболотохода, так как постоянное изменение направления нагрузок цепной передачи, действующих и на натяжитель, приводит к обрыву статического натяжителя или созданию недостаточного натяга цепи необходимого для правильной работы цепной передачи.

Для решения данных проблем натяга цепи было предложено и воплощено на заводе ООО "Тюменский завод вездеходной техники" динамический натяжитель цепи, позволяющий учесть режимы использования снегоболотоходных вездеходов с цепным приводом.

Данный натяжитель имеет овальную форму для увеличения пятна контакта с цепью. Корпус выполнен из низкоуглеродистой стали и имеет контактирующую с цепью подложку из капралона со специальными уступами, которые создают канавку для цепи.

Применение данных материалов обеспечивает экономическую выгоду и облегчает конструкцию [3].

На корпусе натяжителя имеется элемент в виде полого цилиндра для фиксации одного конца пружины. Для фиксации второго конца пружины в корпусе балансира имеется стакан, соединенный с корпусом резьбовым соединением на рисунке 1.

Корпус натяжителя имеет втулку с внутренними уступами, с помощью которой натяжитель закрепляется в корпусе балансира на ступенчатый вал. При данном соединении натяжитель имеет только одну степень свободы - вращение вокруг оси ступенчатого вала.

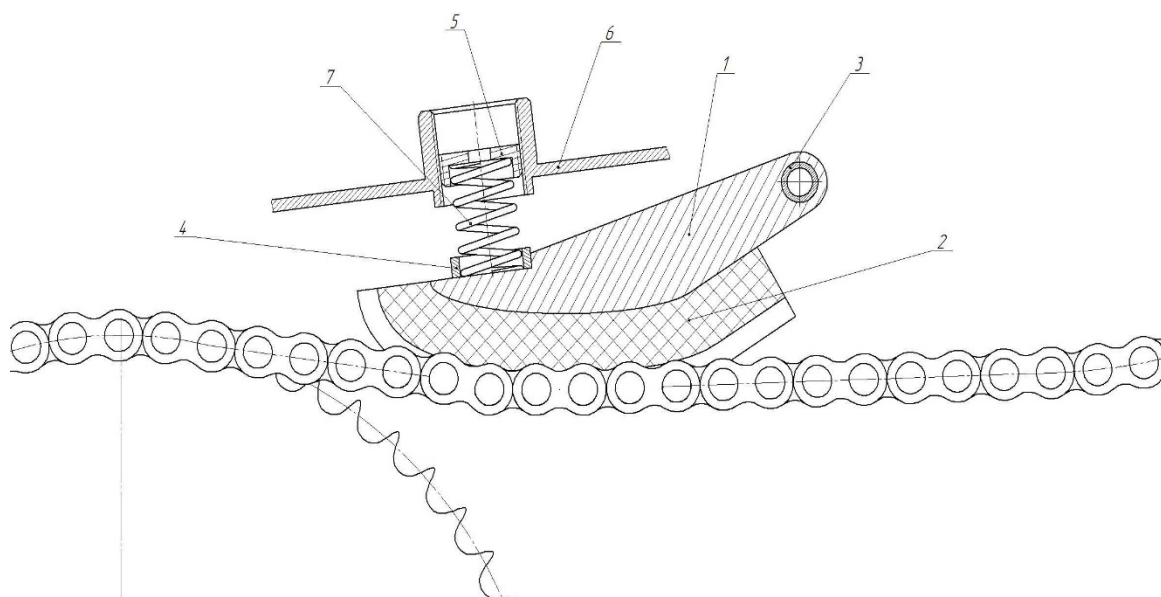


Рисунок 1. Натяжитель цепи: 1-корпуса натяжителя; 2-накладки, контактирующей с цепью; 3-фиксирующей втулки натяжителя; 4- полого вала; 5- стакана, регулирующего натяг цепи; 6- корпуса балансира; 7-пружины сжатия

Ступенчатый вал установлен выше максимального положения цепи для предотвращения обрыва натяжителя цепью при высоких нагрузках цепи.

Таким образом, спроектированный натяжитель более приспособлен к постоянным изменениям нагрузок на натяжитель. Он создает необходимый натяг цепи, когда имеется критичный для работы провис, а в случае, когда цепь выпрямляется под действием больших нагрузок, она поднимает натяжитель, не создавая нагрузки на его крепления.

Тем самым, натяжитель такого вида работает на сжатие пружины, что способствует к увеличению срока межсервисного обслуживания натяжителя. При растягивании цепи в ходе работы снегоболотохода натяжитель возможно отрегулировать за счет резьбового соединения, что также приводит к увеличению срока службы приводной цепи.

#### Библиографический список

1. Ишкина, Е.Г. Организация работы служб предприятий по эксплуатации и ремонту автотранспортных средств и специальной техники: монография/ Е.Г. Ишкина, С.А. Эртман и др. – Тюмень: ТИУ, 2017. – 156 с.

2. ГОСТ Р 50943-2011 Снегоболотоходы. Технические требования и методы испытаний/ Национальный стандарт Российской Федерации. – М.: Стандартинформ, 2012. – 22 с.

3. Ишкина, Е.Г. Управление автотранспортным предприятием по экономическим показателям жизненного цикла автомобилей Экономика и менеджмент систем управления. 2016. Т. 22. № 4.1. С. 123-129.

### **Повышение прочности и износостойкости металлорежущего инструмента обработанного глубоким холодом**

*Никитенко Я.Ф., Свириденко К.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Износостойкостью инструмента называют свойство инструмента длительное время работать с наименьшим износом режущих граней. Износостойкость инструмента определяется главным образом физическими свойствами материала, из которого изготовлена режущая часть инструмента. Чем выше износостойкость инструмента, тем более устойчиво сохраняется точность обработки деталей, так как износ резца меньше переносится на обрабатываемые детали.[1]

Повышение износостойкости режущих инструментов дает возможность увеличить оптимальные скорости резания, повысить производительность труда.

Обработка холодом не только повышает износостойкость инструмента, но и стабилизирует режущие свойства, что делает инструменты бо-



лее однородными по периоду стойкости, что важно для автоматизированного машиностроения.

Обработка жидким холодом позволяет исправить дефекты, которые возникли при отпуске и закалке. Так же, она оказывает еще и другие, не изученные воздействия, которые повышают прочность и износостойкость инструмента в 2-5 раз, а некоторые источники утверждают, что даже в 14 раз. Это происходит из-за того, что при закаливании в структуре инструмента помимо мартенсита остается так же некоторое количество аустенита. Чем ниже культура термической обработки, тем выше количество аустенита в инструменте после закалки и отпуска, тем эффективнее обработка глубоким холодом. Мартенсит возникает в результате мартенситного превращения — сдвигового бездиффузионного полиморфного превращения при охлаждении. Обработка холодом уменьшает количество аустенита, за счет более плотного превращения аустенита с мартенсит. Аустенит — структурная составляющая железоуглеродистых сплавов — твердый раствор углерода (до 2%), а также легирующих элементов в железе [2].

Обработка инструмента глубоким холодом проводится путем погружения его в жидкий азот или другую охлаждающую жидкость с температурой от  $-150^{\circ}\text{C}$  до  $-269^{\circ}\text{C}$ , на рисунке 1. Основная часть инструмента подвергается обработке в жидком азоте на 15 мин. Затем нагреву с термопечи до  $200^{\circ}\text{C}$ , выдерживается в этой температуре в течении часа, после чего постепенно охлаждается вместе с печью на воздухе. Некоторые инструменты после обработки холодом подвергаются нагреву в масле «Индустриальное 20» до температуры  $100^{\circ}\text{C}$  в течении часа, после чего охлаждаются на воздухе.

Аналогичный эффект, но количественно меньший, достигается охлаждением быстрорежущего инструмента в смеси сухого льда с бензином или ацетоном до температуры  $-80^{\circ}\text{C}$ . Данная обработка осуществляется с помощью специальных холодильных установок.[3]

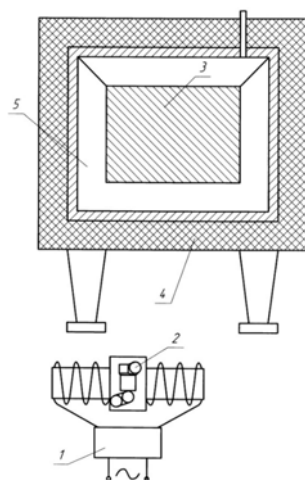


Рисунок 1. Установка термической обработки деталей  
1- электромагнитный аппарат, 2 - обрабатываемая деталь, 3 - сетка корзины,  
4 - термоизолированная камера, 5 – жидкий азот

В основном обработке глубоким холодом, для достижения более высокой прочности, подвергаются стали, предназначенные для изготовления режущих инструментов, таких как плашки, метчики, долбяки, сверла, фрезы. Если исходить из потребностей и требований, которые предъявляются к инструментальным материалам, то обработке глубоким холодом подвергаются инструменты из следующих видов сталей: Р6М5, АР6М5, Р18.

Подводя итог, сказать о том, что повышение прочности и износостойкости металлорежущего инструмента, обработанного глубоким холодом, играет важную роль в станкостроении, атомном машиностроении, автомобилестроении [4], судостроении, так же, в производстве ж/д оборудования, электроэнергетике, микроэлектронике, робототехнике и т.д.

#### Библиографический список

1. Бондарь, М.П. Токарные автоматы и полуавтоматы: учебное пособие/ М.П.Бондарь.- Киев: Машгиз, 1959.- 452 с.
2. Энтин, Р.И. Повышение прочности конструкционных сталей со структурой мартенсита/ Р.И.Энтин // Несовершенства кристаллического строения и мартенситные превращения.- 1972. - N 1. - С.46-62.
3. Захарченко, А.Д. Исследования по повышению прочности и износостойкости металлорежущего инструмента обработанного глубоким холодом / А.Д.Захарченко // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 1997. – N 1. – С. 162.
4. Ишкина, Е.Г. Организация работы служб предприятий по эксплуатации и ремонту автотранспортных средств и специальной техники: монография/ Е.Г. Ишкина, С.А. Эртман и др. – Тюмень: ТИУ, 2017. – 156 с.

Научный руководитель: Ишкина Е.Г., канд. техн. наук, доцент.

#### **Пружинная опора редуктора**

*Орлов Н.С., Калаев А.П., Русаков М.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время можно столкнуться с проблемой разрушения рабочих элементов редуктора из-за не соосности входного и выходного валов находящихся в жестком соединении с использованием муфты [1]. Редукторы широко применяют в различных отраслях народного хозяйства, в связи с чем число разновидностей редукторов велико.

На рисунке 1 представлена одна из станций машин [2], в которой муфта 2 соединяет электродвигатель 1 и редуктор 3. Муфта транспортера 4 соединяет электродвигатель и 5 звездочку транспортера.

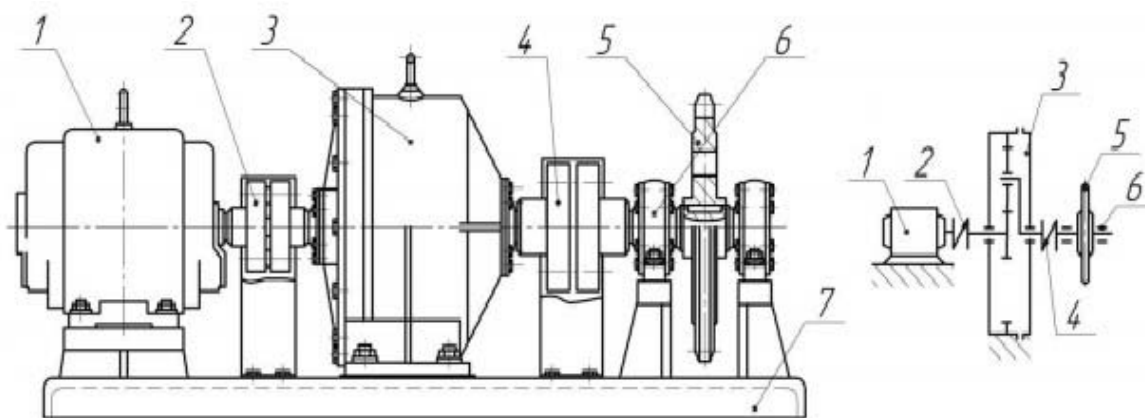


Рисунок 1. Станция машин

1- Электродвигатель, 2- муфта, 3- редуктор, 4- муфта транспортера, 5- звездочка транспортера, 6- опора звездочки, 7- рама.

Для обеспечения соосности 1 вала и 2 вала зубчатого редуктора используются неподвижные зубчатые колеса. Нагрузки с зубчатых колес передаются на корпус редуктора через муфты, стягивающие детали корпуса и работающие на срез, и силы трения на торцовых поверхностях стыка, создаваемые затяжкой болтов. Ослабления узлов крепления редуктора крана ухудшает условия механизма редуктора при работе вибрирует, что приводит к нарушению соосности валов и шарнирные соединения двигателя отламываются из-за толчков. Для решения этой проблемы можно предложить пружинную опору редуктора предоставленная на рисунке 2.

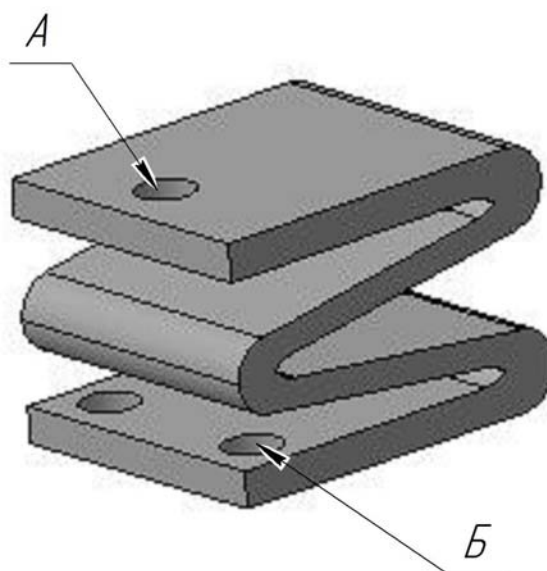


Рисунок 2. Пружинная опора редуктора

В представленном на рисунке 1 механизме предлагается установить пружину под корпус редуктора. На данном рисунке 2, А – это отверстия для крепления с редуктором, а Б крепления на раму. Это приведет к соос-

ности входного и выходного вала и в дальнейшем в механизме будет меньше ухудшаться.

Пружинная опора редуктора имеет М-образную геометрическую форму, которая изготовлена из материала Ст 65. Данная марка стали может использоваться для изготовления пружин, так как предназначена для высоких статических и вибрационных нагрузок, от которых требуется повышенная прочность и нагрузок.

Предварительные исследования позволяют сделать вывод о том, что использование предложенной схемы базирования и закрепления редуктора позволит компенсировать биение, возникающее при передаче крутящего момента с выходного вала редуктора

#### Библиографический список

1. Поляков В.С., Барбаш И.Д., Ряховский О.А. Справочник по муфтам. – Л.: 1974, 352 с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3 т. Т. 1. – 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.: ил.

Научный руководитель: Стариков А.И., ассистент.

### **Преимущества и недостатки системы тепловой подготовки гидропривода и двигателя СДМ**

*Половников Е.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В условиях российского Севера эксплуатируется большой парк строительно-дорожных машин (СДМ). При их эксплуатации в зонах низких отрицательных температур окружающего воздуха повышаются износы во всех системах СДМ, так как не обеспечивается оптимальное тепловое состояние. Это приводит к снижению наработки до отказа и работоспособности техники, увеличению расхода горюче-смазочных материалов (ГСМ). В соответствие с эти снижается эффективность работы СДМ, повышаются затраты на строительство объектов. Для повышения эффективности эксплуатации машин используются средства тепловой подготовки двигателя внутреннего сгорания, гидропривода, салона машины [1, 2, 3]

Известно изобретение, которое относится к машиностроению, а именно к прогреву гидропривода и двигателя СДМ, работающих в полевых условиях: «Система прогрева гидробака и двигателя СДМ» патент на изобретение РФ 2560767, МПК F02N 19/04 (2010.01), опубликовано 20.08.2015 [4].

Преимущества данной системы в том, что по сравнению с другими системами обеспечения тепловой подготовки [5,6,7,8], изобретение является универсальным устройством для прогрева гидробака, двигателя и других узлов СДМ. Одним устройством возможно последовательно прогревать разные элементы гидропривода и двигателя СДМ, а при использовании двух и более устройств, возможен одновременный прогрев нескольких элементов системы гидропривода и двигателя СДМ. Простота конструкции обеспечивает высокую надёжность, ремонтпригодность и экологичность системы тепловой подготовки. Устройство подходит для прогрева разнообразного парка гидрофицированной техники, это существенно снижает затраты на модернизацию больших парков строительной техники.

Система прогрева гидробака и двигателя СДМ, является высокоэкологичным средством прогрева за счёт того, что может использовать возобновляемые источники энергии (например, дрова, кора, брикеты, средства для розжига).

Устройство для прогрева гидробака имеет корпус, в дне которого имеется два или более каналов, в которых расположены транспортирующие стержни один конец которых выполнен с местом для таблетки, а другой конец имеет ручку для перемещения транспортирующего стержня по каналу. Сверху устройства имеется полносъёмная крышка, с перфорированными возвышенностями с пазами для крепления направляющих труб. Направляющие трубы могут быть разной формы и имеют возможность устанавливаться друг на друга (за счёт разных диаметров, в верхней и нижней части направляющей трубы), для осуществления более локального, направленного прогрева. На передней части устройства, на уровне с ручками для транспортировки транспортирующих стержней, имеется транспортирующая дуга устройства, а под дном устройства имеются лыжи для транспортировки.

Аналогичные устройства тепловой подготовки гидропривода и двигателя СДМ приводятся в работах [9, 10], устройствам необходимо перед началом прогрева, выйти на рабочую температуру, либо дождаться устойчивой работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Это требует дополнительных временных затрат, на общий прогрев системы. При использовании устройства для прогрева гидропривода и двигателя СДМ возможно осуществлять прогрев гидропривода с минимальной потерей времени, перед началом прогрева. Так как после начала функционирования устройства, выход на рабочую температуру осуществляется за минимальное время. Имеется возможность прогревать гидропривод системы СДМ, не запуская ДВС. Это позволяет снизить количество вредных выбросов в окружающую среду и снизить потребление горюче-смазочных материалов (ГСМ). Устройство представляет простую конструкцию, без насосов и электроаппаратуры, за счёт этого, оно обладает большей надёжностью, чем аналоги. При эксплуатации устройства, не требуется высокая квалифика-

ция работников использующих систему для прогрева гидробака и двигателя СДМ, а так же нет необходимости иметь сложные инструменты для осуществления ремонта и обслуживания изобретения.

Устройство имеет элементы, требующие дальнейшей модернизации. При наличии возможности регулирования подачи кислорода в корпус устройства – будет иметься возможность регулировать интенсивность выделяемого тепла, во время осуществления прогрева. Увеличение времени работы от одной загрузки устройства – повлияет на коэффициент полезного использования устройства. Ведётся работа по поиску рациональных способов устранения недостатков, и подготовка пакета документов для оформления заявки на новые патенты.

#### Библиографический список

1. Мерданов Ш.М. Гидроприводы строительно-дорожных машин для эксплуатации при низких температурах: монография / Ш. М. Мерданов, В. В. Конев, Г. Г. Закирзаков. – Тюмень: ТИУ, 2016. - 160 с.

2. Konev V. Thermal preparation of the trailbuilder fluid drive / Konev V., Merdanov S., Karnaukhov M., Borodin D. / WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2014. T. 190 Volume 1. С. 697-706.

3. Konev V. Development of a universal data acquisition system with control functions based on analog to digital converter / Konev V., Borodin D., Polovnikov E. / Scientific enquiry in the contemporary, world: theoretical basics and innovative approach, Research articles. San Francisco, California, USA, 2016. с. 205-208.

4. Конев В.В. Устройство для прогрева гидробака и двигателя СДМ / Конев В.В., Мерданов Ш.М., Половников Е.В., Карнаухов М.М. / Патент на изобретение № 2560767, МПК F02N 19/04(2010.01), опубл. 05.08.2014

5. Мерданов Ш.М. Система прогрева гидропривода СДМ с использованием малого гидробака / Мерданов Ш.М., Карнаухов Н.Н., Конев В.В., Созонов С.В., Половников Е.В. / Патент на изобретение №2559227 от 11.07.2014, МПК F02N 19/04(2010.01), опубл. от 10.08.2015

6. Мерданов Ш.М. Система прогрева элементов гидропривода / Мерданов Ш.М., Конев В.В., Бородин Д.М., Половников Е.В. / Патент на изобретение №2569862 от 05.05.2014, МПК F15B 21/00 (2006.01), опубл. от 27.11.2015

7. Мерданов Ш.М. Гидроцилиндр с подвижной частью поршня / Мерданов Ш.М., Конев В.В., Бородин Д.М., Половников Е.В. / Патент на изобретение №2555095 от 25.02.2014, МПК F15B 21/04 (2006.01), опубл. 10.07.2015

8. Конев В.В. Устройство обогрева предохранительных клапанов ассенизаторской машины с помощью выхлопных газов / Конев В.В., Бородин Д.М., Половников Е.В. / Патент на изобретение № 2603876 МПК F02G 5/02 (2006.01), F01N 13/08 (2010.01), опубл. 10.12.2016

9. Половников Е.В. [Автоматизация тепловой подготовки строитель-но-дорожных машин с гидравлическим приводом](#) / Половников Е.В. / [Вестник современных исследований](#). Выпуск № 2-1 (5). Февраль 2017. С. 162-164. ISSN 2541-8300, URL: <http://orcacenter.ru/doc/mr.2017.02.01.pdf> (дата обращения: 12.04.2017).

10. Мерданов Ш. М. Автоматизация процессов тепловой подготовки гидропривода строительно-дорожных машин / Мерданов Ш. М., Конев В. В., Бородин Д. М, Половников Е. В. / Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам II междунар. науч.-практ. конф. — № 1(2). — М., Изд. «МЦНО», 2017. — С. 44-51.

Научный руководитель: Конев В.В., канд. техн. наук, доцент.

### **Усталостный излом – как наиболее распространенный вид разрушения деталей машин и механизмов.**

*Полякова Д.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В процессе эксплуатации механического оборудования происходят поломки, вызванные изломами деталей и приводящие в основном к аварийным остановкам.

Излом – поверхность полностью разрушенного образца или детали при различных способах нагружения: растяжения, сжатия, изгибе, кручении, а также при различных комбинациях нагрузок.

Различают малоцикловые (в области ограниченной долговечности) и многоцикловые (при напряжениях, близких к пределу текучести).

Усталостные изломы возникают после многократного нагружения образцов или деталей при напряжениях, обычно не превышающих предел текучести материала, образуется без существенного влияния коррозионно-активных и адсорбционных веществ и температуры при частотах от сотен до десятков тысяч нагружений в минуту.

Типичные усталостные изломы являются наиболее распространенным видом усталостных нагружений. Характеризуются наличием очага разрушения, зоны постепенного собственно усталостного развития и долома.

По виду излома можно установить характер нагружения металлов, который может быть связан с составом металла, его структурой, с условиями предшествующей обработки или эксплуатации детали.

Анализ излома позволяет установить многие особенности строения, а иногда и причины разрушения металла. [1]

В 2016 году в ходе ремонта турбины было обнаружено повреждение шпилек соединительной муфты РВД-РДС энергоблока ст.№2 Тюменской ТЭЦ-2.

Исследование включало: внешний осмотр и геометрические измерения; определение химического состава металла шпилек; измерение твердости; фрактографический анализ; металлографические исследования.

Повреждение шпилек представляет собой полное разрушение (отрыв) по линии перпендикулярной их продольной оси. Помимо основных повреждений (линий разломов) в их непосредственной близости находятся сопутствующие трещины, охватывающие до 1/3 длины дуги окружности стержня шпильки. Это указывает на многоочаговый характер повреждения. По мере распространения трещин в металл они сходятся в одну магистральную трещину с единым фронтом ее распространения, образуя при этом «ступеньки» в изломах.

Фрактография – описание поверхности металлических изломов, с целью анализа причин протекания процесса разрушения. Фрактографический анализ показал, что изломы шпилек по характерным признакам можно классифицировать как усталостные.

На поверхности изломов хорошо различимы очаги разрушения, из которых берут свое начало микротрещины (фото 1–4). От каждого очага разрушения микротрещины распространяются вглубь металла по направлению к оси шпилек, о чем свидетельствуют линии фронта их распространения. При этом площади поверхностей изломов, занятых зонами медленного развития трещин, значительно меньше суммарных зон быстрого их распространения и зон долома. Т.к. микротрещины зарождались не в одной, а в параллельных плоскостях на разных уровнях, при их слиянии в магистральную усталостную трещину образовались очаговые ступеньки. Вследствие распространения усталостных трещин рабочие сечения стержней шпилек уменьшались, что привело к последней стадии их разрушения, сопровождающейся доломом.



Фото 1 – Поверхность излома шпильки №5



Фото 2 – Поверхность излома шпильки №6





Фото 3 – Поверхность излома шпильки №7



Фото 4 – Ответная поверхность излома шпильки №7 с очаговыми ступеньками при слиянии усталостных трещин в одну магистральную

В ходе металлографических исследований было установлено, что микроструктура металла шпилек в месте повреждения и на удалении от него представляет собой сорбит отпуска и карбиды. Структура характерна для легированной карбидообразующими элементами стали в термически обработанном состоянии (закалка и высокий отпуск).

В месте зарождения трещин и по кромке разрушения следов пластической деформации, направленности структуры не выявлено (фото 6-9). Это подтверждает усталостный характер повреждения при циклических нагрузках, не превышающих предел текучести металла.



Фото 6 – Очаг разрушения шпильки,  $\times 200$

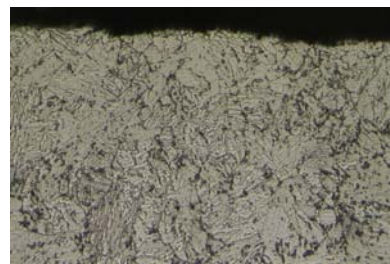


Фото 7 – Поверхность излома (распространения трещины) шпильки,  $\times 500$



Фото 8 – Очаг разрушения шпильки,  $\times 200$

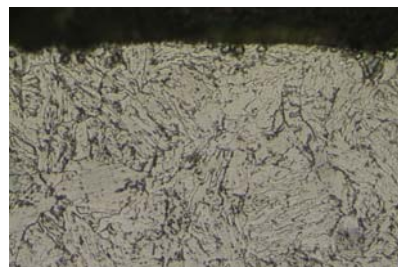


Фото 9 – Поверхность излома (распространения трещины) шпильки,  $\times 500$

Количество сульфидов, оксидов, силикатов, нитридов не превышает 2,5 балла и не является браковочным признаком (фото 10, 11). Технологических дефектов в структуре металла не обнаружено.



Фото 10 – Сульфиды в металле шпильки



Фото 11 – Сульфиды и нитриды в металле шпильки

Зарождение трещин проходило в местах максимальной концентрации напряжений, на микродефектах поверхностных слоев металла, возможно в местах скоплений крупных неметаллических включений.

По результатам исследований можно сделать вывод, что повреждение шпилек произошло по усталостному механизму под действием многократных циклических нагрузок при одностороннем изгибе с напряжениями, не превышающими предел текучести металла. Микротрещины зародились в зоне максимальных концентраций напряжений на микродефектах поверхностных слоев металла, возможно в местах скоплений крупных неметаллических включений.

#### Библиографический список

1. Фридман, Я.Б. Строение и анализ изломов металлов / Я.Б. Фридман, Т.А. Гордеева, А.М. Зайцев. – М. : Гос. научно-техн. изд-во машиностроит. лит., 1960. – 128 с.
2. ГОСТ 1778-70 «Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений».
3. ГОСТ 4967-2009 «Сталь. Определение содержания неметаллических включений. Металлографический метод с использованием эталонных шкал».
4. ГОСТ 20700-75 «Болты, шпильки, гайки и шайбы для фланцевых и анкерных соединений, пробки и хомуты с температурой среды от 0 до 650°С. Технические условия».

Научный руководитель: Корешкова Е.В., канд. техн. наук, доцент.

## Исследование механических характеристик выглаживающего инструмента цилиндрической формы

Попова О.В.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Пластическое деформирование является одним из видов упрочнения поверхностного слоя металлов и сплавов, в результате которого: повышается сопротивление усталости, твердости поверхностного слоя металлов, формируются напряжения сжатия и создается регламентированный рельеф микронеровностей на поверхности[1,2].

ПДД осуществляется с помощью различных методов, одним из которых является выглаживание.

В данной статье представлено исследование механических характеристик выглаживающего инструмента цилиндрической формы размером 8\*8 с диаметральным отверстием 3 миллиметра, материалом которого является кубический нитрид бора, на различные испытания. Модель была построена в программе SolidWorks (рис. 1).

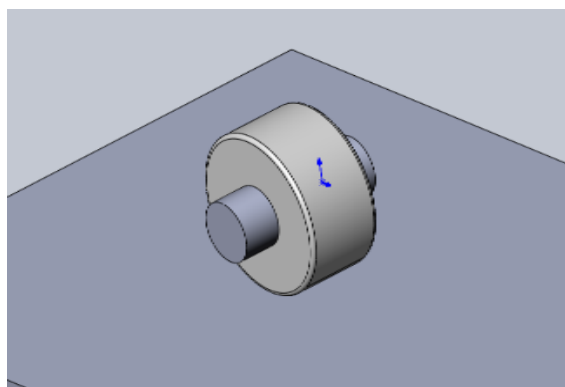


Рисунок 1. Модель выглаживающего инструмента в форме цилиндрика

К преимуществам эльбора относятся: высокая твердость (около 10-ти по шкале Мооса), температурная устойчивость (1000-1200°С, 600—700 °С у алмаза), за счет которых уменьшается износ зерен и долгое время сохраняется их острота, высокая химическая стойкость (инертен к железу, тогда как алмаз хорошо растворяется в железе), что является причиной интенсивного износа алмазных кругов при выглаживании сталей[3].

Так как использование эльборных выглаживателей по сравнению с алмазными выглаживателями способствует значительному повышению производительности, точности и качества обработанных поверхностей деталей на разных операциях выглаживания, то использование его в качестве материала будет более целесообразным.

Были проведены следующие исследования: статический, на ударную нагрузку, на усталость под углом 0° и 5° к обрабатываемой плоскости.

Статический анализ был проведен для расчёта силы перемещений, напряжения, нагрузки и реакции при воздействии приложенных нагрузок (сила - 100 Ньютонов, давление - 490,5 Паскаль, сила тяжести).

В результате статического анализа цилиндрика, находящегося под углом  $0^\circ$  к обрабатываемой поверхности было получено три эпюры: напряжения (рис. 2,а), где максимальное значение напряжения равно  $2\,061\,903\text{ Н/м}^2$ , перемещения (рис.2,б), деформации (рис.2,в). На изображениях видно, что наибольшим деформационным воздействиям подвергались кромки цилиндрической поверхности.

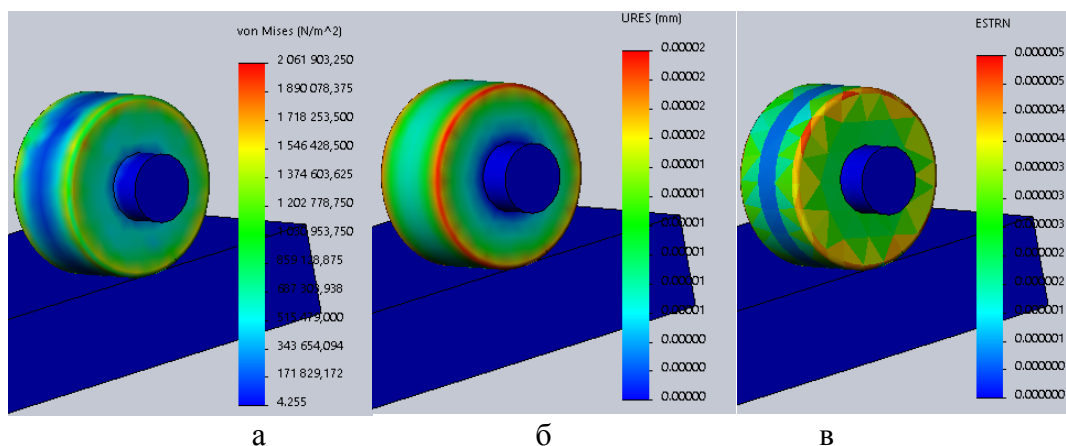


Рисунок 2. Эпюры статического исследования цилиндрика под углом  $0^\circ$  к плоскости: а –напряжений; б- перемещений; в – деформации

Результат статического исследования цилиндрика, находящегося под углом  $5^\circ$  к плоскости показал, что максимальное значение напряжения равно  $1\,991\,213\text{ Н/м}^2$ , перемещения -  $0,001\text{ мм}$ , деформации –  $0,0004$ .

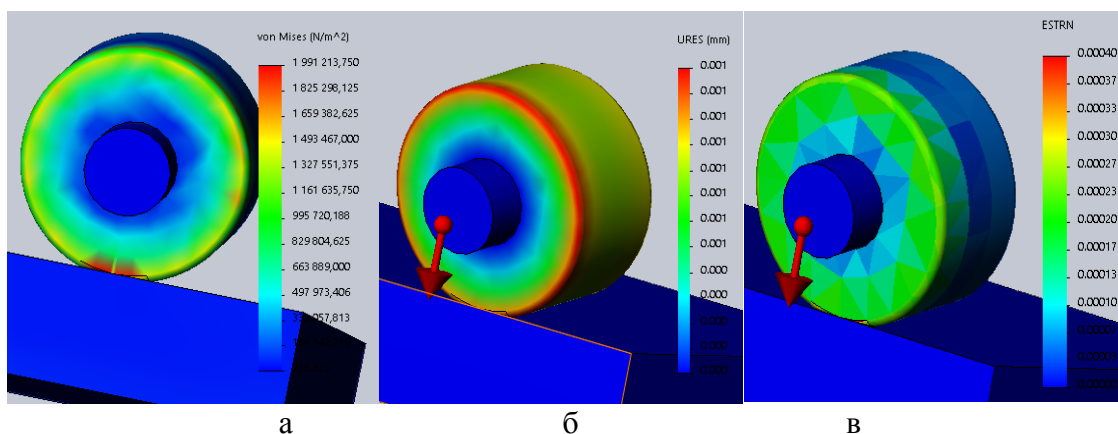


Рисунок 3. Эпюры статического исследования цилиндрика под углом  $5^\circ$  к плоскости: а –напряжений; б –перемещений; в –деформации

Исследования на ударную нагрузку оценивают воздействие удара детали или сборки о жесткую или гибкую плоскую поверхность.



На рисунке 4 показано, как будет воздействовать удар о плоскую обрабатываемую поверхность на цилиндр, работающий под углом  $5^\circ$  и скорости при ударе 50 м/с, силе тяжести. Исследование показало, что цилиндр при работе в удар не подвергается высоким напряжениям, деформации, но подвергается большим перемещениям.

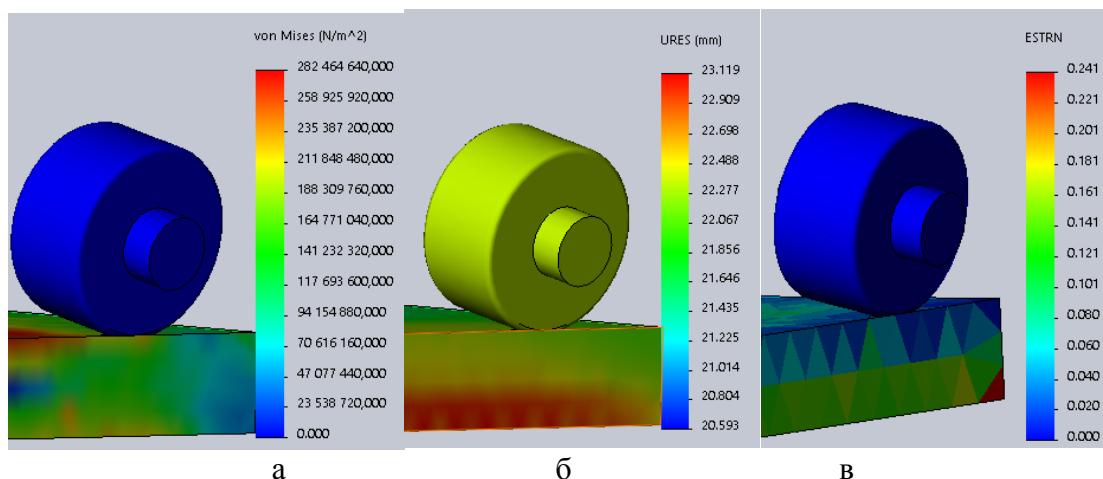


Рисунок 4. Эпюры исследования при работе в удар цилиндрика под углом  $5^\circ$  к плоскости: а – напряжения, б – перемещения, в – деформации

Исследование на ударную нагрузку цилиндрика при угле  $0^\circ$  к обрабатываемой поверхности, показало, что напряжение, перемещения и деформация, которой подвергается выглаживающий инструмент очень малы: максимальное значение напряжения достигает  $0,001 \text{ Н/м}^2$ , перемещения – 2,205 мм, деформации – 0,000.

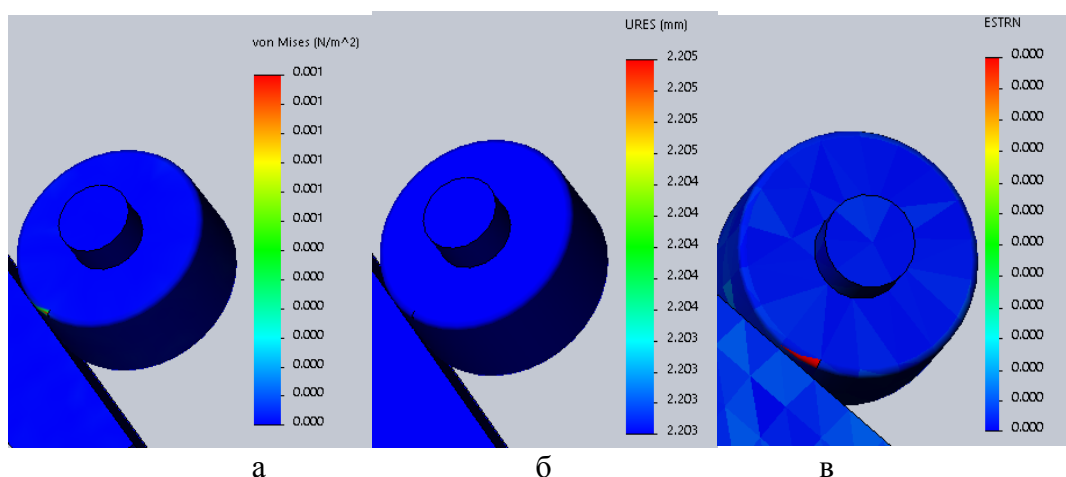


Рисунок 5. Эпюры исследования при работе в удар цилиндрика под углом  $0^\circ$  к плоскости: а – напряжения, б – перемещения, в – деформации

С помощью исследования на усталость было спрогнозировано повреждение из-за усталости, равное 0,001% и оставшийся срок службы дета-

ли -100 000 000 циклов, подвергнутой повторяющейся циклической нагрузке с заданной рабочей частотой.

Сравнивая результаты статических исследований, можно сделать вывод о том, что цилиндр, находящийся под углом  $5^\circ$  при наложенных нагрузках испытывает меньшее напряжение, но большие силы перемещений и деформации в отличие от цилиндра при угле  $0^\circ$ . При испытании на ударную нагрузку цилиндра наилучшим вариантом является расположение цилиндра под углом  $0^\circ$ , так как значения силы напряжения, перемещения и деформации значительно малы по сравнению с вариантом расположения цилиндра под углом  $5^\circ$  к обрабатываемой плоскости. Расположение цилиндра под определённым углом не повлияло на результаты исследования на усталость.

Таким образом, в результате проведенных исследований предпочтительным вариантом является расположение цилиндра под углом  $0^\circ$  к обрабатываемой плоскости.

#### Библиографический список

1. Титов В. А., Титов А. В. Некоторые перспективные направления развития процессов выглаживания конструкционных материалов //Вестник НТУ «ХПИ»-Харьков. – 2009. – №. 32. – С. 78-86.

2. Попова О.В. Выявление максимально допустимых напряжений и нагрузки на алмазный выглаживатель//Материалы международной научно-практической конференции Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе. – 2016.

3. Кузнецов В. П. и др. Конечно-элементное моделирование наноструктурирующего выглаживания //Физическая мезомеханика. – 2011. – Т. 14. – №. 6.

Научный руководитель: Стариков А.И., ассистент

### **Исследование механических характеристик выглаживающего инструмента бочкообразной формы**

*Попова О.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Выглаживание является одним из методов пластического деформирования, который используется для повышения эксплуатационных свойств поверхностного слоя металлов и сплавов[1,2].

В данной статье представлено исследование механических характеристик выглаживающего инструмента бочкообразной формы размером 8\*8

с диаметральным отверстием 3 миллиметра на различные испытания. Модель была построена в программе SolidWorks (рис.1).

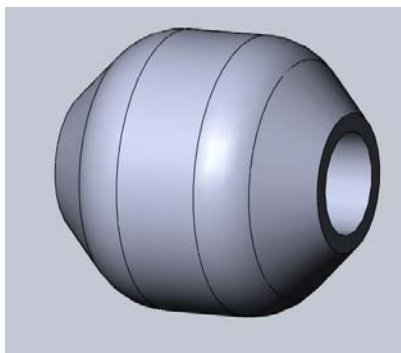


Рисунок 1. Модель выглаживающего инструмента бочкообразной формы

Материалом бочки является кубический нитрид бора (эльбор). Так как эльбор обладает высокой твердостью, температурной устойчивостью (1000—1200 °С, в отличие от 600—700 °С у алмаза), химической стойкостью (стоит отметить инертность эльбора к железу в отличие от алмаза), то использование эльборных выглаживателей по сравнению с алмазными выглаживателями в качестве материала будет более целесообразным, так как способствует значительному повышению производительности, точности и качества обработанных поверхностей деталей на разных операциях выглаживания[1].

Были проведены статические исследования, исследования на ударную нагрузку и исследование на усталость бочки, расположенной под углом 0° и 5° к обрабатываемой плоскости.

Результат статического анализа выглаживающего инструмента в форме бочки (рис. 2), расположенного под углом 5° к обрабатываемой плоскости показал, что максимальное напряжение равно 1720 175 Н/м<sup>2</sup>, перемещения – 0,00145 мм, деформации – 0,00084.

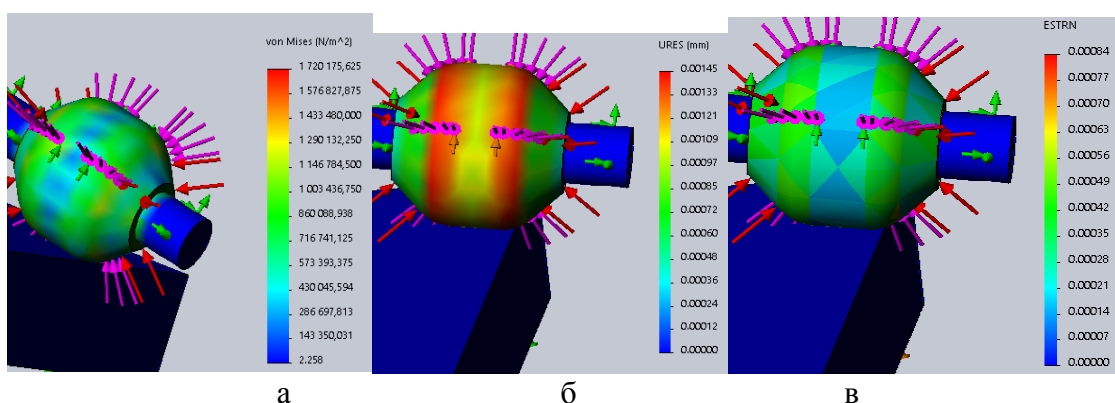


Рисунок 2. Эпюры статических исследований бочки под углом 5° к плоскости: а – напряжения; б – перемещений; в – деформации

Статический анализ бочки при угле  $0^\circ$  к обрабатываемой плоскости показывает (рис. 3), что максимальное напряжение равно  $1\,812\,813\text{ Н/м}^2$ , перемещения -  $0,0014\text{ мм}$ , деформации -  $0,0014$ .

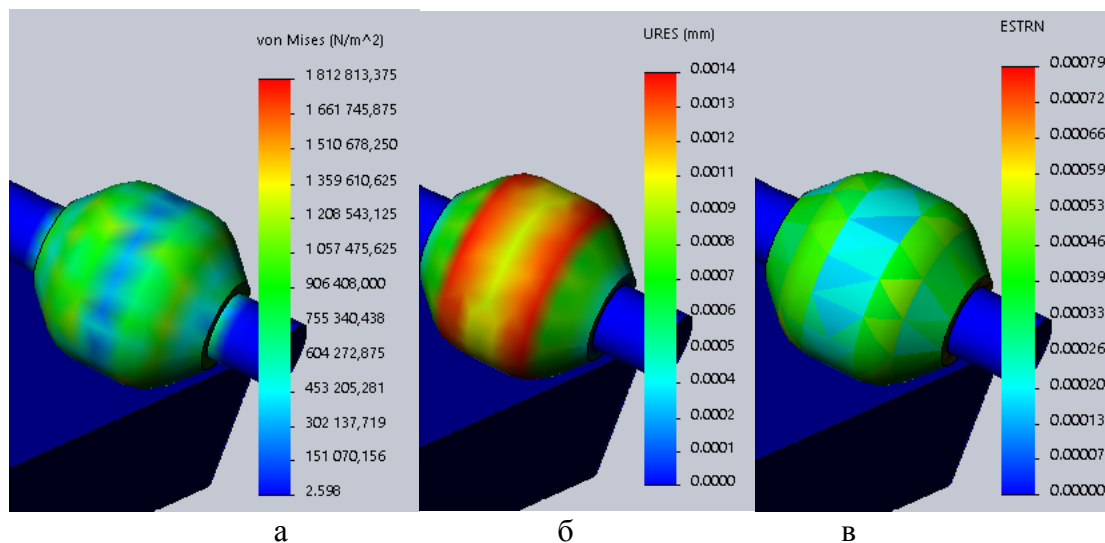


Рисунок 3. Эпюры статического исследования бочки под углом  $0^\circ$  к плоскости: а –напряжения; б –перемещения; в –деформации

При исследовании на ударную нагрузку были приложены сила тяжести и направление движения при ударе со скоростью  $50\text{ м/с}$  (рис. 4).

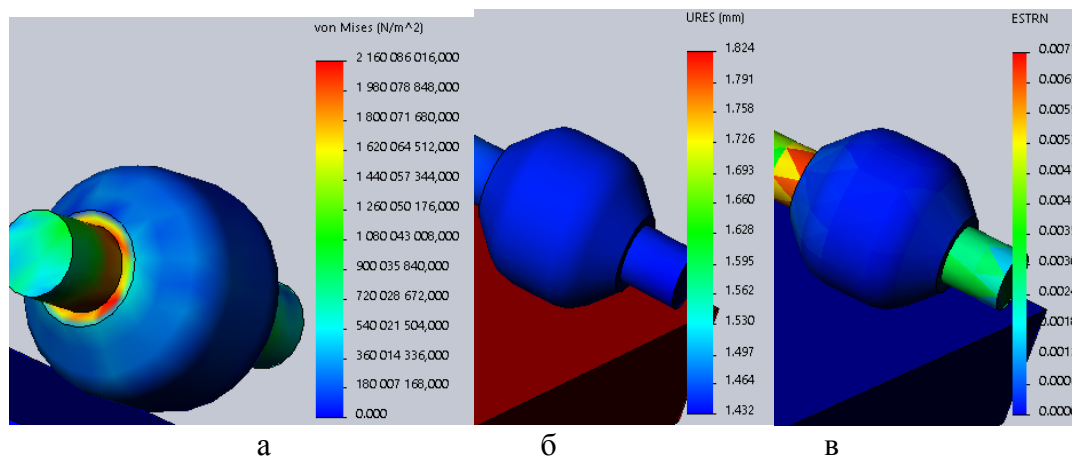


Рисунок 4. Эпюры на ударную нагрузку бочки при угле  $0^\circ$ : а –напряжения, б – перемещения, в – деформации

Исследование на ударную нагрузку выглаживающего инструмента в форме бочки при угле  $0^\circ$  к обрабатываемой плоскости показал, что максимальное значение напряжения, которому подвергалась деталь равно  $2\,160\,086\,016\text{ Н/м}^2$ , перемещения -  $1,432\text{ мм}$ , деформации -  $0$  (рис4).

Исследование на ударную нагрузку выглаживающего инструмента в форме бочки при угле  $5^\circ$  к обрабатываемой плоскости, показало, что мак-



симальное напряжение, которому подвергается деталь, равно 758 838 784 Н/м<sup>2</sup>, перемещения – 1,476 мм, деформации - 0,0007 (рис. 5).

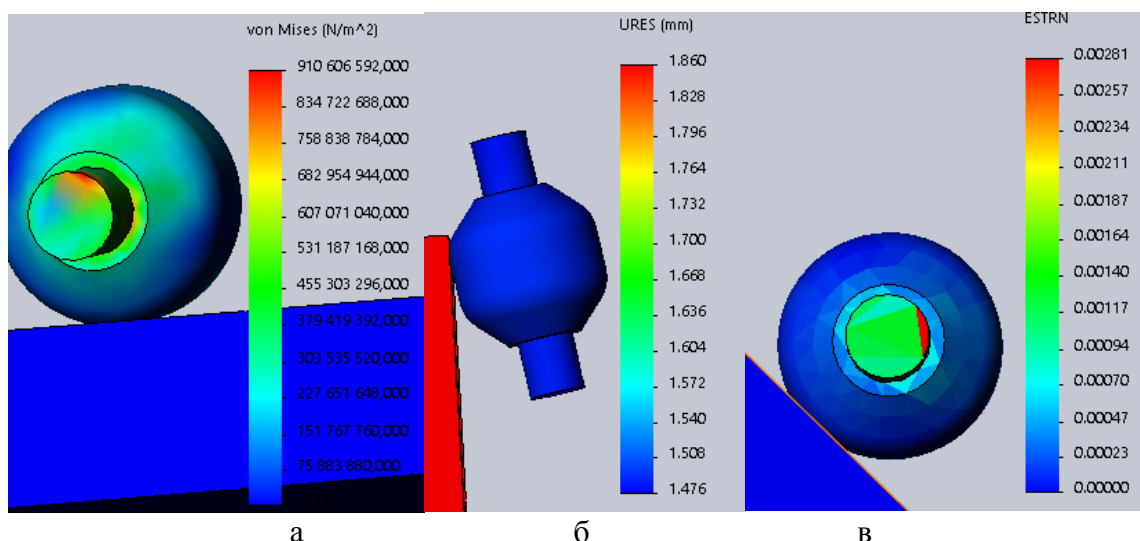


Рисунок 5. Эпюры исследования на ударную нагрузку бочки при угле 5°:  
а – напряжения, б - перемещения, в – деформации

С помощью исследования на усталость было спрогнозировано повреждение из-за усталости, равное 0,00167% и оставшийся срок службы детали -60 000 000 циклов, подвергнутой повторяющейся циклической нагрузке с заданной рабочей частотой.

По результатам исследований бочки можно сказать, что в ходе процесса выглаживания следует производить наклон инструмента, так как при статическом исследовании бочка при угле 5° испытывает меньшее напряжение и деформацию, чем при угле 0°; при исследовании на ударную нагрузку напряжение, испытываемое бочкой при угле 5° почти в 3 раза меньше, чем при угле 0°, значения перемещения и деформации незначительно отличаются друг от друга. Расположение цилиндра под определённым углом не повлияло на результаты исследования на усталость.

#### Библиографический список

1. Кузнецов В.П. Конечно-элементное моделирование наноструктурирующего выглаживания //Физическая мезомеханика. – 2011. – Т.14. – №. 6.
2. Попова О.В., Бывшева Л.Л. Выявление максимально допустимых напряжений и нагрузки на алмазный выглаживатель//Материалы международной научно-практической конференции Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе. – 2016.

Научный руководитель: Стариков А.И., ассистент

## Система адаптивного управления токарного станка с ЧПУ на основе фаззи-регулятора

Фёдорова А.А.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

С целью улучшения качественных показателей изготовления деталей на токарных станках с ЧПУ разработана система адаптивного управления (САУ) со стабилизацией величины силы резания с использованием в контуре управления нечеткого регулятора.

Структурная схема САУ представлена на рисунке 1, где

$P_{зад.}$  – заданное программное значение величины силы резания.

$U_{шп.зад.}$  – заданная программная скорость вращения главного привода.

$U_{шп.}$  – текущее значение скорости вращения главного привода.

$P_z$  – тангенциальная составляющая силы резания.

$X1 = (P_{зад.} - P_z)/P_{зад.}$  – рассогласование текущей величины силы резания.

$X2 = dX1/dt$  – скорость изменения рассогласования величины силы резания.

$Y$  – выходное управляющее воздействие регулятора.

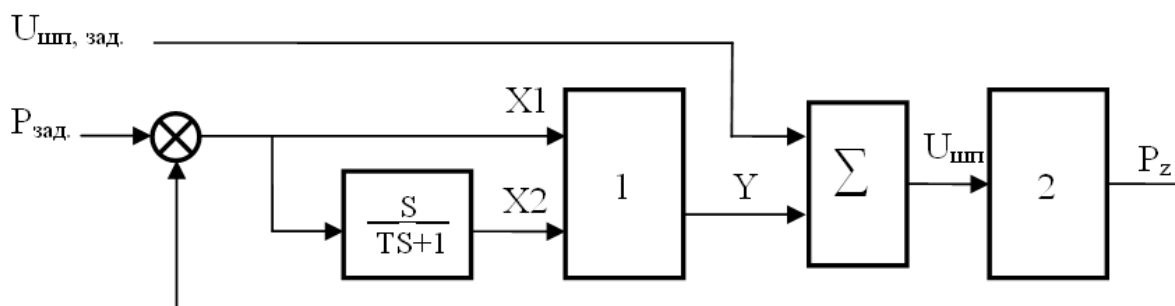


Рисунок 1. Структурная схема САУ с использованием нечеткого регулятора  
1. Нечеткий регулятор. 2. Технологическая система

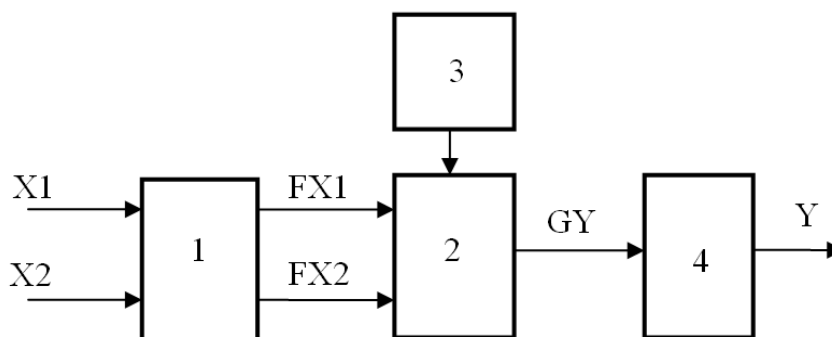


Рисунок 2. Структурная схема нечеткого регулятора  
1. Модуль фаззификации. 2. Механизм логического вывода.  
3. База правил. 4. Модуль дефаззификации

Как видно из рисунка 2, нечеткий регулятор реализует следующие функции:

- переход от четкого значения входных переменных  $X_1$ ,  $X_2$  к их нечеткой интерпретации в форме лингвистических переменных  $FX_1$ ,  $FX_2$  при помощи соответствующих функций принадлежности  $\mu(FX_1)$ ,  $\mu(FX_2)$ , осуществляемый модулем фаззификации 1.

- определение с помощью механизма логического вывода 2 нечеткого значения переменной  $GY$  при помощи соответствующей функции принадлежности  $\mu(GY)$  на основе правил логического вывода, записанных в базе правил 3.

- получение модулем дефаззификации 4 детерминированного значения выходной переменной  $Y$ .

Для обеспечения возможности соответствующей логической обработки лингвистические термы обозначены символично: NB – отрицательное большое, NM – отрицательное среднее, ZE – малое, PM – положительное среднее, PB – положительное большое.

Форма графиков функций принадлежности лингвистических переменных  $FX_1$ ,  $FX_2$ ,  $GY$  для граничных положительных и отрицательных диапазонов выбрана в виде прямоугольной трапеции, для остальных диапазонов в виде равнобедренного треугольника. По оси абсцисс при этом отложены соответствующие нормализованные значения, полученные путем деления величин лингвистических переменных  $FX_1$ ,  $FX_2$ ,  $GY$  на соответствующие максимальные значения  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y$ .

График переходной функции, учитывающий необходимые показатели динамики системы стабилизации величины силы резания [1] и соответствующая этому графику таблица значений лингвистических переменных  $FX_1$ ,  $FX_2$ ,  $GY$  нечеткого регулятора для различных тактов управления технологической системы представлен на рисунке 3.

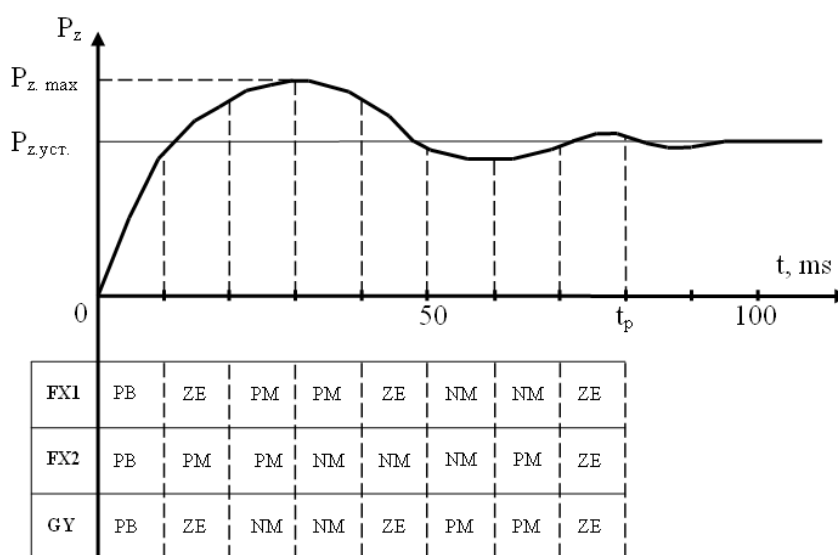


Рисунок 3. График переходной функции системы автоматической стабилизации силы резания и таблица базы правил нечеткого регулятора

Синтез фаззи-регулятора осуществлялся в Fuzzy Logic Toolbox, входящих в пакет программного обеспечения MATLAB. Наилучшие показатели качества переходного процесса были получены с использованием для импликации оператора  $\min$ , для формирования комбинированного термина выходной фаззи-переменной из имплицированных термов – оператора композиции  $\max$ .

На рисунке 4 приведен результат моделирования в среде Fuzzy Logic Toolbox реакции фаззи-регулятора на единичное ступенчатое воздействие.

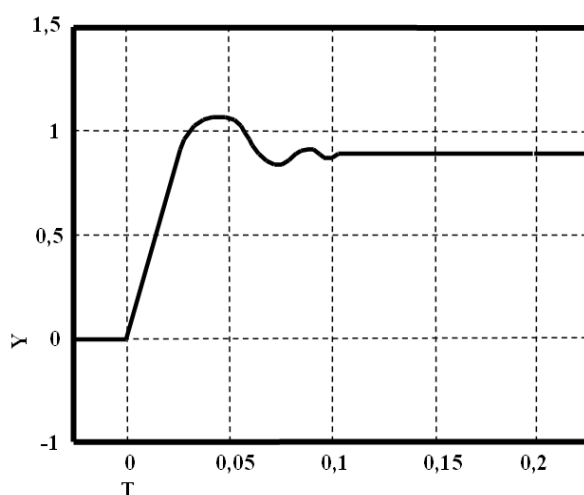


Рисунок 4. Результат моделирования в среде Fuzzy Logic Toolbox реакции фаззи-регулятора на единичное ступенчатое воздействие

Результаты моделирования фаззи-регулятора показывают, что время регулирования  $t_p$  не превышает 8 тактов управления технологической системой ( $t_p = 80$  мс. при частоте управления 100 Гц.), а величина перерегулирования не более 30%.

Таким образом, использование нечеткого регулирования в адаптивной системе токарных станков с ЧПУ позволит обеспечить более высокий уровень стабилизации величин контактных напряжений на рабочих поверхностях режущего инструмента при воздействии силовых возмущений в зоне резания, возникающих в реальной технологической системе.

#### Библиографический список

1. Иванов В.А., Новоселов В.В., Некрасов Ю.И., Шаходанов Ю.И. Технологическое обеспечение точности и математическое моделирование процессов механообработки в машиностроении. – Тюмень 2001.- 182с.
2. Введение в мехатронику: Уч. пособие / Грабченко А.И., Клепиков В.Б., Доброскок В.Л., Крыжный Г.К., Анищенко Н.В., Кутовой Ю.Н., Пшеничников Д.А., Гаращенко Я.Н. – Х.: НТУ "ХПИ", 2014. – 274с.

Научный руководитель: Проскуряков Н.А., канд. техн. наук, доцент.

## Анализ использования альтернативной технологии энергии ветра

*Серазидинов Е.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В наше время широко используют различные виды альтернативной энергетики, такие как: солнечная, геотермальная, ветроэнергетика, волновая, градиент-температурная, биомассовая[1]. Альтернативные виды энергетики используют так, как они выгодны при низком риске причинения вреда экологии.

Подробнее остановимся на ветроэнергетике. Ветроэнергетика – это отрасль энергетики, специализирующаяся на использовании энергии ветра (кинетической энергии воздушных масс в атмосфере). В последнее время многие страны используют ветроэнергетические установки. Такие страны как Дания, Великобритания, Нидерланды, США.

Рассмотрим на сколько развита ветроэнергетика в России и выгодна ли она, на примере автономного ветрогенератора. Представлено на рисунке 1.



Рисунок 1. Автономные ветрогенераторы

Ветровые электростанции строят в местах, где средняя скорость ветра достигает 4,5 м/с и выше. Так же не мало важно, чтобы был подходящий

рельеф. В Российской Федерации есть немало субъектов, удовлетворяющих этим требованиям, в Алтайском крае 4 субъекта, в Архангельской области 5 субъектов, Камчатская область 7 субъектов и так далее.

В России плохо развита ветроэнергетика, потому, что это требует высоких инвестиционных затрат, изменчивость мощности во времени, так как, производство энергии зависит от силы ветра, незначительный шум от турбин.

А также, специалисты не рекомендуют, устанавливать просто ветрогенератор, так как, нет мест, где ветер дует постоянно, поэтому в качестве резервного источника питания, нужно использовать солнечные панели[2].

Самый простой ветрогенератор с малой мощностью до 300 ватт, производящий энергию при силе ветра в 10-12 м /сек. Стоимость комплекта самого простого ветряка с контроллером в среднем от 15 т.р. В комплектации с инвертором, аккумулятором и мачтой цена доходит до 50 000 рублей[3].

В России много благоприятных районов, где можно использовать ветрогенераторы. Ветрогенератор работает в автономном режиме и не приносит вреда окружающей природе. В сравнении с солнечной, геотермальной, волновой, градиент-температурной, безмассовой - автономные ветрогенераторы является более бюджетным в обслуживании и установки. Поэтому в России наиболее альтернативным будет использование технологии энергии ветра за счет ветрогенераторов.

#### Библиографический список

1. Виды альтернативной энергетики [Электронный ресурс]– Режим доступа: <https://ria.ru/eco/20091113/193404769.html>
2. Плюсы и минусы ветроэнергетики [Электронный ресурс]– Режим доступа: <https://alternativenergy.ru/vetroenergetika/581-plyusy-minusy-vetroenergetiki.html>
3. Ветрогенераторы [Электронный ресурс]– Режим доступа: <http://svetdv.ru/veter/index.shtml>

Научный руководитель: Стариков А.И., ассистент.

### **Безопасность при разливке стали**

*Старкова Н.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Существует несколько способов разливки стали: в изложницы, на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) и разливка в слябы под регулируемым давлением. Наиболее распространена разливка стали в изложницы сверху и сифоном.

При разливке стали сверху изложницы наполняются жидким металлом непосредственно из сталеразливочного ковша. На некоторых заводах между сталеразливочным ковшом и изложницей применяют промежуточный ковш. Промежуточный ковш позволяет отливать одновременно несколько слитков и уменьшать напор вытекающей из ковша струи. Разливка сверху является наиболее простым и дешевым способом производства слитков. Поэтому на современных металлургических заводах в подавляющем большинстве сталь развивают в изложницы сверху.

При сифонной разливке металл из сталеразливочного ковша попадает сначала в центральной литник, а затем по сифонным проводникам снизу попадает в изложницы. Такой способ разливки иногда называют разливкой снизу.

Разливка стали в слитки требует большого количества изложниц, поддонов, прибыльных надставок и другого металлоемкого оборудования. Непрерывное литье позволяет все операции соединить воедино и полностью их механизировать. Оно обладает и другими преимуществами: улучшение условий труда, уменьшение потребности в рабочей силе, повышение доли квалифицированного труда.

Сущность способа непрерывного литья заключается в том, что сталь заливают в водоохлаждаемый кристаллизатор. Частично сформировавшаяся заготовка с затвердевшей по периметру коркой вытягивается из кристаллизатора специальным устройством. После дополнительного водяного охлаждения она полностью затвердевает и разрезается на мерные длины, готовые слябы поступают на дальнейший передел или на склад.

Существует несколько конструктивных видов МНЛЗ: с вертикальным кристаллизатором и вертикальной выдачей заготовки; с вертикальным кристаллизатором и с изгибом заготовки в горизонтальное положение; с радиальным кристаллизатором и горизонтальной выдачей заготовки.

В последнее время с целью повышения чистоты металла и улучшения структуры слитка получили широкое распространение внепечное вакуумирование и продувка стали аргоном, а также рафинирование стали в ковше жидким синтетическим шлаком.

Качество стали может быть также значительно улучшено путем рафинирования ее в ковше жидким синтетическим шлаком. Этот шлак в количестве 3-5% от массы сливаемого металла заливают в ковш и на него выпускают металл из сталеплавильной печи. В процессе выпуска стали за счет работы, производимой падающей в ковш струей металла, происходит интенсивное перемешивание металла и шлака и значительное увеличение поверхности их контакта. Благодаря этому повышается скорость перехода вредных примесей из металла в шлак и достигается большая полнота их удаления.

Не стоит забывать, что персонал при данной работе должен следовать строго установленным инструкциям и нормам: спецодежда, предо-

хранительных средства, проверка оборудования и т.д. На каждый ковш заводится паспорт, куда записывают результаты периодических осмотров и испытаний. Крановые ковши подвергаются испытанию статической нагрузкой, превышающей на 25 % вес ковша при максимальном наполнении его металлом. Носилки для ковшей, переносимых вручную, испытываются на статическую нагрузку весом, превышающим на 50 % максимальную рабочую нагрузку, включающую вес металла и ковша.

На механизме электрического подвешного ковша устанавливают ограничители высоты подъема. К миксеру подвешной ковш надо подводить, плавно снижая скорость передвижения ковша. Чтобы исключить расплескивание металла во время транспортировки, ковш независимо от его емкости следует наполнять жидким металлом не более чем на 7/8 по высоте.

При неплотном соединении полуформ (вследствие большого давления воздуха, находящегося в полости форм) неизбежно вытекание металла с большой скоростью, что очень опасно. Во избежание этого перед заливкой обе половины формы должны быть прочно скреплены или сверху формы уложен достаточный по весу груз. Выходящий во время заливки из крупных форм газ необходимо поджечь, чтобы предупредить выплескивание металла через газоотводящие каналы (выпоры) форм.

#### Библиографический список

1. Смирнов, А.Н. Непрерывная разливка стали: Учебник/А.Н. Смирнов, С.В. Куберский, Е.В. Штепан. — Донецк: ДонНТУ, 2011. — 482 с.
2. Охрана труда в электротехнической промышленности: Учебник для техникумов/Н. А. Чекалин, Г. Н. Полухина, Г. Г. Тугуши. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 272 с.
3. <https://metallurgy.zp.ua/ohrana-truda-i-tehnika-bezopasnosti-pri-razlivke-stali/>

Научный руководитель: Моргун А.И., доцент.

### **Материалы поршневой группы двигателя внутреннего сгорания**

*Суц К.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Шатунная группа двигателя внутреннего сгорания образует промежуточное шарнирное звено между прямолинейно перемещающимся поршнем и вращающимся коленчатым валом. Она включает в себя шатун, шатунные вкладыши, втулку верхней головки шатуна и крепежные детали, к



которым относятся болты и гайки нижней головки шатуна, выполняемой чаще всего разъемной.

Детали шатунной группы несут значительные механические нагрузки, принимаемые от поршня через поршневой палец и передаваемые далее деталям группы коленчатого вала, а также значительные инерционные нагрузки, обусловленные сложным знакопеременным движением шатуна. По этим причинам к конструкции деталей шатунной группы предъявляются определенные требования, направленные на обеспечение их надежной и безотказной работы, а также приемлемой долговечности, поскольку ремонт и замена этих деталей связаны с работами значительной трудоемкости:

- высокая усталостная прочность при динамических нагрузках;
- высокая жесткость головок и стержня;
- минимальная масса и габариты (размеры шатуна не должны препятствовать его проходу через цилиндр при сборке двигателя);
- простота и технологичность конструкции.

В двигателе шатун является объектом периодического воздействия нагрузок с переменным действием, которые меняются от растяжения к сжатию. Именно поэтому шатун должен обладать прочностью, легкостью и иметь жесткую конструкцию.

Особенности конструкции шатунов напрямую зависят от типа мотора и схемы его компоновки. Так для бензиновых двигателей используются легкие шатуны, в дизелях - тяжелые. Основные элементы шатуна это: стержень, верхняя поршневая головка и нижняя кривошипная головка. Поршневая головка соединена со стержнем поршневым пальцем, кривошипная головка – с шейкой коленчатого вала.

Стержень шатуна имеет, как правило, двутавровое сечение. Встречаются шатуны с круглым, прямоугольным, крестообразным, Н-образным сечением стержня. Для подачи масла к подшипнику поршневой головки в стержне шатуна выполнен канал.

Верхняя поршневая головка представляет собой цельную проушину, в которую с натягом установлена втулка – подшипник скольжения для вращения поршневого пальца. Втулка изготавливается бронзовой или биметаллической (сталь со свинцом, оловом). Устройство поршневой головки определяется размером поршневого пальца и способом его крепления. Для снижения массы шатуна и уменьшения нагрузки на поршневой палец на некоторых двигателях используются шатуны с трапециевидной формой поршневой головки.

Нижняя кривошипная головка отличается разборной конструкцией, основным назначением которой является соединение двух механизмов – коленчатого вала и самого шатуна. Головка состоит из верхней части и крышки, которая крепится к шатуну крепежными болтами. Головка может иметь два типа разъемов по отношению к стержневой оси - косой (выпол-

ненный под углом) и прямой (выполненный перпендикулярно). Длина цилиндрического блока зависит от толщины нижней головки. В головке устанавливаются тонкие вкладыши подшипника скольжения, которые могут иметь от 2-х до 5-ти слоев, изготовленных из стальных полос, внутренняя часть которых покрывается защитным антифрикционным составом, соответствующим определенному типу двигателя.

Шатуны бензиновых двигателей в массовом производстве изготавливают из углеродистых или легированных сталей 45, 45Г2, 40Г, 40Х, 40ХН, 40Р методом литья, что обеспечивает почти идеальный компромисс между стоимостью и прочностью. Шатуны дизельных двигателей находятся под значительно большей нагрузкой, чем детали бензиновых двигателей, поэтому их изготавливают методом горячейковки или горячейштамповки. А в качестве материала используют специальные легированные стали = 18Х2Н4МА, 18Х2Н4ВА, 40ХН3А, 40Х2МА и др. Для повышения прочности шатуны подвергаются термической обработке. Для того, чтобы повысить усталостную прочность, их поверхность обрабатывают стальной дробью.

Материалы вкладыша подшипника скольжения должны обладать высокой усталостной прочностью и износостойкостью. В то же время его поверхность должна быть мягкой для обеспечения необходимого уровня антифрикционных свойств. Вкладыши подшипника скольжения изготавливают из таких материалов как: бронзы, антифрикционные чугуны, баббиты на оловянной и свинцовой основах. В современных двигателях применяются вкладыши, состоящие из 2-х и 3-х слоев. Биметаллический подшипник изготавливается из стального основания, алюминиевого подслоя и антифрикционного алюминиевого сплава. Триметаллический подшипник - из стального основания, промежуточного медного слоя, который служит подложкой для антифрикционного покрытия и антифрикционное покрытие.

#### Библиографический список

1. Г.М. Автомобили. Теория и технологические свойства. - М.: Колос С, 2004. - 504 с.
2. Болотов А.К., Лопарев, Л.А. Конструкция автомобилей. - М.: Колос, 2006. - 352 с.
3. ГОСТ 1320-74 Баббиты оловянные и свинцовые. Технические условия.
4. Дубина В.В. Кривошипно-шатунный и газораспределительный механизмы двигателя внутреннего сгорания. / В.В. Дубина, Н.П. Чикунов. - Саранск: Изд-во Морд. ун-та, 2003. - 176 с.

Научный руководитель: Венедиктов Н.Л., канд. техн. наук, доцент.

## Испытания на ударный изгиб холоднокатаного проката стали 08Ю

Тагиров Т.Т.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Автоматизация современных технологических процессов и производств - позволяет заниматься созданием современных аппаратно-технических и программных средств, которые могут проектировать, исследовать, проводить техническое диагностирование и промышленные испытания. Один из ярких примеров автоматизации - автоматические линии контактной точечной сварки кузова легкового автомобиля.

Основу технологии составляют робототехнические комплексы работающие по технологической схеме так называемого "сада роботов", где автоматы не только выполняют операции сварки, но и манипулируют узлами в процессе доварки кузова на стационарных клещах, а также передают его с поста на пост (рисунок 1).

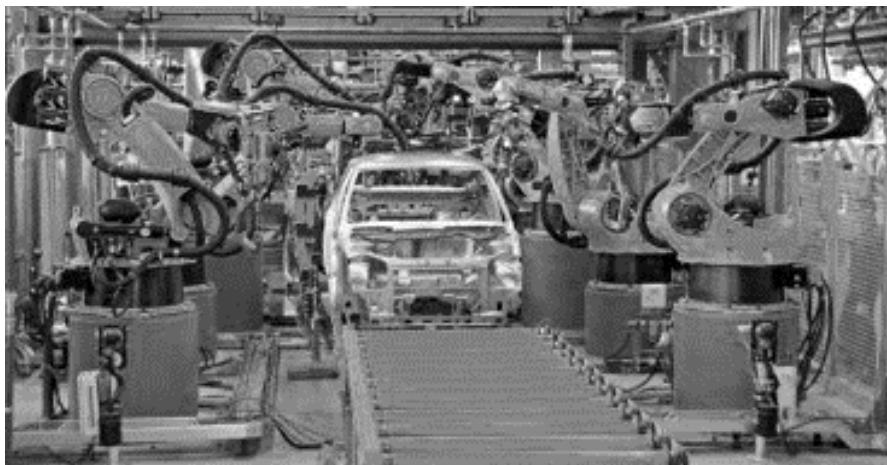


Рисунок 1. Автоматизированная линия точечной сварки автомобиля ВАЗ

Основную массу деталей кузова автомобиля выполняют из холоднокатаного проката стали 08Ю категорий вытяжки СВ (сложная), ОСВ (особо сложная), а наиболее простые детали — из сталей 08кп и 08пс категории вытяжки ВГ (весьма глубокая) [1]. В учебной лаборатории ТИУ провели испытания образцов из стали 08Ю на ударный изгиб, для определения ударной вязкости.

Ударная вязкость характеризует надежность материала, его способность сопротивляться хрупкому разрушению. Испытание проводили на образцах с надрезами  $U$  – образной формы. Образец устанавливали на опорах копра надрезом в сторону, противоположную удару ножа маятника. По результатам испытаний ударная вязкость стали 08Ю [2] была установлена  $KCU^{40} 85$ , Дж/см<sup>2</sup>, что соответствует механическим свойствам холоднокатаного термообработанного проката для холодной штамповки по ГОСТ 9045-93 [3].



Рисунок 2. Вид образца после испытаний на ударный изгиб

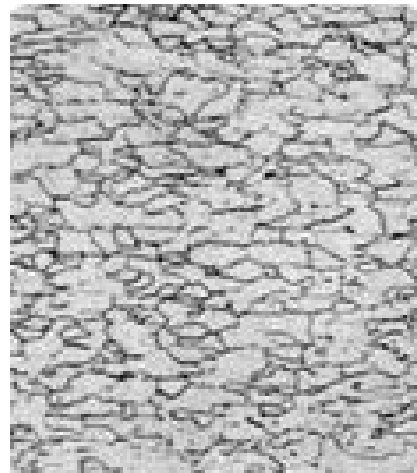


Рисунок 3. Микроструктура продольного шлифа. Удлиненные зёрна феррита. x100

#### Библиографический список

1. Журнал "Автомобильная промышленность", А. Н. Пушков, канд. теки, наук Д.Г. Рузаев - 2004 год, № 12, С. 28-31.
2. Марочник стали и сплавов/Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"; ред. Бреславский Д.В.; Web-мастер Бреславская Е.А.–Электрон. дан. – Режим доступа: [http://splav-kharkov.com/mat\\_start.php](http://splav-kharkov.com/mat_start.php) свободный.
3. ГОСТ 9045-93. Использование и издательское оформление - М.: ИПК Издательство стандартов, 1993.

Научный руководитель: Моргун А.И. канд. тех. наук, доцент.

#### Работоспособность режущих инструментов

*Тверяков А.М., Штин А.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Работоспособность режущего инструмента – это такое его состояние, при котором он способен выполнять свои функции, имея износ рабочих поверхностей, меньше критериального. (минимальное значение относительного поверхностного износа, максимальное значение пути резания)

Профессор Зорев Н.Н. провел исследования зависимостей стойкости от скорости резания инструментов из инструментального твердого сплава и быстрорежущей стали при обработке сталей и молибдена [1]. Исследования проводились в широком диапазоне изменения условий резания, а графики стойкости оценивали путем сравнения с соответствующими температурными зависимостями и поверхностей износа по микрофотографиям инстру-

мента. Для процесса резания металлов является типичным сложный характер зависимостей стойкости от скорости резания («горбы» и «переломы» графиков стойкости). При изменении условий резания (в основном обрабатываемого и инструментального материалов) максимумы и минимумы графиков стойкости сдвигаются в сторону больших или меньших значений стойкости. «Горбы» и «переломы» на графиках стойкости обусловлены изменением интенсивности и природы преобладающего вида износа. [1]

Профессором А.Д. Макаровым сформулировано и доказано положение о постоянстве оптимальной температуры резания: оптимальным скоростям резания (для неизменной пары инструментальный - обрабатываемый материал) вне зависимости от комбинаций подачи, глубины и скорости обработки соответствует постоянная температура в зоне резания, которая получила название оптимальной температуры резания. [2]

Несмотря на то, что положение постоянства оптимальной температуры резания первоначально было установлено исключительно для токарной обработки материалов разных групп обрабатываемости, в дальнейших работах экспериментально подтвердилась справедливость данного положения для всех видов обработки материалов резанием: нарезания резьбы, зубофрезерования, сверления, фрезерования и т.д.

Профессором Лоладзе Т.Н. [3] предлагается другое разъяснение особенности износа режущих инструментов из инструментальных твердых сплавов. Износ режущего инструмента на малых значениях скоростей обработки металлов резания в основном вызван адгезией. Адгезионный вид износа в первую очередь зависит от химического сродства трущихся пар, их структуры и соотношения механических свойств. Для пары «инструментальный твердый сплав – сталь» с повышением температуры до 700-800 °С увеличивается соотношение твердостей инструментального и обрабатываемого материалов, что также должно способствовать снижению адгезионного характера износа и износа в целом. В реальности наблюдается противоположная ситуация. При данных температурах режущий инструмент изнашивается интенсивнее. При нагреве обрабатываемого материала до 1100 °С и больше, инструментальные твердые сплавы всех без исключения марок очень быстро изнашиваются и на низкой, и на высокой скорости резания, причем значения сил резания и напряжения в контактных поверхностях режущего инструмента снижаются в несколько раз. [5]

Силиным С.С. [4], на основании большого количества опытов, сделан вывод о том, что в момент стабилизации сил резания, когда они рассматриваются как функция от скорости резания, при постоянной глубине резания и подачи, наблюдаются минимальные значения графиков относительного поверхностного износа и высоты микронеровностей. Что соответствует оптимальной температуре резания. На основании выше изложенного профессором Силиным С.С. [4] была разработана методика определения оптимальных условий обработки по установке момента, при котором наступает ста-

билизация главной составляющей силы резания  $P_z$  при постоянном изменении скорости  $V$ , при неизменных остальных параметрах. [6]

В результате анализа проведенных исследований можно сделать вывод о том, что для любой марки инструментального материала вне зависимости от обрабатываемого материала, режимных условий, геометрических параметров, СОЖ, величины температуры подогрева материала, имеется постоянная оптимальная температура резания  $\theta_0$ , которая обеспечивает минимальное значение относительного поверхностного износа, максимальное значение пути резания, другими словами, обеспечивается максимальная работоспособность инструмента.

#### Библиографический список

1. Зорев, Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов / Н.Н. Зорев. - М.: Машгиз, 1956.
2. Макаров, А.Д. Оптимизация процессов резания. / А.Д. Макаров, 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1976. – 278 с
3. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. / Т.Н. Лоладзе - М.: Машиностроение, 1982. - 320 с.
4. Силин С.С. Метод подобия при резании металлов. / С.С. Силин - М.: Машиностроение, 1979.- 152с.
5. Артамонов Е.В., Выбор инструментального твердого сплава по обрабатываемому материалу на основе физико-механических характеристик./ Артамонов Е.В., Василега Д.С., Трифонов В.Б./ - Тюмень, 2010
6. Артамонов Е.В., Определение температуры максимальной работоспособности сменных режущих твердосплавных пластин / Артамонов Е.В., Василега Д.С., Тверяков А.М., - Тюмень, 2013.

Научный руководитель: Артамонов Е.В., доктор технических наук, профессор.

#### **Способ компенсации пространственных отклонений заготовки, возникающих в процессе обработки на станках с ЧПУ**

*Соловьев И.В., Темпель Ю.А., Темпель О.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Целью работы является рассмотрение возможности применения метода конечных элементов при разработке управляющих программ для обработки деталей типа тел вращения с целью повышения точности их формообразования.

Поскольку в общем объеме механической обработки на долю изготовления корпусных деталей и деталей типа тела вращения приходится

около 55% [1], то объектом исследования послужил вал из стали марки сталь 40X (ГОСТ 4543-71). В качестве примера было рассмотрено обтачивание ступенчатого вала, закрепленного в токарном патроне без заднего центра. Конечно-элементное моделирование проводилось при силе резания, возникающей при следующих условиях обработки: глубине резания  $t=2,5$  мм и расчетной скорости резания  $V=135$  м/мин. При этом свойства выбранного материала следующие: модуль упругости  $E=2,14 \cdot 10^5$  МПа; коэффициент Пуассона  $\nu=0,25$ ; плотность  $\rho=7820$  кг/м<sup>3</sup>. Составляющие силы резания  $P_{x,y,z} = 2798/1392/1392$  Н.

В настоящей работе была решена узкая задача по моделированию трансформации CAD-модели детали ступенчатый вал, с учетом компенсации погрешности, возникающей в процессе действия на заготовку силы резания при обтачивании.

Результаты конечно-элементного моделирование показали изменение пространственной формы исследуемого объекта и величину отклонений. Было замечено, что после обтачивания форма детали получится не цилиндрической, а слегка конической в результате деформации от приложенной силы резания.

На основании проведенного моделирования, следующим этапом исследования является внесение изменений в CAD-модель детали, записанной в STEP формате путём автоматической замены строк в файле, содержащих информацию о геометрии, и разработка управляющей программы в САПР, с последующей обработкой двух партий деталей на токарном станке с ЧПУ и сравнении результатов обработки.

#### Библиографический список

1. Некрасов Р.Ю. Структура и принципы работы интеллектуальной системы управления обработкой на станках с ЧПУ / Р.Ю. Некрасов, А.И. Стариков, И.В. Соловьев, О.В. Бекарева // Технология и материалы. – №4, 2015. – с. 41-48.

Научный руководитель: Некрасов Р.Ю., канд. техн. наук, доцент.

#### Улучшение двигателя маршрутного такси

*Тихонова Е.А., Калаев А.П.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В современных условиях эксплуатации автотранспортных средств существует проблема загрязнения окружающей среды. В случае замены двигателя внутреннего сгорания (ДВС) на более экологичный, показатели выбросов вредных веществ в окружающую среду уменьшатся.

В ходе данной работы будет исследован муниципальный транспорт, а именно маршрутные такси. Переход от обычных ДВС к более экологичным двигателям приводит к улучшению экологии города. В выбросах двигателей внутреннего сгорания содержатся окись углерода, окись азота, углеводороды, альдегиды, сажа, бензопирен, тяжелые металлы. В настоящее время в мире насчитывается более 800 млн. автомобилей, в том числе около 80 мил. грузовых и примерно 1 мил. городских автобусов [1].

В городах России число автомобилей увеличивается достаточно быстро. Данные о выбросах загрязняющих веществ автомобильного транспорта по городу Тюмени на конец 2016 года представлены на рисунке 1 [2].

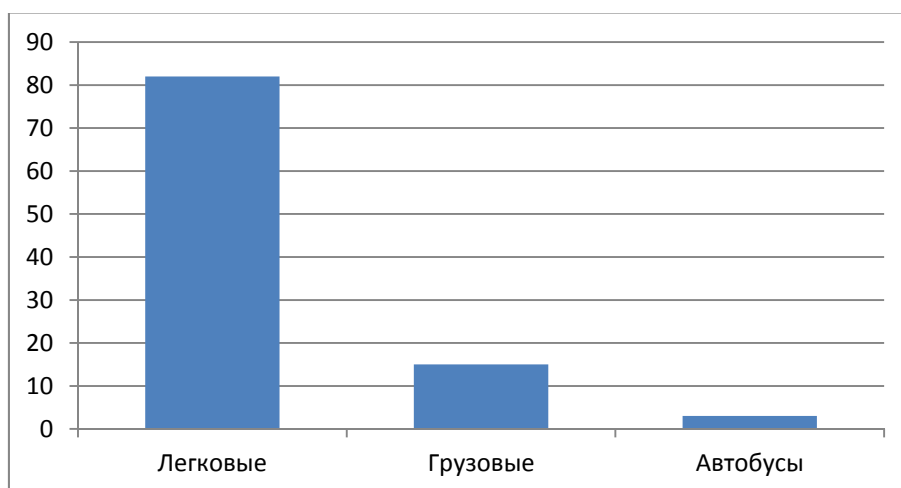


Рисунок 1. Диаграмма выбросов загрязняющих веществ автотранспортом

Представленные значения в диаграмме не стабильны. С каждым днем увеличивается количество автотранспортных средств, а следовательно происходит увеличение выбросов вредных веществ.

Автомобильный транспорт работающий на бензине несет основной вклад в загрязнения окружающей среды. Наибольшее количество загрязняющих веществ выбрасывается при быстром разгоне автомобиля, а также при движении с малой скоростью. Относительная доля (от общей массы выбросов) углеводородов и оксида углерода наиболее высока при торможении и на холостом ходу, доля оксидов азота - при разгоне. Из этих данных следует, что автомобили особенно сильно загрязняют воздушную среду при частых остановках и при движении с малой скоростью. Поэтому внедрение новых технологий в сфере развития муниципального транспорта улучшит экологию.

Решением представленной проблемы является внедрение вместо ДВС взять один из вариантов электродвигателя. Электродвигатели превосходят ДВС по следующим критериям: уменьшение веса транспорта, увеличение коэффициента полезного действия (КПД) – характеристика эффективности системы (устройства, машины) в отношении преобразования или передачи энергии. У ДВС меньше КПД, так как пока его энергия дей-



дет до двигателя она теряется, идет потеря на топливо, тепло и на все где есть трение, экологичность – нету выброса углекислого газа и оксида азота, уменьшение шума – за счет отсутствия поршней, который толкает газ, отсутствие впрыска бензина и возгорания и др. Следовательно можно сделать вывод, что переход от ДВС на электродвигатель улучшит экологию окружающей среды [3].

Исследования в данном направлении позволят улучшить экологию страны, сократить использование нефтегазовых продуктов и поднять на новый уровень муниципальный транспорт.

#### Библиографический список

1. Пономаренко Г.И. Загрязнение атмосферы автомобильным транспортом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://osinovka2.narod.ru/Rodina.htm>
2. МКУ «Тюменьгортранс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tgt72.ru/kto-nas-vozit/companies/>
3. ЗАО «ОПТИМУМ – ЭЛЕКТРО» Грузовой аккумуляторный электромобиль «ЗИЛ – ЭЛЕКТРО» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn--80aajzhcnfck0a.xn--p1ai/PublicDocuments/09-0297-01.pdf>

Научный руководитель: Стариков А.И., ассистент кафедры ТМ.

### **Анализ состояния вопроса о сверлении рельс сборными сверлами со сменными твердосплавными пластинами**

*Филистеева Е.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время для обработки отверстий, как правило, используют импортный металлорежущий инструмент фирм: Sandvik Coromant, Mitsubishi, и др. В современных условиях импортозамещения невозможно обеспечить хозяйственную деятельность страны без использования оборудования и инструментов отечественного производства. Приведен литературный обзор результатов экспериментальных и теоретических исследований по теме. В настоящее время на практике применяют три основных вида твердосплавных сверл: 1. - Цельные сверла и сверла с напайной твердосплавной режущей вставкой; 2. - Сборные сверла со сменными режущими пластинами; 3. - Сборные сверла со сменными режущими головкам[1].

Ключевые слова: сборное сверло, сменная многогранная пластина повышенной прочности, сверление, напряженно-деформированное состояние

Целью является повышение работоспособности сборного сверла на основе исследования напряженно-деформированного состояния сменных пластин.

Для достижения поставленной цели необходимо решить задачи:

- провести анализ состояния вопроса по теме;
- исследовать влияние форм, схем базирования сменных пластин на их напряженно-деформированное состояние;
- исследовать влияние изменения нагрузки;
- практическое применение разработанных ранее конструкций сменных твердосплавных пластин в сборных сверлах повышенной работоспособности.

Железнодорожный транспорт России представляет собой одну из крупнейших транспортных систем мира. При производстве путевых работ (ремонте и реконструкции жд пути) ПМС используют различные инструменты, станки. Рельсы для железнодорожного транспорта изготавливаются из углеродистой стали. Качество рельсовой стали определяется её химическим составом, микроструктурой и макроструктурой.

При укладке рельс, строительных и ремонтных работах на железнодорожном полотне, а также в процессе его эксплуатации, невозможно обойтись без технологичного рельсосверлильного оборудования, представленного на слайде. В частности, без высокопроизводительных станков для сверления рельс, способных работать надёжно и эффективно в автономных условиях.

Автономный рельсосверлильный станок СТР-2 (СТР-3) способен сверлить отверстия в рельсах как на путевых станциях, так и в полевых условиях под дождём, в снег и зной. Для обеспечения автономной работы на станок устанавливается японский двигатель внутреннего сгорания Honda (Япония).

Во время монтажа железнодорожного полотна сверлят отверстия в рельсах под болтовое соединение стандартным сборным сверлом от 1988 года.

Основной проблемой стандартизированных сменных пластин, используемых в сверле для сверления железнодорожных рельс, является износ и разрушение пластины по периферийной поверхности. Это влечет за собой большие затраты на инструмент.

По данным, представленным в работе В.А.Остафьева [3], внутриконттактные выкрашивания, сколы и изломы режущей кромки появляются из-за повышенных режимов резания.

Для решения этой проблемы был проведен патентный анализ конструкций сборных сверл, который можно разделить на повышение надежности сверла и расширение технологических возможностей.

Непостоянство геометрии существенно осложняют условия протекания процесса резания при сверлении.

Поперечная режущая кромка (перемычка) сверла является одним из неблагоприятных элементов. Из-за наличия больших отрицательных значений переднего угла поперечная режущая кромка не режет, а частично

скоблит и выдавливает материал. Для решения этой проблемы существуют методы заточки задней поверхности сверла.

В отличие от цельных спиральных сверл у сверл со сменными многогранными пластинами значение заднего угла постоянно.

Были проанализированы исследования и выведенная система выражений для расчета сил резания при сверлении сборными сверлами.

Был сделан вывод о том, что у спиральных сверл нагрузка переменная, а у сверл с СМП нагрузка по переднему и заднему углу практически постоянна.

На основании исследования были сформулированы требования к разрабатываемым конструкциям сборных инструментов, которые говорят о том, чтобы повысить прочность пластины, угол при вершине нужно увеличивать.

Был произведен анализ сборных сверл разных фирм, который показал, что они не удовлетворяют сформулированным требованиям к конструкциям сборных инструментов, которые представлены на рисунке 1.



Рисунок 1. Повышение работоспособности сборного инструмента

Были проанализированы картины изолиний и эпюры опасных напряжений растяжения в режущих лезвиях. Из них можно сделать вывод, что для сверления наиболее оптимальной является треугольная форма.

Для повышения работоспособности сборных сверл была разработана новая форма конструкции сменной режущей пластины с углом при вершине  $100^\circ$  [2].

Сотрудниками кафедры станки и инструменты были проведены исследования влияния формы режущей пластины на распределение опасных напряжений растяжения на главных режущих кромках.

Анализ графика эпюр распределения напряжений растяжения  $\sigma_1$  показал, что если изменить форму вспомогательной режущей кромки пластины с прямолинейной на криволинейную это позволит уменьшить опасные напряжения растяжения  $\sigma_1$  на нагруженном участке главной режущей кромки примерно в 2 раза.

Анализ напряженного состояния пластин показал, что место наибольших опасных напряжений растяжения  $\sigma_1$  расположено в режущем лезвии вдоль главной режущей кромки пластин и зависит от формы, схем базирования и крепления сменной режущей пластины.

На основании анализа результатов расчета напряженного состояния в СРП была разработана конструкция сборного сверла со сменными режущими пластинами повышенной прочности.

Таким образом, анализ отказов при работе сборных сверл показал, что необходимо оптимизировать конструктивные, геометрические параметры и условия нагружения режущих элементов из твердых сплавов, этих инструментов, на основе исследования напряженно состояния

В заключении сформулированы выводы: проведенный анализ напряженно-деформированного состояния пластины новой формы показал, что опасные напряжения растяжения в режущем лезвии вдоль главной кромки значительно уменьшаются (на 60%), вследствие чего повышается прочность пластины и разработанной конструкции сверла для сверления железнодорожных рельс.

#### Библиографический список

1. Баканов А.А., Петрушин С.И. Работоспособность сверл с СМП при сверлении железнодорожных рельсов // Современные проблемы машиностроения. Труды III Международной научно-технической конференции. — Томск: Изд-во ТПУ, 2006. — С. 186 – 189 .

2. Чернышов М.О. Повышение работоспособности сборных сверл на основе исследования напряженного состояния и прочности режущих твердосплавных элементов/ Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук – Тюмень, 2015. – 124с.

3. Остафьев, В.А. Расчет динамической прочности режущего инструмента. / В.А. Остафьев – М.: Машиностроение, 1979. – 168 с.

Научный руководитель: Артамонов Е.В., профессор, д.т.н.

#### **Инновационное развитие промышленности Тюменской области**

*Фролова Л.Е., Гуляева А.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Экономический потенциал является важным показателем экономической мощи государства и регионов. На сегодняшний день Россия использует его не в полном объеме. Основной доход страна получает от топливно-энергетического и металлургического комплексов. Они напрямую

зависят от внешних экономических факторов. Одна из главных задач экономики России – обеспечить инновационно-техническое перевооружение, восстановление производственного потенциала промышленности.

Важность машиностроительного комплекса в жизни людей обуславливает необходимость совершенствования приборов и механизмов, инструментов и машин. В экономически развитых странах на долю машиностроительной отрасли приходится 30-50% общего объема продукции, выпускаемой промышленностью [1]. В настоящее время нет такой отрасли народного хозяйства, в которой не использовались бы машины и механизмы самых широких масштабов. Они являются важнейшими компонентами в нашей жизни.

Машиностроение несет в себе социальную функцию, создавая новые рабочие места для населения, а также является основным источником инновационных проектов. Например, в США на научные исследования и инновации в машиностроительной отрасли ежегодно расходуется свыше 2% ВВП, в странах Евросоюза – 3%, Израиль и Южная Корея тратят более 4% ВВП. Полученная прибыль позволяет покрыть расходы на техническое перевооружение всей промышленности развитых стран мира каждые 8-10 лет.

Данная статистика не относится к отечественному машиностроению (внутренние затраты на исследования и разработки по итогам 2015 года составляют 1,3% ВВП [2]), именно поэтому стране необходимы инновации, новые технологии в производстве. Это позволит стабилизировать экономику страны, а также увеличить объемы производства.

Рассмотрим показатели затрат на инновации организаций Тюменской области (табл.1).

Если сравнивать 2014-2015 года, то затраты увеличились на 445,9 тысяч рублей. Это показатель того, что многие предприятия заинтересованы в техническом прогрессе и готовы вкладывать деньги на научные исследования.

Таблица 1  
Затраты на технологические инновации организаций Тюменской области (млн. рублей)

	2012	2013	2014	2015
Тюменская область	33666,0	58120,5	63984,1	64430,0
в том числе:				
Ханты-Мансийский АО – Югра	21465,5	51164,7	54306,0	57166,6
Ямало-Ненецкий АО	8139,5	1346,0	1515,8	1507,9
Тюменская область без АО	...	5609,9	8162,3	5755,5

Проанализируем результаты мониторинга инновационной активности Тюменской области за IV квартал 2015 и 2016 года по результатам ГБУ ТО «Западно-Сибирский инновационный центр» (табл.2).

## Результаты мониторинга

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	IV квартал 2015 год	IV квартал 2016 год
1	Количество поступивших инновационных проектов, претендующих на получение статуса резидента бизнес-инкубатора Технопарка.	ед.	21	26
2	Количество инновационных проектов, рассмотренных Экспертным Советом.	ед.	21	26
3	Количество резидентов бизнес-инкубатора Технопарка.	ед.	37	29
4	Количество опытных образцов, доведенных резидентами бизнес-инкубатора Технопарка до промышленных.	ед.	14	43
5	Количество производств инновационной продукции, созданных резидентами бизнес-инкубатора Технопарка.	ед.	3	9
6	Количество научно-технических разработок, реализованных резидентами бизнес-инкубатора Технопарка в виде товарной продукции и услуг.	ед.	17	26
7	Количество патентов, свидетельств и лицензий, полученных резидентами бизнес-инкубатора Технопарка.	ед.	7	4

Сравнив данные мониторинга за 2015-2016 года, заметим, что количество рассмотренных инновационных проектов Экспертным Советом увеличилось на 5 единиц, так же стоит отметить рост количества опытных образцов доведенных до промышленных и количество научно-технических разработок.

Таким образом, можно предположить, что наибольшее количество людей втягивается в инновационную деятельность, в программы государственной поддержки инноваторов, которые предлагают институты развития.

Государство не стоит в стороне и готово к сотрудничеству с предприятиями. Так, например, в Тюменской области существует господдержка малых и средних инновационных предприятий, такие как:

1. Предоставление субсидий субъектам государственной поддержки в сфере научной, научно-технической и инновационной деятельности. Субсидия покрывает 90% затрат на создание опытного образца.
2. Предоставление субсидий на реализацию инновационных проектов, получивших поддержку ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере».

3. Предоставление субсидий на оказание государственной поддержки действующим инновационным компаниям – субъектам малого и среднего предпринимательства Тюменской области. Субсидия возмещает не более 75% от затрат на производство товаров, выполнение работ, услуг [3].

Медленным темпом отечественная промышленность (машиностроение) переходит на новый уровень. Остается важным наличие не только финансов, но и молодых, заинтересованных умов. Возможно, через несколько лет начнется массовое внедрение технологий и оборудования нового поколения достигнут такого уровня, который приведет к максимальному импортозамещению и высокому уровню конкурентоспособности продукции на внешнем рынке.

#### Библиографический список

1. Информационное агентство Санкт-Петербургского горного университета: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iagornyu.ru/> (Дата обращения: 07.04.2017).

2. Федеральная служба государственной статистики: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru/> (Дата обращения: 07.04.2017).

3. Единый информационно-аналитический портал государственной поддержки инновационного развития бизнеса: [Электронный ресурс]. URL: <http://innovation.gov.ru/ru/navigator> (Дата обращения: 07.04.2017).

4. Официальный портал органов государственной власти: [Электронный ресурс]. URL: [http://admtumen.ru/ogv\\_ru/finance/innovation/more.htm](http://admtumen.ru/ogv_ru/finance/innovation/more.htm). (Дата обращения: 07.04.2017).

5. Макарова В.И., Бобренева К.Л. Инновационно-инвестиционная деятельность стратегического развития предприятия // Машиностроитель, 2010. №8. С. 45-52.

Научный руководитель: Ишкина Е.Г., канд. техн. наук, доцент.

#### Исследование дефекта проката

*Халилов Д.Х., Хызов А.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Возможные дефекты при прокатке арматуры

Расслоение:

Описание дефекта. Разрыв металла, нарушение его сплошности, образовавшееся из-за наличия в металле грубых усадочных раковин, внутренних разрывов или повышенной загрязненности неметаллическими включениями экзогенного происхождения.

Причины возникновения. Попадание огнеупорного материала и шлака в жидкую сталь во время разливки, скопление продуктов вторичного окисления, смешивание шлака и металла во время разливки.

Предупреждение. Применение качественного огнеупорного материала, защита металла от вторичного окисления, соблюдение технологии раскисления, соблюдение оптимальной скорости разливаемого металла.

Неметаллические включения:

Описание дефекта. Неметаллические включения представляют собой химические соединения металлов с неметаллами, находящиеся в стали в виде отдельных фаз. По происхождению неметаллические включения разделяются на эндогенные и экзогенные. Они могут иметь различную величину и распределение. Скопления грубых экзогенных включений в процессе деформации превращаются в пленочные или строчечные включения различной протяженности, которые могут привести к расслоению металла и снижению пластических свойств.

Причины возникновения. Попадание огнеупорного материала и шлака в жидкую сталь во время выплавки и разливки, скопление продуктов раскисления при выпуске, смешивание шлака и металла при выпуске, окисление металла во время разливки.

Предупреждение. Применение качественных огнеупорных материалов, защита струи металла от повторного окисления, соблюдение технологии раскисления металла.

Марка стали: СтЗсп

Объект исследования: арматура №12 А500С

На анализ поступил фрагмент арматуры, с поверхностным дефектом, вытянутым в направлении деформации, рисунок 1.

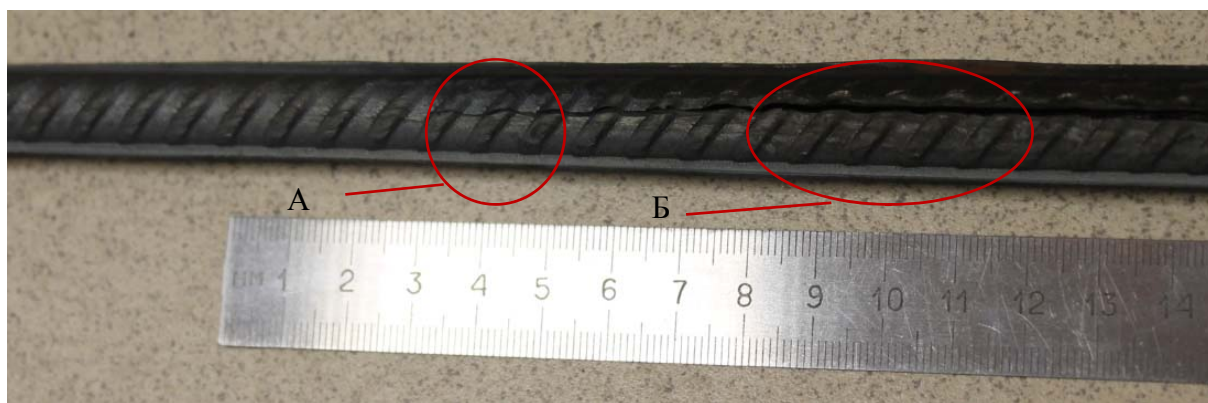


Рисунок 1. Объект исследования

А – место отбора поперечного шлифа; Б – место отбора продольного шлифа

Из него получены продольные и поперечные шлифы, вырезанные с дефектного участка (рисунок 1), проведен анализ наличия неметаллических включений, обезуглероженного слоя.



Исследования проведены на инвертированном микроскопе Axio-Vert.A1 при помощи программного обеспечения «SIAMS 700».

Оценка неметаллических включений проводилась на нетравленных продольном и поперечном шлифах. На продольном шлифе обнаружены несплошности частично заполненные неметаллическими включениями (>5 балла, рисунок 2), расширяющиеся и выходящие на поверхность, а также силикаты хрупкие – >5 балла, силикаты пластичные – >5 балл, сульфиды – 2 балла, оксиды точечные 1 балл.

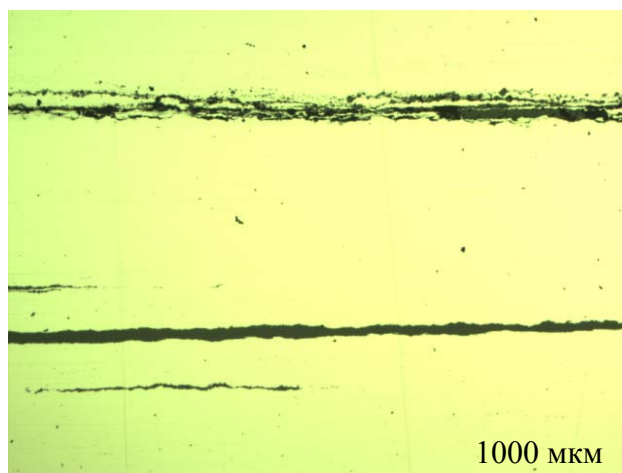


Рисунок 2. Неметаллические включения на продольном шлифе,  $\times 50$

На поперечном шлифе обнаружены расширяющиеся и выходящие на поверхность несплошности. Несплошности частично заполнены неметаллическими включениями, область вокруг несплошностей загрязнена неметаллическими включениями >5 балла, рисунок 3.

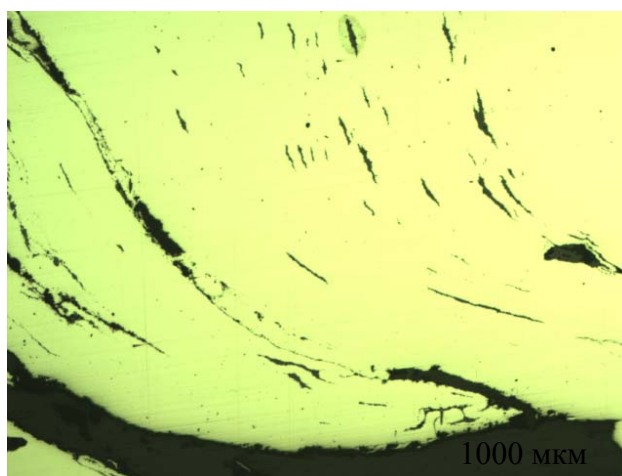


Рисунок 3. Неметаллические включения на поперечном шлифе,  $\times 50$

Определение обезуглероженного слоя проводили на поперечном шлифе. После травления образца в 4% спиртовом растворе  $\text{HNO}_3$ . Вокруг несплошностей обезуглероженный слой не обнаружен, рисунок 4.

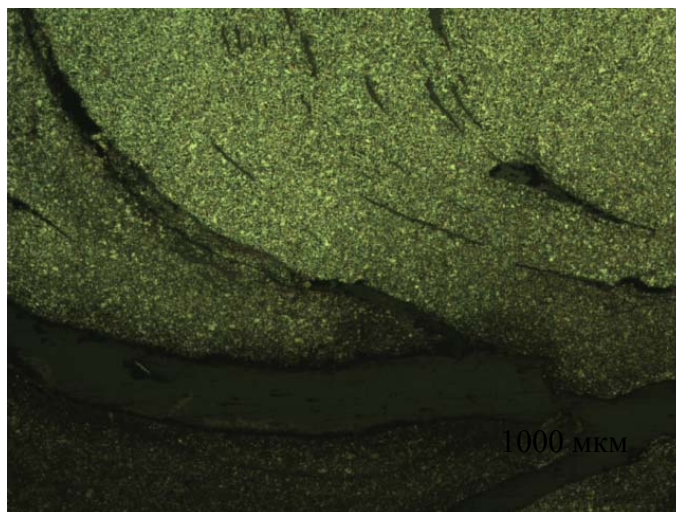


Рисунок 4. Несплошности на протравленном поперечном шлифе,  $\times 50$

### Заключение

- Площадь поперечного и продольного шлифа загрязнена неметаллическими включениями.
- Данный дефект квалифицировали как расслоение по неметаллическим включениям.

### Библиографический список

1. В.П. Расщупкин, М.С. Корытов. ДЕФЕКТЫ МЕТАЛЛА: Омск.: Издательство СибАДИ 2006. – 39 с.
2. ГОСТ 1778-62 Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений.
3. ГОСТ 1763-68. Сталь. Методы определения глубины обезуглероженного слоя.
4. Червяков А.Н., Киселева С.А., Рыльникова А.Г. Металлографическое определение включений в стали 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1962. - 248 с.

Научный руководитель: Венедиктов А.Н., канд. техн. наук, доцент.

## Исследование повреждений ножа гильотины

Хызов А.А., Халилов Д.Х.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Гильотинные ножи предназначены для резки металла в холодном и горячем состоянии на гильотинах и гильотинных ножницах. Ножи изготавливаются только из высококачественных легированных сталей, таких как, 6ХС, 9ХС, 6ХВ2С [1]. Исследуемый разрушенный нож, сегмент которого представлен на рисунке 1, изготовлен из стали 6ХВ2С и термообработан по режиму: закалка 880 °С в масле, последующий отпуск 400 °С.



Рисунок 1. Общий вид рабочей кромки ножа

### Методика исследования

Измерения твердости проводились на стационарном твердомере ТР-5006-02 методом «Роквелла» шкала «С» с общим усилием 1471 N по ГОСТ 9013-59 [2].

Измерения микротвердости проводились на микротвердомере ПМТ-3 по ГОСТ 9450-76 в поперечном сечении по направлению от края режущей кромки ножа к центру [3].

Исследование микроструктуры проводилось на шлифах с применением оптического микроскопа «МЕТАМ ЛВ-41». Подготовка шлифов осуществлялась по стандартной методике: шлифовка, многократная полировка и травление 5%-ным раствором HNO<sub>3</sub> в этиловом спирте.

### Результаты исследования

Результаты измерений твердости и микротвердости приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

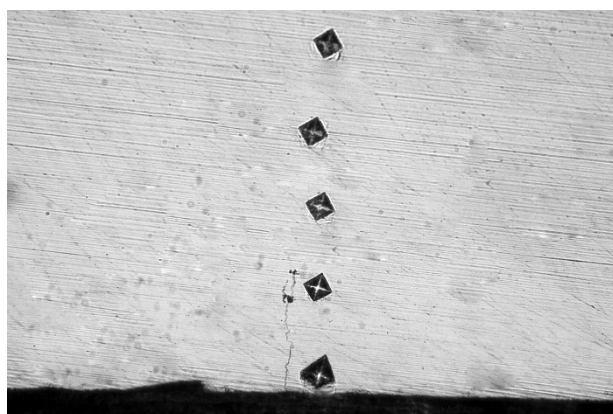
HRC <sub>1</sub>	HRC <sub>2</sub>	HRC <sub>3</sub>	HRC <sub>4</sub>	HRC <sub>5</sub>	HRC <sub>6</sub>	HRC <sub>7</sub>	HRC <sub>ср</sub>
53	55	55	55	54	55	54	54

Таблица 2

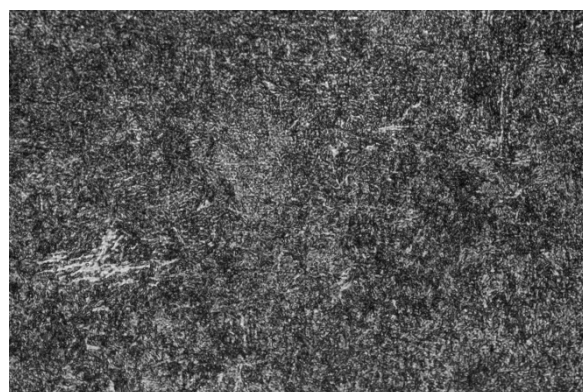
HV <sub>1</sub>	HV <sub>2</sub>	HV <sub>3</sub>	HV <sub>ср</sub>	HV <sub>1</sub> (обезуглероженный слой)	HV <sub>2</sub> (обезуглероженный слой)	HV <sub>3</sub> (обезуглероженный слой)	HV <sub>ср</sub> (обезуглероженный слой)
593	610	593	598	430	425	428	427

По результатам измерений установлено, что твердость металла составляет 53-55 HRC. Замеры микротвердости с целью выявления структурных неоднородностей проводились на шлифе по сечению от поверхности режущей кромки вглубь основного металла ножа.

Замеры микротвердости, представленные на рисунке 2, показали наличие на поверхности режущей кромки слоя с пониженной твердостью, что свидетельствует о наличии обезуглероженного слоя не удаленного в процессе изготовления ножа.

Рисунок 2. Отпечатки алмазной пирамиды при замерах микротвердости  $\times 500$ 

Анализ микроструктуры проводился на шлифе, включающей в себя рабочую кромку ножа. Микроструктура металла имеет мелкодисперсное игольчатое строение и представляет собой феррито-карбидную смесь – троостит отпуска рисунок 3 [4].

Рисунок 3. Микроструктура основного металла  $\times 500$

Такое структурное состояние металла характерно для инструментальной легированной стали и может быть достигнуто проведением термической обработки по режиму закалки 880 °С в масле и последующего среднего отпуска (400 °С). По всему сечению структура однородна, различий не имеет.

На поверхности режущей кромки присутствует обезуглероженный слой, представленный на рисунке 4, размером до 30 мкм. В обезуглероженном слое присутствуют микротрещины шириной раскрытия до 5-10 мкм, идущие в основной металл на глубину до 1-2 мм.

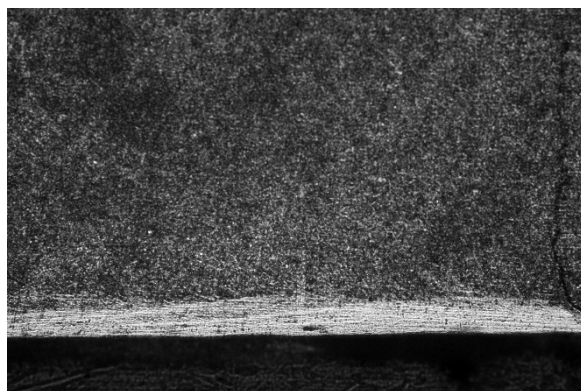


Рисунок 4. Обезуглероженный слой на поверхности рабочей кромки ножа ×200

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы:

1. В представленном сегменте ножа выявлен обезуглероженный слой на поверхности режущей кромки.

2. Структура металла представлена трооститом отпуска, что характерно для термической обработки по режиму закалки и последующего среднего отпуска (400 °С). По всему сечению структура однородна, различий не имеет.

3. Причиной повреждения рабочей кромки и дальнейшего разрушения ножа явились: низкая пластичность металла и наличие обезуглероженного слоя.

#### Библиографический список

1. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин и др.; Под общ. ред. В. Г.Сорокина.— М.: Машиностроение, 1989. — 640 с.

2. ГОСТ 9013-59 «Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу».

3. ГОСТ 9450-76 «Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников».

4. ГОСТ 5640-68 «Сталь. Металлографический метод оценки микроструктуры листов и ленты».

## СЕКЦИЯ «Методы неразрушающего контроля и диагностики»

### К определению магнитоупругих свойств ферромагнитных сталей ударным способом

Соколов Р.А., Шанин Е.В.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В работе [1] для описания магнитоупругого размагничивания было предложено выражение для изменения остаточной намагниченности при приложении механических напряжений

$$\frac{1}{J_{r\sigma}} - \frac{1}{J_{r0}} = \beta_1 \sigma \approx \beta'_1 \frac{\lambda_s \sigma}{H_c}, \quad (1)$$

где:  $\beta = \mu_0 \alpha N$  характеризует величину магнитоупругого размагничивания, зависит от размагничивающего фактора формы, распределения напряжений внутри образца,  $\mu_0$  – магнитная постоянная,  $J_{r0}$  и  $J_{r\sigma}$  – начальная остаточная намагниченность образца и её значение после приложения напряжений соответственно,  $\beta_r$  – некоторая постоянная.

Для контроля напряжений в массивной металлоконструкции подходит способ локального лишь намагничивания (ЛН). В результате чего над намагниченным участком появляется магнитное поле, напряженность которого однозначно и линейно связана с магнитным моментом локальной намагниченности. На основании этого запишем выражение (1) в виде

$$\frac{1}{H_{r\sigma}} - \frac{1}{H_{r0}} = \beta_1 \sigma \quad (2)$$

Здесь  $H_{r\sigma}$  и  $H_{r0}$  – напряженность поля локальной намагниченности до и после приложения-снятия нагрузки соответственно.

Из выражения (2) следует алгоритм определения магнитоупругого параметра, который с точностью до коэффициента  $\alpha$  характеризует величину магнитоупругости.

$$\lambda = \frac{\alpha \cdot \Delta H}{H_{r\sigma} \Delta \sigma} \quad (3)$$

Для создания локальной намагниченности можно выбрать два способа намагничивания: с помощью катушки, ось которой перпендикулярна поверхности образца или магнита, либо электромагнита броневого типа, устанавливаемого одним полюсом на плоскость образца. Рассматриваемый метод назван «полюс эффект». В этом случае датчик магнитного поля рассеяния целесообразно располагать в центре намагничиваемой области и измерять нормальную составляющую вектора магнитной индукции перпендикуляр  $B_n$ . Ударное размагничивание осуществлялось помощью устройства приведенное на рисунке 1.

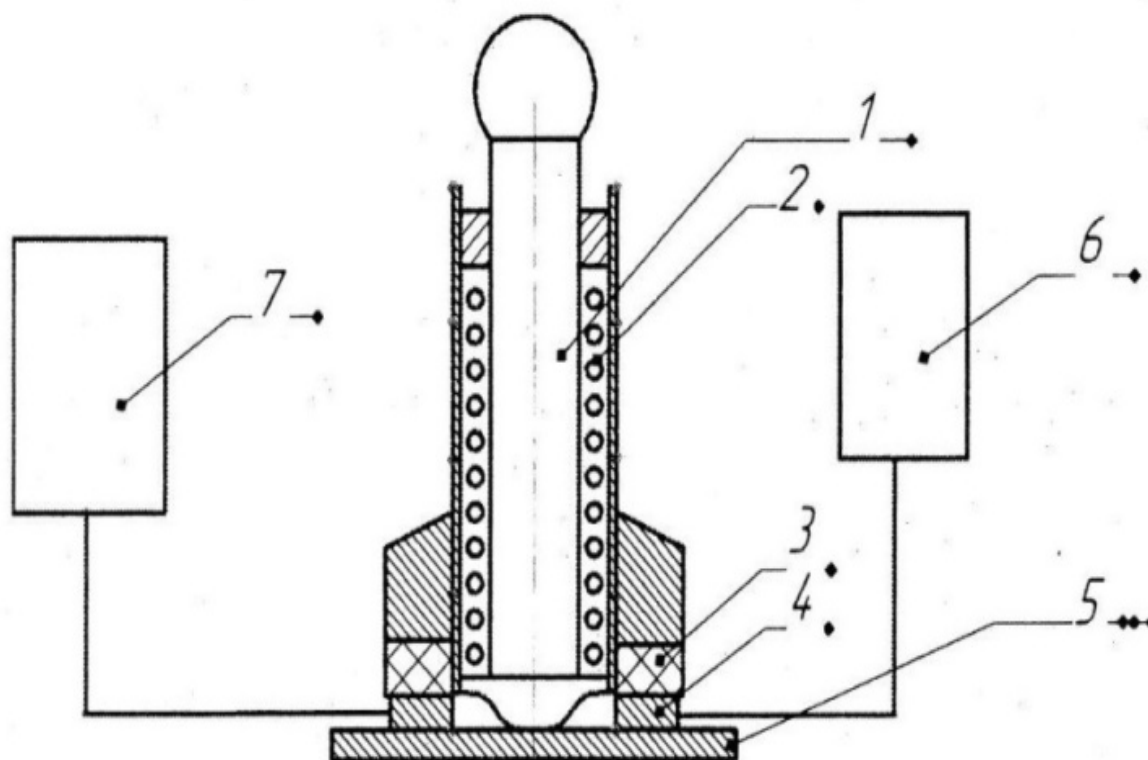


Рисунок 1. Устройство для ударного размагничивания.: 1-боек; 2-пружина; 3- намагничивающая катушка; 4-датчики магнитного поля; 5-деталь; 6-магнитометр; 7-генератор тока

Установка работает следующим образом: в намагничивающую катушку 3 с помощью генератора тока 7 пропускаются импульсы тока, в результате чего осуществляется локальное намагничивание исследуемой стали, затем с помощью магнитометра, который присоединен к датчикам магнитного поля, определяется величина магнитного поля рассеяния. Сами датчики располагались внутри устройства сразу под катушкой и были закреплены. Ударник выдвигается на заданную величину, деформируя пружину, и фиксируется спусковым механизмом.

После снятия спускового механизма, боек устройства ударяет по исследуемому образцу, и с помощью магнитометра снимаются уже изменившиеся значения напряженности поля  $\Delta H = H_{r0} - H_{r\sigma}$  при заданном ударном воздействии. На рис. 2. показана зависимость относительного магнитоупругого изменения напряженности магнитного поля  $\Delta H / H_{r\sigma}$ , от температуры отпуска. Из рисунка видно, что величина  $\Delta H / H_{r\sigma}$  практически монотонно растет с увеличением температуры отпуска до  $700^{\circ}\text{C}$ , а затем уменьшается. Известны примеры аналогичной зависимости магнитострикции от температуры отпуска [3]. Однако для установления справедливости формулы (2) необходима ее экспериментальная проверка.

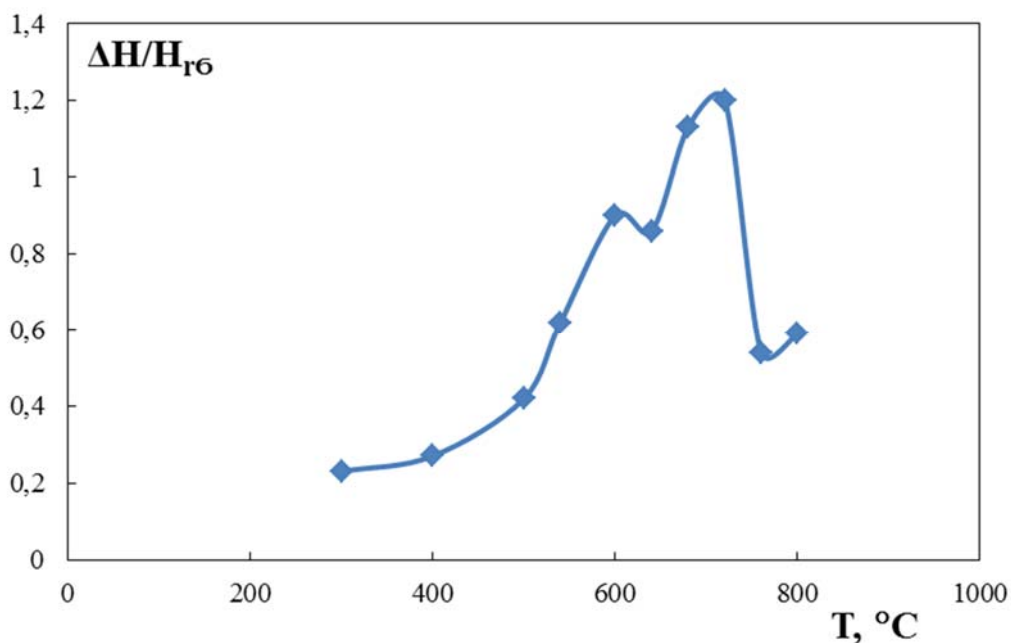


Рисунок 2. Зависимость величины относительного размагничивания  $\Delta H/H_{ГБ}$  от температуры отпуска

#### Библиографический список

1. Новиков В.Ф., Изосимов В.А., Костюков А.И., Федюкина Г.Н., Федоров Б. В. Стабильность остаточной намагниченности сплавов Fe-Co-V.-Физика металлов и металловедение, 1996, вып.4., Т. 81,с. 105–112
2. Физические основы методов неразрушающего контроля качества изделий. Под ред. Новикова. В.Ф. - Тюмень : 2016.ТюмГНГУ.с.90.
3. Михеев М.Н., Горкунов Э.С. Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля. М.: Наука, 1993г.,с. 252.

Научный руководитель: Новиков В.В., доктор физ.-матем. наук, профессор

Консультанты: Кулак С.М., к.т.н., доцент

Муратов К.Р., к.т.н., доцент

#### **Износостойкость защитных покрытий при газоабразивном воздействии**

*Тихонов К.В.<sup>1</sup>, Соколов Р.А.<sup>1</sup>, Шабиев Ф.К.<sup>1</sup>, Устинов В.П.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень;

<sup>2</sup>ЗАО «ПУРГАЗ», г. Губкинский

Долговечность газопроводов определяется способностью противостоять разрушению от коррозии и эрозии. Коррозия и эрозия в оборудовании нефтегазовой промышленности и энергетике ежегодно обходятся в



миллиарды долларов - это расходы на незапланированное отключение установок и трубопроводов, и неэффективная эксплуатация или снижение добычи, и повышение расходов на ремонт и уплата штрафов. Эксперты [1] полагают, что сумму убытков от коррозии и эрозии можно снизить на 20-25%, и использование современных технологий обнаружения и защиты от эрозии является здесь важным фактором.

Эрозионному износу больше подвержены внутренние стенки газопроводов в местах изменения направления движения потока (места ввода смеси и шламовые трубы, отводы, змеевики, повороты и т.д.). Процесс изнашивания внутренней поверхности поворотов газопровода в большей степени проявляется на их выпуклой стороне. Износ стенок труб на криволинейных участках, вызванный высокими скоростями твердых частиц, переносимых газом, является одним из факторов, снижающих остаточный ресурс труб [2-4].

Нанесение покрытий на участки внутренней поверхности газопровода, испытывающих наибольший износ, является одним из способов их защиты от воздействия потока абразивных частиц.

Целью работы явилось испытание стойкости защитных покрытий к воздействию потока газоабразивной среды.

В ходе выполнения работы решались следующие задачи:

1. нанесение покрытий из различных материалов на поверхность стальных пластин;
2. определение скорости износа покрытий под воздействием газоабразивного потока;

Для проведения испытаний стойкости к газоабразивному воздействию защитных покрытий были подготовлены 6 образцов (№1,2,3,4,5,6), представляющие собой стальные пластины (Ст3) размером 100X150X4мм, на которые были нанесены покрытия из различных материалов толщиной не более 0,8мм.

Образец №1(эталонный). Не имел покрытия и предназначался для проведения сравнительного анализа стойкости к газоабразивному изнашиванию исследуемых материалов покрытий.

Образец №2. Плазменное интерметаллидное покрытие ПН55Т45 (никель титан) наносимое методом газоплазменного напыления.

Образец №3. Самофлюсующееся металлическое покрытие ПРН70Х17С4Р4 (кобальт хром), наносимое методом газоплазменного напыления.

Образец №4. Карбид вольфрамовое покрытие наносимое методом газоплазменного напыления.

Образец №5. BRUSHABLE CERAMIC- эпоксидный состав высокой плотности с наполнителем из керамики, пригодный для нанесения кистью. Рекомендуются производителем для герметизации и защиты новых и изношенных поверхностей от кавитации, питтинговой коррозии, эрозии и износа.

Образец №6. Покрытие ПВ-Н55Т45, наносимое газоплазменным методом.

Все образцы подвергались поэтапному воздействию газоабразивного потока пескоструйного аппарата под углом атаки в  $45^{\circ}$  в течение разных интервалов времени. После каждого этапа воздействия измерялась толщина покрытий с помощью микрометра и прибора для измерения геометрических параметров КОНСТАНТА К5.

На рисунке 1 показаны результаты измерения износа или убыли ( $\Delta h$ ) толщины покрытий образцов после их поэтапной обработки газоабразивным потоком.

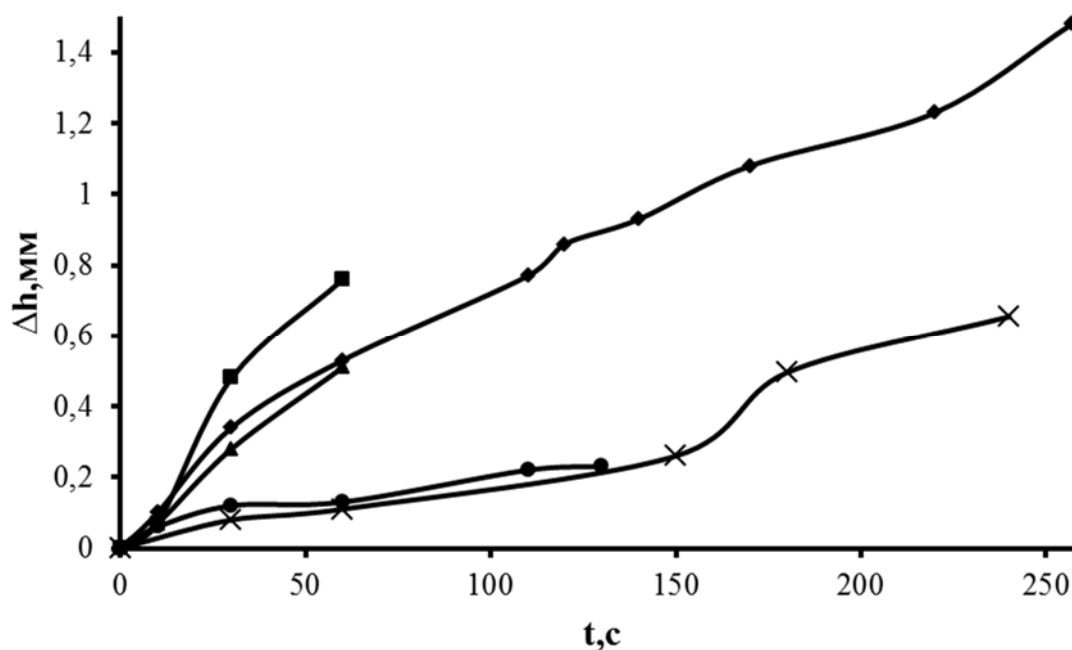


Рисунок 1. Зависимость абсолютного значения убыли толщины покрытий образцов  $\Delta h$  от времени их газоабразивной обработки  $t$ : ♦-образец №1; ■-№2; ▲-№3; ●-№4; x-№6

Как видно из рисунка 1 наибольшая скорость износа покрытия образца №2, а наименьшая и практически одинакова у №4 (карбид вольфрама) и №6-ПВ-Н55Т45. Покрытие образца №5 было удалено через 10с обработки.

Себестоимость нанесения покрытия из карбида вольфрама в разы превышает затраты на напыление других испытуемых материалов. К недостаткам карбида вольфрама можно также отнести и сложность его нанесения на внутреннюю поверхность трубы. Преимуществами нанесения защитного покрытия ПВ-Н55Т45 газоплазменным методом является низкая температура (не выше  $80^{\circ}\text{C}$ ) нагрева основания (защищаемого изделия) и уменьшение его пористости до 2-5%, по сравнению с 30-40% при нанесении газоплазменным методом.

### Заключение

В ходе проведённых испытаний скорости газоабразивного изнашивания покрытия ПВ-Н55Т45 на стальной пластине определена его относительная износостойкость равная 5,88 по ГОСТ 23.201-78 при  $\alpha=45^\circ$ ; установлено, что убыль толщины стальной эталонной пластины (Ст3) в ~3-5 раз происходит быстрее по сравнению с изнашиванием покрытия из ПВ-Н55Т45 в течении первых 150с обработки; в дальнейшем по мере обработки износ стального эталонного образца в 9-10 раз больше износа исследуемого покрытия ПВ-Н55Т45.

Нанесение покрытия ПВ-Н55Т45 толщиной 0,6мм эквивалентно увеличению толщины стенки стального отвода на 3-4мм.

### Библиографический список

1. Коррозия и эрозия. Решения для обнаружения, измерения и мониторинга. Sensing&Inspection Technologies. ge-mcs.com
2. РД 12-411-01 Инструкция по диагностированию технического состояния подземных стальных газопроводов. Утв. Госгортехнадзором России 09.07.01. М.:ГУП «НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002.28с.
3. РД 09-244-98 Инструкция по проведению диагностирования технического состояния сосудов, трубопроводов и компрессоров промышленных аммиачных холодильных установок. Утв. Госгортехнадзором России 20.11.98. М.:ГУП «НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002.
4. ПБ 10-115-96 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Утв. Госгортехнадзором России 18.04.95. М.:ПИО ОБТ, 1996.242с.
5. В.А. Лукьянов Е.В. Петрусенко. Ультразвуковая толщинометрия и дефектоскопия. М.: РГУ нефти и газа, 2002. 13с.

Научный руководитель: Новиков В.В., доктор физ.-матем. наук, профессор  
Консультант: Кулак С.М., к.т.н., доцент

### **Разработка магнитного метода обнаружения и контроля эрозии трубопроводов нефтегазовой отрасли**

*Сафаргалиев Р.Ф.<sup>1</sup>, Соколов Р.А.<sup>2</sup>, Тихонов К.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Тюменский государственный университет, г. Тюмень;

<sup>2</sup>Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Эрозия в оборудовании топливно-энергетического комплекса ежегодно обходятся в миллиарды долларов - это расходы на незапланиро-

ванное отключение установок и трубопроводов, и неэффективная эксплуатация или снижение добычи нефти и газа, и повышение расходов на ремонт и уплата штрафов. Эксперты [0] полагают, что сумму убытков от эрозии можно снизить на 20-25%, и использование современных технологий обнаружения, оценки и мониторинга эрозии является здесь важным фактором.

Эрозия стали происходит от механического воздействия на её поверхность быстро движущихся частиц, жидкостей, песчинок, взвесей, газовых пузырьков и т.п. Частицы вещества, ударяясь о материал стенки, разрушают её поверхностный слой, толщина стенки постоянно уменьшается равномерно или в виде локальных мест разрушения (язв, раковин, кратеров, каверн и т.п.).

Особое внимание следует уделять эрозийному износу элементов трубопроводов, заполненных химически агрессивными веществами. Поскольку участки эрозионно-коррозионных поражений являются не только концентраторами напряжений, но и возможными источниками зарождения трещин, возникновение которых возможно при взаимодействии углеродистых и низколегированных сталей, например, с аммиаком или другой агрессивной средой [2]. Появление трещин может привести к хрупкому разрушению трубопровода [3,4].

Для оценки технического состояния трубопроводов осуществляют контроль толщины их стенки акустическими, рентгеновскими, магнитными (магнитопорошковыми) и тензометрическими методами [1-4]. К недостаткам этих методов относится: необходимость подготовки поверхности, создание идеального контакта датчика с поверхностью, а также трудности использования внутритрубных приборов-дефектоскопов на криволинейных участках, и невозможность определения размеров эрозионных участков.

Таким образом, актуальность проведённых исследований определяется необходимостью совершенствования средств и методов выявления эрозийных участков стальных трубопроводов и контроля их геометрических размеров. Применение магнитного (феррозондового) метода контроля эрозийной убыли стали позволит повысить разрешающую способность устройств дефектоскопии, обеспечивая безопасную эксплуатацию трубопроводных систем. Феррозондовые датчики представляются как наиболее перспективные преобразователи для индикации аварийного уменьшения толщины стенки стального трубопровода в местах проявления эрозии.

В практике магнитной внутритрубной дефектоскопии трубопроводов их намагничивание и сканирование магнитного поля осуществляется со стороны внутренней поверхности, содержащей эрозийные дефекты. Такой способ контроля толщины стенки трубы трудно реализуем на

упруго-изогнутых участках, наиболее подверженных действию абразива. Для того, чтобы уйти от использования внутритрубных дефектоскопов на изогнутых участках трубопроводов при определении толщины их стенок, необходимо разработать метод выявления мест эрозийной убыли стали с наружной поверхности трубы. Поэтому научной новизной настоящей работы является исследование возможности магнитного метода по обнаружению эрозии с внешней поверхности трубы на участках изменения её геометрии. Для этого в соответствии с методикой, предлагаемой в работе [5] был проведён расчёт магнитного поля над дефектом стальной пластины относительно поверхности (рис.2). Результат такого расчёта показан на рис.1.

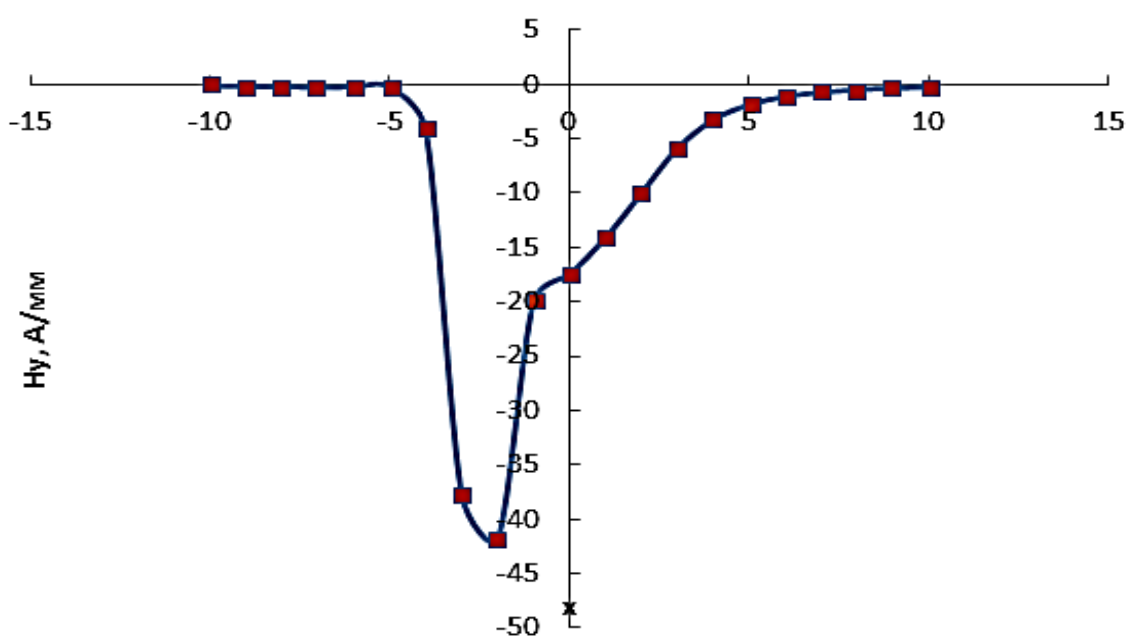


Рисунок 1. Распределение тангенциальной ( $H_x$ ) составляющей напряжённости магнитного поля рассеяния вдоль неизношенной поверхности «б» стальной пластины над дефектом

В области дефекта величина тангенциальной составляющей  $H_x$  напряжённости магнитного поля рассеяния стального образца имеет выраженный максимум. Следовательно, эта величина может быть индикатором наличия эрозийного дефекта на внутренней поверхности отвода трубопровода. По форме зависимости можно оценочно представить рельеф такого дефекта.

Чтобы подтвердить достоверность результата нашего опыта мы произвели ультразвуковую толщинометрию стенки отвода в предполагаемой области нахождения дефекта. Полученные данные изображены на рисунке 2.

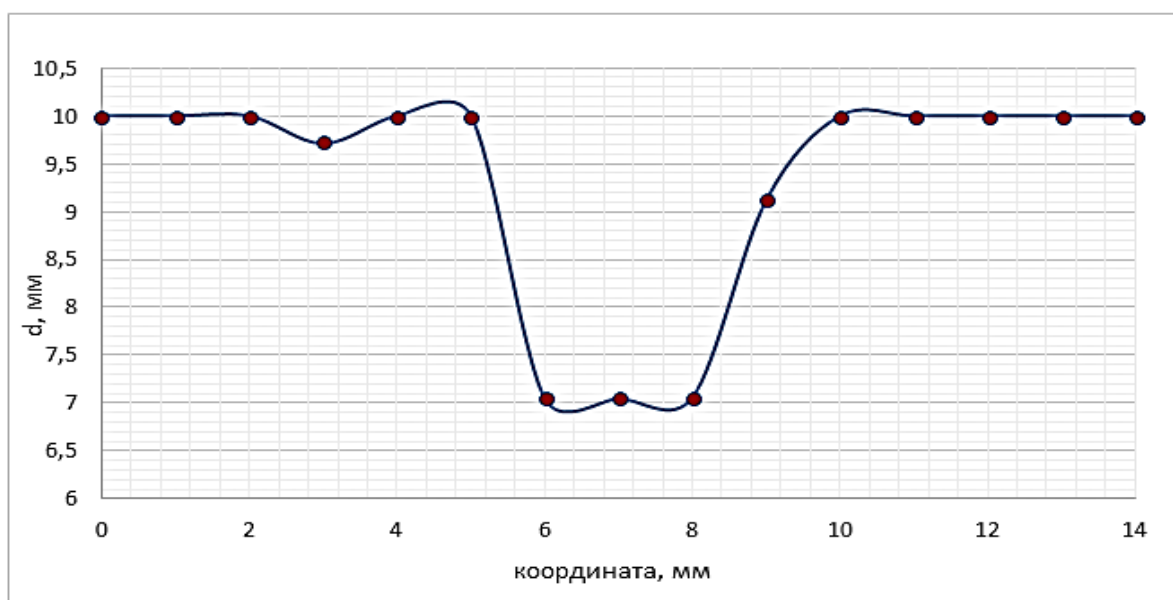


Рисунок 2. Зависимость толщины стенки металла отвода от координаты измерения

По результатам ультразвуковой толщинометрии, в предполагаемом месте дефект был обнаружен. Таким образом доказывается возможность магнитного метода выявлять места эрозийного износа, вызванные наличием дефектов в этих областях. Чувствительность метода равна 15 (А/м) /см.

#### Библиографический список

1. Коррозия и эрозия. Решения для обнаружения, измерения и мониторинга. [Sensing&InspectionTechnologies.ge-mcs.com](http://Sensing&InspectionTechnologies.ge-mcs.com)
2. РД 12-411-01 Инструкция по диагностированию технического состояния подземных стальных газопроводов. Утв. Госгортехнадзором России 09.07.01.М.:ГУП «НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002.
3. РД 09-244-98 Инструкция по проведению диагностирования технического состояния сосудов, трубопроводов и компрессоров промышленных аммиачных холодильных установок. Утв. Госгортехнадзором России 20.11.98. М.:ГУП «НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002.
4. ПБ 10-115-96 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Утв. Госгортехнадзором России 18.04.95.М.:ПАО ОБТ, 1996.242с.
5. Щербинин В. Е., Горкунов Э. С. Магнитный контроль качества металлов. Екатеринбург: УрО РАН, 1996.

Научный руководитель: Григорьев Б.В., к. т. н., доцент.

Консультант: Новиков В.В., доктор физ.-матем. наук, профессор

## Магнитные и магнитоупругие свойства стали 40X13

*Воронин В.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В основе разработки магнитоупругих методов неразрушающего контроля лежит воздействие на ферромагнетик магнитного поля, механических напряжений и регистрации отклика ферромагнетика на это воздействие. В работах [1-2] показано влияние напряжений на величину остаточно намагниченного ферромагнетика, а так же рассмотрено как необратимое, так и установившееся по петле гистерезиса изменение намагниченности под действием напряжений, так называемый пьезомагнитный эффект магнитно-поляризованного магнетика (ПМО).

В работах [3-7] установлено, что ПМО является структурно чувствительной характеристикой сталей и может быть использован для измерения механических напряжений и создания запоминающих датчиков деформации или силы. Целью исследования явилось изучение как необратимого, так и установившегося по петле гистерезиса изменения намагниченности под действием напряжений (ПМО) проводилось на сталях 20X13, 30X13 и 40X13.

Эти стали являются высокохромистыми нержавеющейими сталями, содержат 12-14% хрома и, ведут себя как благородные металлы: не ржавеют, не окисляются на воздухе, в воде, в ряде кислот, солей и щелочей. Обладают высокой твердостью и прочностью. Следовательно, используются для деталей с повышенной твердостью: режущий, измерительный, хирургический инструмент, клапанные пластины компрессоров и др. сложно реагируют на виды, продолжительность и последовательность отжигов. Для разработки технологии термообработки, обеспечивающей получение оптимальных механических свойств сталей нужны необходимо применение методов структуроскопии.

Рентгеновский метод не позволяет регистрировать тонкие изменения в структуре. Эффект Мессбауэра, как и электронная микроскопия являются методами, позволяющими исследовать тонкие изменения в структуре стали при отжиге. Но они являются разрушающими

Исследование влияния напряжения на величину намагниченности показало существование безгистерезисного пьезомагнитного эффекта у некоторых сталей. Это возможно только при магнитных процессах вращения векторов намагничивания, которые реализуются в тонкодисперсной структуре, поэтому исследование ПМО открывает новые возможности контроля такой структуры. На рис. 1 показано, что после отжига 200-400<sup>0</sup>С существует большое квазиобратимое изменение намагниченности. При этом, необратимое изменение  $\Delta J$  невелико: с ростом температуры отпуска  $\delta J$  падает, а  $\Delta J$  растет.

Повышение концентрации углерода в высокохромистых сталях приводит к увеличению содержания в структуре закаленной стали количества свободных карбидов и остаточного аустенита. Данные по сталям 30X13 и

40X13 показывают, что появление этих структурных составляющих вызывает увеличение твердости, коэрцитивной силы, удельного электросопротивления закаленных сталей, снижение намагниченности насыщения и релаксационной магнитной восприимчивости.

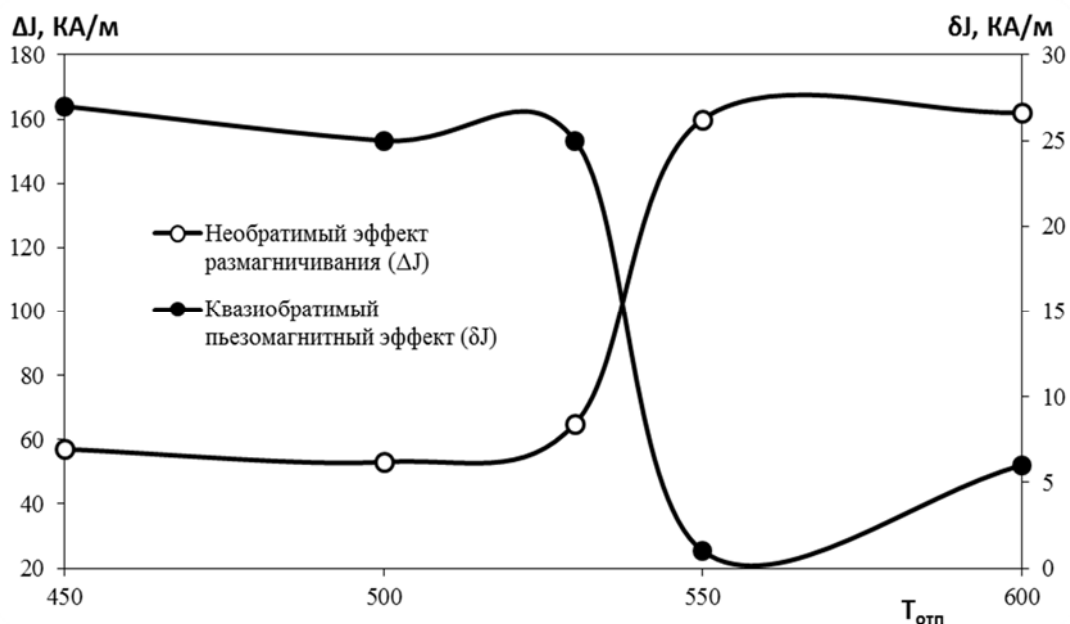


Рисунок 1. Зависимость квазиобратимого (1) и необратимого изменения намагниченности стали 40X13 при приложении напряжений

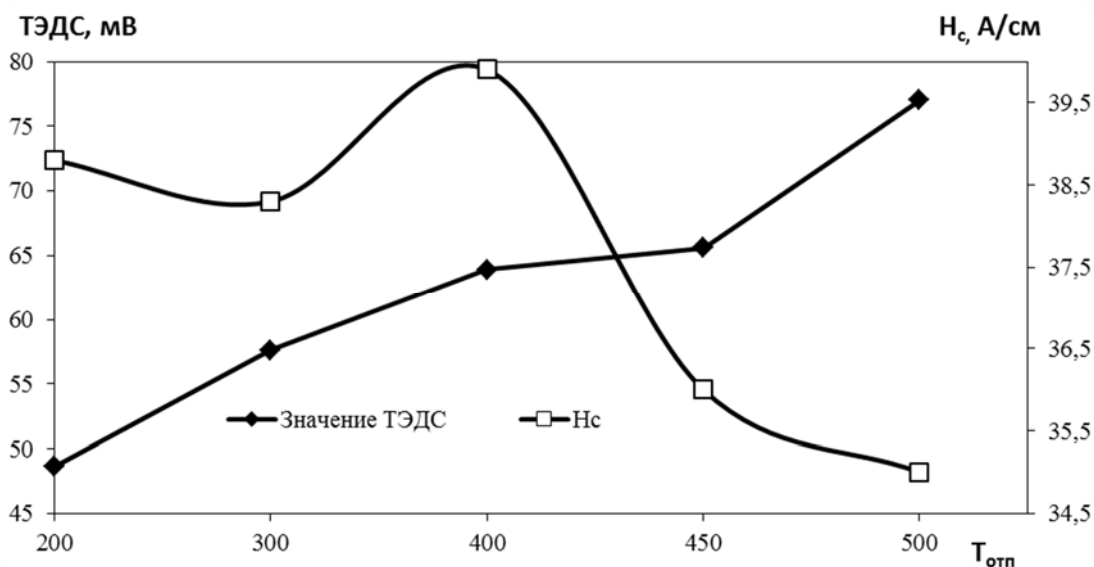


Рисунок 2. Зависимость коэрцитивной силы и термоЭДС от температуры отпуска стали 40X13

При увеличении температуры отпуска наблюдается увеличение наводимой ТЭДС. При температуре отпуска около 400°C наблюдается небольшой провал функции



Безусловно, некоторые свойства, в том числе магнитные зависят от структуры материала. Для получения конкретных и ясных зависимостей необходимо продолжить исследования и еще глубже изучать свойства и структуру стали 40X13.

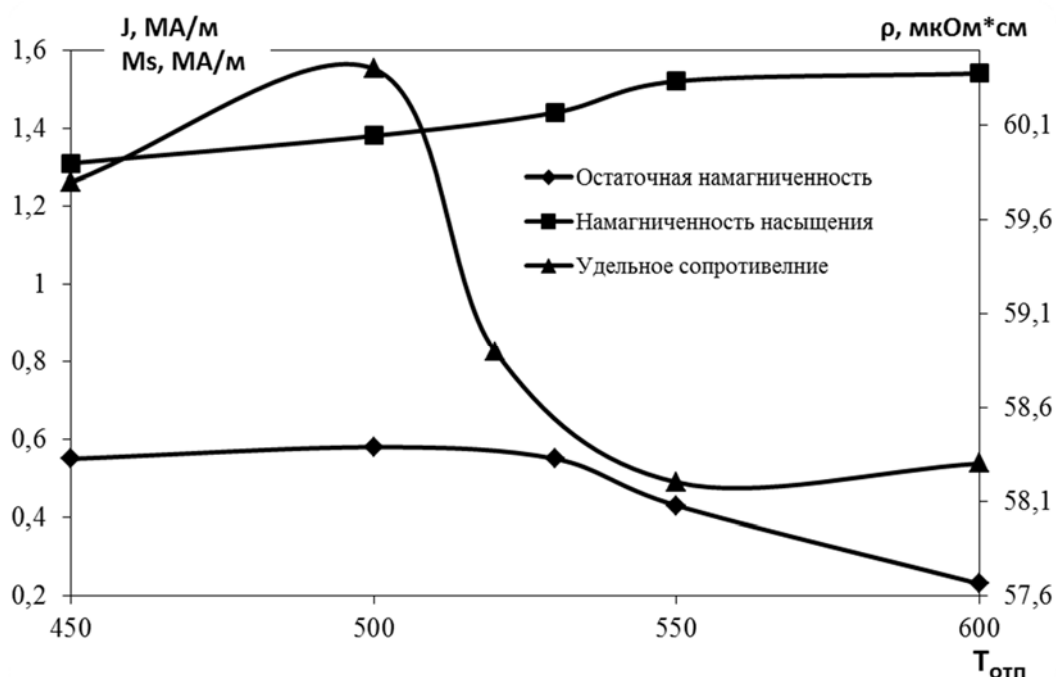


Рисунок 3. Зависимость остаточной намагниченности насыщения и удельного сопротивления от температуры отжига стали 40X13

#### Библиографический список

1. Бида Г.В., Ничилурук А.П. Магнитные свойства термообработанных сталей. – Екатеринбург: УрО РАН, 2005. – 214 с.
2. Новиков В.Ф., Важенин Ю.И., Бахарев М.С., Кулак С.М. Муратов К.Р. Диагностика мест повышенной разрушаемости трубопровода. – М.: Недра, 2009.-198 с.

Научный руководитель: Новиков В.В., доктор физ.-матем. наук, профессор  
 Консультанты: Муратов К.Р., к.т.н., доцент

#### Электромагнитные преобразователи-свидетели предразрушения конструкции

*Дроздов Н.А.*

*ЗАО НЦП «Сибнефтегаздиагностика», г. Тюмень*

Определение эксплуатационного ресурса является важной задачей, которая стоит перед всем миром. Недооценка этого фактора приводит к

уменьшению эксплуатационного ресурса изделий, а переоценка этого может привести к авариям и гибели людей. Научные сообщества мира ведут поиск методов для определения предельного эксплуатационного ресурса, разрабатываются серьезные математические методы для его подсчета [1,2]. Многие лаборатории используют специализированные системы, но они малопригодны для массовой и рядовой экспертизы и имеют лишь косвенное отношение к реальной усталости. Без достоверной первичной информации вероятностный подход и специализированные методы являются малоэффективными, математические методы являются лишь приближением, а некоторые сложные механические устройства невозможно отвезти в лабораторию для контроля их эксплуатационного ресурса ввиду их громоздкости. Поэтому необходимо иметь возможность предсказывать предразрушение конструкций, прямо на контролируемом объекте с помощью доступных датчиков и методов контроля.

Целью исследования явилась разработка датчика усталости металлов, с помощью которого можно с необходимой достоверности предсказывать разрушение конструкции и остановить ее дальнейшую работу, пока она не представляет опасности для окружающих.

Известны методы контроля ресурса с помощью наклеиваемых медных и алюминиевых фольг. Так в работе [3] предложен метод определения усталостного ресурса с помощью датчиков деформации интегрального типа (ДДИТ), Они представляют собой алюминиевую фольгу, наклеенную на испытываемый образец. В процессе наработки пленка начинает темнеть. Информация с датчиков снималась оптическим методом с помощью микроскопа.

В предлагаемой работе в качестве чувствительных к усталостному разрушению преобразователей предложены ферромагнитные фольги. Такой подход основывался на чувствительности магнитных свойств и электросопротивления ферромагнитного материала к дефектам.

Целью работы явилось изучение зависимости параметров токовихревого датчика накладываемого на подвергаемую усталостным нагружениям ферромагнитную фольгу от циклов нагружения.

Исследования влияния циклических симметричных деформаций растяжения и сжатия на первичный сигнал производилось с помощью токовихревого дефектоскопа «Вектор». Циклические деформации до разрушения осуществлялись с помощью электромагнитного вибратора в резонансном режиме. Образец в виде пластины с наклеенной на нем фольгой крепился консольно. Для исследования использовались отожженные в вакууме при температуре 900°C фольги из никеля, пермаллоя, сплава НП-50, с размерами 300 × 100 × 0,02. которые наклеивались клеем БФ-2в на стальную немагнитную пластину размерами 1480 × 115 × 0,86 (мм). Термообработка клеевого соединения проводилась течение 1 часа при температуре 140°C.

Перед испытанием производится калибровка вихретокового преобразователя на эталонном образце, для выделения сигнала от фольги и исключение сигнала от испытываемой пластины.

Пластина с датчиком совершала резонансные колебания на вибростенде. Колебания создавались с помощью электромагнитного вибростенда, питаемого низкочастотным генератором с усилителем. На каждом датчике были отмечены девять точек, равноудаленные друг от друга. С каждой точки фольги снимались показания вихретокового прибора «Вектор»  $\hat{Z} = X + i \cdot Y$  каждые 5 минут.

Были исследованы датчики из трех материалов: никеля, пермаллоя Ni (78%), Fe (20%) Mo(2%) и сплав НП-50. Пермаллой обладает высокой магнитной проницаемостью (максимальная относительная магнитная проницаемость  $\mu \sim 100\,000$ ), малой коэрцитивной силой.

Тензометрическим методом определялась относительная деформация пластины в месте приклейки датчика при заданной амплитуде  $A = 15\text{мм}$ . Она составила 0,00183.

По результатам измерения вихретокового сигнала были построены графики зависимостей вещественной и мнимой компонент от количества колебательных циклов. На рисунке приведены результаты измерения, для железоникелевой фольги, мнимой компоненты  $Y$  параметра  $\hat{Z}$  в зависимости от числа циклов нагружения.

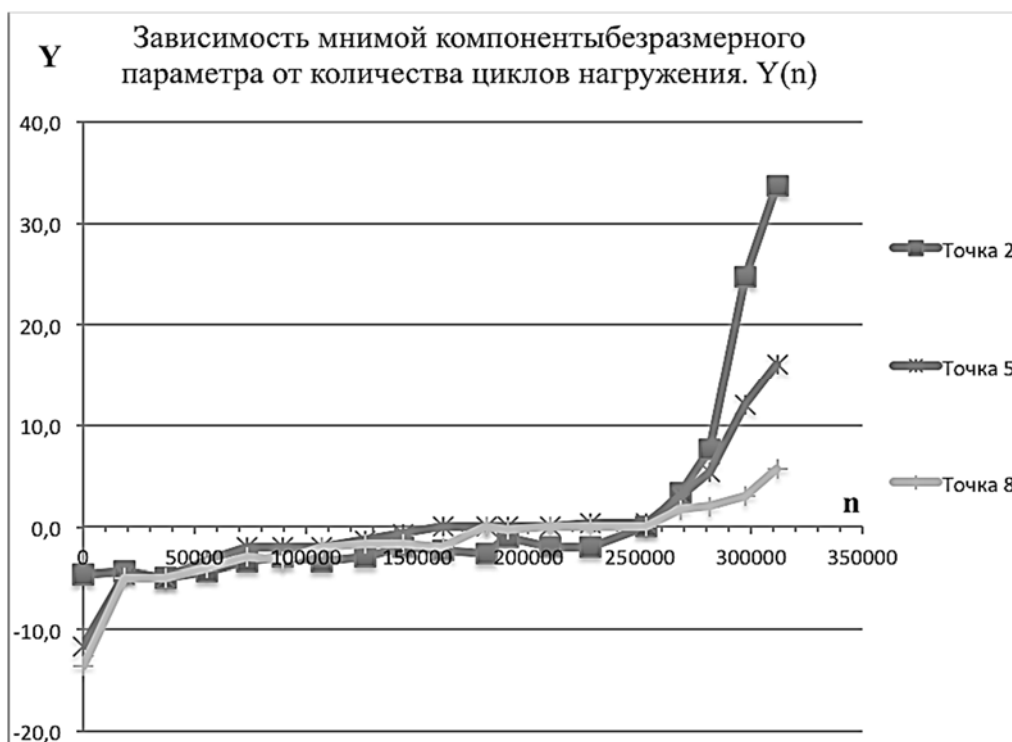


Рисунок 1. Зависимость мнимой компоненты безразмерного параметра от циклов нагружения для разных точек пермаллоевой фольги (точка 2 находится в центре пластины)

Из рисунка следует, что с увеличением числа циклов нагружения выходной сигнал монотонно увеличивается вплоть до 250 тысяч циклов. Затем начинается его резкое увеличение вплоть до разрушения пластины.

Наблюдаемое изменение сигнала обусловлено тем, что с ростом числа циклов нагружения увеличивается плотность дефектов, и в результате уменьшается магнитная проницаемость материала фольги, растет ее удельное электросопротивление.

Резкое увеличение сигнала вихретокового датчика с испытываемой фольги задолго до разрушения представляет интерес для диагностики предельного ресурса испытываемого материала, является основой для предсказания критической ситуации для элемента конструкции.

Таким образом, можно надеяться, что ферромагнитные фольги могут быть использованы как чувствительный элемент для оценки предразрушения конструкции.

#### Библиографический список

1. Форрест. П. Усталость металлов, пер. с англ. / П. Форрест; М.: Машиностроение, 1968. – 352 с.
2. Бюренван, Х. Г. Дефекты в кристаллах, пер. с англ. / Х.Г. Бюренван; М.: Издательство иностранной литературы, 1962. - 610 с.
3. Сызранцев В.Н., Голофаст С.Л. Измерение циклических деформаций и прогнозирование долговечности деталей по показаниям датчиков деформации интегрального типа. – Новосибирск: Наука, 2004. – 206 с.

Научный руководитель: Новиков В.В., доктор физ.-мат. наук, профессор  
Консультант: Муратов К.Р., кандидат тех. наук, доцент

### **Обработка данных в режиме реального времени при прогнозировании аварий на предприятиях переработки нефтегазового сырья с использованием новейших геоинформационных технологий**

*Ермолина М.С.*

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Ранее [1] мы рассмотрели актуальность проблемы оперативного прогнозирования аварий для предприятий переработки нефтегазового сырья. Представляется, что эффективное разрешение проблемы должно базироваться на интеграции ряда современных технологий анализа трехмерного пространства и технологий фиксации остаточных напряжений в природе и технике [2-6]. В общем виде план создания необходимой технологии заключается в следующем:

1. выбор теоретических решений для анализа бесконтактных измерений (БИ) остаточных и динамических напряжений;
2. обзор и анализ инструментальных средств массовых БИ;
3. обзор и анализ программных средств для сбора и хранения массовых БИ в реальном времени;

4. обзор и анализ программных средств для обработки БИ остаточных и динамических напряжений в реальном времени;
5. интеграция продуктов разных производителей в действующий макет информационно-аналитической технологии;
6. вычислительные эксперименты на базе разработанной информационно-аналитической технологии.

Существуют ситуации, в которых доступ к обработке и количество времени, необходимое для обработки данных, должны быть гарантированы.

Если необходимо обеспечить отклик в течение заданного времени, остановка исполняющей программы, по какой бы то ни было причине недопустима. Такие события относятся к классу сложных событий (англ. complex event). В таких ситуациях обработка должна выполняться под управлением конкретной операционной системы, поддерживающей такого рода планирование. В создаваемой технологии потребности в обработке данных в режиме реального времени возникают при реализации вышеуказанных п.3,4,6.

Известно, что обработка сложных событий относится к состояниям процесса, изменениям состояния, превышающим определенный пороговый уровень, изменению времени, увеличению значения или к количеству событий. Она требует соответствующего мониторинга событий, отчетов о событиях, регистрации и фильтрации событий.

Для прогнозирования (в реальном времени) сценариев аварийных ситуаций, связанных с несанкционированными перенапряжениями конструкций на объектах инфраструктуры предприятий по переработке нефтегазового сырья, желательно предусмотреть бюджетное решение исполнения технологии сбора и анализа данных.

В качестве такого решения нами рассматривается интеграция аппаратных и программных решений ряда ведущих производителей соответствующего оборудования и готовых средств инфокоммуникационной комплексации, - Leica Geosystems, ESRI Inc., IBM.

В качестве аппаратуры исследуются системы Leica ScanStation [7]. В качестве обрабатывающего ПО Leica Register и 3ds Resheper. В качестве программных средств прикладной обработки данных рассматривается ПО ArcGis ESRI. В качестве системной среды интеграции продукт IBM InfoSphere Streams [8]. "Это платформа для аналитики больших данных в режиме реального времени".

Наиболее проблемным моментом в построении сквозной инфокоммуникационной технологии является – эффективное интегрирование вышеупомянутых разнородных аппаратно-программных компонент в систему анализа «больших данных» в реальном времени.

Понятие "большие данные" для нас представлено тремя измерениями: объем, скорость и разнообразие. То есть любой тип данных (*разнооб-*

*разие*), массивы данных измеряются терабайтами (*объем*), данные поступают очень быстро (*скорость*).

Требуемое нам реальное время, по сути, означает, что задержка обработки сводится к минимуму за счет обработки данных в оперативной памяти.

Система InfoSphere Streams была разработана для систем безопасности, в которых нужно очень быстро обрабатывать большое количество данных для предотвращения разного рода проблемных ситуаций. В связи с тем, что в ней используются данные из разрозненных систем и в разных форматах, исходные требования к системе включают:

- поддержку любых типов данных
- необходимость уменьшения задержки за счет обработки данных в памяти
- возможность масштабирования за счет поддержки компьютерных кластеров.

Очень важной функциональной характеристикой является наличие процедурного языка - Streams Processing Language (SPL), позволяющего адаптировать возможности InfoSphere Streams к задачам нашего исследования. Основная особенность языка InfoSphere Streams - это богатый набор доступных в нем типов данных. Для наших целей принципиальным моментом также, является наличие возможностей построения удаленного обмена данными, т.е. возможности считывать и записывать данные из разных источников и объектов, таких как файлы, сетевые соединения (TCP, UDP, HTTP и т.д.).

На основании вышеизложенного представляется, что реализация актуальной проблемы – получать и обрабатывать данные в реальном времени, для бесконтактного измерения напряжения в инженерных конструкциях в динамике - может быть успешно разрешена, хотя и требует интеграции большого количества измерительных и моделирующих технологий.

#### Библиографический список

1. Шевченко, Н.Г. О пилотном варианте интеграции и развития программного обеспечения ГИС для прогнозирования аварий на предприятиях переработки нефтегазового сырья / Н.Г.Шевченко, М.А.Ионина, М.С.Ермолина // Кристаллы творчества – Тюмень: ТИУ, 2017. (В печати).
2. Белов, П.Г. Методологические аспекты национальной безопасности России / П.Г.Белов - М.: ФЦНТПП «Безопасность», 2001. - 300 с.
3. Биргер, И.А. Остаточные напряжения / И.А.Биргер - М., 1963.
4. Федоров, Л.В. Парогенераторы атомных электростанций / Л.В.Федоров, В.Ф.Титов, Н.Г.Рассохин. - М., 1992.
5. Чернышев, Г.Н. Остаточные напряжения в деформируемых твердых телах / Г.Н.Чернышев, А.Л.Попов, В.М.Козинцев, И.И.Пономарев. – М.: Машиностроение, 1996. – 240 с.

6. Чернышев Г.Н. Полезные и опасные остаточные напряжения / Г.Н.Чернышев, А.Л.Попов, В.М.Козинцев // Природа. 2002. №10.

7. LeicaGeosystem // Решения. 2017.URL: <http://www.navgeocom.ru/solutions> (дата обращения 12.04.2017)

8. Рой, Ж. Введение в потоковые вычисления в режиме реального времени // IBM. 2014. URL: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/bd-getstartedstreams/index.html> (дата обращения 12.04.2017)

Научный руководитель: Шевченко Н.Г., д.б.н., доцент, профессор каф. ПГФ

### **Метод высших гармоник намагниченности в модели гистерезиса Такаги при неразрушающем контроле напряжений**

*Зайнутдинова З.Р., Нерадовский Д.Ф., Проботюк В.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время для определения напряженно-деформированного состояния металлоконструкций широкое распространение получили магнитные методы неразрушающего контроля [1-3].

Данная работа посвящена использованию метода высших гармоник намагниченности упругих деформированных ферромагнетиков в рамках статистической теории Такаги [4] для оценки возникающих одноосных напряжений. Расчет по методу высших гармоник в модели Такаги проводили для электротехнической стали 3413. Указанная сталь после термомагнитной обработки обладает значительной анизотропией магнитных свойств, что является условием применимости модели Такаги, сформулированной для монокристаллов.

Для моделирования магнитного гистерезиса в электротехнической стали 3413 согласно теории Такаги [4], были использованы экспериментальные зависимости коэрцитивной силы от растягивающих, одноосных напряжений в упругой области для кристаллографических направлений [100] и [110], приведенные в работе [5]. Зависимость  $H_c(\sigma)$  для направления [100] можно считать приближенно линейной, поэтому представим ее в следующем виде:

$$H_{c(\sigma)}^{[100]} = H_{c0} + \left( \frac{\Delta H_c}{\Delta \sigma} \right) \sigma, \quad (1)$$

где  $H_{c0} = H_c(0)$  – коэрцитивная сила в отсутствии напряжений.

Угловой коэффициент  $\frac{\Delta H_c}{\Delta \sigma}$  оценивается следующим образом:

$$\frac{\Delta H_c}{\Delta \sigma} \approx \frac{H_c(\sigma) - H_c(0)}{\sigma} \approx 0,3 \frac{\text{А}}{\text{МПа} \cdot \text{м}} \quad (2)$$

Зависимость коэрцитивной силы  $H_C(\sigma)$  для направления [110] представим следующим образом:

$$H_C^{[110]} = H_C^0 \left( 1 - \delta H_C^0 (1 - e^{-\beta\sigma}) + \frac{1}{H_C^0} \frac{\Delta H_C}{\Delta\sigma} \sigma \right), \quad (3)$$

где  $\frac{\Delta H_C^0}{H_C^0} = \delta H_C^0$ ,  $H_C^0$  – коэрцитивная сила образца в отсутствии нагрузки,  $\Delta H_C^0$  – параметр, определяемый из экспериментального графика,  $\frac{\Delta H_C}{\Delta\sigma}$  – угловой коэффициент линейной части графика зависимости, соответствующий напряжениям  $\sigma > \sigma_0 \approx 10$  МПа.

Выражения (1) и (3) подставляются в формулы Такаги [4] для безразмерных намагниченностей вдоль направлений [100] и [110].

В программной среде Turbo Delphi реализованы алгоритмы построения петель магнитного гистерезиса. В зависимости от приложенной внешней нагрузки для гармонического анализа построенных петель выполнена программная реализация стандартных процедур дискретного преобразования Фурье. Предварительно была осуществлена «развертка» петель гистерезиса. Согласно выражениям (1) и (3), расчеты амплитуд гармоник проводились для петель магнитного гистерезиса, полученных в модели Такаги, без учета и с учетом зависимости коэрцитивной силы от напряжений.

Построены зависимости расчетных амплитуд гармоник намагниченности от величины механических напряжений в упругой области для электротехнической стали 3413.

В данной работе приведена оценка относительной чувствительности амплитуд гармоник намагниченности вдоль направлений [100] и [110] по отношению к механическим напряжениям и относительной тензочувствительности коэрцитивной силы на основе экспериментальных зависимостей  $H_C(\sigma)$ , представленных в работе [5]. Пятая гармоника намагниченности вдоль [100] является более чувствительной по отношению к растягивающим напряжениям, и ее относительная тензочувствительность имеет тот же порядок, что и относительная тензочувствительность коэрцитивной силы, а в случае направления [110] более чувствительной по отношению к растягивающим напряжениям является первая гармоника.

Таким образом, учет зависимости коэрцитивной силы от механических напряжений в модели гистерезиса Такаги дает возможным применение метода высших гармоник для оценки величин одноосных напряжений ферромагнетика.

#### Библиографический список

1. О влиянии пластической деформации малоуглеродистых ферромагнитных сталей на изменение формы их петель гистерезиса и зависимостей дифференциальной проницаемости от поля / В.Г. Кулеев, Т.П. Царькова, Е.Ю. Сажина, А.С. Дорошек // Дефектоскопия. 2015. № 12. С. 32-45.



2. Новиков В.Ф., Яценко Т.А., Бахарев М.С. Зависимость коэрцитивной силы малоуглеродистых сталей от одноосных напряжений (Часть 2) // Дефектоскопия. 2002. № 4. С. 11-17.

3. О контроле напряжений в сложно нагруженной стальной конструкции методом магнитоупругого размагничивания / В.Ф. Новиков, В.П. Устинов, А.В. Радченко, К.Р. Муратов и др. // Дефектоскопия. 2016. № 6. С.71-76.

4. Takagi.V. On a statistical Domain theory of Ferromagnetic crystals., Part II. // Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. 1939. Vol. 28, P. 85-127.

5. Мишин Д.Д. Магнитные материалы: учебное пособие. М.: Высшая школа, 1981. 335 с.

Научный руководитель: Нассонов В.В., к.т.н, доцент.

Консультанты: Нерадовский Д.Ф., ст. преподаватель

Проботюк В.В., к.т.н., доцент

### **Развитие программного обеспечения ГИС для прогнозирования аварий на предприятиях переработки нефтегазового сырья**

*Ионина М.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Современные объекты техносферы характеризуются чрезвычайной протяженностью и сложностью систем транспортирования вещества и энергии (СТВЭ). Технологические процессы строительства СТВЭ порождают остаточные и/или предварительные напряжения, а при эксплуатации СТВЭ - динамические напряжения конструкций. Эти напряжения часто являются главными причинами техногенных аварий и разрушений, надежных на первый взгляд конструкций [1]. Самые известные из техногенных аварий произошли в Три-Майл Айленде (США), Базеле (Швейцария), Севезо (Италия), Фликсборо (Великобритания), Хамме (ФРГ), Бхопале (Индия), Чернобыле (СССР) и др. Техногенная катастрофа в городе Бхопале считается крупнейшей по числу жертв в современной истории. Ее последствия мгновенно унесли с собой жизни около 3500 человек и более 15000 в последующие годы. Это событие до сих пор считается самой ужасной химической катастрофой в мире, а в книге рекордов Гиннеса оно отмечено как «наиболее сильное загрязнение воздуха». Факты таких катастроф настоятельно требуют, чтобы общество, опираясь на науку, развивало и создавало технологии мониторинга и предсказания непредусмотренного высвобождения вещества и энергии в техносфере. Продолжая постоянно увеличивать концентрацию энергии в единице объема и

уменьшать время ее высвобождения, при потере контроля над данным процессом, мы увеличиваем мощность аварии.

В современных условиях деятельность нефтегазовых компаний, характеризующаяся увеличением объемов добычи и переработки углеводородного сырья, имеет стратегическое значение для развития экономики страны. Безаварийная и надежная работа таких предприятий формирует энергетическую безопасность и устойчивое социально-экономическое развитие России. Поэтому приоритетным направлением развития не только российских, но и зарубежных нефтегазовых компаний, является обеспечение промышленной безопасности.

Одна из важнейших проблем предприятий переработки нефтегазового сырья заключается в сохранении нормального состояния трубопроводов. Трубопроводы, находящиеся в эксплуатации длительное время, подвержены коррозии и/или наведенным вибрациям. В результате в них возникают нарушения целостности, которые приводят к несанкционированному разливу вещества. Поэтому необходимо заблаговременно найти дефект и устранить его. Обследовать можно только внешнюю поверхность трубопровода, а его вскрытие для непосредственного визуального обследования экономически неоправданно.

Опираясь на современный системный подход, представляется целесообразным, рассмотреть проблему оперативного (не в лабораторных условиях) прогнозирования аварий для предприятий переработки нефтегазового сырья. Эта проблема была обозначена давно [2-4], однако ее разрешение было невозможно из-за чрезвычайной сложности получения достаточного количества измерений, их хранения и последующей оперативной обработки. Возможность прогнозирования аварийных ситуаций в реальном времени считалось фантазией.

В настоящее время разработаны и введены в эксплуатацию информационные технологии, для специфических задач созданные в рамках всемирно распространенного направления - геоинформационных технологий (ГИС). ГИС философия, методология и практика, является передовой парадигмой исследования трехмерного пространства и его подпространств, легко масштабируется и имеет широчайший спектр применения в различных прикладных областях.

По-видимому, мы предложили впервые пилотный вариант разрешения вышеуказанной актуальной проблемы [5]. Разрешение проблемы основано на интеграции ряда современных технологий анализа трехмерного пространства и технологий фиксации остаточных напряжений в природе и технике. Основные этапы на пути разрешения вышеуказанной проблемы состоят в следующем:

- выбор теоретических решений для анализа бесконтактных измерений (БИ) остаточных и динамических напряжений;

- обзор и анализ инструментальных средств обработки массовых БИ;
- обзор и анализ программных средств для сбора и хранения массовых БИ в реальном времени;
- обзор и анализ программных средств для обработки БИ остаточных и динамических напряжений в реальном времени;
- интеграция продуктов разных производителей в действующий макет информационно-аналитической технологии;
- вычислительные эксперименты на базе разработанной информационно-аналитической технологии.

Идеи разрешения вышеуказанной проблемы соответствуют современным представлениям и хорошо согласуются с энергоэнтروпийной концепцией опасных процессов в техносфере.

Остаточные, или предварительные, напряжения могут быть одной из главных причин техногенных аварий и разрушений надежных на первый взгляд конструкций в технике и в быту. К сожалению, отрицательную роль остаточные напряжения играют чаще, чем хотелось бы. В технике достаточно примеров разрушений, вызванных большими технологическими напряжениями. Одни из наиболее частых со значительными экологическими последствиями – это разрушения трубопроводов, в которых образуются трещины длиной иногда до нескольких десятков километров.

Разработка методов дистанционного измерения остаточных напряжений в настоящее время является насущной и актуальной задачей. Именно из-за отсутствия удобных и быстрых способов измерений решение проблемы остаточных напряжений отстает от аналогичной – для напряженных состояний под действием активных нагрузок.

Одним из бесконтактных методов для разрешения вышеуказанной проблемы является голографическая интерферометрия, т.е. когда во времени снимают состояние объекта за счет облучения лазерным излучением, измеряют отраженные сигналы и по их сравнению определяют изменения. Ее сущность такова: если совместить две голограммы объекта, записанные в различное время при разных состояниях поверхности объекта (один из способов – записать на одну фотопластинку), то при освещении этой фотопластинки лазерным лучом возникает результирующая интерферограмма, отражающая разницу геометрических состояний объекта. Линии интерферограммы показывают как перемещения целого объекта, так и деформацию его поверхности. Общие и локальные перемещения обычно хорошо разделяются. Голография позволяет исследовать объекты с любым, самым замысловатым рельефом. [6]

На основании вышеизложенного, необходимо подобрать такую потенциальную возможность измерения, которая была бы бесконтактная и позволяла измерять напряжения конструкций в динамике в момент эксплу-

атации. Наша задача – искусственно породить интерференцию на поверхности напряженных материалов. При этом материалы в силу того, что они неравномерно напряжены, будут иметь различные параметры отражения. Таким образом, возникает возможность регистрировать эти напряжения на поверхности. Нам представляется, что такое направление при разрешении вышеуказанной проблемы перспективно, хотя и требует интеграции большого количества измерительных и моделирующих технологий.

#### Библиографический список

1. Белов П. Г. Методологические аспекты национальной безопасности России. - М.: ФЦНТПП «Безопасность», 2001. – 300 с.
2. Биргер И.А. Остаточные напряжения. М.: Машгиз, 1963. – 232 с.
3. Федоров Л. Ф. Парогенераторы атомных электростанций: монография / Л. Ф. Федоров, В. Ф. Титов, Н. Г. Рассохин. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 414 с.
4. Чернышев Г. Н. Остаточные напряжения в деформируемых твердых телах / Г.Н. Чернышев, А.Л. Попов, В.М. Козинцев, И.И. Пономарев. – М.: Машиностроение, 1996. – 240 с.
5. О пилотном варианте интеграции и развития программного обеспечения ГИС для прогнозирования аварий на предприятиях переработки нефтегазового сырья / Шевченко Н.Г., Ионина М.А., Ермолина М.С. – Тюмень: ТИУ, 2017. (в печати).
6. Чернышев Г.Н. Полезные и опасные остаточные напряжения / Г.Н. Чернышев, А.Л. Попов, В.М. Козинцев // Природа. 2002. №10.

Научный руководитель: Шевченко Н.Г., д.б.н., доцент, профессор каф. ПГФ

### **Влияние температуры отпуска на характер магнитоупругой релаксации стали 30X13**

*Садыхов К.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

На кафедре ФМД Тюменского индустриального университета было обнаружено свойство ферромагнитных материалов [1,2]. Намагниченный образец испытывал циклические нагрузки, в результате чего наблюдалось изменение его намагниченности. Как показано на рисунке 1 значения напряженности магнитного поля остаточной намагниченности  $h_p$  (в относительных единицах), соответствующие пиковым значениям нагрузки, зависят от номера цикла  $N$ . Причем эта зависимость подчиняется степенному закону.

$$\begin{aligned}
 h_{p\sigma_{max}} &= h_{\sigma_{max}} + \Delta h_{\sigma_{max}} \cdot N^{-\alpha_{\sigma_{max}}} \\
 h_{p\sigma_{min}} &= h_{\sigma_{min}} + \Delta h_{\sigma_{min}} \cdot N^{-\alpha_{\sigma_{min}}}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Здесь, величины  $h_{\sigma_{max}}$  и  $h_{\sigma_{min}}$  отражают устойчивое состояние магнетика с нагрузкой и без нее при  $N \rightarrow \infty$ ;  $\Delta h_{\sigma_{max}}$ ,  $\Delta h_{\sigma_{min}}$  – величины сползания. Показатели степени  $\alpha_{\sigma_{max}}$ ,  $\alpha_{\sigma_{min}}$  отвечают за быстроту необратимого размагничивания с ростом номера цикла. Индексы  $\sigma_{max}$  и  $\sigma_{min}$  соответствуют амплитудной нагрузке в серии испытаний и разгруженному состоянию, соответственно.

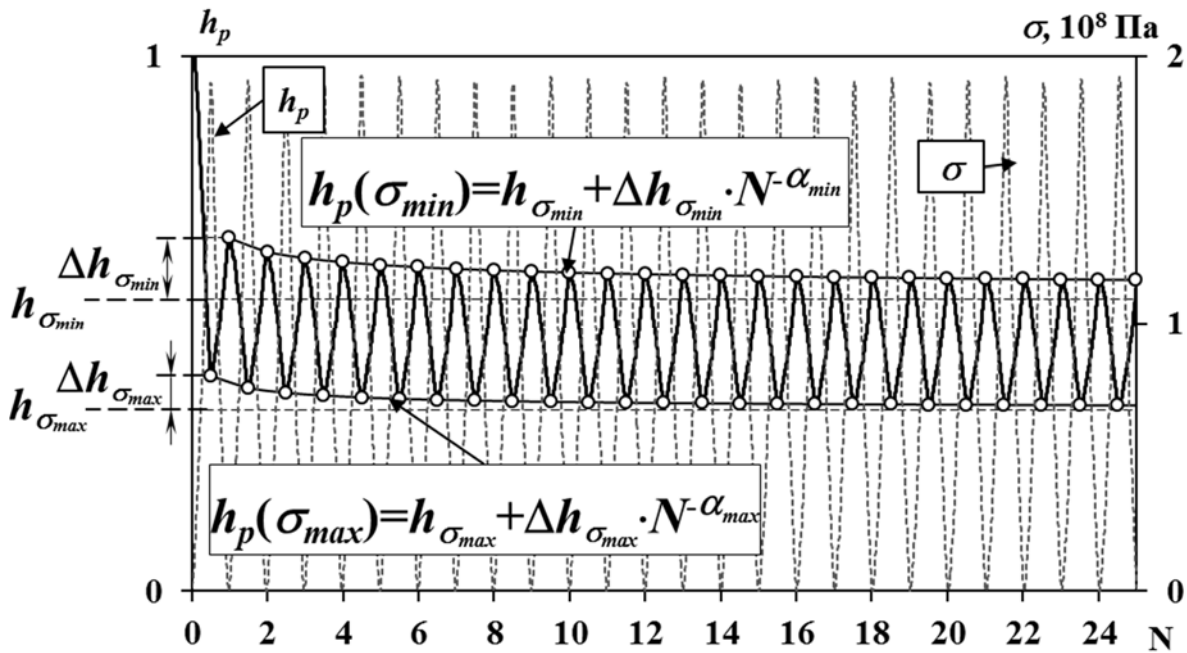


Рисунок 1. Магнитоупругая циклограмма образца №1 при амплитуде нагружения 190 МПа [1,2]

В работе выполнен анализ влияния амплитуды нагружения на коэффициенты аппроксимации степенной функцией. Было обращено внимание, что произведение  $\Delta h_{\sigma} \cdot \alpha_{\sigma}$  и величина  $\delta h = \Delta h_{\sigma_{min}} / \Delta h_{\sigma_{max}}$  в некоторой степени отражают характерные для материала значения механических напряжений.

Нами были исследованы образцы стали 30X13, подвергнутые закалке и отпуску при различных температурах. Целью работы явились, во-первых проверка выполнимости степенной магнитоупругой релаксации на других сталях и во-вторых установление влияния режима термообработки на ее характер.

Эксперименты показали, что для стали 30X13 аналогично [1,2] наблюдается степенной характер релаксации, причем достоверность аппроксимации оказалась выше, что говорит, видимо об универсальности такого свойства.

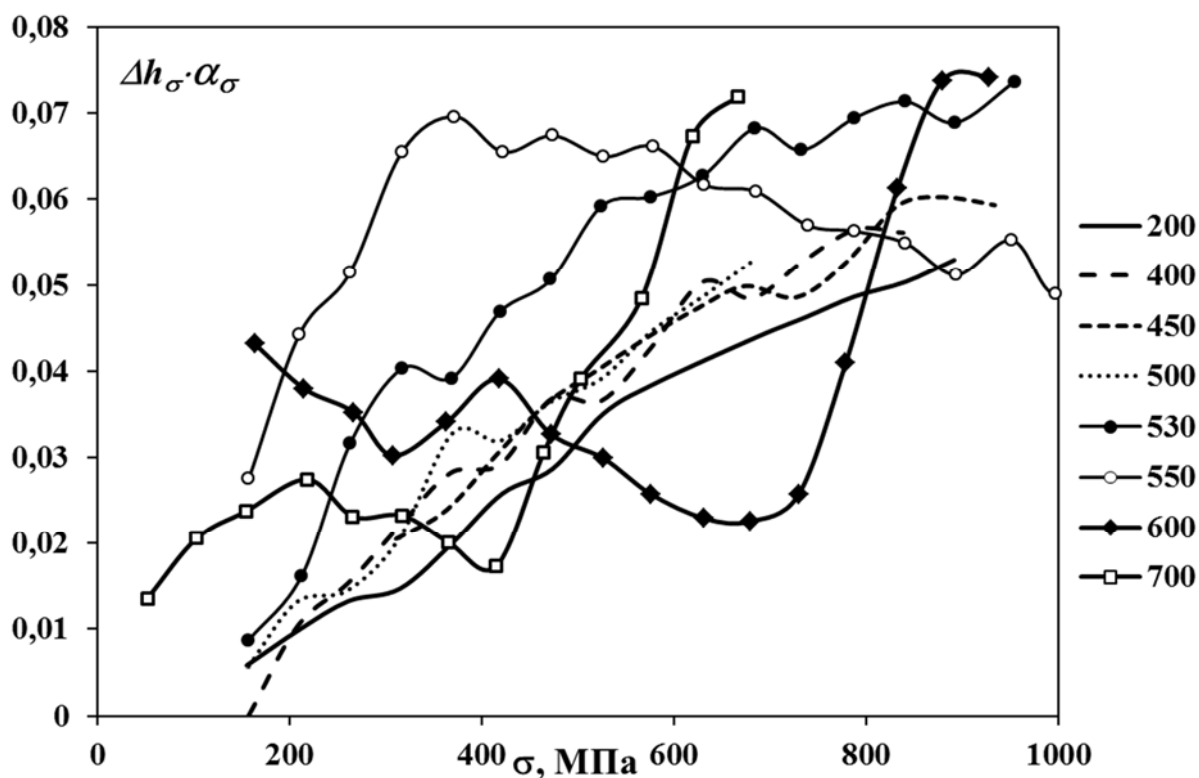


Рисунок 2. Зависимость произведения коэффициентов  $\Delta h_{\sigma_{min}} \cdot \alpha_{\sigma_{min}}$  от амплитуды нагружения для различных температур отпуска стали 30X13

Можем видеть (рис. 2), что при температурах отпуска 200÷500 °C характер параметра  $\Delta h_{\sigma_{min}} \cdot \alpha_{\sigma_{min}}$  практически одинаковый. Затем происходит изменение поведения кривых, что связано с интенсивными структурными изменениями – переход мартенситной структуры в перлитную. Можно предположить, что линейное поведение отражает механизмы релаксации при отсутствии микропластических деформаций, а изменение линейного поведения связано с их появлением. Действительно, как известно мартенситная структура является достаточно прочной, тогда как перлитная менее. Тогда характерные изломы зависимости можно предположить связанными с началом микропластики. На такую мысль наталкивает также характер поведения параметра  $\delta h$  (рис. 3), который для температур отпуска начиная с 600 °C начинает резко возрастать при значениях нагрузок 650 МПа (600 °C) и 400 МПа (700 °C). Также можем видеть, что и при 550 °C параметр  $\delta h$  имеет тенденцию к росту по сравнению с меньшими температурами.

В публикациях [1,2] излагается гипотеза о возможности предсказания усталостных характеристика ферромагнитных материалов по анализу их магнитоупругих релаксационных параметров, что требует гораздо меньшее время по сравнению с классическими усталостными испытаниями. В силу отсутствия информации о пределе выносливости стали 30X13 при различных температурах отпуска, к сожалению, мы не можем сопо-

ставить наблюдаемые характерные механические напряжения с пределом выносливости. Поэтому к предлагаемой гипотезе необходимо относиться с осторожностью. И ответить на нее утвердительно можно выполнив дополнительный комплекс исследований. Однако мы не умаляем результат и считаем его ценным, поскольку само по себе рассмотренное свойство степенной магнитоупругой релаксации является не изученным и не объясненным.

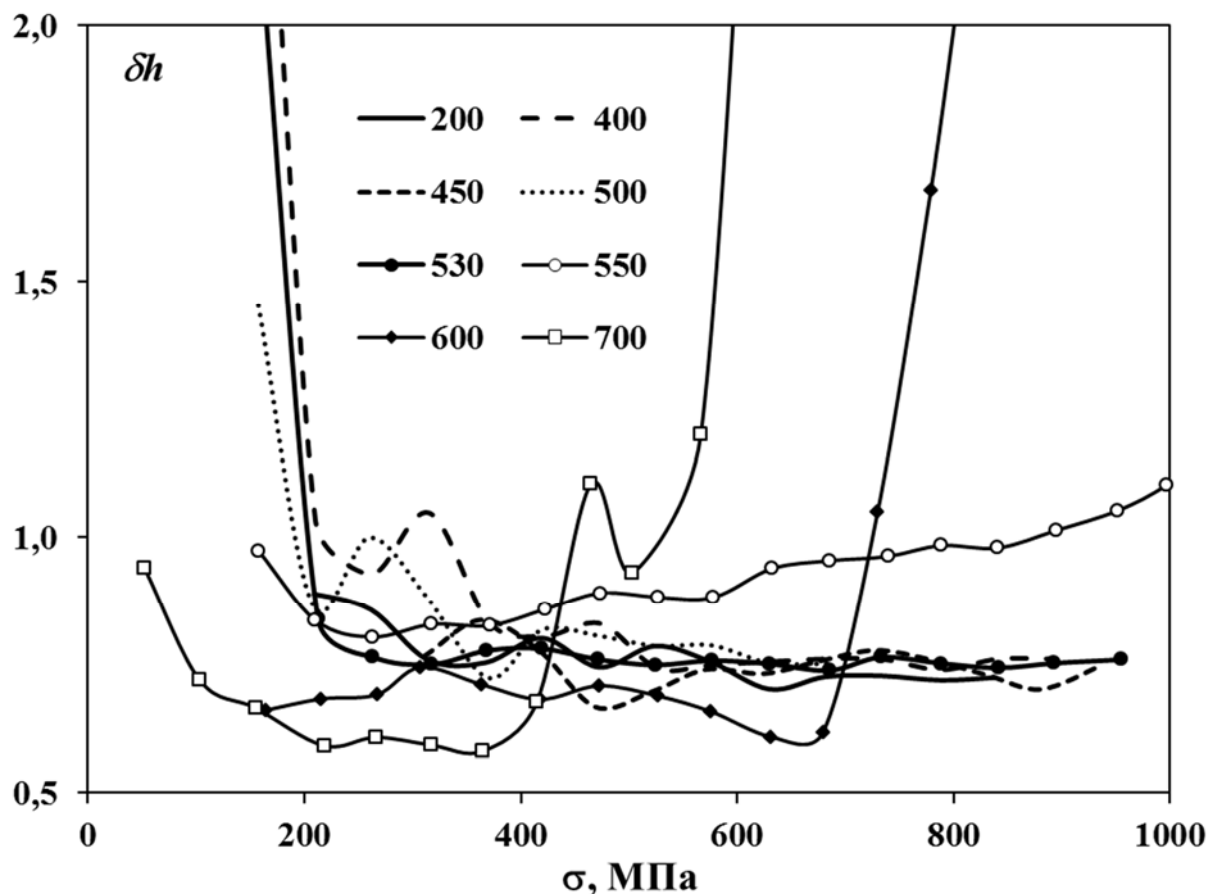


Рисунок 3. Зависимость параметра  $\delta h$  от амплитуды нагружения для различных температур отпуска стали 30X13

#### Библиографический список

1. Муратов К.Р., Новиков В.Ф., Нерадовский Д.Ф. X Международная конференция «Механика, ресурс и диагностика материалов и конструкций» Екатеринбург, 16–20 мая 2016г.: сб. материалов. – Екатеринбург: ИМАШ УрО РАН, 2016., С. 330-332.
2. Kamil Muratov, Vitaly Novikov and Denis Neradovsky AIP Conference Proceedings 1785, 030015 (2016); doi: 10.1063/1.4967036

Научный руководитель: Муратов К.Р., кандидат тех. наук, доцент  
 Консультант: Новиков В.В., доктор физ.-мат. наук, профессор

## Неразрушающий метод количественной оценки технического состояния силовых кабельных линий

Новикова Фрейре Шавиер Ж. да К., Прахов И.В.

Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
г. Салават

Бесперебойная работа систем электроснабжения промышленных предприятий невозможна без высокой надежности силовых кабельных линий. Выходом из этого положения является неразрушающая диагностика, которая позволит классифицировать кабельные линии по их остаточному ресурсу и создать алгоритм постепенной замены старых кабелей. Следовательно, реально увеличить срок службы кабельных линий сверх нормативных сроков и с большой экономией обеспечить их техническое обслуживание и ремонт [1].

При переходе на систему технического обслуживания, контроля технического состояния и ремонта силовых кабельных линий по их техническому состоянию может быть получен существенный экономический эффект за счет снижения количества аварий на кабельных линиях и, соответственно, затрат на их устранение.

Для исследования технического состояния силовых кабельных линий в филиале ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Салавате была разработана экспериментальная установка, структурная схема которой представлена на рисунке 1 [2].



Рисунок 1. Структурная схема экспериментальной установки



Для снятия экспериментальных данных на вход кабеля подавался единственный ступенчатый сигнал прямоугольной формы, на выходе кабеля осциллографом (или осциллоскопом) регистрировалась кривая переходного процесса. Совместно с этим производились измерения емкости, тангенса угла диэлектрических потерь, добротности и сопротивления на различных частотах.

В ходе выполнения экспериментальных исследований была определена взаимосвязь технического состояния силовой кабельной линии с измеряемыми значениями, представленная в виде интегрального критерия оценки технического состояния  $I$ :

$$I = f(C, \operatorname{tg}\delta, Q, R, D(\operatorname{Im}), D(\operatorname{Re})). \quad (1)$$

Значения интегрального критерия  $I$ , по аналогии с методом вибродиагностики подразделяется на три подгруппы – «Нормальное», «Удовлетворительное» и «Неудовлетворительное», которым соответствуют следующие состояния поврежденности: «Повреждение не обнаружено», «Повреждение обнаружено», «Обнаружено критическое повреждение» [3].

Разработанный неразрушающий метод диагностики силовых кабельных линий, на основе количественной оценки уровня поврежденности кабеля по значению интегрального критерия  $I$ , позволит предотвратить аварийные ситуации на промышленных предприятиях из-за внезапного отказа кабельных линий, что приведет к повышению надежности и безопасности технологических процессов.

#### Библиографический список

1. Баширов, М. Г. Способ диагностики состояния изоляции кабельных линий / М. Г. Баширов, Д. А. Заварихин, М. А. Миндолин, С. К. Мокшанцев // Электротехнологии, электропривод и электрооборудование предприятий – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2007. – 157 с.

2. Новикова Фрейре Шавиер Ж. да К. Диагностика кабельных линий методом многопараметровой динамической оценки / Ж. да К. Новикова Фрейре Шавиер, М. Г. Баширов, И. В. Прахов, // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2015. – № 4. – С. 33 - 37.

3. Прахов, И. В. Разработка программно-аппаратного комплекса для определения технического состояния и прогнозирования ресурса безопасной эксплуатации насосно-компрессорного оборудования с электрическим приводом / И. В. Прахов, М. Г. Баширов, А. В. Самородов // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2011. – № 3. – С. 12 - 16.

Научный руководитель: Прахов И. В., канд. техн. наук, доцент.

## Демонстрационно-лабораторный эксперимент «Магнитоупругий эффект в ферромагнетике в поле акустической волны»

Гоняева В.Р., Антонова Д.А., Фатеев И.Г., Третьяков П.Ю.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Магнитоупругий эффект – процесс намагничивания ферромагнетика при действии механических напряжений  $\sigma$  в этом ферромагнетике. Механические напряжения в стержневом ферромагнетике здесь возбуждаются синусоидальной продольной акустической волной. На рис.1 приведена схема экспериментальной установки.

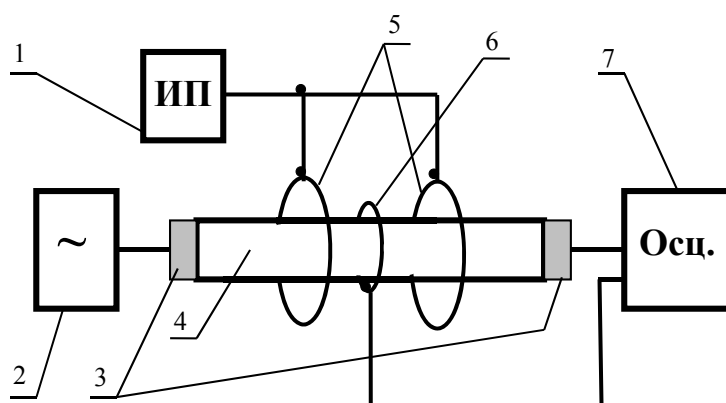


Рисунок 1. Схема установки:

- 1 – источник постоянного тока для питания колец Гельмгольца;
- 2 – низкочастотный генератор;
- 3 – передающий и приемный пьезокерамические резонаторы килогерцового диапазона;
- 4 – ферромагнитный стержень;
- 5 – кольца Гельмгольца;
- 6 – измерительная катушка;
- 7 – двухлучевой осциллограф

Механические напряжения  $\sigma$  в ферромагнетике невелики и подчиняются закону Гука. В частности, ЭДС линейно зависит от входного напряжения, подаваемого на резонатор типа ЦТС-19, ЦТС-21 (рис. 2).

Электрическая прочность ЦТС составляет:  $E_{проч.} = (3\div 4)10^6$  В/м [1, с. 42-45]. Например, даже при  $U_0 = 100$  В и толщине резонатора  $d = 0,01$  м имеем:  $E = U_0/d = 10^4$  В/м, что на два порядка меньше электрической напряженности пробоя пьезокерамического резонатора.

Механическое напряжение представим в виде:  $\sigma = \sigma_0 \sin \omega t$ . Магнитоупругая чувствительность  $\Lambda$  ферромагнетика оценивается отношением изменения магнитной индукции  $\Delta B$  при изменении механического напряжения  $\Delta \sigma$  [2, с. 80-85]:  $\Lambda = \frac{\Delta B}{\Delta \sigma}$ .

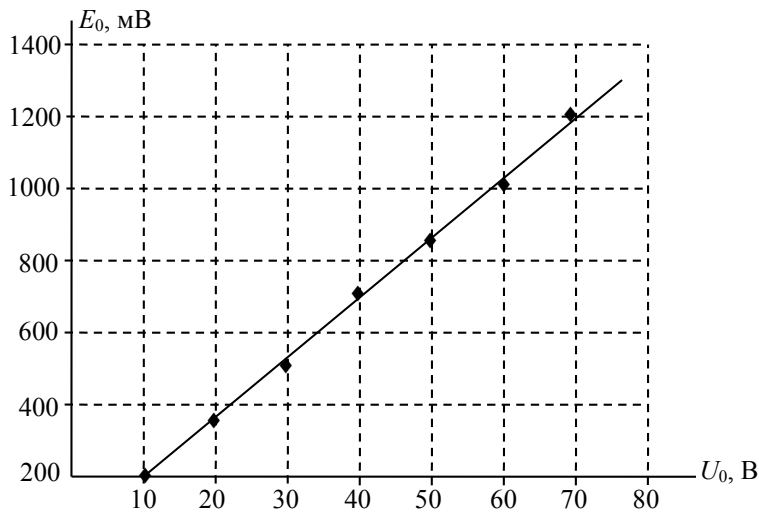


Рисунок 2. Зависимость амплитуды ЭДС  $E_0$  от амплитуды напряжения  $U_0$  резонатора

Зависимость намагниченности ферромагнетика  $J_\sigma$  от деформации  $\sigma$  представим в виде:

$$J_\sigma = J_0 + \frac{\Lambda}{\mu_0} \sigma_0 \sin \omega t, \quad (1)$$

где  $J_0$  – начальная намагниченность ферромагнетика. В измерительной катушке с числом витков  $n$  и площадью сечения образца  $S$  магнитный поток  $\Phi = B \cdot nS$  изменяется. У ферритового стержня площадь  $S$  равна сечению стержня, у стального стержня  $S$  располагается у поверхности вследствие вихревых токов. С учетом (1) и соотношения  $B = \mu_0 H + \mu_0 J_\sigma$ , получим по закону Фарадея выражение ЭДС индукции, наводимая в измерительной катушке:

$$E_{\text{инд.}} = -\frac{d\Phi}{dt} = -nS \frac{dB}{dt} = -\Lambda nS \omega \sigma_0 \cos \omega t.$$

Координата измерительной катушки определяется миллиметровой линейкой, расположенной вдоль стержня, что позволяет определить координаты пучностей, узлов и промежуточных значений амплитуды ЭДС. На рис. 3 приведен график распределения амплитуды ЭДС вдоль стального стержня.

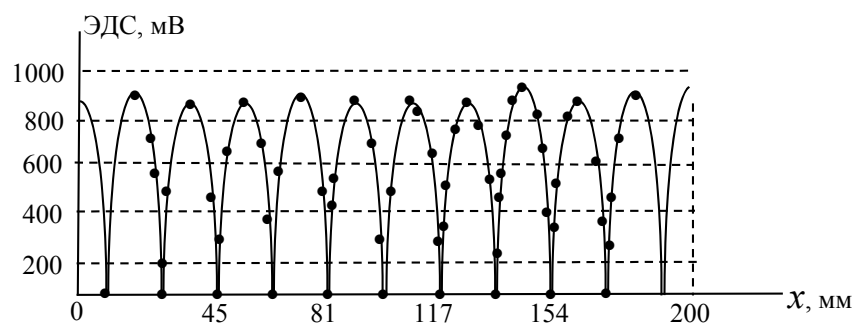


Рисунок 3. Распределение амплитуды ЭДС вдоль стального стержня (длина стержня 200 мм,  $f = 140,1$  кГц)

Длина акустической волны и волны ЭДС равна  $(37 \pm 1)$  мм, следовательно, фазовая скорость в стальном стержне  $c = \lambda f = 5180$  м/с. В справочниках значение скорости звука приводится в пределах  $(5050 \div 5100)$  м/с. Модуль Юнга:  $E = \rho c^2 = 2,07 \cdot 10^{11}$  Па. Справочные данные по модулю Юнга для конструкционной стали  $E = (1,95 \div 2,05) \cdot 10^{11}$  Па.

Предполагая, что вся усредненная мощность  $P = \frac{U_0^2}{2Z}$  от возбуждающего резонатора рассеивается в ферромагнетике и амплитуда смещения резонатора равна амплитуде смещения частиц ферромагнетика, можно оценить амплитуду смещения  $A$  частиц ферромагнетика (здесь  $U_0$  – амплитуда напряжения от генератора). С другой стороны  $P = \frac{1}{2t} kA^2$ , где  $k = \frac{ES}{l}$ . Здесь:  $t = 1$  с;  $l = 10^{-2}$  м – толщина резонатора;  $S \approx 10^{-4}$  м<sup>2</sup> – площадь сечения резонатора;  $Z = 2,8 \cdot 10^7$  кг/(м<sup>2</sup>·с) – импеданс резонатора. Модуль Юнга  $E$  материала (феррит) резонатора:  $E = Zc = 2,8 \cdot 10^7 \cdot 3,7 \cdot 10^3 \approx 1 \cdot 10^{11}$  Па.

При  $U_0 = 10$  В имеем:  $A = \left( \frac{U_0^2 t}{ZES} \right)^{1/2} = 6 \cdot 10^{-8}$  м. =  $6 \cdot 10^{-5}$  мм. Заметим,

домены ферромагнетика состоят из областей размером  $(0,01 \div 1)$  мм, что на  $(3 \div 5)$  порядков больше амплитуды смещения  $A$ .

#### Библиографический список

1. Шарапов, В.М., Мусиенко, М.П., Шарапова, Е.В. Пьезоэлектрические датчики / Под ред. В.М. Шарапова, [Текст] – М.: Техносфера, 2006. – 632 с.
2. Злобин, В.А., Андреев, В.А., Звороно, Ю.С. Ферритовые материалы: Массовая радиобиблиотека, вып. № 726, [Текст] – Л.: Изд-во Энергия, 1970. – 112 с.
3. Бозорт, Р. Ферромагнетизм, [Текст] – М.: Изд-во иностр. лит., 1956. - 784 с.
4. Шутилов, В.А. Основы физики ультразвука, [Текст]: Учебное пособие – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1980. – 280 с.

Научный руководитель: Новиков В.Ф., доктор физ.-матем. наук, профессор  
 Консультанты: Казаков Р.Х., доктор пед. наук, кандидат физ.-матем. наук, профессор  
 Нерадовский Д.Ф., ст. преподаватель

## Соотношение значений числа Рейнольдса и звуковой нагрузки перемещаемого теплоносителя

Плотников А.С.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В статье представлены результаты соотношения значений числа Рейнольдса (характеристика типа движения жидкости) и значений звуковой нагрузки движения воды в октавных частотах в инженерных системах. Замеры произведены для скорости воды от 0,5 до 4 м/с.

В ходе выполнения эксперимента по выявлению зависимости звукового давления и скорости перемещения воды появилась необходимость охарактеризовать тип движения потока жидкости – питьевой воды [ссылка на статью ВИВ].

Для этих целей оптимальной безразмерной величиной принято считать число Рейнольдса.

Число Рейнольдса считается критерием подобия течения вязкой жидкости [2] и определяется в зависимости от конкретного вида течения жидкости (течение в круглой трубе, обтекание шара и т. п.). Принято считать, что критерий характеризует переход от ламинарного течения к турбулентному [3]. Соотношение показателей и неравенство характеризующее переход от одного типа движения жидкости к другому можно записать в данном виде:

$$0 < Re < 2300$$

Полученные ранее данные по выявлению зависимости звукового давления и скорости перемещения воды составлена таблица 1.

Таблица 1

Зависимость эквивалентного уровня звука (ЭУЗ)  
от скорости движения воды

Скорость воды, м/с	Уровень звука (ЭУЗ) дБА – прямой отрезок	Уровень звука (ЭУЗ) дБА – от-крытый вентиль	Уровень звука (ЭУЗ) дБА – крестовина	Уровень звука (ЭУЗ) дБА – открытый шаровый кран	Уровень звука (ЭУЗ) дБА – частично от-крытый шаро-вый кран
0,5	33	35	37	41	42
1,0	35	37	39	43	52
1,5	37	39	41	45	56
2,0	39	41	43	47	56
2,5	41	43	45	49	56
3,0	43	45	47	51	56
3,5	45	47	49	53	56
4,0	47	49	51	55	56

Для определения типа движения жидкости воспользуемся формулой:

$$Re = \frac{vD_{\Gamma}}{\nu},$$

где,

$V$  — характерная скорость, м/с (принимается по значениям таблицы 1);

$D$  — гидравлический диаметр экспериментального участка ( $d=110\text{мм}=0,11\text{м}$ ), м; [ ]

$\nu$  — кинематическая вязкость среды, м<sup>2</sup>/с (см. таблицу 2);

Таблица 2

Значения коэффициента кинематической вязкости воды [4]

Температура воды, °С	5	10	15	20	30	40	50	60	70
$\nu_t \cdot 10^{-6}$ , м <sup>2</sup> /с	0,0152	0,0131	0,0114	0,0101	0,72	0,66*	0,55*	0,47	0,41

Испытательный участок представляет собой действующую систему водоснабжения строящегося жилого здания с закрытыми точками водоразбора и принудительно замкнутой циркуляцией по стоякам системы питьевого водоснабжения с температурой воды 10°С.

Соотношение значений критерий Рейнольдса и зависимости эквивалентного уровня звука (ЭУЗ) от скорости движения воды представлены в таблице 3.

Таблица 3

Соотношение значений критерий Рейнольдса и зависимости эквивалентного уровня звука (ЭУЗ) от скорости движения воды

Скорость воды, м/с	Уровень звука (ЭУЗ) дБА – прямой отрезок	Уровень звука (ЭУЗ) дБА – открытый вентиль	Уровень звука (ЭУЗ) дБА – крестовина	Уровень звука (ЭУЗ) дБА – открытый шаровый кран	Уровень звука (ЭУЗ) дБА – частично открытый шаровый кран	Критерий Рейнольдса
0,5	33	35	37	41	42	4198473, 28
1,0	35	37	39	43	52	8396946, 56
1,5	37	39	41	45	56	12595419
2,0	39	41	43	47	56	16793893
2,5	41	43	45	49	56	20992366
3,0	43	45	47	51	56	25190839
3,5	45	47	49	53	56	29389312
4,0	47	49	51	55	56	33587786

### Библиографический список

1. Сборник материалов IV международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Водоснабжение, водоотведение и системы защиты окружающей среды». – Уфа: ЦИТО, 2013. с.103 –107.

2. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Изд. 8-е. Химия: Москва, 1971; с. 42 –43; 118.

3. В.П. ИСАЧЕНКО, В.А. ОСИПОВА, А.С. СУКОМЕЛ. ТЕПЛОПЕРЕДАЧА. ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ. Изд. Энергия: Москва, 1975 г, М-114.

4. Альтшуль А.Д., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика. М.: Стройиздат, 1975. 283 с.

5. ГОСТ 32415-2013. Трубы напорные из термопластов.

Научный руководитель: Жилина Т.С., канд. техн. наук, доцент.

### **Измерительная установка для исследования возможностей методов магнитной структуроскопии**

*Соковец К.А., Вернета М.Я.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

Одним из перспективных направлений диагностики состояния стальных конструкций является определение магнитных характеристик ферромагнитных материалов, коррелированных с физико-механическими свойствами, например твердостью. Известно, что под действием механических нагрузок меняются магнитные свойства ферромагнетиков, как обратимо, так и необратимо. Необратимые изменения позволяют оценить, например, максимальную действовавшую нагрузку. Обратимые параметры позволяют определить величину нагрузки в момент измерения [1].

Создание универсальной измерительной установки для определения магнитных характеристик, таких как: коэрцитивная сила  $H_c$ , индукция насыщения  $B_s$ , остаточная индукция  $B_r$ , напряженность магнитного поля насыщения  $H_s$  а так же для визуализации петли гистерезиса и определения гармонического состава кривой индукции обеспечит возможность совершенствования известных и разработку новых методов контроля.

Исходя из вышеизложенного, были сформулированы следующие цели и задачи.

Цель работы: разработка измерительной установки «Магнискан» для исследования магнитных свойств ферромагнитных материалов.

Задачи:

1. Техническая реализация устройства намагничивания;
2. разработка блока электронного преобразования;
3. Написание программного обеспечения для управления рабочими режимами установки и визуализации результатов измерений;
4. Тестирование измерительной установки для решения прикладных задач.

Структурная схема измерительной установки «Магнискан» представлена на рисунке 1.

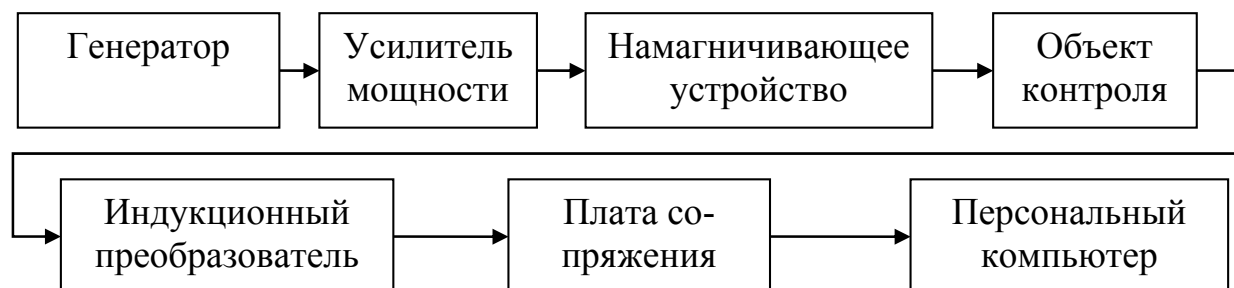


Рисунок 1. Структурная схема измерительной установки «Магнискан»

Согласно структурной схеме была собрана экспериментальная установка, позволяющая проводить измерение мгновенного значения тока, мгновенного значения индукции, визуализировать петлю гистерезиса, измерять значения  $B_r$ ,  $B_s$ ,  $H_c$ ,  $H_s$ , а так же значение амплитуд гармоник кривой индукции.

На рисунке 2 представлен интерфейс устройства.

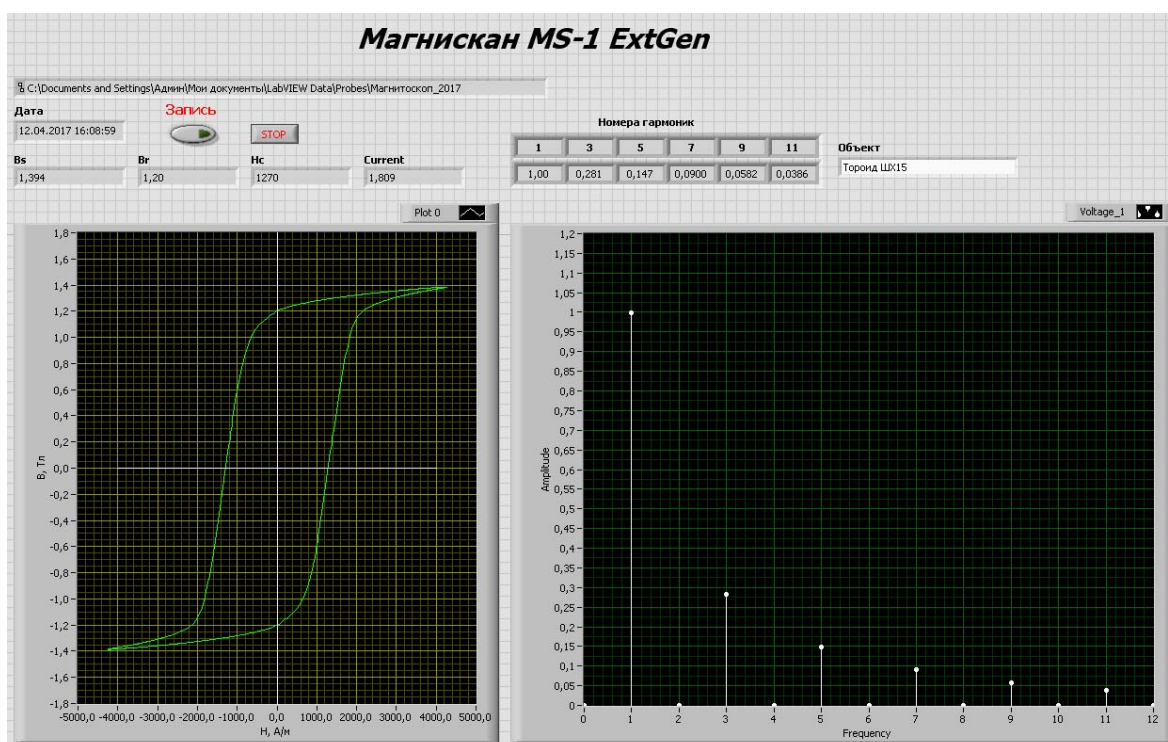


Рисунок 2. Интерфейс установки «Магнискан»

Установка была протестирована для решения практических задач: измерение магнитных характеристик тороидальных образцов из различных сталей и сортировка образцов из сталей различных марок.



На рисунке 2 показаны результаты измерения магнитных характеристик для образца из стали ШХ15.

Для исследования возможности сортировки образцов из разных марок сталей были взяты образцы 30Х, 10ПС, Х12Ф1 ШХ15 с различной твердостью, и сталь неизвестного происхождения в форме прутков. Далее с помощью «Магнискана» для всех образцов были получены петли гистерезиса и все характеристики, а так же проведен анализ высших гармоник кривой индукции.

Для идентификации сталей были использованы следующие параметры: остаточная индукция, коэрцитивная сила и гармонический состав кривой индукции.

На рисунке 3 представлены результаты измерений коэрцитивной силы и остаточной индукции для разных образцов.

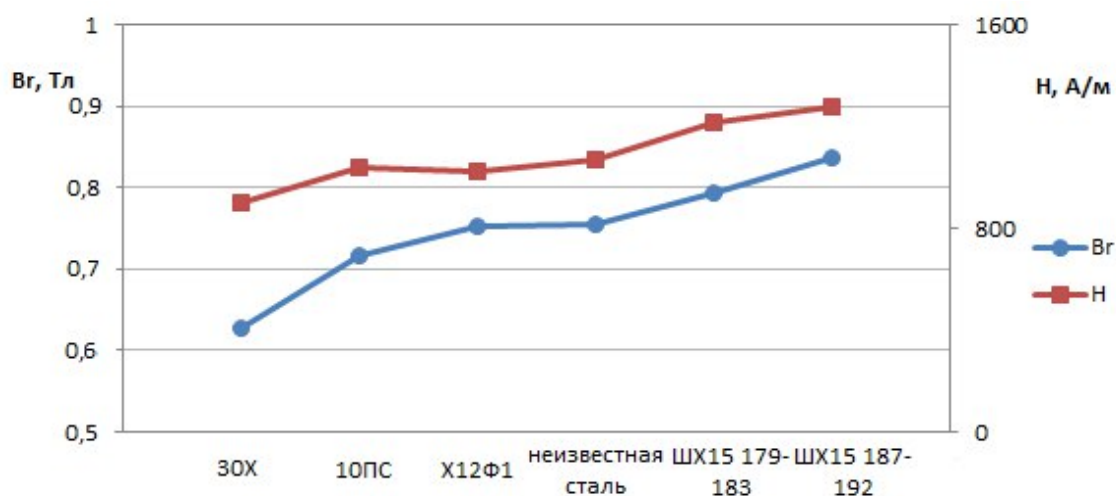


Рисунок 3. Значение индукции и коэрцитивной силы для различных образцов

На рисунке 4 представлены результаты измерений амплитуд 3-й и 5-й гармоник.

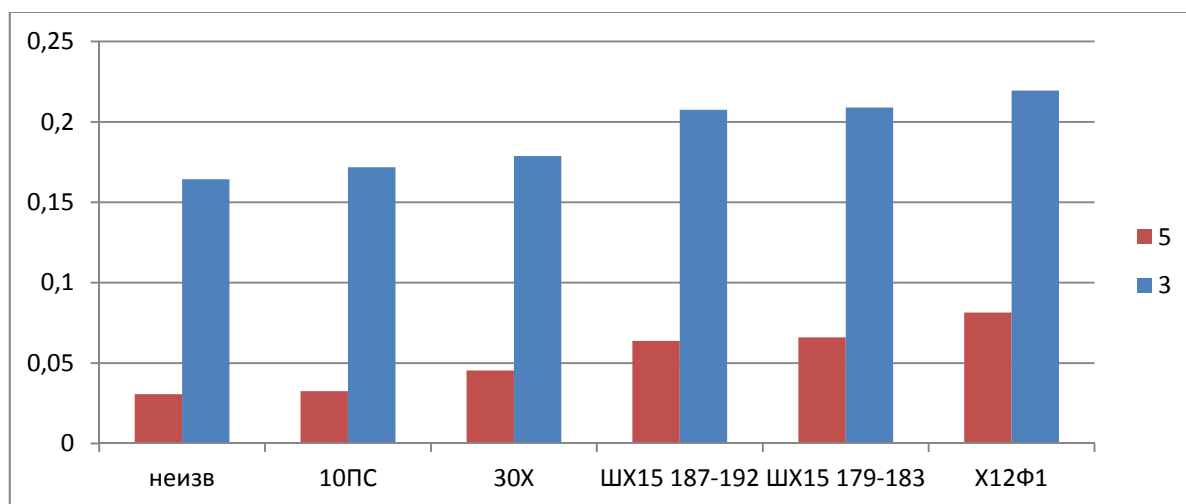


Рисунок 4. Значения амплитуд 3й и 5й гармоник для разных образцов

Таким образом, можно сделать вывод о том, что разработанная установка «Магнискан» пригодна для решения основных прикладных задач магнитных измерений и структуроскопии.

#### Библиографический список

1. Неразрушающий контроль. Справочник / под ред. В.В. Ключева: в 8 томах. Т 6: в 3-х кн.: Кн. 1: Магнитные методы контроля. Кн. 2: Оптический контроль. Кн. 3: Радиоволновой контроль. – М.: Машиностроение, 2006. – 848с.

Научный руководитель: Гольдштейн А.Е., д.т.н, профессор.

### **Мониторинг качества электроэнергии**

*Шанин Е.В, Тихонов К.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Ухудшение качества электрической энергии в электроэнергетических системах в большинстве случаев связано с присоединением к сети потребителей, вносящих недопустимо высокие искажения напряжения, т.е. потребителей имеющих устройства с нелинейными элементами [1]. Такие искажения воздействуют на систему электроснабжения, и влияют на нормальную работу других установок, приборов и ухудшают параметры качества электроэнергии во всей сети.

Согласно ГОСТ 32144-2013 одними из показателей качества электрической энергии являются отклонение частоты, зависящее, как от поставщика, так и от потребителя электроэнергии. Все это приводит к не синусоидальности напряжения, возникающей в результате помех, создаваемых оборудованием, в том числе находящимся в неудовлетворительном техническом состоянии.

Неудовлетворительное качество электроэнергии, вызванное упомянутыми выше явлениями, сказывается на качестве выпускаемой продукции, её сроке службы, вероятности аварий, а также на производительности электроприемников [1, 2]. Именно поэтому важно контролировать уровень помех, вносимых оборудованием в электрическую сеть.

Согласно ГОСТу контроль качество электрической энергии осуществляется с применением сертифицированных приборов, обеспечивающих измерение и расчёт всех необходимых параметров, для определения и анализа качества электрической энергии.

Местом проведения контроля качества электрической энергии являются точки общего присоединения потребителей к сетям общего назначения.

ГОСТом установлена периодичность контроля качества электроэнергии — один раз в два года, и два раза в год для отклонения напряжения от номинальных значений. Однако такая периодичность проведения контроля в электрической сети не подходит в условия постоянно возрастающего числа потребителей, которые при подключении могут влиять на качество электроэнергии.

Для более быстрого реагирования на ухудшения качества электроэнергии необходимо использовать приборы с непрерывным мониторингом основных показателей электрической сети [3]. Такие приборы, одновременно должны выполнять функции счетчика электроэнергии, прибора контроля качества и биллинговой системы, рассчитывающей сумму, подлежащую к оплате с учётом скидок и надбавок за предоставленное качество электрической энергии.

#### Библиографический список

1. Панфилов, В. А. Аналоговые методы и средства электрических измерений / В. А. Панфилов. – М.: НТФ Энергопрогресс, 2006. – 112 с.
2. Левшина, Е. С. Электрические измерения физических величин / Е. С. Левшина, П. В. Новицкий. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1983. – 320 с.
3. Волович, Г. И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств / Г. И. Волович. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2005. – 528 с.

Научный руководитель: Агеев В.В., к. т. н., доцент.

#### **Оценка качества метода изготовления накатыванием на порошковых биметаллических заготовках зубчатого колеса главной передачи в гоночном болиде класса Formula Student**

*Шкуркин Д.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Объектом исследования был выбран зубчатое колесо главной передачи болида класса Формула SAE. Болид класса Формула SAE представляет собой небольшой гоночный автомобиль, собранный обучающимися ТИУ, который имеет четыре открытых колеса с приводом на заднюю ось,

не находящихся на одной линии. Такая схема компоновки подобна той, что используется на соревнованиях Формула 1.

Конструкция ременной главной передачи состоит из ведущего и ведомого шкива разных диаметров, которые соединяются ремнем и передают крутящий момент от двигателя к колесам.

Качество зубчатого колеса во многом определяется точностью целого ряда параметров, зависящих от технического состояния зубообрабатывающего оборудования, уровня технологии, качества режущего инструмента и качества контрольно-измерительных операций зубообрабатывающего производства.

В данной статье будет рассмотрен метод изготовления накатыванием на порошковых биметаллических заготовках и произведена оценка качества данного метода.

Использование композиционных порошковых материалов позволит существенно повысить эксплуатационные характеристики изделий: прочность, износостойкость, коррозионную стойкость, термостойкость и другие [1].

Биметаллический материал обладает свойствами, которые нельзя получить в одном отдельно взятом компоненте, например, сравнительно низкая прочность (или стоимость) материала основы и высокая прочность и износостойкость плакирующего слоя. Толщина слоя составляет от 5 до 50 % общей толщины биметалла[2].

Одним из радикальных путей интенсификации процессов изготовления зубчатых венцов на заготовках из порошковых материалов является применение методов объемной штамповки. Объемная штамповка зубчатых колес значительно повышает эффективность изготовления за счет увеличения производительности процесса и экономии металла [3].

Качество порошковых биметаллических зубчатых колес представляет различные параметры, включающих качество поверхности, точность, механические свойства, эксплуатационные характеристики зубчатого венца.

Дефектами качества поверхности зубьев являются: шелушение поверхности зубьев, задиры и превышение допустимой высоты микронеровностей.

Шелушение поверхности возникает вследствие истощения материалом заготовки пластичности при неправильном выборе ее исходной пористости, технологического припуска и величины единичного обжата. Для уменьшения шелушения применяют эффективную смазку, это создает благоприятные условия для контакта накатника с заготовкой.

Трещины в основании зуба могут образоваться на этапе формообразование зубьев не только за счет уплотнения материала, но и за счет обратного выдавливания. При этом возникают значительные растягивающие напряжения в радиальном направлении. Для устранения данно-

го дефекта улучшают прочностные характеристики рабочего слоя, и изменяют режимы прессования заготовки, ее пористость или заменяют материал.

Трещины на вершине зуба могут возникнуть на начальном этапе его формообразования. Дефект устраняют за счет повышения пластичности материала рабочего слоя.

Свойства прочности зубьев зависят от свойств материала рабочего слоя заготовки: плотности, содержания углерода, величины зерна, состояния пограничных слоев зерен, дисперсности и др. Процесс накатывания зубьев увеличивает их плотность и формирует волокнистую структуру зерен в приконтактных слоях, что обеспечивает повышение прочности. Увеличение твердости зубчатых венцов термообработкой также улучшает их прочностные характеристики.

Уменьшение величины динамических нагрузок, воспринимаемых зубчатыми венцами, можно за счет увеличения точности их изготовления.

В данной статье была произведена оценка качества метода изготовления накатыванием на порошковых биметаллических заготовках зубчатого колеса. В итоге были определены все достоинства данного метода, а также выявлены дефекты и методы их решения.

#### Библиографический список

1. Минакова Р. В., Рачек А. П., Крячко Л. А. и др. Особенности текстурообразования при холодной прокатке псевдосплавов // Порошковая металлургия. — 2000. — № 1/2. — С. 88-96.

2. Кузнецов П. А., Каран А. Д., Данилова Н. В., Вострова Т. В. Выбор на основе системного анализа метода изготовления биметаллических пористых зубчатых колес внутреннего зацепления // Металлообработка. — 2004. — № 1(19). — С. 16-18.

3. Шекерджиев Э. Р., Востров В. Н. Многопроходное накатывание внутренних эвольвентных профилей // Кузнечно-штамповочное производство. — 1995. — № 1. — С. 23-25.

#### **Магнитный контроль механических свойств стальных конструкций**

*Кулак С.М., Сафаргалиев Р.Ф., Добжанская Д.И., Новиков В.Ф.*

*Тюменский государственный университет, г. Тюмень;*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Контроль механических свойств стали и изготавливаемых из неё конструкций осуществляется методом отбора проб и их испытания на растяжение [1]. Недостатками такого метода являются случайный выбор проб,

ослабление элементов конструкции, высокая трудоемкость отбора и необходимость дальнейшего восстановления целостности элемента, а также отсутствие возможности контроля всей конструкции.

Наибольшее применение в практике неразрушающего контроля структуры, механических свойств и напряжений стальных конструкций получили остаточная намагниченность ( $M_r$ ) и коэрцитивная сила ( $H_c$ ) [2-4]. Физической основой метода контроля по коэрцитивной силе временного сопротивления при разрыве, предела прочности, относительного удлинения и сужения является взаимосвязь между прочностью и пластичностью. Дефекты структуры повышают прочностные характеристики стали и её коэрцитивную силу, одновременно снижая пластичность [3]. Величина напряжённости магнитного поля рассеяния остаточной намагниченности стали  $H$  прямо пропорциональна её остаточной намагниченности  $M_r$  [5].

К основным недостаткам коэрцитивного метода неразрушающего контроля стали относится зависимость результатов её измерения от зазора между контролируемым изделием и преобразователем, а также от скорости уменьшения намагничивающего тока, что требует принятия специальных мер для снижения их влияния. Поэтому метод измерения коэрцитивной силы малоэффективен для диагностирования протяжённых стальных конструкций, как например листовой прокат. Однако, измерение  $H_c$  стали можно заменить на напряжённость магнитного поля рассеяния её остаточной намагниченности  $H$ .

В работе [4] показана корреляционная зависимость тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля рассеяния остаточной намагниченности ( $H_T$ ) различных марок стали и её коэрцитивной силы ( $H_c$ ). На основании установленной зависимости  $H_c=f(H_T)$ , можно заключить, что неразрушающий контроль стали по распределению магнитного поля рассеяния остаточной намагниченности можно производить с большей скоростью и разрешающей способностью, чем по коэрцитивной силе.

В работе приводятся результаты исследования распределения магнитного поля рассеяния остаточной намагниченности листового проката из разных марок сталей в состоянии поставки, которое проводилось на базе ООО «Тюменьстальмост». Размеры образцов составляли: образец №1 - сталь 09Г2С – 9000x1200x30мм, образец №2-15ХСНД-12000x2000x12мм.

Намагничивание стальных листов производилось П-образным намагничивающим устройством, создающем на образце две полосы остаточной намагниченности (рисунок 1). При таком способе размагничивающий фактор остаётся постоянным, что позволяет отслеживать изменения прочности и внутренние остаточные напряжения в стали [4].

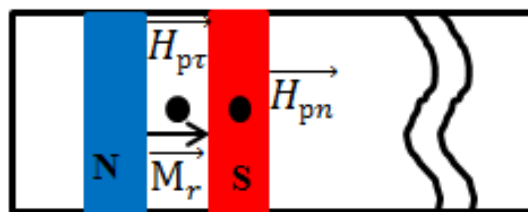


Рисунок 1. Исследуемый протяжённый стальной лист с полосовой остаточной намагниченностью:  $\vec{H}_{pn}$ ,  $\vec{H}_{pt}$  - точки расположения феррозондовых датчиков сканирующего устройства, измеряющих максимум нормальной и тангенциальной составляющих напряжённости магнитного поля рассеяния остаточной намагниченности

На первом и втором образцах приблизительно на равном расстоянии друг от друга создавалось 6 и 7 таких полос остаточной намагниченности соответственно. Это позволило охватить исследованием порядка 3% от общей площади каждого листа, длившимся ~30мин.

Измерение тангенциальной и нормальной составляющих напряжённости магнитного поля рассеяния остаточных намагниченностей стальных листов производилось магнитометром ИКН-6м-8, снабжённым сканирующим устройством, содержащим феррозондовые датчики и счётчик длины. Устройство изготовлено в виде «тележки» на четырёх колёсах и позволяет регистрировать магнитное поле с шагом 1мм.

По ширине листа проводились прямые маркерные линии, служащие ориентиром для намагничивания и сканирования намагниченной области. Перемещая сканирующее устройство двумя колёсами по этой линии, измерялись  $H_n$  и  $H_t$  составляющие исходного магнитного поля не намагниченного стального листа. Далее следовало полосовое намагничивание листа поступательным перемещением П-образного устройства N-полюсом по маркерной линии. При этом намагниченность полосы была ориентирована перпендикулярно направлению перемещения устройства. Повторно прокатывая сканирующее устройство магнитометра ИКН-6м-8 по маркерной линии, располагая его феррозондовые датчики, как показано на рис.1, измерялись в максимуме  $H_{pn}$  и  $H_{pt}$  магнитного поля рассеяния остаточной намагниченности.

Результаты измерений нормальной  $H_{pn}$  и тангенциальной  $H_{pt}$  составляющих напряжённости магнитного поля рассеяния намагниченной полосы №4 на образце из стали 15ХСНД показаны на рисунке 2.

Магнитное поле рассеяния полосовой намагниченности стальных листов является неоднородным по величине, наблюдается периодичное изменение величины нормальной  $H_{pn}$  и  $H_{pt}$  с шагом ~100-200мм. Кривые для  $H_{pt}$  смещены примерно на 50-100мм относительно  $H_{pn}$ . Подобное распределение магнитного поля рассеяния различной сложности было установлено на всех исследуемых участках листов, где создавались полосовые намагниченности. До намагничивания исходное магнитное поле стальных листов является относительно однородным.

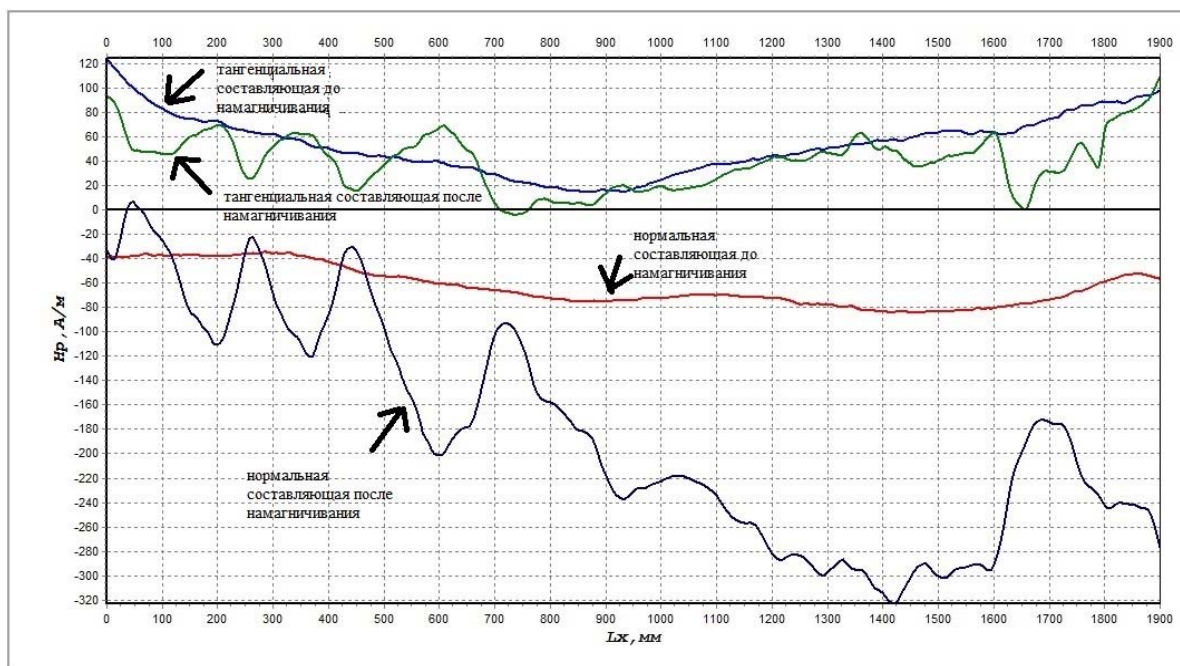


Рисунок 2. Распределение нормальной и тангенциальной составляющих напряжённости исходного магнитного поля не намагниченого образца №2 и магнитного поля рассеяния его полосовой остаточной намагничённости

### Заключение

Установлено неоднородное распределение магнитного поля рассеяния вдоль поверхности стальных листов, которое может быть вызвано разным уровнем внутренних механических напряжений, твёрдости или различием химического состава стали.

### Библиографический список

1. ГОСТ 1497-84 Металлы. Методы испытаний на растяжение.- Введен 1986-01-01.-М.:Стандартинформ,2008.26с.
2. Неразрушающий контроль: Справочник: В7т. Под общ. Ред.В.В. Клюева Т.6:В 3 кн. Кн.1: Магнитные методы контроля. В.В. Клюев, В.Ф. Мужижкий, Э.С. Горкунов, В.Е. Щербинин. –М.: Машиностроение, 2004. 832 с.
3. Матюк В.Ф., Кулагин В.Н. Контроль структуры, механических свойств и напряжённого состояния ферромагнитных изделий методом коэрцитиметрии //Неразрушающий контроль и диагностика. 2010. №3. С.1-14.
4. Новиков В. Ф., Прилуцкий В. В. Свойства остаточной намагничённости в виде полосы и возможности её использования для неразрушающего контроля//Дефектоскопия.2014. №7. С.24-30.
5. Новиков В.Ф., Важенин Ю.И., Бахарев М.С., Кулак С.М., Муратов К.Р. Диагностика мест повышенной разрушаемости трубопровода.- М.:ООО «Недра-Бизнесцентр», 2006. 200с.

Научный руководитель: Новиков В.Ф., д.ф.-м.н., профессор.



## **Система контроля намагниченности длинномерных изделий**

*Болдырев П.А.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск*

При осуществлении магнитного и вихретокового контроля изделий из ферромагнитных материалов, как правило, применяется их намагничивание до состояния близкого техническому насыщению. В первом случае эта операция относится к числу основных для данного вида контроля, во втором – осуществляется как вспомогательная для уменьшения влияния магнитных неоднородностей на результаты контроля. Намагничивание изделий может также произойти в результате сварочных работ, механической обработки, использовании электромагнитов для перемещения или фиксации деталей и т.п. Во всех случаях для дальнейшего использования изделий требуется их размагничивание, поскольку повышенная остаточная намагниченность может вызвать нарушение нормальных условий работы приборов, препятствовать проведению последующих технологических операций, таких как сварка, сборка деталей в узлы, механическая обработка. Необходимость размагничивания особенно актуальна для изделий из легированных сталей, характеризующихся высокими значениями остаточной магнитной индукции и коэрцитивной силы.

После проведения размагничивания требуется контролировать остаточную намагниченность изделий из ферромагнитных материалов. При этом для длинномерных изделий остаточная намагниченность может существенно меняться по длине изделия, что усложняет процедуру контроля. В этом случае, система контроля намагниченности должна иметь возможность записи результатов контроля с привязкой к длине изделия.

Основным методом контроля намагниченности длинномерных изделий применяемым в промышленности, является индукционное измерительное преобразование. Индукционное преобразование основано на законе электромагнитной индукции. Осуществляется измерение эдс индукции в измерительной обмотке прямо пропорциональное скорости изменения магнитного потока.

Для контроля намагниченности нами предложен компьютеризированный измерительный комплекс. Данная измерительная установка предназначена для измерения и графического отображения функционального распределения остаточной магнитной индукции по длине изделия. Измерение намагниченности осуществляется с помощью индукционного преобразователя и электронного интегратора. Для ввода измерительной информации в ПЭВМ использована плата сбора данных NI USB-6221 компании National Instruments. Программа обработки измерительной информации реализована с использованием пакета программ LabVIEW компании National Instruments. На рис. 4 представлен внешний вид окна программы.

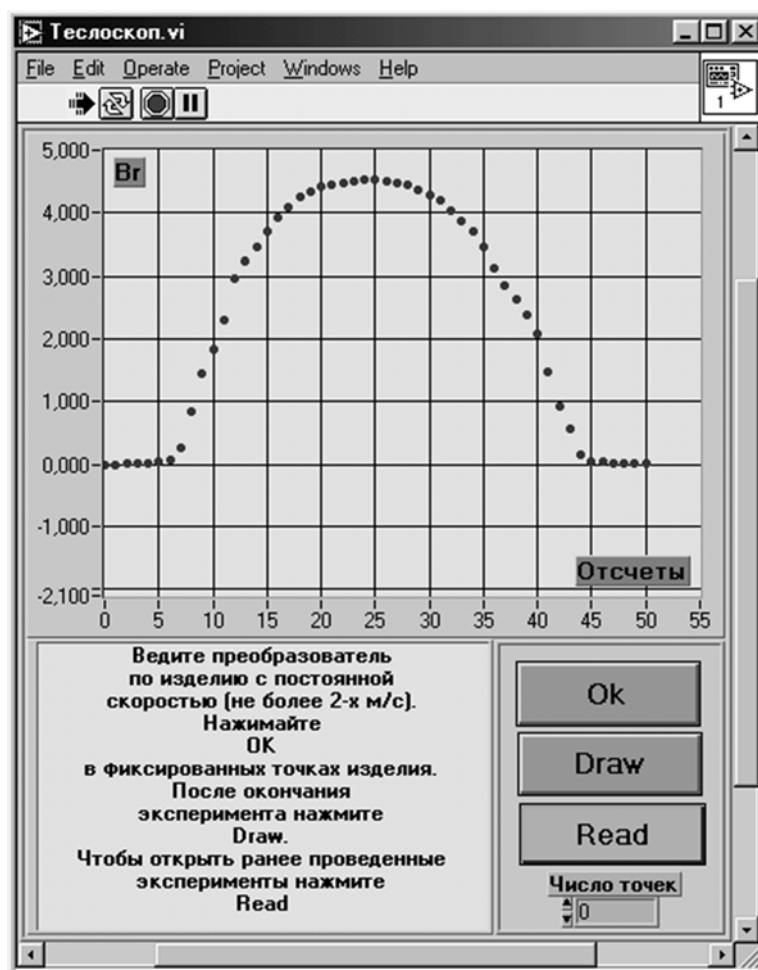


Рисунок 1. Внешний вид окна программы

Система контроля намагниченности позволяет осуществлять контроль непосредственно на технологической линии дефектоскопии и размагничивания. Благодаря использованию прецизионных операционных усилителей с низким уровнем смещения нуля в схеме электронного интегратора система обладает высокими метрологическими характеристиками и позволяет осуществлять контроль длинномерных изделий с низкой скоростью.

#### Библиографический список

1. Корсаков В.В., Рождественский С.М., Семеновская И.Б., Юренков В.К. Средства магнитопорошковой дефектоскопии. – М.: Машиностроение, 1982. – 68 с..
2. А.с. 1748034 СССР. МКИ G01N 27/84. Устройство для размагничивания изделий / А.Е. Гольдштейн, С.А. Калганов, А.П. Карлов, П.А. Овсянников. – 4829580/28; Заявлено 28.05.90; Опубл. 15.07.92, Бюл. № 26. – 5 с.: ил.

Научный руководитель: Уразбеков Евгений Иванович, ассистент кафедры Информационно-измерительной техники ИНК ТПУ

## Изучение явления магнитоупругого размагничивания (магнитоупругой памяти)

Федоров Б.В., Сафаргалиев Р.Ф.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

**Цель работы:** Разработка метода и лабораторной установки для изучения деформационного размагничивания (ДР) и снятие зависимости магнитного поля рассеяния локальной намагниченности от величины действовавших напряжений.

Существуют объекты контроля, деформации которых зачастую не определимы, поэтому трудно контролируемы. Существует большой арсенал средств точного измерения и регистрации механических деформаций: оптический, рентгеновский метод, с помощью наклеиваемых тензодатчиков, пленок, магнитоупругий метод и др. [1]. Широко применяемый тензометрический способ требует качественной наклейки тензорезисторов и защиты их от вредного влияния. Для контроля переменных нагрузок (например, ветровой и снеговой нагрузки), требуется постоянная работа аппаратуры и регистрации сигнала, иначе можно не зафиксировать факты аномальных нагрузок. В этом случае может быть использована магнитоупругая память, когда ферромагнетик запоминает максимальную нагрузку, которой подвергается элемент металлоконструкции в промежутке времени между намагничиванием и измерением.

В процессе механического нагружения ферромагнитный материал, находящийся в остаточном намагниченном состоянии  $M_{r0}$ , необратимо уменьшает свою намагниченность до значения  $M_r$  (Рис. 1). По величине необратимого изменения намагниченности  $\Delta M_r = M_r - M_{r0}$  ( $\Delta M_r < 0$  деформационного размагничивания ДР) оценивают действовавшую на металл нагрузку [2]. Материал как бы «запоминает» действовавшую на него нагрузку.

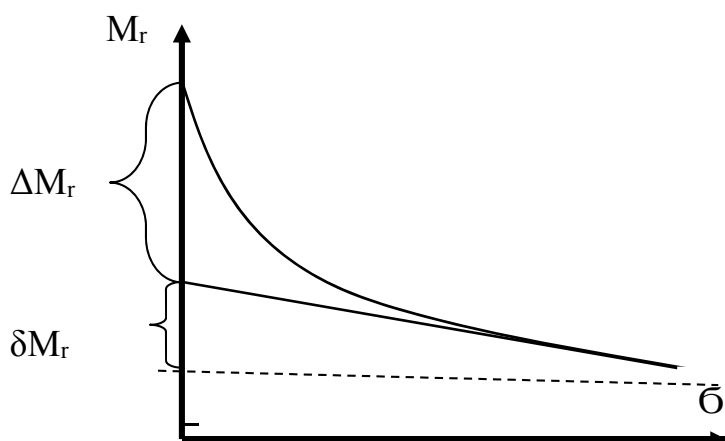


Рисунок 1. Необратимое изменение остаточной намагниченности  $\Delta M_r$  ферромагнетика в процессе нагружения и разгрузки.  $\delta M_r$  — квазиобратимое изменение намагниченности.

«Памятью» о механических напряжениях обладают магнитострикционные материалы, например, сплавы на основе железа с редкоземельными металлами Tb, Dy и др., имеющие гигантскую магнитострикцию, железо-кобальтовые сплавы викаллой, конструкционные и инструментальные стали. В результате, магнитоупругая память является универсальным свойством ферромагнитных материалов, и разработка ее применение является актуальной.

Метод магнитной памяти металлов введен в перечень неразрушающих методов контроля, при этом общий уровень квалификации специалистов оставляет желать лучшего. Это обусловлено сложностью самого явления и необходимостью обладания достаточным уровнем физико-математической подготовки, как минимум вузовского уровня. В программе обучения бакалавров в Тюменском индустриальном университете по направлению подготовки «Приборостроение» существует курс «Магнитоупругая память». Одним из этапов обучения являются практические занятия на модельных объектах, которые подвергаются дозированному нагружению.

Деформацию образца можно осуществлять с помощью разрывной машины. Однако, для менее строгого подхода можно изгибать образец. Вид разработанной нами установки для магнитоупругих исследований приведен на рис. 2.

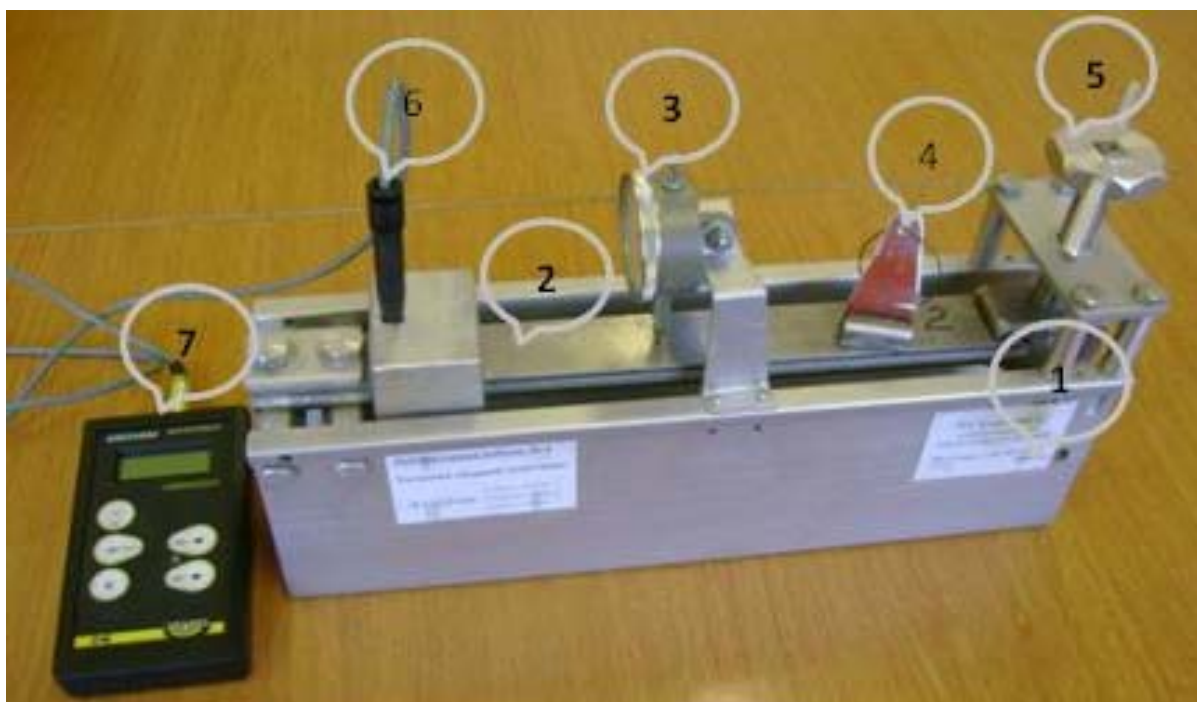


Рисунок 2. Учебная установки для магнитоупругих исследований

Образец 2 для измерения представляет собой трехслойную балку. Она состоит из двух полос различных магнитных сталей разделенных дюралюминиевой полосой. Один конец балки закрепляется в стойке 1 уста-

новки. На другой конец действует сосредоточенная сила, изгибающая ее при вращении винта 3. При поднятии подвижного конца пластины материал верхней пластины сжимается. При изгибании вниз от нейтральной линии – растягивается. Величина стрелы прогиба измеряется с помощью индикатора перемещения часового типа 4. Деформация определяется расчетным методом по стреле прогиба «у».

#### Порядок выполнения работы

1. Намагничивающее устройство (постоянный магнит или электромагнит) помещается на пластину (2) как можно ближе к точке крепления (точка 5), где деформации максимальны. Производится пятикратное локальное намагничивание в выбранном участке. При использовании электромагнита необходимо включить источник постоянного тока электромагнита в сеть. Регулятором тока вывести его значение на 2 ампера и уменьшить до нуля. Снять магнит (электромагнит) и в это место поместить феррозондовый датчик магнитного поля магнитометра.

2. Измерить величину нормальной или тангенциальной составляющей магнитного поля рассеяния в намагниченном участке с помощью магнитометра для ненагруженного образца.

3. Вращая винт (3) и изменяя положение указателя от 0 до 3 мм через каждые 0,5 мм, провести измерения напряженности магнитного поля в каждом из значений стрелы прогиба У. Результаты занести в таблицу.

4. Вычислить механическое напряжение в пластине по формуле

$$\sigma = \frac{\kappa \cdot y(L - a)d}{L^3} E$$

у-отклонение пластины от положения равновесия в координате L,  $\kappa$  – коэффициент определяемый экспериментально с помощью тензодатчика, и зависит от устройства пластины (однослойная, трехслойная).

a- расстояние от места заделки пластины до середины датчика поля, d- толщина пластины, E- модуль упругости стали ( $E = 1,8 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$ ).

5. Построить зависимость изменения напряженности магнитного поля рассеяния H от  $\sigma$ .

6. Сделать выводы.

#### Библиографический список

1. Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник. Под ред. член-кор., проф В.В.Клюева М.: Машиностроение, 2003г. с.656.

2. Новиков В.Ф., Изосимов В.А., Костюков А.И., Федюкина Г.Н., Федоров Б. В. Стабильность остаточной намагниченности сплавов Fe-Co-V.-Физика металлов и металловедение, 1996, вып.4., Т. 81,с. 105–112.

3. Физические основы методов неразрушающего контроля качества изделий. Под ред. Новикова.В.Ф. - Тюмень : 2016.ТюмГНГУ.с.90.

Научный руководитель: Новиков В.Ф., доктор физ.-матем. наук, профессор  
Консультант: Кулак С.М., к.т.н., доцент.

## СЕКЦИЯ «Метрология, стандартизация и управление качеством»

### Стандартизация в годы ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

*Антипина А.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

С первых дней войны, произошли изменения во всех сферах деятельности в СССР, так же они коснулись деятельности, связанной с стандартизацией.

Руководителями всесоюзного комитета стандартов в годы ВОВ являлись, Зернов П.М., инженер-механик машиностроения, возглавлявший Комитет стандартизации 1941-1942 гг. и Емельянов Василий Семенович, инженер – металлург, возглавлял Комитет 1943-1946гг.

Меньше чем за год деятельность ВКС была организована на самом высоком уровне: проверено фактическое состояние стандартизации в наркоматах, были разработаны основные нормативно-методические документы, проведены учет и анализ фонда действующих стандартов. На основе анализа удалось установить, что около 1,5 тыс. стандартов требуют срочного пересмотра.

За четыре месяца 1940 г. ВКС было пересмотрено около 460 стандартов, что составило 7% от их общего числа и 30% от числа стандартов, требующих срочного пересмотра. За этот же период было утверждено 92 новых стандарта и отменено 79.

В первые месяцы войны изменялись уже существующие стандарты - замены и отмены, были созданы отделы стандартов танкостроения, самолетостроения и стрелкового вооружения, а в последующие годы началась масштабная разработка новых стандартов. В июле 1941 года появилась особая группа стандартов – стандарты военного времени, обозначаемые «ГОСТ В». Они были направлены на рациональное использование сырьевых ресурсов, сокращение удельных норм расхода материалов и ускорение производства.

В годы ВОВ издательство «Стандартгиз» публиковало стандарты для обеспечения взаимозаменяемости узлов и деталей, сокращения сроков испытания техники, более полного использования материальных ресурсов, в первую очередь, стратегического назначения, а также для уменьшения удельных норм расхода материалов с целью увеличения выпуска военной продукции и наращивания военного потенциала страны. Тематический план печати Стандартгиза на 1941 год был утвержден Постановлением Всесоюзного Комитета Стандартов при Совнаркомом Союза ССР.

Каждое промышленное предприятие в годы ВОВ имело возможность своевременно получать необходимые стандарты. Оформлялись подписки на группы стандартов, комплектуемых издательством в соот-

ветствии с классификатором или делался индивидуальный заказ на отдельные стандарты.

К началу ВОВ в стране действовало более 8600 государственных стандартов из них 35% относилось к продукции машиностроения и металлургической промышленности.

За годы войны Комитетом стандартов было утверждено более 2200 новых государственных стандартов и изменено 1270 действующих стандартов.

Изменения стандартов в различных отраслях производства:

Машиностроение.

Во времена отечественной войны утвердились стандарты на запасные части автомобилей, газогенераторные установки и устройства для пуска двигателей, работающих на тяжелом топливе. Эти стандарты обеспечивали пользование менее дорогих средств, марок материалов, сырья и потребления денежных средств.

Металлургия

Стандартизация вторичных сплавов алюминия, бронзы и латуни сыграла главную роль в экономии стратегического сырья и энергии, способствовала решению проблемы обеспечения оборонной промышленности цветными металлами.

При выполнении важнейших оборонных заказов ввели использование заменителей цветных и дефицитных компонентов, установили годовые стандарты на марки стали-заменители конструкционных и инструментальных углеродистых сталей.

Угольная промышленность.

Повышение качества угля и рациональное его использование, является расширением производственных возможностей угольной промышленности и увеличение ресурса угля для коксования.

Судостроение.

Значительный экономический эффект дало внедрение стандартов на продукцию судостроения.

Таким образом, стандарт на клапаны судов трубопроводов снизил потребления металла на 16-19%, на стальные фланцы на 9-24% и на бронзовые 21-22%.

Кроме получения экономии материалов стандарты обеспечивали возможность унификации разнотипной арматуры для судов и кораблей различных классов и типов.

Лесная и деревообрабатывающая промышленность.

Стандартизация лесной и деревообрабатывающей промышленности позволило обеспечить Красную Армию различными видами необходимых изделий. Разработаны новейшие стандарты на дельта-древесину (заменитель дюралюминия) и балинит (слоистый древесный материал из березового шпона).

Нефтяная промышленность.

Эффективное использование нефти при производстве нефтепродуктов, экономия расхода горючего и масел, ускорение транспортирования к местам их потребления.

Химическая промышленность.

Увеличение выпуска стратегического сырья и полуфабрикатов улучшенного качества, установление более рациональной рецептуры для изготовления новых видов военной продукция, такой как, порох, стабилизаторы, красители, и д.р.

Лёгкая промышленность.

Внедрение ГОСТ – 1142-43 на хлопчатобумажную ткань для парашютов позволило получить надежную сырьевую базу для массового изготовления парашютов, повысить производительность труда в прядении на 50% и в ткачестве на 240-260%, увеличить грузоподъемность грузовых парашютов на 30%, а снизить их себестоимость на 15-20%.

Пищевая промышленность.

Были введены новые государственные стандарты на продовольственные товары, в которых, наряду с требованиями к высокой калорийности и вкусовым свойством продуктов питания, предусматривалось более рациональное использование сельскохозяйственного сырья.

Стандартизация в пищевой промышленности была направлена на улучшение и ускорение выпуска готовой продукции для нужд фронта (мясные консервы, концентраты и т.д.). Предусматривалось применение заменителей, вводилась сортность, упрощалась упаковка.

Победа в Великой Отечественной войне показала высокий уровень отечественного вооружения и военной техники. Важная роль в этом принадлежит государственной стандартизации. При этом ограниченные возможности военного времени не только не снизили значение ранее известных принципов и методов стандартизации, но и обогатили отечественную стандартизацию принципами рационального использования ресурсов.

Великая Отечественная война — это героическая страница истории нашей страны. Мы гордимся нашей Победой. И достойный вклад в нее внесла отечественная стандартизация.

Научный руководитель: Барбышев.Б.В., канд. техн. наук, доцент.

## **Электронные очереди в сфере общественного питания**

*Брежнева И.А*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Одной из главных проблем в общественном питании считается — очередь. Эта проблема ярко представлена в ресторанах быстрого питания. Люди толпятся, чтобы получить свой долгожданный бургер или картофель



фри. Казалось, точек с едой в любом торговом центре не сосчитать, откуда очереди? Но они есть, и еще какие, особенно в выходные! Причины возникновения очереди могут быть разные:

- неграмотное взаимодействие сотрудников кухни и зала;
- время приготовления блюд;
- поломка оборудования;
- нехватка посуды;
- отсутствие полного персонала.

Но все эти проблемы сводятся к одной общей – неэффективной работе объекта в целом.

Для того чтобы решить проблемы с ожиданием, нужно максимально упростить этот процесс. Для клиента ценностью является – быстро полученный заказ блюда, все остальное его не интересует.

Современные предприятия пытаются решить эту проблему с помощью мобильных технологий, так компания «ЮСИЭС» предлагает уникальную современную технологию «Электронная очередь» специально для ресторанов быстрого питания. Это высокотехнологичное решение, которое позволяет организовать работу в кассовой зоне особым образом и тем самым увеличить скорость обслуживания посетителей, а также сократить расходы на оборудование.

Основная задача новинки от компании «ЮСИЭС» — решить проблему огромных очередей в периоды пикового наплыва посетителей в фаст-фуде. Сейчас, в эпоху сильной конкуренции и острого дефицита времени, люди не хотят долго ждать и предпочтут другое менее загруженное заведение, особенно если речь идет о больших развлекательных комплексах и фуд-кортах, где рядом представлено сразу несколько ресторанов быстрого питания.

Принцип работы «Электронной очереди». Суть технологии в том, что обслуживание гостей делится на два этапа — прием заказа на кассе и его выдача в отдельном окне. Происходит это следующим образом.

1. Посетитель подходит к кассе и делает заказ, оплачивает и вместе с чеком получает определенный идентификатор (это может быть имя клиента или просто номер очереди). Далее проходит в зону ожидания, где на табло отображается состояние его заказа - «Заказ Готов» или «Заказ готовится».

2. Этот заказ появляется на экране сборщика, и он начинает его собирать.

3. По окончании работы сборщик отмечает заказ у себя на экране, а на гостевом мониторе заказ перемещается в колонку «Заказ готов».

4. Посетитель, сидя за столиком или же переходя от кассовой зоны к зоне выдачи, может по идентификатору отследить собственный заказ и забрать его.

5. После выдачи сборщик вновь отмечает заказ у себя на экране, и он пропадает и с экрана сборщика, и с гостевого монитора.

Преимущества использования. Совершенно очевидно, что технология «Электронная очередь» позволяет преодолеть основную трудность — ожидания заказа у кассы. Как правило, посетитель, сделав заказ и оплатив его, ждет непосредственно в кассовой зоне, пока заказ будет приготовлен и собран, кассир же в это время не может перейти к обслуживанию следующего гостя. Здесь же благодаря разделению функций кассира и сборщика данная проблема полностью решается.

Кроме того, зачастую самые популярные блюда или бургеры заканчиваются в периоды пикового наплыва посетителей и гостю приходится длительное время стоять у стойки, в то время как кассир принимает и формирует другие заказы. Таким образом, в кассовой зоне скапливается еще большее количество народу, что мешает как комфортному пребыванию в ресторане, так и эффективной работе кассира.

Решение, которое предлагает компания UCS, значительно сокращает очереди и позволяет уменьшить количество необходимых касс примерно на 30%, что существенно снижает расходы на оборудование и его обслуживание

Технология «Электронная очередь» уже успешно используется в различных сетях, в том числе в одной из самых популярных — сети ресторанов Burger King.

Программно-аппаратный комплекс R-Keerreg надежно контролирует продажи и работу персонала на кассе, в баре, в зале, на кухне, помогает формировать необходимые аналитические отчеты для принятия управленческих решений, позволяет разрабатывать и реализовывать программы лояльности для гостей, повышает скорость обслуживания, содействует увеличению прибыльности заведения за счет оптимизации затрат на всех участках.

С активным развитием сегмента фастфуда растет спрос на технологии, помогающие повысить привлекательность точек продаж и скорость обслуживания в заведениях быстрого питания: электронные меню-борды, кассовые станции с дополнительным гостевым экраном, мониторы повара, «электронная очередь» и другие.

Технология электронных меню-бордов в системе R-Keerreg

В концептуальных ресторанах большим спросом пользуются мобильные терминалы официанта, электронное меню, технологии, влияющие на лояльность гостей: CRM-система, программа резервирования столиков, виртуальная карта гостя.

Наблюдается значительный интерес к автоматизации доставки готовых блюд. По-прежнему востребованы решения, позволяющие владельцам

контролировать работу заведения удаленно через интернет: видеоконтроль кассовой зоны, online мониторинг и on-line отчеты.

Технология дополнительного гостевого экрана кассовой станции в системе R-Keeper

В системе R-Keeper реализованы новейшие технологии, призванные оптимизировать бизнес-процессы на предприятиях общественного питания любого формата, повышать эффективность и прибыльность заведения:

Программные продукты, разработанные компанией UCS, являются профессиональными решениями для предприятий индустрии гостеприимства и развлечений, специализированными под конкретные сегменты бизнеса. Но все они легко интегрируются между собой, что позволяет комплексно автоматизировать любой многофункциональный объект отрасли.

Компания UCS продолжает непрерывно развивать и совершенствовать свои программные продукты, предлагая самые современные технологические решения для повышения эффективности бизнеса заказчиков. Обновленные версии программных продуктов доступны для наших пользователей бесплатно. Гарантия распространяется на весь срок использования.

Ежедневно оценивая основные показатели бизнеса, вы видите их изменение и можете оперативно исправить ситуацию. Существенно сократить издержки позволяет и управление лэйборкостом: расходы на персонал также легко минимизировать благодаря точному учету рабочего времени и автоматическому планированию персонала в соответствии с ожидаемой выручкой. Таким образом, на различных участках бизнеса вы можете сэкономить до 15–20 процентов от выручки, а ведь это фактически удваивает прибыль.

Внедрение профессиональной системы автоматизации R-Keeper и различных технологий на ее базе обеспечивает надежный учет и контроль работы в ресторане, позволяет увеличить скорость обслуживания и оборачиваемость столов, оптимизировать издержки, повысить прибыль и уровень лояльности гостей.

#### Библиографический список

1. Бережливое производство и Lean-технологии. [Электронный ресурс]. – URL: <http://leaninfo.ru> (дата обращения: 04.04.2016).

2. Lean-школа или как повысить эффективность производственных компаний // Официальный сайт факультета инновационных технологий Национального исследовательского Томского государственного университета. [Электронный ресурс]. – URL: <http://tic.tsu.ru/www/modules/smartsection/item.php?itemid=672> (дата обращения: 04.04.2016).

Научный руководитель: Остапенко М.С канд. техн. наук, доцент

## **Совершенствование процесса «внутренние аудиты (проверки) качества» на АО «ЕВРАКОР»**

*Гаврилов А.Е.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

АО "ЕВРАКОР" — одна из самых крупнейших компаний, промышленного и гражданского строительства, работающие на рынке с 1998 года. Ключевые направления деятельности компании: строительство "под ключ", реконструкция и капитальный ремонт объектов магистральных нефтепроводов и газопроводов, промышленное и гражданское строительство, материально-техническое обеспечение, транспортные услуги.

В 2014 году получило Сертификат удостоверяющий, что АО «ЕВРАКОР» разработало и внедрило систему менеджмента качества. Настоящий сертификат подтверждает, что система менеджмента качества соответствует требованиям стандарта ISO 9001:2008.

На сегодняшний день компания зарекомендовала себя как одна из ведущих российских компаний в области нефтегазового и энергетического строительства и способны реализовывать с высоким качеством проекты любой сложности.

Руководство АО «ЕВРАКОР» планирует переход к новой идеологии в реализации проектов строительства и ремонта объектов, которая включает полный комплекс работ по проектированию, материально-техническому обеспечению и строительству собственными силами компаний. Это сравнительно новая форма работы не только для компании, но и для отечественного рынка в целом.

Для этого необходимо обеспечить надёжную и эффективную работу всех процессов предприятия. Что является основополагающей частью системы менеджмента качества.

При проведении анализа результативности и эффективности СМК на основе экономических показателей и данных внешних и внутренних аудитов был выявлен ряд несоответствий и нарушений. Одной из самых проблемных зон, на мой взгляд является процедура проведения внутренних аудитов [1]. Так как документ регламентирующий этот процедуру не актуализировался более 5 лет, более того прослеживается закономерность превышения количества предписаний по результатам внешних аудитов относительно внутренних.

Также при анализе было отмечено, что процесс «Внутренние аудиты» не подвергается анализу и не включается в программу внутренних, что является нарушением требований стандартов ISO 9001:2008 «Системы менеджмента качества. Требования» и ISO 19011:2002 «Руководящие указания по аудиту систем менеджмента».

Потенциальные причины, влияющие на результативность процесса «Внутренние аудиты» в АО «ЕВРАКОР» я определил при помощи причинно-следственной диаграммы (диаграммы Исикавы) (рисунок 1).

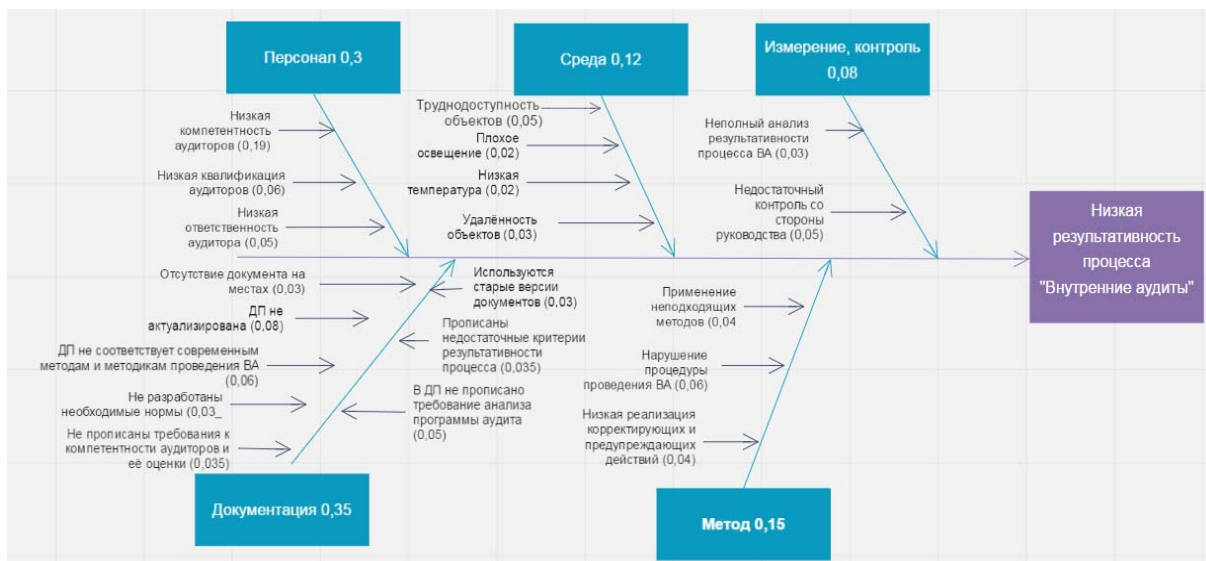


Рисунок 1. Причинно-следственная диаграмма (диаграмма Исикавы)

Определим влияние вышеперечисленных причин на результативность процесса «Внутренние аудиты» при помощи построения диаграммы Парето (рисунок 2).

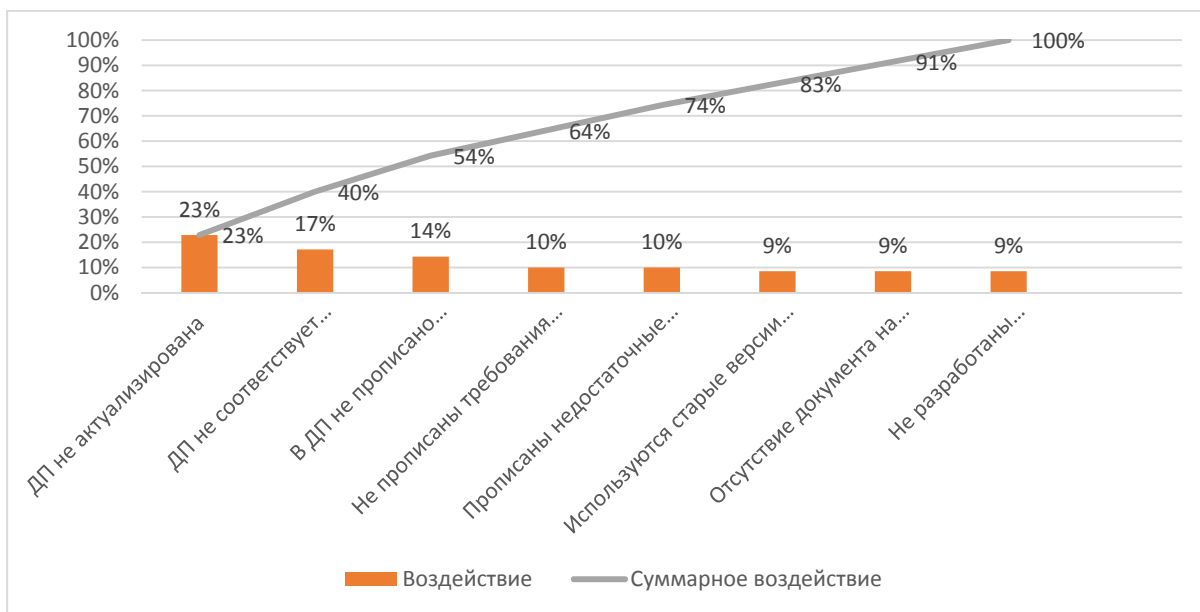


Рисунок 2. Диаграмма Парето для определения наиболее значимой причины

После проведения более детального выявления первопричин, оказывающей наибольшее влияние на результативность рассматриваемого

процесса был сделан вывод, что главной причиной является то, что документированная процедура Внутренние аудиты (проверки) качества не актуализирована.

Для устранения выявленных причин низкой результативности процесса внутренние аудиты (проверки) качества в соответствии с недостатками, которые он содержит, будет актуализирован, а также будут внесены изменения и дополнения, которые позволят при использовании данного стандарта всеми участниками рассматриваемого процесса уменьшить или исключить вероятность появления выявленных потенциальных причин низкой результативности процесса, возникающих при подготовке, проведении и анализе внутренних аудитов [2].

Для достижения поставленной цели необходимо будет решить следующие задачи:

- определение статуса разрабатываемого нормативного документа;
- анализ требований международных стандартов ИСО и законодательства в области разработки документированных процедур;
- разработка документированной процедуры в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 19011-2012;
- разработка методики оценки компетентности внутренних аудиторов.

#### Библиографический список

1. Рогуленко, Т.М. Аудит / Т.М.Рогуленко, С.В.Пономаренко, Ю.В.Слиняков, А.В.Бодяко, В.М.Мироненко ; под общ. ред. Т.М.Рогуленко. – Москва: Юрайт, 2012. - 74 с.

2. ГОСТ Р ИСО 19011–2012 Руководящие указания по аудиту систем менеджмента - М.: Стандартинформ, 2013. – 6 с.

Научный руководитель: Тверяков А.М., к.т.н.

### **Управление качеством в машиностроении**

*Доманина Е.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Машиностроение в России является одной из основных отраслей экономики, т.к. обеспечивает другие отрасли оборудованием, станками, приборами и машинами. В настоящий момент, машиностроительный комплекс переходит переломный путь, т.к. против России введены санкции со стороны ЕС и США, а зависимость от зарубежных технологий, капитала и

комплектующих сохраняется слишком высокой. Возникают проблемы с качеством выпускаемой продукции, это значит, что ее конкурентоспособность как на мировом, так и на отечественном рынке стремительно падает. Что ведет к серьезным экономическим проблемам страны. По данным журнала Forbes за 2015 год «..предприятия машиностроения снизили общую выручку на 19% — с 824,9 млрд рублей до 667,3 млрд рублей. Еще больше падение – 20,8% — у четырех компаний автомобильного машиностроения».[1]

Следовательно, первостепенной задачей перед Российской Федерацией стоит повышение качества выпускаемой продукции и выход машиностроения из затянувшегося кризиса. Доктор технических наук Олейник А.В. в своей диссертационной работе выделяет некоторые факторы, которые определяют конкурентоспособность продукции на рынке: « соотношение цена-качество создаваемой продукции, запланированный срок службы, расходы на эксплуатацию, требования логистики, ремонтпригодность, характеристики ресурсосбережения, экологические характеристики, возможность утилизации».[2] Всё выше указанное призывает уделять качеству особое внимание на всех стадиях жизненного цикла продукции, начиная с контроля поставляемого сырья и материалов и заканчивая проверкой соответствия параметров при эксплуатации.

Проблемы качества машиностроительной продукции поднимались в диссертационных работах Р.В. Жарикова, О.А. Горленко, С.В. Васильева, В.Г. Туркина. Мнения перечисленных авторов сошлись на том, что эффективный механизм управления качеством машиностроительной отрасли необходим, для выявления брака и дефектов, как готовой продукции, так и на стадии ее изготовления.

Строить систему менеджмента качества именно на основании международных стандартов серии ИСО 9000 предлагают многие авторы научных работ. Михайлов В.Г. и Бугрова С.М. в своей статье высказали мнение: «Наиболее очевидными мотивами в пользу внедрения стандартов ИСО на российских предприятиях являются: повышение конкурентоспособности предприятий, и как следствие, расширение внутреннего рынка и увеличение экспортных возможностей; получение преимущества на поставку продукции для федеральных государственных нужд; улучшение экономических показателей деятельности предприятия».[3]

Похожая точка зрения у Ерохина М.А: «Для создания системы качества, отвечающей требованиям условий рынка, используются рекомендации международных стандартов ИСО 9000, в которых обобщен опыт, накопленный в развитых промышленных странах».[4]

На крупнейших предприятиях машиностроительной отрасли внедрена система менеджмента качества, работающая именно на данных международных стандартах. Такие предприятия, как: «Трансмашхолдинг»,

«Силовые машины», «Соллерс», «Ростсельмаш», «Группа ГМС», «Уралмаш завод», «Севмаш» и другие.

Управление качеством представляет собой методы и виды деятельности оперативного характера, используемые для удовлетворения требований к качеству и ориентированные на устранение недостатков на всех стадиях «петли качества».[5] Механизм управления качеством продукции представлен на рисунке 1.

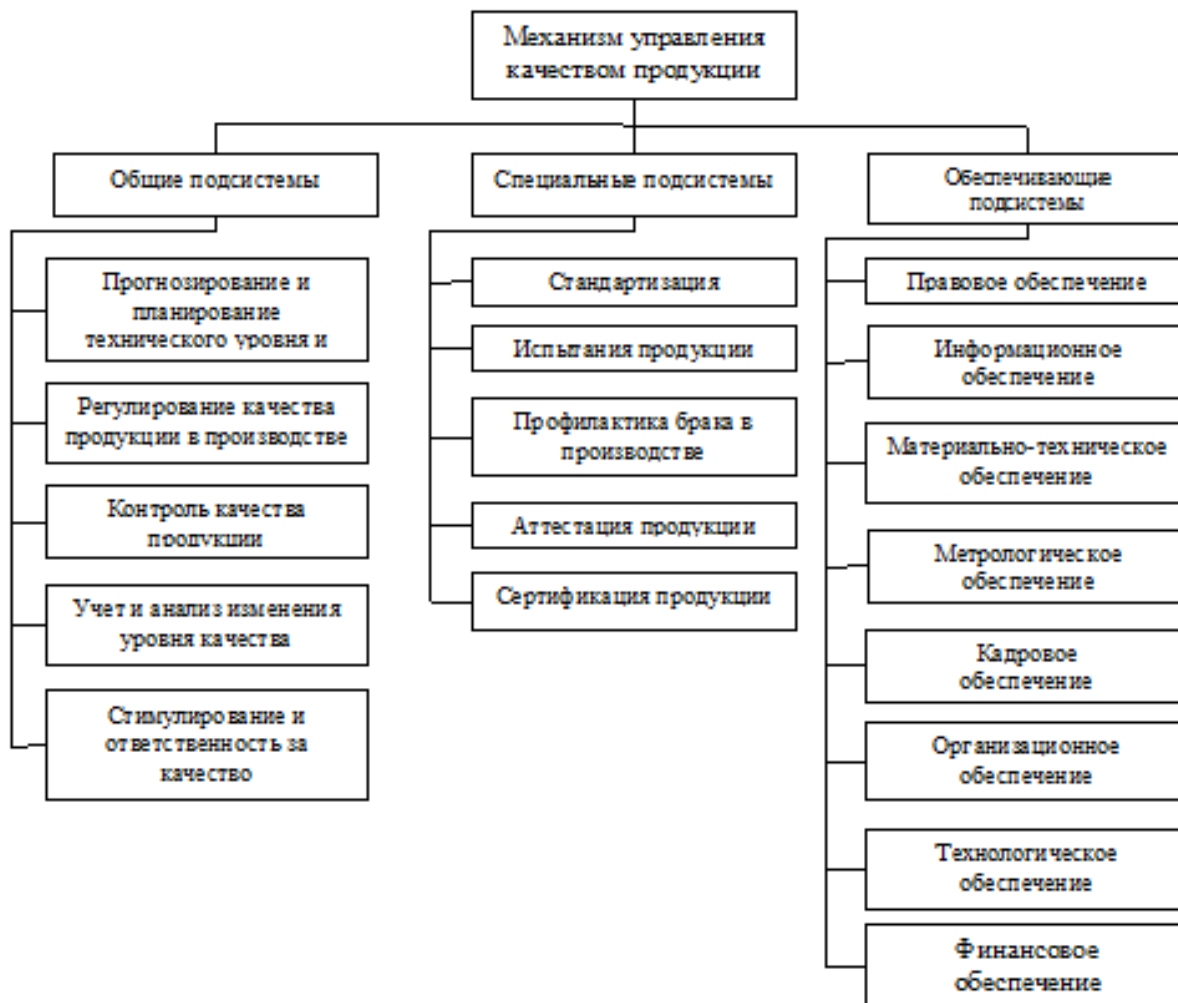


Рисунок 1. Механизм управления качеством продукции на машиностроительном предприятии

На российских предприятиях сложилась ситуация, когда первоочередной задачей является не удовлетворение требований потребителя, а соответствие, чаще всего только на бумаге, установленным на предприятии нормативным документам. Все это противоречит одному из основных принципов ГОСТ Р ИСО 9001-2015: «Организация должна проводить мониторинг данных, касающихся восприятия потребителями степени удовлетворения их потребностей и ожиданий...».[6] Чтобы определять степень



соответствия показателей качества продукции требованиям потребителя, необходимо проводить оценку качества. Одним из инструментов оценки качества является квалиметрическая оценка качества. На сегодняшний день разрабатываются различные алгоритмы квалиметрической оценки продукции машиностроительной отрасли [7,8].

Таким образом, можно сделать вывод, что успех компаний напрямую зависит от качества производимой продукции. Чтобы достичь высокие показатели качества необходимо не только совершенствовать материальную базу, соблюдать требования нормативной документации и технологию производства, но также учитывать требования потребителей и следить за динамикой развития рынка.

#### Библиографический список

1. Крупнейшие машиностроительные компании России 2016 [Электронный ресурс]: URL: <http://www.forbes.ru/rating/329449-krupneishie-mashinostroitelnnye-kompanii-rossii-2016> (Дата обращения: 27.03.2017)
2. Олейник, А. В. Повышение срока службы изделий машиностроения на основе ситуационного управления процессами сопровождения их жизненного цикла: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.06 / Олейник Андрей Владимирович.- М.,2006. - 368 с.
3. Михайлов В.Г., Бугрова С.М. Проблемы внедрения систем управления качеством на основе стандартов ИСО серии 9000 на предприятиях химического машиностроения / В.Г. Михайлов, С.М.Бугрова // [Экономика и эффективность организации производства](#). - 2006. - № 6. - С.165-167.
4. Ерохин, М.А. Управление качеством продукции машиностроения / М.А.Ерохин // [Актуальные проблемы социально-гуманитарных знаний](#). - 2015.- С. 238-243.
5. Розова Н. К. Менеджмент качества: учебное пособие. СПб.: «Вектор», 2005. 192 с.
6. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования. - М.: Стандартиформ, 2015. – 29 с.
7. Сидуленко О.А., Остапенко М.С., Василега Д.С. Квалиметрическая оценка качества металлорежущего инструмента / О.А.Сидуленко, Д.С.Василега, М.С.Остапенко // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. - 2011. -№ 2. - С. 36-39.
8. Артамонов Е.В., Василега Д.С., Остапенко М.С. Методы учета надежности в методике оценивания качества сборных металлорежущих инструментов / Е.В.Артамонов, Д.С.Василега, М.С.Остапенко // [Актуальные проблемы современного машиностроения](#). - 2014. - С. 243-247.

Научный руководитель: Остапенко М.С., к.т.н., доцент.

## **Диаграмма Парето в решении проблем обеспечения качества продукции**

*Дорошкевич В.В., Маркина Н.В.*

*Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина,  
г. Омск*

В последнее время отмечается устойчивая тенденция к повышению качества продукции. Для обеспечения качества необходима не только соответствующая материально-техническая база и квалифицированный персонал, но создание действующей системы, направленной на обеспечение требуемого уровня качества.

Изучение проблем качества, возникающих на любом предприятии, можно начать с диаграммы Парето – инструмент, разрешающий наглядно показать относительную значимость факторов, влияющих на решаемую проблему, на которые требуется направить основные усилия для достижения наибольшего положительного эффекта от ее решения, а также оценить эффективность приложенных усилий [1].

Диаграмма определяет, что факторов, оказывающих существенное влияние на качество не так уж много, и они, как правило, не сосредоточены в одном процессе. Подавляющее большинство (около 80 %) дефектов и связанных с ними потерь (прежде всего материальных) возникает из-за незначительного числа факторов (20 %). Таким образом, в любой проблеме, в том числе и производственной, необходимо из огромного числа факторов, влияющих на нее, выделить такие 20 % факторов, которые в основном (на 80 %) и являются причинами появления проблемы. Остальные относят к многочисленным, несущественным факторам [4].

Строится диаграмма Парето в следующем порядке:

1. Для начала устанавливается проблема, которую необходимо решить (дефектные изделия, стоимость потерь от брака и т.п.), и временной промежуток для изучения обозначенной проблемы.

2. После установления проблемы определяются факторы, позволяющие дать наиболее полное и всестороннее представление о проблеме (дефекты, их локализация, объем потерь, затраты и пр.), которые затем разбиваются на подтипы. Например, если в качестве типа данных выбраны дефекты, то подтипом будут являться виды дефектов – излишняя кислотность, поврежденная упаковка, нечетка маркировка и др.

3. Выбирается единица измерений, соответствующая типу данных (например, количество дефектов, их частота, процент затрат и т.п.).

4. Осуществляется сбор и систематизация статистических данных. Для сбора и регистрации чаще всего используют такой инструмент качества, как контрольный листок. Систематизированные статистические данные чаще всего представляют в виде таблицы.

5. Производится подсчет и упорядочивание данных по убыванию.

6. На основе собранных систематизированных данных строится столбчатая диаграмма, на которой отмечаются подтипы данных и их величина. В прямоугольной системе координат по горизонтали откладываются равные отрезки, соответствующие подтипам данных, а по вертикали отмечается величина этих данных в порядке убывания.

7. Вычисляется суммарное значение величин и графически отображается линия рассчитанных суммарных значений.

8. Проводится анализ полученных результатов для разработки действий, направленных на решение проблемы [1].

При построении диаграмм Парето необходимо обращать внимание на следующие моменты:

- диаграмма Парето оказывается наиболее эффективной, если число факторов варьируется в пределах от 7 до 10.

- необходимость проведения расслоения полученных данных по отдельным факторам, которые должны быть хорошо известны (время отбора данных, тип изделий и партия материалов, процесс, руководитель, оператор и т.д.).

- при построении диаграммы Парето для числа случаев, процента и т.п. в которых возможен подсчет суммы затрат следует отражать на диаграмме и сумму затрат.

- в случае, когда фактор «прочие» оказывается слишком большим по сравнению с другими факторами, следует повторить анализ его содержания, а также вновь проанализировать все факторы.

- если фактор, стоящий первым по порядку, технически труден для анализа, следует начать с анализа, следующего за ним.

- если обнаруживается фактор, в отношении которого легко провести улучшение, то его следует проводить, не обращая внимания на его место в порядке расположения факторов в диаграмме.

- при систематическом ежемесячном составлении диаграмм Парето для одного и того же процесса и сравнении этих диаграмм в некоторых случаях, несмотря на отсутствие заметных изменений общего количества брака, намечается порядок расположения факторов, влияющих на появление брака. При нарушении стабильности процесса это сразу будет замечено. Если удастся уменьшить влияние всех факторов в одинаковой степени, будет достигнута высокая эффективность улучшения [2].

В сложной экономической жизни предприятия проблемы могут возникнуть в любой момент и в любом подразделении. Диаграмм Парето позволяет провести анализ широкого круга проблем, затрагивающих практически любую сферу деятельности предприятия. Применение диаграммы Парето не требует больших финансовых затрат, однако позволяет выявить существенные факторы, последующий анализ и проработка которых позволит сократить затраты на качество.

### Библиографический список

1. Пензина О.В. Статистические методы в управлении качеством / О.В. Пензина, Е.И. Петрова, П.М. Тарских // Технологии производства пищевых продуктов питания и экспертиза товаров: Сб. науч. статей материалы Международной научно-практической конференции. - 2015. - С. 153-155.

2. Петрова Е.И. Управление качеством с применением статистических методов / Е.И. Петрова, Е.Ю. Тарасова, В.В. Бедрина // Современные тенденции в образовании и науке: сб. науч. трудов по материалам международной научно-практической конференции: в 14 частях. - 2014. - С. 109-111.

3. Данилов И.П. Статистические методы в управлении качеством продукции: учебное пособие/ И.П. Данилов, А.А. Насырова-Антонова, В.Л. Семенов. – Казань: Познание, 2007.–240 с.

4. Ефимов В.В. Статистические методы в управлении качеством продукции: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. 340100 «Управление качеством» / В. В. Ефимов, Т. В. Барт. - 2-е изд., стер. - Москва: КноРус, 2013. - 240 с.

Научный руководитель Петрова Е.И, к.т.н., доцент кафедры товароведения, стандартизации и управления качеством

### Квалиметрическая оценка оборудования

*Изотова В.М.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

ТПП «Урайнефтегаз» является структурным подразделением ООО «Лукойл-Западная Сибирь».

Основные виды деятельности предприятия:

- 1) Разведка нефтяных и газовых месторождений;
- 2) разработка нефтяных и газовых месторождений;
- 3) добыча нефти и газа;
- 4) строительство скважин;
- 5) оказание услуг производственного характера;
- 6) строительные, монтажные и ремонтные работы.

Территориально-производственному предприятию «Урайнефтегаз» характерно линейно-функциональная организационная структура, суть которой состоит в том, что линейные руководители свою деятельность осуществляют на принципах единоначалия, но принимает их руководитель - единоначальник подразделения.

Преимуществом этой структуры является повышение качества принимаемых решений и соблюдение принципа единоначалия.

Во главе структуры стоит генеральный директор, которому подчиняются 21 цех, 8 из которых по добыче нефти и газа, 11 структурных подразделений. Отдел качества на предприятии отсутствует, но вопросами качества занимается группа главного метролога.

Проводя анализ результативности СМК в одном из подразделений ТПП «Урайнефтегаз» в цеху перекачки и подготовки нефти ЦППН были выявлены незначительные нарушения, но на перспективную работу предприятия на будущее, мною было предложено перейти на другую систему оценки проведенных аудитов с помощью инструментов качества.

Для анализа были выбраны следующие пункты СМК:

- 1) Управление записями (п. 4.2.4).
- 2) Мониторинг и измерение процессов (п. 8.2.3).
- 3) Корректирующие действия (п. 8.5.2).
- 4) Предупреждающие действия (п. 8.5.3).
- 5) Внутренний обмен информацией (п. 5.5.3).
- 6) Политика в области качества (п. 5.3).
- 7) Цели в области качества (п. 5.4.1).
- 8) Производственная среда (п. 6.4).
- 9) Управление документацией (п. 4.2.3).
- 10) Определение требований, относящихся к продукции (п. 7.2.1).
- 11) Процесс закупок (п. 7.4.1).
- 12) Управление оборудованием для мониторинга и измерений (п. 7.6).
- 13) Анализ данных (п. 8.4).

Каждому пункту были расставлены баллы в соответствии с количеством нарушений. Данные анализа аудитов представлены на рисунке 1.

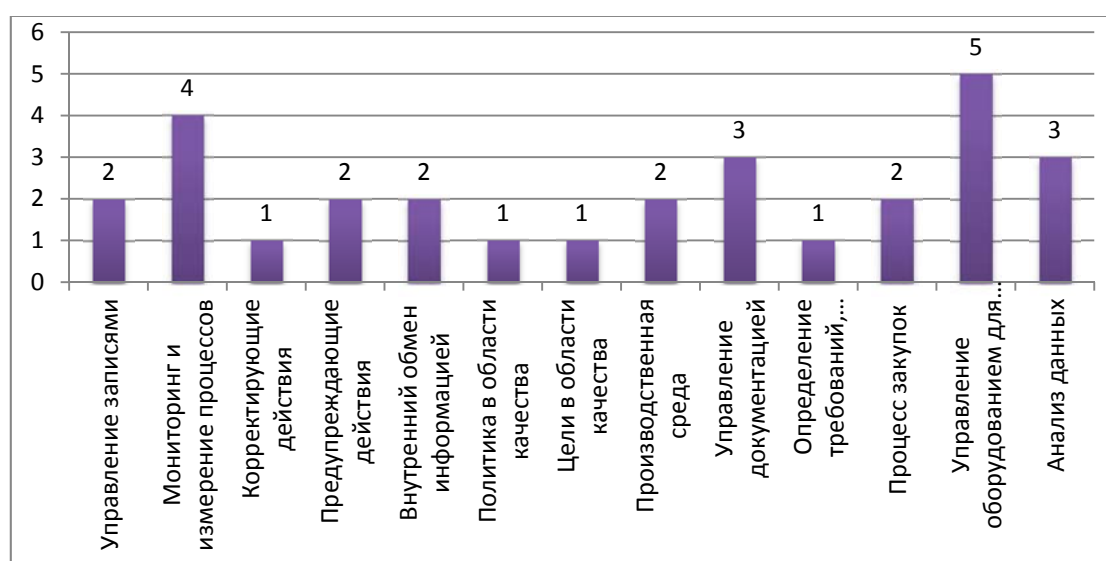


Рисунок 1. Количество несоответствий

Как видно из диаграммы процесс «Управление оборудованием для мониторинга и измерений (п.7.6)» самый низко результативный.

Для того чтобы выявить причины низкой результативности процесса «Управление оборудованием для мониторинга и измерений» необходимо построить диаграмму Исикавы, которая представлена на рисунке 2 и выставить коэффициенты путём анализа нарушений.



Рисунок 2. Диаграмма Исикавы

Проведенный анализ показал, что в цеху перекачки и подготовки нефти существует проблема с оборудованием, а именно на узле учета нефти установлен турбинный преобразователь расхода «Invalco 3/4», который предназначен для контрольного измерения нефти перед поступлением в систему внешнего транспорта УУМН «Сибнефтепровод», у которого истекает срок эксплуатации. В связи с этим была поставлена задача - провести анализ наиболее подходящего оборудования на замену, но в ходе анализа было выявлено, что нормативной документации, которая регламентирует выбор оборудования, на предприятии отсутствует. Для решения этой проблемы передо мной была поставлена цель - разработать методику квалиметрической оценки оборудования.

Методика заключается в следующем:

- 1) Выбор объекта для анализа.
- 2) Назначение ответственных и формирование группы экспертов.
- 3) Выбор показателей качества для исследуемого объекта.
- 4) Оценивание параметров экспертами в индивидуальной форме.
- 5) Подсчет уровня качества параметров для каждого исследуемого объекта.

- 6) Определение итогового показателя качества каждого объекта.
- 7) Составление таблицы с итоговыми показателями и подведение итогов по проведенному анализу.

Таким образом, мной разработана методика, которая поможет объективно оценить и выбрать необходимое оборудование.

#### Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 19011–2012 Руководящие указания по аудиту систем менеджмента - М.: Стандартиформ, 2013. – 6 с.
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2011 Системы менеджмента качества- М.: Стандартиформ, 2012. – 33 с.

Научный руководитель: Тверяков А.М., канд., техн., наук.

### **Подготовка к ресертификации на соответствие стандарту ГОСТ Р ИСО 9001:2015 на примере организации ЗАО «Сибпромкомплект»**

*Калимуллина З.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Многие организации на отечественном рынке, на сегодняшний день, стремятся сотрудничать с инвесторами, увеличивать спрос на продаваемый товар, расширять масштабы деятельности организации, и таким образом, расти на отечественном рынке.

Многие торговые компании и организации хотят владеть данным документом, так как сертификат способствует лучшей внутренней работе, а также улучшает репутацию и значимость организации. Сертификация обеспечит дальнейшую работу на современном оборудовании по наилучшим технологиям, при всем этом сохраняя конкурентоспособность организации.

Не исключением является завод теплогидроизоляции труб ЗАО «Сибпромкомплект», который был основан в 1998 году в г. Тюмени. В 1999 году предприятием произведена тепловая изоляция 50 км труб, в 2001 году – освоена технология изоляции фасонных деталей трубопроводов. Оснащенность предприятия позволяет выпускать более 700 км труб и более 20 тыс. деталей и опор трубопроводов с теплоизоляционным и антикоррозионным покрытием в год. Сегодня в распоряжении завода находятся более 20 000 кв. м производственных площадей. Предприятие располагает всем необходимым для реализации как «малых», так и «крупных» проектов трубопроводного строительства и выпуска широкой номенклатуры изделий.

В ЗАО «Сибпромкомплект» разработана, внедрена и функционирует система менеджмента качества, соответствующая требованиям ГОСТ ISO 9001-2011, позволяющая обеспечить изготовление и поставку продукции, отвечающей требованиям потребителей. Системой менедж-

мента качества предусмотрен обязательный мониторинг процесса производства продукции, начиная с входного контроля соответствия поступающего сырья и материалов, контроля над соблюдением технологического процесса на всех стадиях производства и заканчивая отгрузкой готовых изделий. Качество продукции подтверждено всеми необходимыми сертификатами.

К основным преимуществам от получения сертификата соответствия ГОСТ Р ИСО 9001:2015 для ЗАО «Сибпромкомплект», можно отнести: распространение бренда на отечественном рынке и его признание, способность предприятия к высокой конкуренции, выбор наилучших вариантов и схем менеджмента.

Срок действующего сертификата соответствия до 15.05.2018г., в связи с этим вопрос о подготовке к ресертификации на соответствие стандарту ГОСТ Р ИСО 9001:2015 является актуальным.

Сертификация на соответствие стандарту ГОСТ Р ИСО 9001:2015 включает следующие этапы:

1. в орган по сертификации (ОС) подается заявка на проведение сертификации системы менеджмента качества на соответствие требованиям ISO 9001, заключается договор на сертификацию;

2. специалисты ОС проводят анализ предоставленной документации;

3. специалисты ОС осуществляют сертификационный аудит, включающий проверку документации компании, ее оформление в соответствии с требованиями ISO 9001 и внутренними документами;

4. специалисты ОС оценивают итоги сертификационного аудита и принимают решение о выдаче сертификата либо мотивированном отказе;

5. постсертификационные мероприятия: проведение периодических инспекционных аудитов специалистами ОС в течение срока действия сертификата.

Проведением сертификационных работ ЗАО «Сибпромкомплект» из года в год занимается «Орган по сертификации интегрированных систем менеджмента Тюменского некоммерческого фонда сертификации». Юридический адрес: 625026, г. Тюмень, ул. Одесская 52а.

Для того чтобы успешно пройти процедуру ресертификации на предприятии ЗАО «Сибпромкомплект» необходимо:

1. Проанализировать новую версию стандарта ISO 9001:2015;

2. Оценить изменения, которые должно внести предприятия, чтобы пройти ресертификацию;

3. Предложить перечень мероприятий, направленный на подготовку к ресертификации;

Для реализации всех требований ГОСТ Р ИСО 9001: 2015 дается три года, в течении этого времени сертификация может проводиться как по предыдущей версии стандарта, так и по новой версии. Ниже представлена таблица, включающая краткий обзор изменений в новой версии стандарта.



## Краткий обзор изменений в ГОСТ Р ИСО 9001:2015

ГОСТ Р ISO 9001:2015	ГОСТ Р ISO 9001:2011
0 Введение	
1 Область применения	
2 Нормативные ссылки	
3 Термины и определения	
4 Среда организации	4 Система менеджмента качества
5 Лидерство	5 Ответственность руководства
6 Планирование	
7 Средства обеспечения	6 Менеджмент ресурсов
8 Деятельность на стадиях жизненного цикла продукции	7 Выпуск продукции
9 Оценка результатов деятельности	8 Измерения, анализ и улучшения
10 Улучшение	

В новой версии стандарта применен процессный подход, который включает цикл "Планируй – Делай – Проверь – Действуй" (PDCA), и риск-ориентированное мышление.

Процессный подход позволяет организации планировать свои процессы и их взаимодействие, а также реализация цикла PDCA позволяет организации обеспечить ее процессы необходимыми ресурсами, осуществлять их менеджмент, определять и реализовывать возможности для улучшения.

Также важно отметить, что новая версия стандарта имеет отличную структуру от предыдущей версии. Данная структура в настоящее время будет использоваться во всех стандартах ISO, в которых описываются требования к системам менеджмента. Это важный момент для унификации, позволяющий уменьшить усилия организаций при введении интегрированных систем менеджмента.

Одним из основных изменений в новой версии стандарта ISO 9001:2015 – это смена понятия «предупреждающих действий» на «управление рисками». Если говорить точнее, то вводится понятие «risk-based thinking», что можно перевести как «риск-ориентированное мышление».

Таким образом, основываясь на вышеизложенном, можно предложить проект ресертификации для ЗАО «Сибпромкомплект», который будет включать три этапа:

- 1 этап – организационный;
- 2 этап – внедрение элементов новой версии стандарта;
- 3 этап – проведение внутренних аудитов системы качества, контроль проделанной работы.

Для выполнения этих этапов нужно создать необходимые условия в организационной структуре, а также ресурсной и методической составляющей.

Стоит отметить, что лица, которые будут отвечать за организацию и выполнение работ по ресертификации, должны быть представителями высшего и среднего руководства.

#### Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 9000:2011. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – М.: Стандартиформ, 2012. – 32 с.
2. ГОСТ Р ИСО 9000:2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – М.: Станадртиформ, 2015. – 49 с.
3. ГОСТ Р ИСО 9001:2011. Системы менеджмента качества. Требования. – М.: Стандартиформ, 2012. – 36 с.
4. DocumentConformity assessment of car quality databases exemplified on the case of the Russian car manufacturer 'Auto VAZ' Authors of DocumentKozlovsky, V., Klochkov, Y., Ostapenko, M., Ushanova, N., Antipov, D. Гембрис С. Управление качеством/ С.Гембрис, Й. Германн; пер. с нем. М.Н. Терехина. – М.: СмартБук, 2013. – 128 с.
5. DocumentDevelopment of certification model Authors of DocumentKlochkov, Y., Odinkov, S., Klochkova, E., Ostapenko, M., Volgina, A.

Научный руководитель: к.т.н. д.т.н., М.С. Остапенко.

### **Совершенствование процесса «Управление документацией» на АО «ЕВРАКОР»**

*Камалетдинов Р.Р.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

АО «ЕВРАКОР» является ведущей компанией в сегментах нефтегазового, промышленного и гражданского строительства, имеющая многолетний опыт работы в сложнейших географических и климатических условиях, высококвалифицированных специалистов, мощную современную производственно-техническую базу, в составе которой уникальное оборудование и техника. За период работы компании, был реализован ряд масштабных проектов в нефтегазовой отрасли в России и за рубежом.

В данной компании внедрена интегрированная система менеджмента (ИСМ) соответствующая требованиям стандартов ГОСТ Р ИСО 9001-2008, ГОСТ Р ИСО 14001-2004, ГОСТ Р 54934-2012/OHSAS 18001:2007.

Оценка результативности ИСМ АО ЕВРАКОР, проводится согласно РП-02-2012-17 «Анализ результативности ИСМ». На основе этого документа определяется область применения, ответственность, точный порядок действий.

Одним из этапов оценки результативности является анализ результатов внутренних аудитов [1]. Проанализировав аудиты за 2016 год, можно сказать, что больше всего несоответствий приходится на такие процессы как управление документацией, идентификация и прослеживаемость, а также жизненный цикл продукции.

Темой своего исследования я выбрал совершенствование процесса «Управление документацией», так как считаю, что данный процесс является одним из важнейших в системе менеджмента качества.

Для снижения частоты возникновения несоответствий в процессе «Управление документацией» необходимо проанализировать существующие проблемы и выявить причины их появления при помощи инструментов качества. Потенциальные причины, влияющие на возникновения несоответствий в процессе «Управление документацией» в АО «ЕВРАКОР» я определил при помощи причинно-следственной диаграммы (диаграммы Исикавы).

Построив диаграмму Исикавы, выставим весовые коэффициенты используя метод приписывания баллов. Диаграмма представлена на рисунке 1. Далее, проанализировав ее можно сделать вывод, что частое возникновение несоответствий в процессе «Управление документацией» в основном связано с оборудованием и документацией.

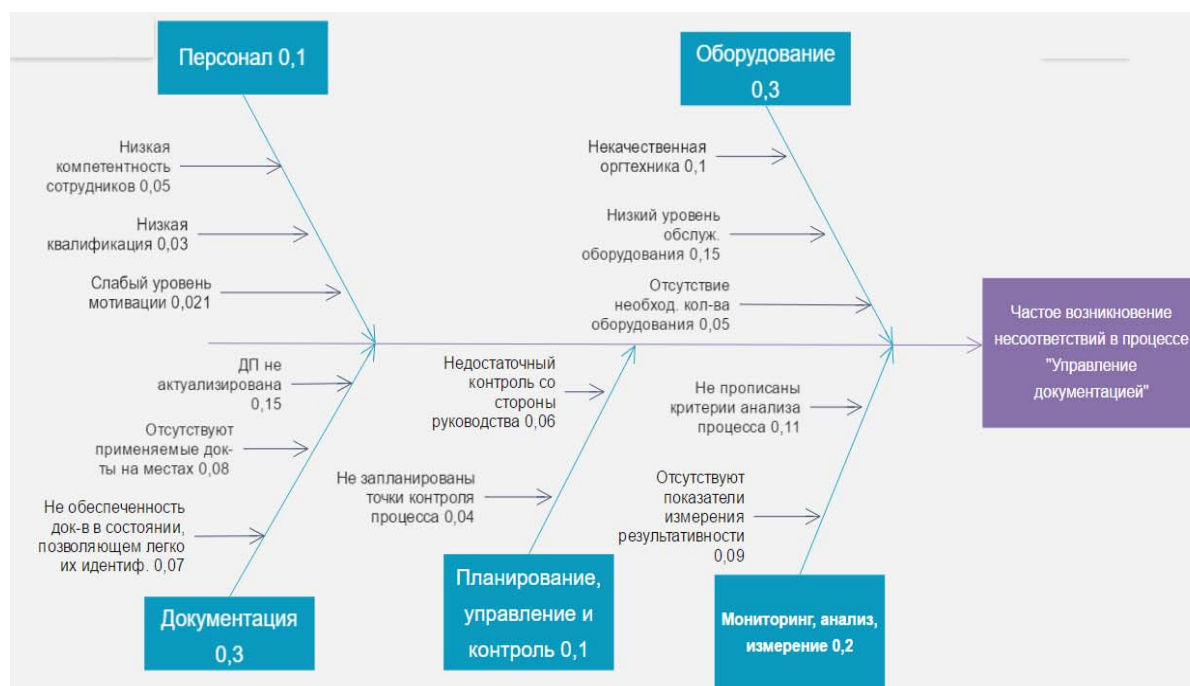


Рисунок 1. Диаграмма Исикавы

Для выявления возникновения причин, связанных с оборудованием, необходимо провести полный анализ, используя инструмент качества «Диаграмму Парето», который показан на рисунке 2.

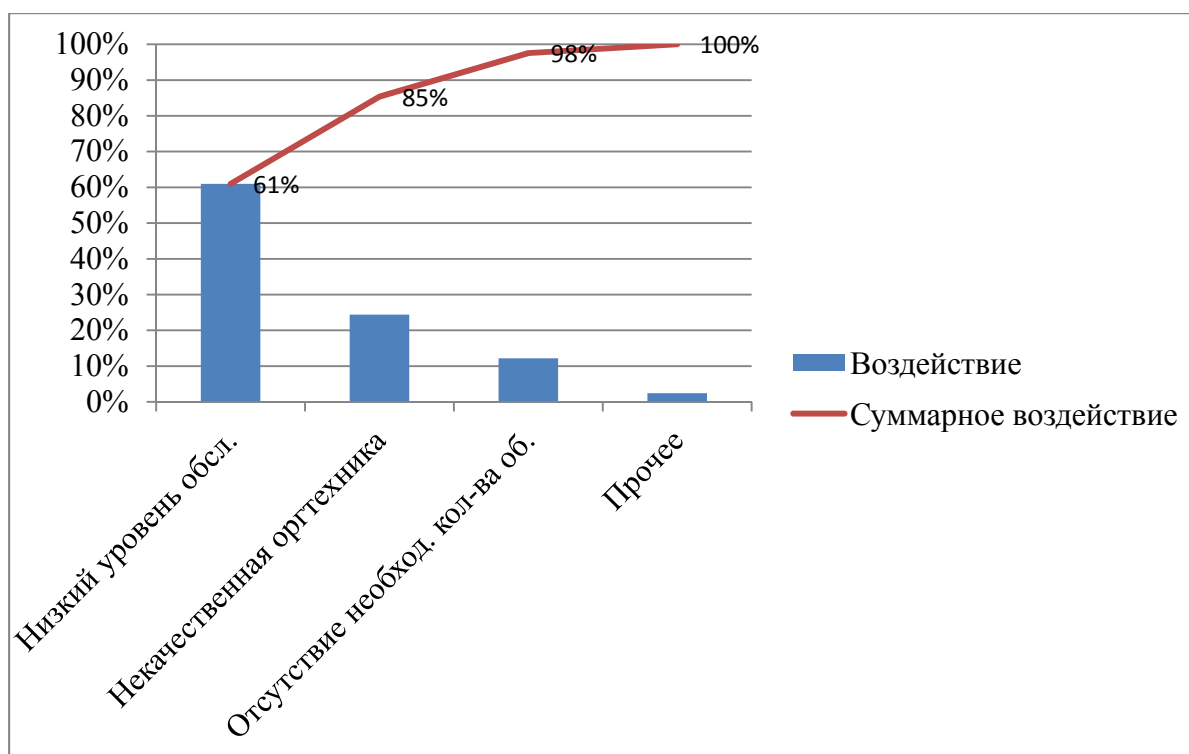


Рисунок 2. Диаграмма Парето

Проанализировав данную диаграмму, мы можем сделать вывод, что основное влияние на возникновение несоответствий, связанных с оборудованием оказывает такая причина, как низкий уровень его обслуживания.

В свою очередь, на низкий уровень обслуживания оборудования наибольшее влияние оказывают две причины:

- 1) не прописаны конкретные критерии оценки состояния и профилактические меры;
- 2) недостаточное количество точек мониторинга состояния оборудования.

Далее, рассмотрим группу причин "Документация".

На основании весовых коэффициентов, определенных при построении причинно-следственной диаграммы, можно говорить о том, что наибольшее влияние из группы «Документация» имеет причина: документированная процедура процесса (ДП) не актуализирована. Проанализировав данную причину, были определены факторы, повлиявшие на ее возникновение, к ним относятся:

- 1) не прописаны критерии анализа процесса;
- 2) отсутствуют показатели измерения результативности;
- 3) не достаточный контроль со стороны руководства.

Всё вышеперечисленное учащает возникновение несоответствий в процессе «Управление документацией» интегрированной системы менеджмента АО «ЕВРАКОР».

Для устранения выявленных причин возникновения несоответствий в процессе, рассмотренных в данной статье, необходимо переработать и актуализировать регламент предприятия РП-02-2012-17 «Анализ результативности ИСМ», при этом учесть критерии анализа процесса «Управление документацией», а так же определить показатели измерения результативности процесса, разработать план корректирующих и предупреждающих действий [2]. А так же разработать рабочую инструкцию для системного администратора, которая будет включать в себя конкретные критерии оценки состояния оборудования, и профилактические меры по предотвращению неполадок.

#### Библиографический список

1. Окрепилов, В.В. Управление качеством. Учебник для вузов / В.В. Окрепилов. - 2-е изд перераб. и доп. - М.: Эксмо : МИРБИС, 2008. – 305 с.
2. ГОСТ Р ИСО 19011–2012 Руководящие указания по аудиту систем менеджмента - М.: Стандартиформ, 2013. – 6 с.

Научный руководитель: Тверяков А.М., канд. техн. наук.

#### **Разработка схемы проведения внутреннего аудита на предприятии**

*Кривошеева Д.А., Тарасова Е.Ю., Пасечник Я.В.*

*Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина,  
г. Омск*

Внутренний аудит – способ независимой оценки эффективности деятельности организации и органов ее управления [1].

Целью внутреннего аудита является поддержание процессов на определенном уровне и управление качеством выпускаемой продукции.

Согласно введению к ГОСТ Р ИСО 19011 руководящие указания, содержащиеся в стандарте, не устанавливают жестких рамок и допускают гибкость в своем применении, а также могут различаться в зависимости от размера, уровня развития и совершенства системы менеджмента организации, от характера деятельности и сложности проверяемой организации, а также от целей и области применения проводимых аудитов [2].

Представленная схема проведения аудита содержит интеграцию разработанных процедур с типовой схемой, представленной в ГОСТ Р ИСО 19011. Схема проведения внутреннего аудита представлена на рисунке 1.

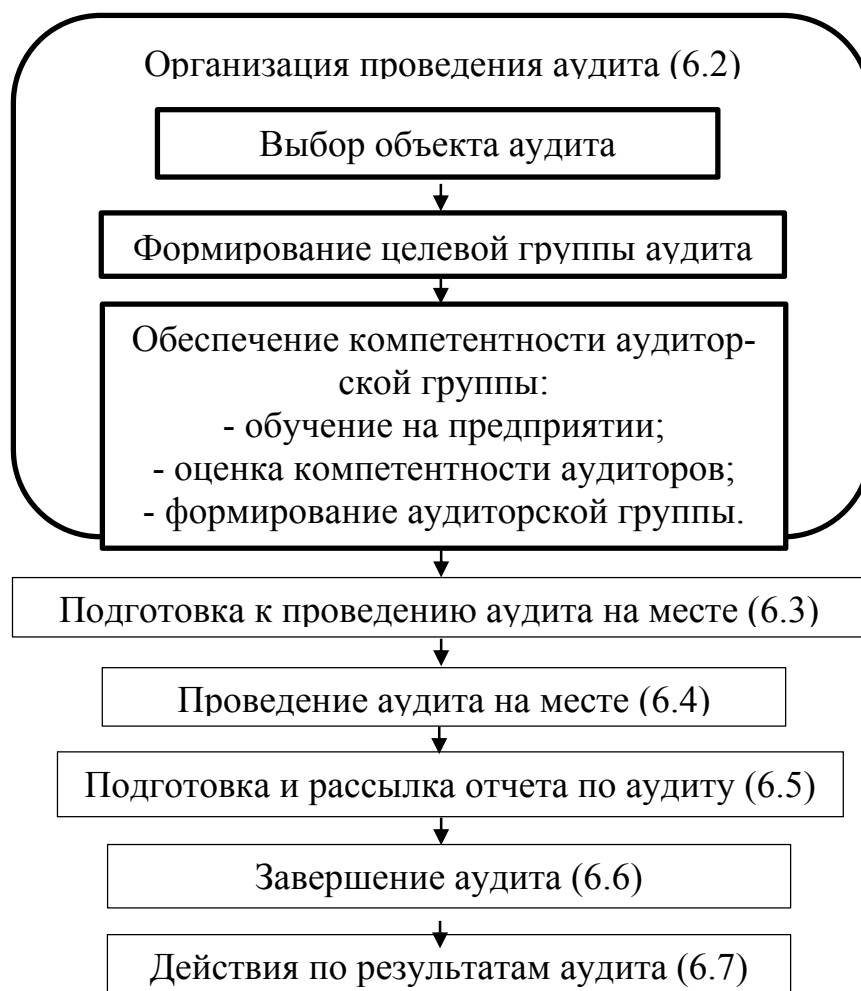


Рисунок 1. Схема проведения внутреннего аудита

При формировании схемы проведения аудита, типовую схему, приведенную в ГОСТ Р ИСО 19011 составили дополнительные процедуры: выбор объекта аудита, формирование целевой группы аудита, обеспечение компетентности аудиторской группы.

Схема проведения внутренних аудитов разрабатывалась для ЗАО «Завод розлива минеральной воды «Омский», которое в течение 40 лет специализируется на добыче и розливе минеральной воды, безалкогольных напитков.

Процедура выбора объекта внутреннего аудита состоит в определении подразделения, осуществляющего тот или иной процесс системы менеджмента качества предприятия. Данная процедура необходима, так как практика проведения внутренних аудитов на предприятии немногочисленна и структура предприятия состоит из различных функциональных подразделений.

В качестве объекта аудита выбран цех розлива (процесс – «Производство»). Владелец процесса – мастер цеха розлива.

Процедура формирования целевой группы предполагает определение должностных лиц – сотрудников предприятия, которые в составе этой группы будут являться участниками проверки объекта аудита.

Состав целевой группы формировался руководителем аудиторской группы и утверждался распоряжением генерального директора. Целевую группу составили следующие должностные лица:

- мастер цеха;
- мастер участка розлива питьевой воды;
- оператор по выдувке ПЭТ-бутылок;
- оператор линии в 5 и 19 литровые бутылки.

Процедура обеспечения компетентности аудиторской группы осуществлялась способом – обучение на предприятии.

Была составлена программа обучения на 2017 год, согласно которой обучение будет проводиться раз в квартал. Программу обучения составили основные положения стандартов: ГОСТ Р ИСО 9001, ГОСТ Р ИСО 22000, ГОСТ Р ИСО 19011.

Ответственным за обучение аудиторов на предприятии назначен руководитель аудиторской группы – заместитель генерального директора по качеству.

В течение года будут обучаться 8 сотрудников предприятия с целью формирования резервного фонда аудиторов.

Согласно программе обучения аудиторов на 2017 год в период с 30.01.2017г. по 03.02.2017г было проведено обучение.

Учебная программа включала в себя теоретическую и практическую части. Участникам обучения выдавались учебные материалы, включающие выдержки из стандартов. Кроме того предоставлялась информация о том, какие документы были приняты за истекший период и в каких произошли изменения.

Для оценки компетентности использовался метод тестирования. Тест для проверки знаний выдавался на бумажном носителе после обучения каждому индивидуально. Для ответа на вопросы выделялось 30 минут.

Успешно прошедшим обучение и подтвердившим свою компетентность, считался сотрудник, ответивший на 65% предлагаемых вопросов (19 из 29).

При обработке результатов тестирования было установлено, что подтвердившими свою компетентность являются все обучаемые.

Формирование аудиторской группы состояло в определении аудиторов, являющихся представителями подразделений, деятельность которых функционально связана с деятельностью аудируемого процесса.

Формирование аудиторской группы осуществлялось руководителем аудиторской группы, далее состав утверждался распоряжением генерального директора.

Аудиторскую группу составили:

- руководитель аудиторской группы – заместитель генерального директора по качеству;
- аудитор – технолог;
- аудитор – инженер-механик.

Разработанные процедуры, дополняющие типовую схему проведения внутреннего аудита, позволили:

1. Выбрать объект аудита;
2. Сформировать целевую группу и освободить руководителя подразделения от рассмотрения целесообразности привлечения сотрудника для процесса проверки, обеспечить оповещение и информирование сотрудников, которые являются членами целевой группы данного объекта;
3. Обучить аудиторов на базе предприятия и довести до персонала всю необходимую информацию, касающуюся изменений в структуре системы менеджмента качества, сократить временные затраты при самостоятельной подготовке аудиторов к проверке на поиск необходимой информации и анализ документации;
4. Оценить компетентность аудиторов по результатам обучения и повысить дисциплину и заинтересованность в повышении уровня личных знаний;
5. Сформировать аудиторскую группу и повысить информативность при проверке за счет привлечения аудиторов из тех подразделений, которые реализуют процессы, находящиеся на стыке с выбранным процессом.

#### Библиографический список

1. Иванов Г.А., Бошкович Р., Эмануэль А.В., Корноухова Л.А., Соммер С.В., Эмануэль В.Л., Берестовская В.С. Внутренние аудиты как управленческий инструмент: от теории к практике / Г.А. Иванов, Р. Бошкович, А.В. Эмануэль, Л.А. Корноухова, С.В. Соммер, В.Л. Эмануэль, В.С. Берестовская // Управление качеством в здравоохранении. – 2015. №3. – с. 33
2. ГОСТ Р ИСО 19011–2012 Руководящие указания по аудиту систем менеджмента. – М.: Стандартинформ, 2013. – 35 с.

Научный руководитель: Тарасова Е.Ю., канд. техн. наук, доцент.

### **Повышение результативности процесса «Корректирующие и предупреждающие действия» в рамках СМК АО «Сибур-Химпром»**

*Мезенцева Т.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

АО «Сибур-Химпром» (далее Компания) является одним из ведущих российских производителей целого ряда важнейших продуктов нефтехимии и специализируется на переработке жидких углеводородов. Является



филиалом ПАО «СИБУР». Качество выпускаемой продукции соответствует лучшим мировым стандартам. [4]

На предприятии с 2009 года разработана, внедрена и успешно функционирует система менеджмента качества, по данным внутренних аудитов в целом результативна. По данным официальных внутренних «Отчетов об анализе функционирования СМК», почти все процессы СМК имеют стопроцентную результативность. Однако, во время прохождения производственной практики на этом предприятии, при анализе внутренних и внешних аудитов мной была получена объективная информация, что в ряде процессов СМК на протяжении последних лет прослеживаются несоответствия.

Так за 2012-2016 годы было проведено пять внешних аудитов. По результатам которых было выявлено 18 замечаний, рекомендаций и несоответствий. Просматривается отрицательная тенденция. Также в 2012 – 2016 году было проведено 182 внутренних аудита, по результатам которых было зафиксировано 23 отклонения от предъявляемых требований к СМК Компании. Распределение зафиксированных замечаний, рекомендаций и несоответствий представлены на рисунке 1.



Рисунок 1. Гистограмма распределения количества несоответствий, рекомендаций и замечаний по результатам внутренних аудитов за 2012-2016 годы

Для определения динамики роста/спада количества несоответствий за указанный период по процессам построены графики и добавлены линии тренда, с заданной периодичностью (прогноз на 3 года), для того, чтобы выявить какое из несоответствий в перспективе проявляет тенденцию к увеличению несоответствий [3], представим на рисунке 2.

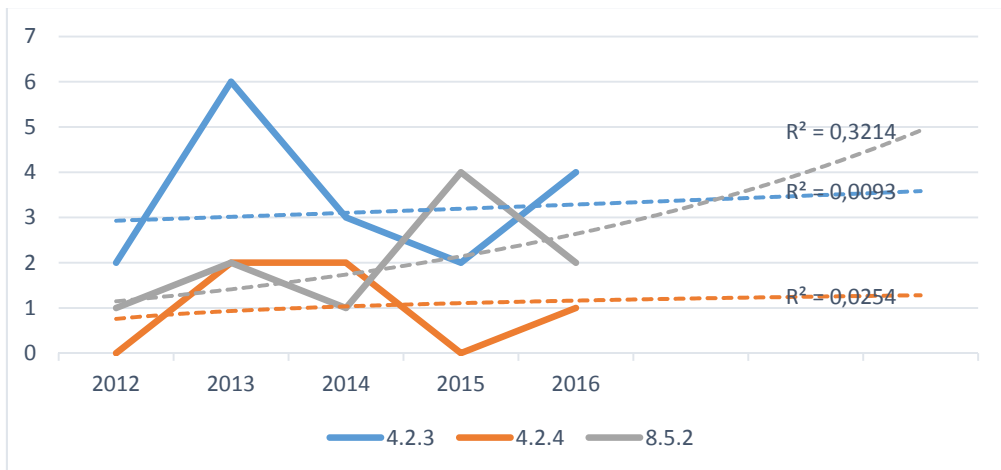


Рисунок 2. Анализ выявленных несоответствий по пунктам 4.2.3,4.2.4,8.5.2

Из рисунка 2 видно, что по всем указанным процессам динамика отрицательная, при этом линии трендов показывают к 2018 году ситуация к лучшему не изменится, т.е. отмечен чёткий дрейф к снижению результативности процессов.

Следовательно, анализ внутренних аудитов предприятия за 2012-2016 годы показал, что как минимум по трем процессам СМК результативность не может быть стопроцентной. Самую высокую тенденцию к снижению результативности имеет процедура 8.5.2 Корректирующие и предупреждающие действия.

Для определения причинно-следственных связей низкой результативности процесса «Корректирующие и предупреждающие действия», была построена диаграмма Исикавы (Рис.3) и диаграмма Парето (в статье не представлена). [5]

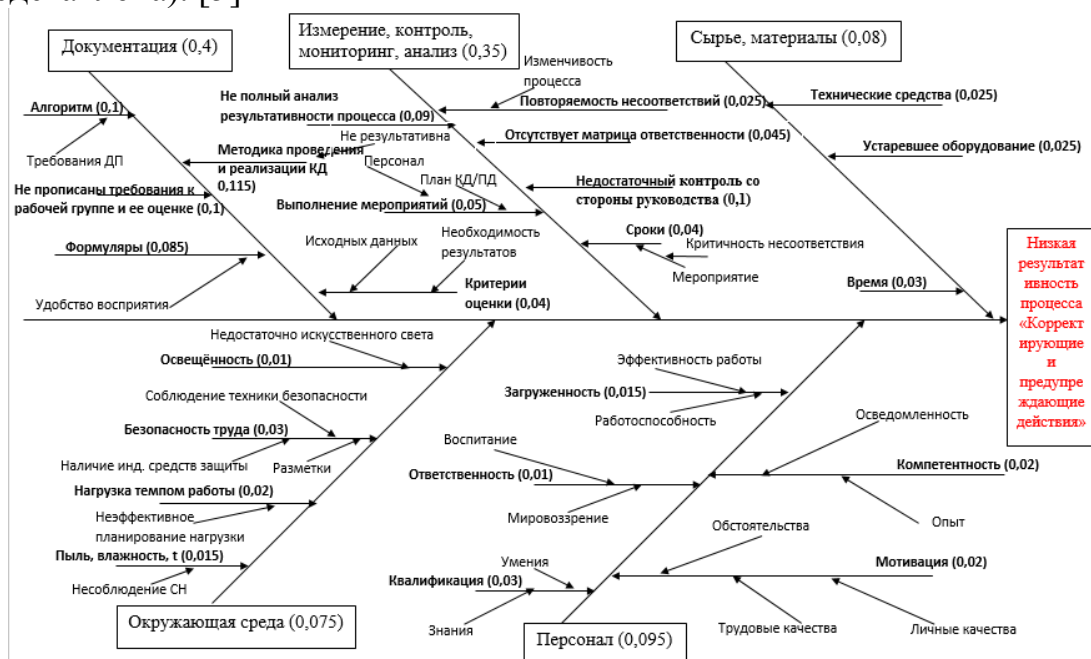


Рисунок 3. Диаграмма Исикавы по причине низкой результативности процесса «Корректирующие и предупреждающие действия»

Расхождение данных моего анализа с официальными данными Компании можно объяснить методикой оценки результативности процессов, принятой в компании, по которой если выявленные в процессе внутренних аудитов несоответствия через систему Корректирующих действий исправляются (т.е. подвергаются коррекции), то они не учитываются. Считаю, что данная практика оценки результативности процессов СМК является ущербной, так как причины несоответствий не выявляются, а соответственно в дальнейшем они могут повторяться и согласно графику (Рис. 2) имеют тенденцию к увеличению

Таким образом, в результате проведенных мной исследований результативность отдельных процессов СМК Компании были выявлены причины несоответствий, возникающих в процессе корректирующие и предупреждающие действия, такие как методика оценки результативности, недостаточный контроль со стороны руководства и не актуализированная ДП. Предлагаю для их устранения реализовать следующие мероприятия:

- Разработать матрицу ответственности на процесс Корректирующие и предупреждающие действия.
- Сформировать рабочую группу по процессу КД и ПД в соответствии с разработанной матрицей ответственности.
- Переработать методику по оценке результативности основных процессов СМК, с учетом влияния выявленных несоответствий.
- Необходимо пересмотреть процесс контроля КД и ПД
- Усилить контроль анализа КД со стороны руководства за счет назначения точек мониторинга и изменения ДИ.

#### Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2011. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. □ М: Стандартиформ, 2012 □ 32с.
2. Стандарт предприятия АО «Сибур-Химпром» СТП СХП 12-МУ05-01 Корректирующие и предупреждающие действия
3. Кане М. М., Иванов Б. В., Корешков В. Н., Схиртладзе А. Г. Системы, методы и инструменты менеджмента качества: Учебное пособие. — СПб.: Питер, 2008. — 560 с.: ил. — (Серия «Учебное пособие»).
4. АО «Сибур-Химпром» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sibur.ru/SiburKhimprom/> (Дата обращения: 16.03.2017)
5. Ishikawa Diagram [Электронный ресурс]. URL: [http://www.kfmaas.de/q\\_ishika.html](http://www.kfmaas.de/q_ishika.html) (Дата обращения 12.03.2016)]

Научный руководитель: Ставышенко А. С., старший преподаватель кафедры СИ

## Метрологическое обеспечение

*Неплашов И.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В нашей жизни измерения охватывают более новые, современные физические величины, расширяются диапазоны измерений, это связано с быстрым развитием науки и техники, разработкой инновационных технологий, средств для измерения. Поэтому нельзя с пренебрежением относиться к приборам, которые предназначены для измерений, потому что без них большинство технологических процессов в современном мире будет некорректными.

С каждым днем требования к точности измерений повышаются. Именно по этой причине в таких условиях нужен единый фундамент, который должен на практике обеспечивать высокое качество измерений, независимо от того в каком месте и с какой целью они проводятся. Этот фундамент нужен, чтобы разобраться с теми проблемами и вопросами, которые встают перед нами в ходе измерений, чтобы усовершенствовать метрологическое обеспечение и обеспечение единства измерений.

Что же может послужить таким фундаментом в данной ситуации? Метрология. Метрология занимает особое место среди технических наук, так как она состоит из последних научных достижений и это выражено в совершенстве её эталонной базы и способов для обработки результатов измерений.

**Метрологическое обеспечение** — применение норм метрологии, правил, методик выполнения измерений, изготовление, разработка и применение средств техники для обеспечения единства установленной точности измерений [1].

Техническими средствами метрологического обеспечения являются: система средств измерений, эталонов, система передачи размеров единиц от эталона рабочим средствам измерений, система стандартных образцов, система стандартных справочных данных [2].

**Технической основой обеспечения единства измерений являются:**

- Эталонная база страны- система государственных единиц эталонов и шкал физических величин
- Передача размеров шкал и единиц физических величин к СИ от эталонов с помощью средств проверки.
- Государственные испытания СИ для производства или ввоза из-за границы приборов.
- Система ведомственной и государственной аттестации метрологов, поверки и калибровки СИ.
- Система свойств материала и веществ стандартных образцов.
- Система справочных данных согласно стандартам о физических константах и свойствах материалов и веществ [3].

Какие составляющие включены в процесс метрологического обеспечения? Деятельность по метрологическому обеспечению любых задач, будь то научные, технические или социальные должна строиться на основе

определенных показателей, которые будут характеризовать её уровень, эффективность и влияние на общие критерии качества при решении поставленных задач.

Конечная цель метрологического обеспечения - по результатам измерений испытаний или контроля сырья, изделий, материалов, процессов достижение минимальных показателей в принятии ошибочных решений.

Основное использование средств измерений происходит на промышленных предприятиях, где ответственность за организацию этого обеспечения несет метрологическая служба предприятия. Составляющие части метрологического обеспечения предприятий включает в себя:

- анализ состояния измерений;
- калибровка и проверка средств измерений;
- разработка методик для выполнения измерений при установленных норм точности;
- внедрение нормативных документов;
- техническая компетентность [4].

Средства измерений, используемые как часть основных фондов в настоящее время должны обеспечить оптимизацию управления технологическими процессами, их стабилизацию, поддерживать качество изготавливаемой продукции в современных условиях экономики.

### **Государственные испытания средств измерений**

Обязательным государственным испытаниям подвергаются средства измерений, который предназначены для серийного производства, либо ввоза из-за границы. Испытания проводятся органами Государственной метрологической службы. Они, испытания, предусматривают проверку технической документации средств измерений и их практические исследования для определения уровня соответствия нормам, потребностям производства установленными законодательством. Кроме того также оценивается уровень современного развития техники измерений для установления целесообразности производства или же закупки новых образцов.

Существует два вида государственных испытаний: *государственные приемочные испытания* образцов средств измерений новых типов для опытов, которые намечены к серийному производству либо же импорту в Российскую Федерацию и *государственные контрольные испытания* образцов установочной серии и средств измерений, которые подлежат серийному выпуску. Проверка соответствия выпускаемых производством или закупочных средств измерения требованиям стандартов и технических условий является целью государственных контрольных испытаний [5].

Так же имеют место быть контрольные испытания, которые проводят при изменении технологии изготовления средств, которые влияют на их характеристики со стороны метрологии.

### **Заключение**

Каждый специалист, начиная классифицированным метрологом и заканчивая потребителем информации или участником процесса получе-

ния информации и обеспечения измерений участвуют в деятельности, связанной с метрологическим обеспечением в той или иной мере.

В настоящее время от специалистов требуется высокая квалификация, в связи с сложившимся состоянием системы. Заимствование опыта у зарубежных специалистов в области метрологии на данный момент не является возможным, поэтому отечественный специалист должен иметь широкий кругозор, должен уметь подойти к работе с творческой стороны и должен уметь вырабатывать и принимать решения на основе измерительной информации. Это относится не только к работникам производственной сферы. Знания в области метрологии важны специалистам из других сфер, специалистам по сбыту, менеджерам, экономистам, которые должны использовать достоверную измерительную информацию в своей деятельности. Из вышесказанного можно сделать вывод, что метрология как наука имеет огромный вес в современном мире, поэтому она с каждым днём развивается и совершенствуется.

#### Библиографический список

1. Богданов Г. П. и др. Метрологическое обеспечение и эксплуатация измерительной техники. — М.: Радио и связь, 1990.

2. Об обеспечении единства измерений: федер. Закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ (ред. От 21.07.2014). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Руководство ИСО/МЭК2 "Общие термины и определения в области стандартизации и смежных видов деятельности"

4. Лаптиеv Э. И., Брюхонов В. А. Межрегиональная научно-практическая конференция "Метрологическое обеспечение испытаний и сертификации продукции и услуг" // Стандарты и качество, 1998г., №8, стр. 26-28

5. ГОСТ 16263-70 "ГСИ. Метрология. Термины и определения"

### **Разработка методики оценки рисков и возможностей в рамках СМК**

*Нониева К.З.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

На сегодняшний день, в условиях макроэкономической нестабильности, успех компании определяется выбранной стратегией развития. В современной глобальной бизнес-среде преобладает неопределенность, в связи с чем нынешним руководителям компаний необходимо быстро реагировать на любые изменения, защищать свою собственность от все более сложных и масштабных угроз.

Лидерство в среде бизнеса стало напрямую зависеть от эффективности руководства в управлении рисками. Компании с разработанной про-

граммой по риск-менеджменту могут лучше отслеживать и контролировать потенциальные уязвимости, возникающие по вине третьих сторон. Они могут пойти на более высокие бизнес-риски за счет принятия тщательно продуманных, обоснованных решений, что позволяет им избегать возможных угроз, а также определять стратегические возможности дальнейшего развития в условиях неопределенности.

Для внедрения риск-ориентированного мышления в деятельность организации необходимо разработать систему управления рисками и возможностями, как на уровне целой компании, так и на уровне процессов СМК.

Мной была разработана методика оценки рисков и возможностей в соответствии с требованиями стандарта *ISO 9001:2015*, ГОСТ Р ИСО 31000–2011, а также рекомендациями международных профессиональных организаций в области управления рисками, в том числе Комитета спонсорских организаций комиссии Тредвея (*COSO*).

Этап оценивания рисков и возможностей, связанный с определением значений вероятности возникновения и значимости последствий событий, реализован на основе шкалы баллов для *FMEA* процесса в соответствии с ГОСТ Р 51901.12-2007.

Основное отличие данной методики от *FMEA* заключается в том, что последствия от наступления рисковогое события рассматриваются не только с отрицательной стороны, но и с положительной, в соответствии с чем шкала значимости для *FMEA* процесса дополняется еще одной таблицей.

Процесс управления рисками и возможностями в рамках СМК может быть представлен в виде структурной схемы, размещённой на рисунке 1.



Рисунок 1. Общий алгоритм управления рисками и возможностями

Величина рискового события определяется как произведение вероятности возникновения данного события на его значимость.

Возникновение – это оценка вероятности, с которой ожидается появление отрицательного или положительного последствия при наступлении рискового события. Ранг возникновения выставляется для каждой потенциальной причины по 10-балльной шкале, где 1 балл обозначает малую вероятность наступления события, а 10 баллов – очень высокую вероятность.

Значимость – это оценка последствий при наступлении риска, которая определяется экспертом по типовой шкале. Ранг, выставляемый при отрицательном влиянии риска, определяется по 10-балльной шкале, где 1 балл обозначает отсутствие последствий, а 10 баллов – критическое последствие. Ранг при оценке возможностей, которые могут наступить при принятии риска организацией, определяется также по 10-балльной шкале, но со знаком минус. Это сделано для того, чтобы дифференцировать два вида рисков, и, применяя отличие в знаке ранга, оценивать отрицательные и положительные риски одновременно. Так, при оценке возможностей по шкале значимости, (-1) балл обозначает отсутствие последствий, а балл (-10) – очень благоприятное влияние при наступлении риска.

Интерпретировать числовое значение риска предлагается с применением блок-схемы, представленной на рисунке 2, с помощью которой можно достаточно точно определить вид риска и назначить ему статус «неприемлемый», «приемлемый», «приемлемый риск-возможность».

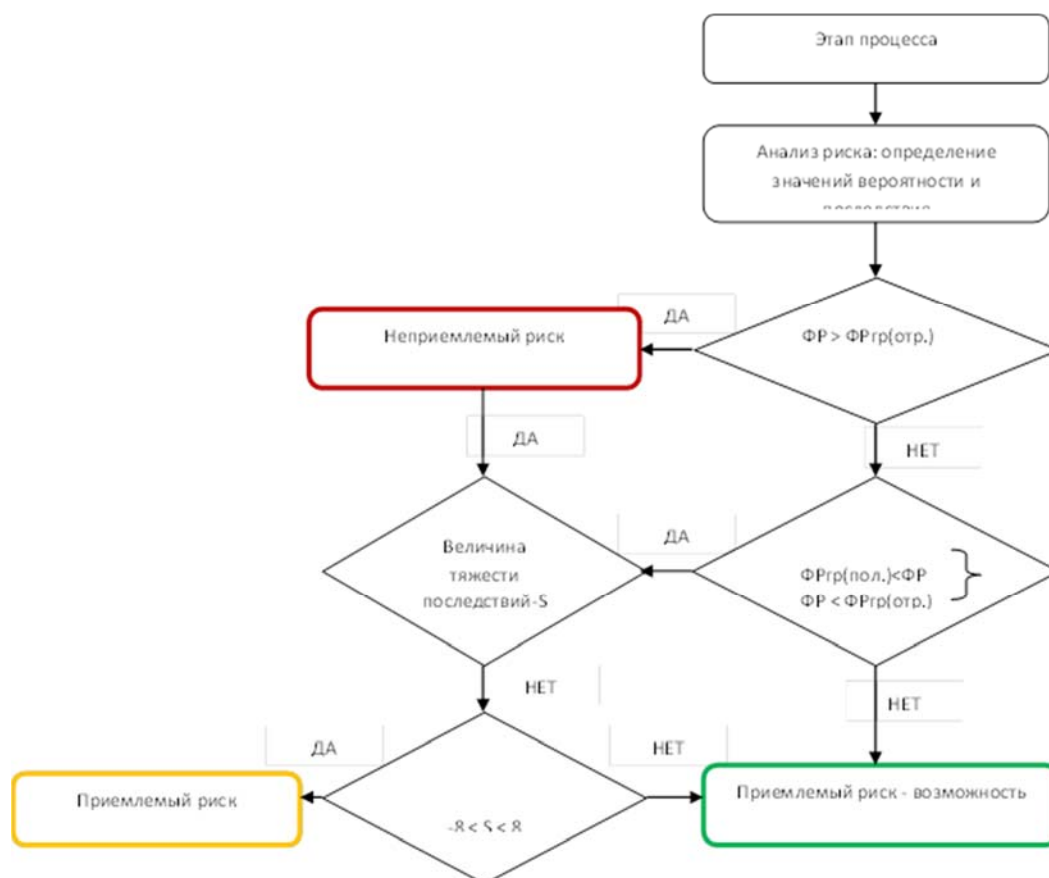


Рисунок 2. Интерпретация числового значения риска



Таким образом, разработанная мною методика в области риск-менеджмента позволяет оценить риски и возможности, оказывающие влияние на деятельность организации в рамках СМК, и использовать полученную оценку при планировании реагирования на рискованные события.

#### Библиографический список

1. ГОСТ ISO 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования.
2. ГОСТ ISO 31000:2009 Менеджмент риска – Принципы и руководящие указания
3. Васин, С. М. Управление рисками на предприятии : учеб. пособие / С. М. Васин, В. С. Шутов. – Москва : КНОРУС, 2010. – 304 с

Научный руководитель: Василега Д.С., канд.техн.наук, доцент.

### **Инновационные методы управления качеством**

*Павлик Н.Б.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск*

Инновация определяется как принципиально новое решение или свежая идея в области технологий, а также техники управления и организации труда. Основная цель - повысить качество продукции, сделать производство максимально эффективным.

Российские компании в условиях кризиса уделяют все больше внимания инновациям в сфере управления и организации производства в противовес техническим нововведениям, требующих больших инвестиций. Инновационные методы управления - это методы управления целостной структурой системы с использованием нововведений в основных функциях управления, которые позволяют системам эффективно реализовывать собственную стратегию, повышать конкурентоспособность и приводят к устойчивому развитию организации. Переход к новой, инновационной системе управления должен обеспечить рост эффективности производства и достижение социального прогресса.

Стандартные методы управления - это методы, прочно укрепившиеся в организационной системе. Современная тенденция рынка такова, что в основе любой инновации лежит ориентация на потребителя. В условиях современной экономики любой организации для существования и долгосрочного успеха необходимо соответствовать требованиям и превосходить ожидания своих заказчиков. Часто при выходе на новые рынки организация вынуждена отступать от существующих методов в управлении и

находить принципиально новые. Следует также отметить, что внедрение инновационных методов управления выполняет функцию санации, то есть отодвигает на второй план неактуальные в существующем контексте организации методы управления [1]. На языке менеджмента это означает необходимость выстраивать систему управления бизнес-процессами таким образом, чтобы получить продукцию с наилучшим соотношением таких факторов как цена, качество и сроки.

Многие российские организации обращаются к концепциям производственных систем, получивших широкое распространение за рубежом: Теория ограничений Голдрата, Шесть Сигм, Бережливое производство и другие.

Теория ограничений в целом предлагает концентрацию ресурсов компании только на основных моментах - ограничениях системы. На том, что сдерживает систему от реализации ее максимального потенциала. Теория ограничений систем - это набор инструментов, правил, методик решения проблем. При таком подходе достигается быстрый, эффективный и наглядный результат [2].

Система Шесть Сигм - система настройки регулярных бизнес-процессов на снижение всех типов дефектов и потерь с помощью последовательного выполнения проектов по устранению корневых причин дефектов на основе количественных исследований процессов [3].

Бережливое производство - это концепция управления компанией, где главной идеей является постоянное стремление к совершенствованию. Внедрение бережливого производства представляет собой глубокую трансформацию мышления и культуры организации. Ключевыми рычагами являются оптимизация процессов, постоянное совершенствование и изменение ценностей [4].

Одним из самых перспективных направлений инновационного развития системы управления является внедрение бережливого производства. Бережливое производство получает все большую популярность в России. Можно отметить, что за последние несколько лет была выпущена серия стандартов по бережливому производству.

Бережливое производство рассматривается также как комплекс инструментов, например, картирование потока создания ценности, диаграмма «спагетти», система рационализации рабочего места 5S, методика быстрой переналадки SMED, карточки канбан и другие.

Внедрение бережливого производства в организации должно проходить системно, и, как правило, рассматривается как проект. Причиной запуска проекта должен стать так называемый кризис, например, невыполнение заказов в срок, высокий уровень дефектов и т.п. Исходя из причины, формулируется цель и «дорожная карта».

В организации, которая ранее не применяла концепцию бережливого производства в своей деятельности, целесообразно внедрять ее постепенно, выделяя в структуре предприятия так называемые «пилотные участки».

Началом работ на каждом «пилотном участке» должно быть описание существующего положения, как с качественной, так и с количественной точки зрения. Это может быть наблюдение за одним станком, оператором или рабочим местом с фиксацией осуществляемых действий, их длительности. Впоследствии могут быть рассчитаны чистое машинное время, время переналадок, время, затраченное на перемещение оператора и другие количественные характеристики. Их дополняют маршруты движения деталей и операторов, рациональность расположения оснастки и оборудования и любые другие детали, которые могут стать источником потерь.

В виду вариабельности любых процессов, для получения репрезентативных данных имеет смысл повторить наблюдения несколько раз. После обработки данных и выявления потерь необходимо определить мероприятия по сокращению потерь. Это могут быть организационные и технические мероприятия, поэтому важно включить в рабочую группу менеджеров и производственный персонал (технологов, мастеров, операторов и т.д.). Целесообразно выделить координатора проекта, который 100% своего времени будет уделять ведению проекта по бережливому производству.

Адаптация инструментов и механизмов внедрения принципов будет происходить постепенно. Многие эксперты рекомендуют начинать с внедрения системы 5S как залога формирования культуры производства. В каждом отдельном случае рационализация рабочего места может сопровождаться и другими мероприятиями, в зависимости от выявленных потерь.

Для вовлечения персонала всех уровней в процесс оптимизации важно получить быстрые результаты и продемонстрировать выгоду устранения потерь для каждого сотрудника. К основным результатам, которые можно увидеть уже в начале реализации проекта, можно отнести наведение порядка в производственных подразделениях, осознание сотрудниками всех уровней необходимости не скрывать проблемы. Даже небольшое изменение мышления способно во многом предопределить долговременный успех организации.

Инновационные методы являются некими кирпичиками, благодаря которым организация может построить собственное здание системы управления качеством. Но стоит учитывать то, что не каждый метод может подойти любой организации. Эффективное применение инновационных методов позволяет преодолевать количественную ограниченность людских и природно-естественных ресурсов, создавая условия длительной положительной динамики экономического развития.

#### Библиографический список

1. Забродин, А. Ю. Стратегии и принципы инновационного управления компаниями инвестиционно-строительной сферы / А. Ю. Забродин. - М: Молодой ученый, 2011. - с. 130-132.
2. Детмер, У. Теория ограничений Голдратта: Системный подход к непрерывному совершенствованию. М.: Альпина Паблишер, 2012.

3. Казинцев, А. Полное Определение системы Шесть Сигм [Электронный ресурс] / Александр Казанцев // Шесть Сигм: Коротко о главном. URL: [http://actually.pro/Report\\_samples/actually.pro-six-sigma.pdf](http://actually.pro/Report_samples/actually.pro-six-sigma.pdf) (дата обращения 08.04.2017)

4. Лайкер, Д. Дао Toyota: 14 принципов менеджмента ведущей компании мира. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005.

Научный руководитель: Плотникова И.В., канд. техн. наук, доцент.

### FMЕА-анализ на производстве сырокопченых колбас

Пасечник Я.В., Тарасова Е.Ю., Кривошеева Д.А.

Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, г. Омск

FMЕА – методология проведения анализа и выявления наиболее критических шагов производственных процессов с целью управления качеством продукции.

Для FMЕА-анализа создается специальная команда. Значения *A*, *E*, *B*, *RPZ* определяется экспертным и расчетным методами.

Сбор материала производился в ИП Маркер К. С. путём опроса технологов, анализа качества самой продукции, а так же использования литературных и электронных источников по качеству данной продукции.

Таблица 1

Перечень отклонений при производстве сырокопченной колбасы

Отклонение	Причины	Последствия	A	B	E	RPZ
Биологическая опасность	Обсеменение мясного сырья	Острая инфекционная болезнь	10	1	1	10
	Обсеменение вспомогательного сырья					
Микробиологическая опасность	Обсеменение	Отравление	7	2	4	56
		Острое отравление	9	2	4	72
<b>Химическая опасность</b>						
Токсические элементы	-загрязнения окружающей среды -оборудование, инструменты и контейнеры для приготовления, обработки и хранения -вода -химикаты, применяемые в сельском хозяйстве	Острое отравление	10	1	1	10

Нитриты	- вода - условие хранения - человеческий фактор		10	1	1	10
Нитрозамины	- технологическая обработка		10	1	1	10
Антибиотики	- ветеринарные препараты	Аллергенное действие, дисбактериоз	6	2	3	36
Пестициды	- условия хранения, транспортировки	Токсическое действие	10	1	1	10
Афлатоксин В1	- недоброкачественное сырье	Острое отравление	9	2	1	18
		Хронический афлатоксикоз	6	2	1	12
<b>Физические факторы</b>						
- Строительные материалы - Личные вещи.	- человеческий фактор - условия производства	Несущественная опасность	4	1	1	4
- Бумага и упаковочные материалы; - Отходы жизнедеятельности персонала; - Птицы, грызуны, насекомые и отходы их жизнедеятельности	- человеческий фактор - условия производства	Опасности нет	3	2	5	30
Металлические детали	- человеческий фактор - условия производства	Несущественная опасность	4	1	1	4
Осколки стекла.	- человеческий фактор - условия производства	Поражение внутренних органов	7	1	1	7
<b>Технологические факторы</b>						
Разрыв оболочки	Плотная набивка	Опасности нет	2	9	7	<b>126</b>
Загрязнение жиром, сажой, пеплом	- Условие копчения - Человеческий фактор	Опасности нет	1	5	6	30
Плесень (в толще батона)	-Повышенная влажность - Условие хранения	Отравление	5	8	6	<b>240</b>
Слизь на оболочке		Опасности нет	4	8	3	96
Закал	- температурно-влажностные показатели	Опасности нет	3	7	4	84
Неравномерный цвет	- температурно-влажностные показатели - обсеменение микроорганизмами	Отравление	5	8	5	<b>200</b>
Воздушные пустоты, пористость	Шприцевание оболочки	Опасности нет	3	8	4	96
Прогорклость	Сильное световое воздействие	Опасности нет	5	10	6	<b>300</b>

Коэффициент риска потребителя  $RPZ=BxAxE$  рассчитан в таблице 1.  $RPZ$  будет больше 100...120 (переходы повышенного риска) – № 1.

**Причины отказов, у которых самый большой  $RPZ$ :**

- Разрыв оболочки: для решения данной проблемы требуются специалисты ( $E=7$ ): необходима настройка автоматизированного оборудования, мониторинг работы оборудования.
- Плесень (в толще батона): данный дефект может вызвать кишечное отравление ( $A=5$ ). Для сырокопченых колбас это часто встречаемый дефект –  $B=8$ . Обнаружение дефекта требует специальной процедуры контроля. Необходимы контроль влажности при созревании и сушке, соблюдение условий хранения ( $E=6$ ).
- Неравномерный цвет: данный дефект, может вызвать отравление, так как является следствием обсеменения м/о, по причине не соблюдения температурно-влажностных показателей. Необходимо соблюдение требуемых показателей при созревании, сушке и хранении.
- Прогорклость: необходим предварительный контроль поставляемого шпика, и выдержка световых режимов.

Основным требованием ИСО 9001-2015 является наличие статистических методов на производстве. Одним из таких методов является FMEA-анализ, который снижает общий уровень рисков. Проводя FMEA-анализ предприятие видит свои риски, которые могут снизить его конкурентоспособность. Это дает производителям продукции возможность своевременно проводить корректирующие мероприятия по устранению несоответствий.

**Библиографический список**

1. Карлова К.А., Ленивкина И.А. Анализ характера и последствий риска при производстве варёной колбасы в ООО «Сибирские мясные продукты» - .Сб. – Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2016. – 190 с.
2. Анализ видов, последствий и причин потенциальных несоответствий (FMEA) - [Электронный ресурс] - ООО «Новое качество», Режим доступа: [www.new-quality.ru](http://www.new-quality.ru)

Научный руководитель: Тарасова Е. Ю., к.т.н., доцент.

**Метрологическое обеспечение научно-образовательного процесса**

*Петрова Е.И., Тарасова Е.Ю.*

*Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, г. Омск*

В настоящее время, в условиях жестких требований, предъявляемых к высшим учебным заведениям, актуальным является создание постоянно функционирующей системы метрологического обеспечения, позволяющей получить достоверные результаты научных экспериментов.

Изменение нормативной базы определило систему метрологического обеспечения как комплекс организационных форм, методических приемов и материальных объектов, обеспечивающих реализацию метрологического обеспечения объекта на протяжении всего его жизненного цикла.

Работы по метрологическому обеспечению осуществляют метрологические службы организаций.

Метрологическое обеспечение научно-образовательной деятельности включает в себя выполнение следующих работ:

Метрологическое обеспечение в университете включает в себя следующие виды работ:

- составление графика поверки средств измерений, организация и контроль поверки и аттестации средств измерений;
- учет имеющихся в парке организации средств измерений;
- анализ обеспеченности учебного процесса средствами измерений;
- разработка и реализация мероприятий, направленных на совершенствование метрологического обеспечения;
- обеспечение точности и достоверности полученных результатов измерений;
- проведение мероприятий по созданию и внедрению современных методик выполнения измерений и средств измерений, установление рациональной номенклатуры применяемых средств измерений;
- метрологический надзор за состоянием и применением средств измерений и соблюдением метрологических правил и норм [1].

Средства измерений, используемые работе университета, по области применения условно можно разделить на средства измерений, применяемые в учебном процессе, средства измерений, применяемые при проведении научно-исследовательских работ, и на средства измерений, применяемые в хозяйственных целях.

По состоянию средства измерений в университете можно выделить работоспособные, находящиеся на консервации, неработоспособные (подлежащие ремонту или списанию).

Применение средств измерений в учебном процессе направлено, в первую очередь, на формирование первичных навыков работы на оборудовании, усвоения принципа и алгоритма работы. Учебные средства измерений не относятся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, поэтому могут подвергаться поверке в добровольном порядке.

Для обеспечения учебного процесса необходимыми средствами измерений в университете необходим регулярный учет и проверка работоспособности имеющихся учебных средств измерений, что позволит своевременно ремонтировать или списывать пришедшие в негодность СИ, приобретая взамен новые.

Иначе обстоит дело со средствами измерений, используемыми для проведения различных научных исследований. Они попадают по сферу государственного обеспечения единства измерений и должны быть утвер-

жденного типа и поверены в установленном порядке. Использование не поверенных средств измерений ставит под сомнение результаты проведенных научных исследований, поэтому необходимость подтверждения соответствия средства измерений не подлежит сомнению [2].

Таким образом, метрологическое обеспечение научно-образовательной деятельности должно в определенной степени обеспечивать качество результатов измерений. При этом затраты на метрологическое обеспечение научно-образовательной деятельности должны соответствовать масштабам организации, сложности технологических циклов и в конечном счете не только окупаться, но и приносить доход.

#### Библиографический список

1. Петрова Е.В. Метрологическое обеспечение на предприятии / Е.В. Петрова, Д.С. Александрова, Е.И. Петрова // Инновации, качество и сервис в технике и технологиях. Сборник научных трудов 6-ой Международной научно-практической конференции. Горохов А.А. (отв. ред.). - 2016. - С. 221-223.

2. Федеральный закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ.

#### **Определение критериев для оценки управления стандартизацией в вузе**

*Пятилетова Д.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Стандартизация – это деятельность, которая связана с разработкой, опубликованием и применением стандартов, которые устанавливают правила, нормы и характеристики чего-либо, в целях обеспечения безопасности продукции, услуг и работ [1]. Из определения следует, что стандартизация устанавливает нормы, правила и требования, которые необходимы для качественного функционирования всех систем предприятия. Но чтобы определить уровень стандартизации на предприятии, необходимо найти критерии, по которым и будет оцениваться этот уровень.

Ключевые слова: стандартизация, управление стандартизацией, документация, записи, документированная информация, управление качеством, анкета, анкетирование, открытое анкетирование, закрытое анкетирование, полужакрытое анкетирование.

Основная проблема в области стандартизации – это «качественное» внедрение и функционирование стандартизации в организации. Что это значит?

Дело в том, что нередко встречаются случаи, когда внедренная в организацию стандартизация недостаточно эффективна, что приводит к



ошибкам в процессах организации – это влечет за собой финансовые потери и упадок репутации организации на мировом рынке. Именно поэтому необходимо оценивать уровень стандартизации, чтобы вовремя избавиться от ошибок в процессах организации, тем самым поддерживать и повышать качество выполняемой работы, производимой продукции и оказанной услуги. Проблема с качеством внедрения и функционирования стандартизации характерна и для вуза.

Одним из способов оценки уровня стандартизации в организации является анкетирование. Анкетирование – это самый распространенный вид опроса, где общение между исследователем и респондентом представлено в виде анкеты. Анкета – это группа вопросов, которая объединена одной темой. Эти вопросы служат для выявления количественных и/или качественных характеристик предмета (объекта) исследования. Анкеты бывают трех видов: закрытые, когда даются варианты ответа; открытые, когда варианты ответа отсутствуют; полужакрытые. Анкета, кроме вопросов, должна содержать в себе титульный лист или шапку, где указывается название анкеты, связанное с темой анкетирования [2].

Следует заметить, что в законе «О стандартизации в Российской Федерации» статья 4 «Принципы стандартизации», указывает, что стандартизация в РФ основывается на документах по стандартизации [3]. Значит, документированная информация (документы и записи) является одним из главных компонентов для повышения качества стандартизации. Под определением «документированная информация» следует понимать информацию, которая зафиксирована на материальном носителе вместе с реквизитами, что позволяют ее идентифицировать. Документированную информацию относят к системе менеджмента качества и ее процессам, а также к документации, которая представляет собой созданную для функционирования организации информацию, и записям, что являются свидетельством достижения желаемого результата [4]. Из всего этого можно сделать вывод, что проблемы стандартизации в основном могут быть связаны с документацией в вузе, например, не задокументированы все выполняемые процессы, документы противоречат друг другу, невозможно по каким-либо причинам воспользоваться документом (нет в наличии или утерян) и прочее.

Таким образом, исходя из сказанного выше, был разработан ряд вопросов для проведения открытого, анонимного анкетирования в вузе. Анкета «Определение критериев для оценки управления стандартизацией в вузе» содержит следующие вопросы к эксперту:

1. Руководствуетесь ли вы нормативными документами в своей работе (законы, стандарты, инструкции)?
2. Как часто вы имеете дело (работаете) с документацией?
3. Возникают ли у вас какие-либо проблемы при работе с документацией в бумажном варианте? Если «да», то какие именно?
4. Можете ли вы справиться с возникшими проблемами при работе с документацией в бумажном варианте самостоятельно или прибегаете к чьей-либо помощи?

5. Много ли времени уходит на решение проблем с документацией в бумажном варианте?

6. Возникают ли у вас какие-либо проблемы при работе с документацией в электронном варианте? Если «да», то какие именно?

7. Можете ли вы справиться с возникшими проблемами при работе с документацией в электронном варианте самостоятельно или прибегаете к чьей-либо помощи?

8. Много ли времени уходит на решение проблем с документацией в электронном варианте?

9. Имеются ли какие-либо несоответствия/недочеты в самом документе (орфографические, синтаксические, стилистические, смысловые и прочие)? Если «да», то какие именно?

10. Влияют ли эти несоответствия/недочеты в документах на вашу работу? Если «да», то как именно?

11. Достаточно ли документировано управление процессами в вузе?

12. Насколько по десятибалльной шкале вы бы оценили состояние документации в вузе?

Анкета для открытого анкетирования представлена на рисунке 1.

<b>АНКЕТА</b> <b>«Определение критериев для оценки управления стандартизацией в вузе»</b>	
1. Руководствуетесь ли вы нормативными документами в своей работе (законы, стандарты, инструкции)? Ответ: _____ _____	7. Можете ли вы справиться с возникшими проблемами при работе с документацией в электронном варианте самостоятельно или прибегаете к чьей-либо помощи? Ответ: _____ _____
2. Как часто вы имеете дело (работаете) с документацией? Ответ: _____ _____	8. Много ли времени уходит на решение проблем с документацией в электронном варианте? Ответ: _____ _____
3. Возникают ли у вас какие-либо проблемы при работе с документацией в бумажном варианте? Если «да», то какие именно? Ответ: _____ _____	9. Имеются ли какие-либо несоответствия/недочеты в самом документе (орфографические, синтаксические, стилистические, смысловые и прочие)? Если «да», то какие именно? Ответ: _____ _____
4. Можете ли вы справиться с возникшими проблемами при работе с документацией в бумажном варианте самостоятельно или прибегаете к чьей-либо помощи? Ответ: _____ _____	10. Влияют ли эти несоответствия/недочеты в документах на вашу работу? Если «да», то как именно? Ответ: _____ _____
5. Много ли времени уходит на решение проблем с документацией в бумажном варианте? Ответ: _____ _____	11. Достаточно ли документировано управление процессами в вузе? Ответ: _____ _____
6. Возникают ли у вас какие-либо проблемы при работе с документацией в электронном варианте? Если «да», то какие именно? Ответ: _____ _____	12. Насколько по десятибалльной шкале вы бы оценили состояние документации в вузе? Ответ: _____ _____
	<i>Спасибо за ответы!</i>

Рисунок 1. Анкета «Определение критериев для оценки управления стандартизацией в вузе»

Данное открытое анкетирование поможет определить критерии, по которым в дальнейшем и будет оцениваться уровень стандартизации в вузе.

#### Библиографический список

1. Стандартизация [Электронный ресурс]: URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/469560> (Дата обращения: 07.03.2017)
2. Anketolog.ru [Электронный ресурс]: URL: <https://blog.anketolog.ru/2014/09/voprosy-dlja-ankety-vidy-i-primery//> (Дата обращения: 08.03.2017)
3. Федеральный закон от 29.06.2015г. №162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». – М.: 1997
4. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Система менеджмента качества. Требования. – М.: Стандартиформ, 2015
5. Повышение результативности стандартизации в организациях на основе совершенствования процедуры внедрения норм, требований и правил. Диссертация/А.Ю. Газизулина. – Санкт-Петербург, 2016
6. ISO 9001 Разработка, внедрение, сертификация, улучшение системы менеджмента качества. Практическое руководство для специалистов по качеству. – СПб.: ООО «Издательство Форум Медиа», 2006-2016
7. Лекции. Современные проблемы стандартизации и метрологии [Электронный ресурс]: URL: <http://gorskigau.ru/Portals/0/>(Дата обращения: 10.03.2017)

Научный руководитель: Тверяков А.М., к.т.н., доцент.

### **Standardisierung - der Garant für die Qualität der Produkte**

*Темпель О.А., Темпель Ю.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Standardisierung ist eine Tätigkeit, über die Anwendung von einheitlichen Anforderungen und Regeln auf freiwilliger Basis gegründet. Auf den Unternehmen werden verschiedene Standardsarten verwendet, um qualitativ hochwertige Produkte und effiziente und optimale Betrieb des Unternehmens als Ganzes zu schaffen.

Eine Norm ist ein Dokument, das Anforderungen an Produkte, Dienstleistungen oder Verfahren festlegt. Sie schafft somit Klarheit über deren Eigenschaften, erleichtert den freien Warenverkehr und fördert den Export. Sie unterstützt die Rationalisierung und Qualitätssicherung in Wirtschaft, Technik, Wissenschaft und Verwaltung. Sie dient der Sicherheit von Menschen und Sachen sowie der Qualitätsverbesserung in allen Lebensbereichen [1].

Die Kenntnis entsprechender Normen, Standards oder Regeln, sowie deren richtiger Einsatz, ist unter den heutigen Marktbedingungen für jedes Unternehmen ein nicht zu unterschätzender wirtschaftlicher Faktor. Normen schaffen Effizienz bei Produktionsabläufen und sorgen durch eine gleichbleibende sowie vergleichbare Produktqualität für Vertrauen bei den Endverbrauchern. Darüber hinaus stehen Normen unter rechtlichen Aspekten für mehr Sicherheit – Hersteller erreichen bei Anwendung und Einhaltung von Normen ein hohes Maß an rechtlicher Absicherung [2].

Innovationen und technischer Fortschritt bei Beachtung gesetzlicher Vorgaben sind die Triebfedern zur systematischen Verbesserung von Leistung und Qualität bei Produkten und Dienstleistungen.

Zum Beispiel, in Deutschland gibt es einen DIN-Ausschuss Normenpraxis (ANP) ein wichtiges Forum für den Erfahrungsaustausch aller an der Normung interessierten Kreise. Der ANP besteht aus Normungsfachleuten von DIN und einem Netzwerk von über 400 aktiven Normungsexperten aus Betrieben in ganz Deutschland, die in Regional- bzw. Projektgruppen organisiert sind. Die Mitglieder des ANP pflegen einen regen Erfahrungsaustausch und arbeiten an der Lösung aktueller Probleme aus dem Normungsumfeld [2].

Also, die Norm anwendet zur Verfügung zu stellen um qualitativ hochwertige Produkte. Außerdem, Standardisierung bietet der Lösung aktueller Probleme aus dem Normungsumfeld.

#### Referenzen

1. Information vor Ort: [http:// www.din.de/de/ueber-normen-und-standards/ basiswissen](http://www.din.de/de/ueber-normen-und-standards/basiswissen)
2. Information vor Ort: [http:// www.din.de/de/ueber-normen-und-standards/ anwenden](http://www.din.de/de/ueber-normen-und-standards/anwenden)

Научный руководитель: Зольникова Ю.В., к.ф.н., доцент, ТИУ

#### **Показатели качества металлорежущего инструмента со сменными многогранными пластинами (СМП)**

*Фёдорова А.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Применение металлорежущего инструмента со сменными многогранными пластинами (СМП) позволяет повысить эксплуатационные качества инструмента, обеспечивает значительную экономию дефицитных режущих материалов. А также создаются благоприятные условия для широкого применения более износо- и теплостойких режущих материалов.

Токарные резцы со сменными многогранными пластинами, которые показаны на рисунке 1, предназначены для выполнения различных операций на станках с числовым программным управлением (ЧПУ), на гибких производственных модулях (ГПМ) и гибких производственных системах (ГПС), а также на станках токарной группы с ручным управлением.



Рисунок 1. Токарные резцы со сменными многогранными пластинами

Согласно стандарту ГОСТ 19042-80 сменные многогранные пластины разделяют на режущие, опорные и стружколомы. Появление сменных многогранных пластин свидетельствует о новом этапе в инструментальном обеспечении металлорежущих станков.

Преимущества сменных многогранных пластин:

1. Многократное использование державок - Уменьшение стоимости режущего инструмента. Повышение качества и надежности инструмента

2. Отсутствие переточки - Повышение качества пластин. Сокращение заточного оборудования, площадей, числа рабочих-заточников. Сокращение стоимости эксплуатации инструмента. Уменьшение расхода абразивных материалов

3. Сокращение времени смены инструмента - Снижение периода экономической стойкости. Интенсификация режимов резания и повышение производительности труда

4. Формирование передней грани на стадии изготовления пластины - Обеспечение устойчивого дробления стружки. Повышение качества инструмента. Сокращение стоимости эксплуатации.

5. Отсутствие пайки - Повышение качества пластин. Уменьшение стоимости и трудоемкости изготовления инструмента. Сокращение расхода припоя [1].

На стадиях изготовления и эксплуатации режущего инструмента необходимо использование экспериментальных методов определения показателей качества .

На сегодняшний день существует большая номенклатура показателей качества металлорежущего инструмента с СМП.

1. Показатели качества металлорежущего инструмента с СМП второго уровня - прочность, износостойкость.

2. Показатели качества металлорежущего инструмента с СМП третьего уровня - безотказность, долговечность, ремонтпригодность оцениваются с помощью наблюдений или организации специальных испытаний в реальных производственных условиях. При сравнительной оценке качества в испытаниях одновременно участвует и базовый вариант инструмента, относительно которого оцениваются относительные показатели отдельных свойств. Обобщенная оценка качества выполняется на основании абсолютного или относительного интегрального показателя качества, представляющий собой отношение полезного эффекта от эксплуатации металлорежущего инструмента к суммарным затратам на его создание и эксплуатацию. Полезный эффект от эксплуатации инструмента выражается производительностью обработки. Основные свойства надежности - безотказность, долговечность и ремонтпригодность оцениваются показателями - средним периодом стойкости, средним числом периодов стойкости, средним временем восстановления соответственно. На надежность СМП из твердых сплавов сборных инструментов оказывают влияние физико-механические характеристики твердых сплавов, форма и тип используемых СМП, схемы базирования и крепления, режимы резания. Улучшение эксплуатационных свойств металлорежущего инструмента неизбежно связано с увеличением затрат на его создание. Одним из путей повышения эффективности использования инструмента является обоснование целесообразного уровня показателей надежности с учетом возрастающих затрат на его производство.

Чтобы повысить качество обработки, обеспечив при этом экономичность и высокую производительность резания, следует глубоко изучить и понять сущность физико-химических явлений, происходящих при обработке наружных и внутренних поверхностей заготовки. Только в этом случае можно разработать наиболее эффективную технологическую схему обработки детали [2].

Изучение всего многообразия явлений, происходящих при резании материалов, показывает, что для достижения оптимальных параметров обработки, следует учитывать наличие основных составляющих, оказывающих влияние на ход процесса, таких как:

- структура и вид материала, из которого изготовлена заготовка;
- особенности инструмента;
- способы и условия обработки.

Для получения более точных количественных характеристик обрабатываемости материала, для их последующего сопоставления важно максимально использовать равные параметры и условия обработки, наиболее часто применяемые при работе с данными классами материалов и инструмента.

Режущие качества инструмента определяются его возможностями выполнять операции резания материалов. Чтобы охарактеризовать и сравнить режущие свойства инструмента наиболее точно, следует выбрать некоторое количество заготовок одного типа, прошедших обработку данным инструментом, и обозначить основные параметры. Требования: точность выполняемых формы и размеров, качество поверхности, эффективность, стойкость, прочность, технологичность, экономичность, себестоимость [3].

При рассмотрении показателей качества металлорежущего инструмента со сменными многогранными пластинами были определены показатели качества такие как: прочность, износостойкость, безотказность, долговечность, ремонтпригодность. После определения показателей качества металлорежущего инструмента со сменными многогранными пластинами можно сделать вывод: Чем лучше производитель определит показатели качества, тем эффективнее можно проводить оценку качества металлорежущего инструмента.

#### Библиографический список

1. Артамонов Е.В., Василега Д.С., Остапенко М.С., Тверяков А.М. Определение температуры максимальной работоспособности сменных-режущих твердосплавных пластин. - Тюмень 2016.

2. Повышение эффективности механической обработки на основе оценки качества применения металлорежущего инструмента Остапенко М.С. диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Тюменский государственный нефтегазовый университет. Тюмень, 2013.

3. Артамонов Е.В., Василега Д.С., Остапенко М.С., Клочков Ю.С. Методика оценки качества применения сборного режущего инструмента.- Самара 2016.

Научный руководитель: Остапенко М.С., к.т.н. доцент.

#### **Контроль качества водки на всех этапах ее производства в производственной испытательной лаборатории ООО «Омсквинпром»**

*Черноиванова Е.А., Шорохова А.В.*

*ООО «Омсквинпром», г. Омск*

Производство водок, водок особых состоит из технологических процессов подготовки воды, производства полуфабрикатов – приготовление спиртованных настоев, ароматных спиртов, смешения спирта с подготовлен-

ной водой с последующей обработкой водно-спиртового раствора активным углем, внесением ингредиентов (согласно рецептуре) и фильтрацией.

Водка представляет собой прозрачную бесцветную жидкость без посторонних включений и осадка с характерным водочным ароматом и вкусом, выпускается по ГОСТ 12712-2013 [1].

Основным сырьём для производства водки является: спирт этиловый ректифицированный «Люкс», вода питьевая исправленная, спиртованные настои, натрий двууглекислый, кислота лимонная, сахар.

Спирт, сахар, растительное сырье и другие компоненты поступают на завод от проверенных поставщиков, проходят проверку нормативной документации, лабораторные испытания и только после положительных результатов испытаний допускаются к производству. Для производства водок и водок особых используется исправленная вода, ее получают непосредственно на заводе с помощью системы водоподготовки. Система водоподготовки включает освобождение от механических примесей, удаление растворенных органических соединений и свободного хлора через карбоновый фильтр, умягчение на Na-катионовом блоке, тонкую очистку (5мкм), глубокую очистку методом обратного осмоса. В полученной воде контролируются такие показатели, как щелочность, жесткость, рН, окисляемость, электропроводность, дегустационная оценка и др. Спиртованные настои получают путем настаивания измельченного растительного сырья в водно-спиртовом растворе. На этом этапе контролируется крепость полученного настоя.

Приготовление водки включает в себя этапы:

1) приготовление сортировки путем смешивания исправленной воды и спирта. На этом этапе контролируется крепость.

2) Охлаждение сортировки и обработка сортировки через угольную систему. Контролируется разность в дегустационной оценке, разность окисляемости, массовая концентрация токсичных веществ.

Токсичные микропримеси определяют с помощью газохроматографического экспресс-метода. Метод основан на хроматографическом разделении микропримесей в образце водки и последующем их детектировании пламенно-ионизационным детектором. Продолжительность анализа - 15-25 мин [2].

3) внесение ингредиентов и перемешивание. На этом этапе контролируется крепость.

4) Фильтрация через фильтры тонкой очистки. Контролируется крепость, щелочность, прозрачность, массовая концентрация токсичных веществ.

После этих этапов водка считается готовой. Каждая емкость готовой водки получает дегустационную оценку.

В состав дегустационной комиссии завода входят директор по качеству, начальник службы качества, главный технолог, заведующая лабора-



торией, начальник технологического участка производства алкогольной продукции, технолог технологического участка производства алкогольной продукции. Все члены дегустационной комиссии являются специально обученными экспертами-дегустаторами.

Готовая водка поступает на линии розлива. В цехе розлива перед запуском линий лаборантом контролируется крепость, остальные показатели контролируются непосредственно в лаборатории. С линии розлива отбираются арбитражные образцы для повторного анализа готовой, укупоренной продукции, а также образцы для хранения в случае возникновения спорных ситуаций [3].

Лаборатория ООО «Омсквинпром» является аккредитованной. Персонал лаборатории включает в себя 20 работников, соответствующих всем критериям аккредитации. Персонал лаборатории ежегодно участвует в МСИ, показывая удовлетворительные результаты.

Таким образом, на всех этапах производства водки заводом «Омсквинпром» осуществляется контроль качества. Потребитель может быть уверен в безопасности выпускаемой продукции и ее высоком качестве.

#### Библиографический список

1. ГОСТ 12712-2013 Водки и водки особые. Общие технические условия. - М.: Стандартинформ, 2014. – 3 с.
2. ГОСТ 32035-2013 Водки и водки особые. Правила приемки и методы анализа. - М.: Стандартинформ, 2014.
3. Черноиванова Е.А. Внутрिलाбораторный контроль качества на ООО «Омсквинпром» // Современные научные исследования и разработки: сборник материалов международной научно-практической конференции. – Москва: НЦ «Олимп», 2017. – С. 33-36.

Научный руководитель: Тарасова Е.Ю., канд. техн. наук, доцент.

### **Современные проблемы управления качеством в производстве медоборудования**

*Чехлова И.И.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Статья посвящена современным проблемам менеджмента качества в производстве медицинского оборудования. Где говорится о преимуществе системного подхода к управлению качеством, который обеспечивает повышение доверия потребителей к безопасности изготавливаемых лекарств, увеличение рынка сбыта, привлечение иностранных инвесторов и улучшение

ние репутации организаций, производящих безопасную и качественную фармацевтическую продукцию. Любое современное предприятие медицинского оборудования и медицинских препаратов не обходится без выполнения определенных процедур по контролю качества и гарантией того, что выпускаемый товар соответствует требованиям национальных и международных стандартов[4].

На сегодняшний день на отечественных предприятиях фармацевтического профиля развивается СМК, которая основана на принципах, согласованных с соответствующими требованиями стандартов, и отвечающая настоящим нормативным и законодательным требованиям. Понятия «качество» и «безопасность» должны быть главными для всех фармацевтических предприятий. Рынок лекарственных и медицинских изделий в мире эффективно развивается, возрастает конкуренция, и, должны меняться требования к организации управления предприятиями, которые выпускают лекарственные средства, учитывая, что повышение конкурентоспособности является важной задачей фармацевтического предприятия[5].

Правила производства лекарственных средств устанавливают требования к системе управления качеством, контролю качества, персоналу, помещениям и оборудованию, документации, производству продукции и проведению анализов по контрактам, рекламациям, порядку отзыва продукции и организации самоинспекций. Анализ современного состояния вопроса о контроле качества свидетельствует, о том, что эта деятельность базируется на нескольких элементах, в том числе: методики, валидация, техническое обеспечение оборудованием, стандартные образцы, документирование, персонал [2].

Внедрение международных стандартов «Правил производства лекарственных средств» – это обязательное условие развития российской промышленности, включая предприятия, которые выпускают продукцию для здоровья. А проведение сертификации на соответствие правил производства лекарственных средств позволяет организациям повышать качество и конкурентоспособность производимой продукции. Работа предприятий по стандартам, соответствующих правилам производства лекарственных средств исключает нестабильность качества в процессе производства и хранения. Правила производства лекарственных средств позволяют сертифицировать само производство, защитить потребителя от некачественной продукции.

В основе правил производства лекарственных средств лежит принципиально новейший подход к обеспечению уровня качества медицинских средств и препаратов, а именно: переход от контроля качества готовой продукции к обеспечению ее качества во время процесса производства. При этом объектом контроля является сам процесс изготовления и производственные факторы (персонал, оборудование, помещения, здания). То есть выпуск готовой продукции по стандартам GMP предполагает самоинспек-

цию – каждодневный внутренний контроль метода производства и качества выпускаемых медицинских изделий на основе производства соответствующего требованиям правилам производства лекарственных средств, выполняет расследование выявленных отклонений, несоответствий и жалоб, а также проводит контроль над изменениями. Проведенный анализ стандартов соответствующих требованиям правил производства лекарственных средств показывает, что они основываются на необходимости устранения негативных моментов в производственном процессе. Правила стандартов GMP имеют системный и предупреждающий характер. В области производства и управления, требования стандартов сводятся к положению, что фармацевтическое производство обязано иметь данные условия:

- квалифицированный персонал;
- достаточные и пригодные для работы помещения;
- надлежащее оборудование;
- соответствующие исходные материалы;
- утвержденные технологические регламенты и инструкции;
- подходящие условия складирования и транспорт;
- достаточные возможности и ресурсы для проведения контроля качества[9].

При разработке СМК на фармацевтическом производстве организация должна гарантировать, что работники и их задекларированные оформленные документы поддерживают продукцию, качество и действия руководства, которые необходимы для производства качественных медицинских изделий[7].

Тем самым можно смело сказать, что понимание системы гарантий качества фармацевтических средств и введение ее стандартов ликвидирует негативные моменты и решит проблемы управления качеством в производстве. Это положительно отразится на качестве выпускаемых лекарственных средств. А также внедрение стандартов, отвечающих требованиям GMP – это автоматическое признание качества производимой продукции на любом фармацевтическом рынке мира[6].

#### Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 522 49-2009. Правила производства и контроля качества лекарственных средств [Текст]. – Введ. 2010. – Москва: Стандартинформ, 2009.- 139 с.
2. ГОСТ ИСО 13485-2001. Изделия медицинские. Системы менеджмента качества. Системные требования для целей регулирования [Текст]. – Введ. 2013-05. Москва: Стандартинформ, 2009.– 55 с.
3. ГОСТ Р 7.0.8-2008. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления [Текст]. – Введ.2009.- Москва: Стандартинформ, 2008.-23 с.

4. Александровский А.А. Организация отдела контроля качества фармацевтической компании [Тест]/А.А. Алесандровский //Сибирский торгово-экономический журнал.- 2009.-№9. С.30-31.

5. Валеви́ч Р.П. Управление качеством товаров и услуг: учебное пособие [Тест]/ Р.П. Валеви́ч // Минск: БГЭУ, 2013.

6. Заика И. Т., Смоленцев В.М., Федунов Ю.П. Системное управление качеством и экологическими аспектами [Тест] / И.Т.Заика, В.М.Смоленцев, Ю.П. Федунов // Учебник / М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2014.

7. Кане М.М. Управление качеством продукции машиностроения. Учебное пособие [Тест] / М.М. Кане // под общ. ред. д-ра техн. наук Кане М.М. М.: Машиностроение, 2010.

8. Официальный сайт Росстандарта. URL: <http://gost.ru/wps/portal/pages/main/> дата обращения: 18 июля 2015 г.).

9. Сайт менеджмента качества. URL: <http://quality.eur.ru/> (дата обращения: (29 марта 2017 г.).

Научный руководитель: Остапенко М.С., канд. тех. Наук, доцент.

### **Актуальные проблемы управления качеством в ЦСМах**

*Штарнова О.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Проблемы обеспечения качества выпускаемой продукции и оказываемых услуг в настоящее время носит универсальный характер. От успешности решения этой проблемы, зависит многое в развитии любой отрасли промышленности или предприятий сферы услуг [1]. Но показатели качества, а также проблемы, связанные с выпуском качественной продукции, и оказанием качественных услуг все равно различны для каждой отрасли.

Региональные центры стандартизации и метрологии (ЦСМы) – федеральные бюджетные учреждения, ориентированные на развитие экономики регионов, защиту интересов государства и потребителей в сфере технического регулирования и обеспечения единства измерений [4]. Метрологическая деятельность ЦСМов – одно из основных направлений. В рамках этого направления, в центре определены процессы, обеспечивающие выполнение работ и оказание услуг, а так же их последовательность и взаимодействие. Управление процессами выполнения работ и предоставления услуг осуществляется посредством документированных процедур, установленных в документах СМК Центра, и включает в себя следующие процессы:

- оказание услуг по поверке и калибровке средств измерений;
- метрологическая экспертиза технической документации;

- разработка, экспертиза технических условий, стандартов организации, изменений к техническим условиям;
- изготовление стандартных образцов состава и свойств веществ;
- испытания продукции пищевой промышленности;
- управление документацией;
- управление записями;
- планирование и целеполагание;
- управление человеческими ресурсами;
- управление инфраструктурой;
- управление оборудованием и исходными эталонами;
- управление производственной средой;
- закупки;
- внутренние аудиты;
- корректирующие и предупреждающие действия;
- управление несоответствиями.

Одним из наиболее часто встречающихся процессов в большинстве ЦСМов является оказание услуг по поверке и калибровке средств измерений. Поверка средств измерений – совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям [2], [3]. Результатом поверки является документ «Свидетельство о поверке», в случае соответствия поверяемого средства измерений метрологическим требованиям, или «Извещение о непригодности к применению» в обратном случае. Дополнительно, в зависимости от требований нормативных документов, выдается протокол, содержащий все результаты измерений, полученные в ходе поверки.

Главной целью в области качества поверочной (калибровочной) деятельности является обеспечение высокого качества поверки (калибровки), получение точных, воспроизводимых, объективных результатов и защита прав потребителей от недостоверных измерений [4].

Политика качества центра в отношении поверочных работ, в первую очередь, направлена на мотивацию сотрудников, на добросовестное исполнение своих обязанностей. Необходимость в качественном выполнении работ, является получение объективных данных о соответствии средств измерений метрологическим требованиям, а не просто формальное получение документа о поверке. Поскольку поверяемые средства измерений используются в различных сферах, таких как здравоохранение, охрана окружающей среды, обеспечение безопасности на опасном производственном объекте, учет энергоносителей и так далее. Таким образом, применение неисправного прибора может привести к угрозе жизни и здоровью людей, техногенной аварии, значительным финансовым потерям и прочим последствиям.

В то же время, при отсутствии действующей системы качества в ЦСМах, работники, движимые только материальной выгодой, могут оформить подложное свидетельство о поверке, вовсе не выполняя поверочные

работы, либо значительно сократить выполняемые при поверке операции. При этом, характерной особенностью оказания услуг по поверке средств измерений, является то, что потребитель в большинстве случаев не сможет определить, что по факту работы выполнены некачественно, поскольку фактически заказчик получает документ, а были ли проведены работы остается на совести поверителя. Более того, могут поступать незаконные просьбы со стороны заказчика «Просто выписать свидетельство» за материальное вознаграждение. Таким образом, мы установили одну из проблем свойственных именно ЦСМам – человеческий фактор.

Разумеется, не только человек, его совесть и мотивация влияют на качество работы. Немаловажным фактором является оборудование и расходные материалы, используемые для поверки. Закупка ЦСМам современной эталонной базы, особенно в текущей сложной экономической обстановке, является сложной, и в то же время, важной задачей, на решение которой так же должна направлена быть система качества предприятия.

Для качественного выполнения работ сотрудниками, разумеется, невозможно приставить каждому поверителю по начальнику, который бы следил за его действиями и не допускал недобросовестной работы. Соответственно, требуется разработка системы менеджмента качества предприятия, учитывающая эти особенности, и направленная, в первую очередь, на повышение ответственности сотрудников за качество выполняемых работ.

Система менеджмента качества ЦСМа должна гарантировать потребителям стабильное качество услуг, которое обеспечивается:

- систематическим обучением и повышением квалификации сотрудников центра в области качества;
- компетентностью своих специалистов, осуществляющих поверочные работы;
- высоким уровнем состояния эталонов, высоким уровнем методического обеспечения организацией работы и беспристрастностью оценок;
- повышением творческой активности специалистов центра;
- стимулированием всего персонала центра в качестве и объеме выполняемых работ.

#### Библиографический список

1. Klochkov, Y. Development of certification model / Odinkov, S., Klochkova, E., Ostapenko, M., Volgina, A. 2016. - 3с
2. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ (ред. от 28.11.2015) «О техническом регулировании».
3. РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения. М., 2014. – 56 с.
4. Тюменский ЦСМ – Информация о Центре [Электронный ресурс]: URL: <http://www.csm72.ru/history.php> (дата обращения: 28.03.2017 г.).

Научный руководитель: Остапенко М.С., к.т.н. доцент.

## **«Проблемы применения Закона «О недрах» в компании»**

*Яковлева Д.Т.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

*На примере дочернего общества ПАО «Газпром», а именно ООО «Газпром геологоразведка» в статье рассматривается проблема взаимодействия правовых отношений между государством и компанией. Также рассмотрим пути решения сложившейся проблемы.*

В 2011 году Приказом Представителя Правления ОАО «Газпром» Алексея Миллера ООО «Газпром добыча Красноярск» было переименовано в «Газпром геологоразведка» и назначено специализированной дочерней компанией по организации и проведению геологоразведочных работ на всех лицензированных участках «Газпрома» и его дочерних обществ на суше и континентальном шельфе Российской Федерации.

На сегодняшний день довольно остро стоит проблема недропользования, а именно проблема, возникающая из-за недостаточной проработанности и несогласованности положений российского законодательства, регулирующего правовые отношения государства и бизнеса, которые возникают в период пользования недрами. В соответствии с Конституцией Российской Федерации недра относятся к государственной собственности. Недра – это часть земли, которая включает в себя материальные вещества (полезные ископаемые), находящиеся в верхней части земной коры, в рамках которой возможна их добыча для всех видов деятельности человечества.

Недра могут предоставляться в эксплуатацию заинтересованным лицам на разрешительной основе. В качестве специального документа, позволяющего пользоваться недрами, выступает лицензия на пользование недрами, предоставляемая компетентными государственными органами.

Правовая природа лицензии на право пользование участком недр (участком недр местного значения) заключается в том, что она не просто предоставляет право на осуществление определенного вида деятельности – разработки полезных ископаемых или подземных вод, но и наделяет лицензиата определенным имущественным правом на участок недр. Компания обладает правом на его использование и обращение в собственность добытых полезных ископаемых.

В процессе трудовой деятельности ООО «Газпром геологоразведка», возник вопрос о досрочном прекращении права пользования недрами. Решение о завершении пользования недрами принимается на основании подготовленного пользователем недр технико-экономического обоснования завершения разработки и проведение ликвидационных работ при выполнении одного из следующих условий:

а). проектные решения или дополнения полностью реализованы, достигнуты и числящиеся на государственных балансовых запасах извлекаемые запасы полностью выработаны;

б). технологии и техническое оборудование, которое может использовать недропользователь, не позволяют проводить дальнейшую рентабельную разработку месторождения.

На рисунке 1 представлены этапы по которым осуществляется принятие решения о досрочном прекращении пользования недрами.

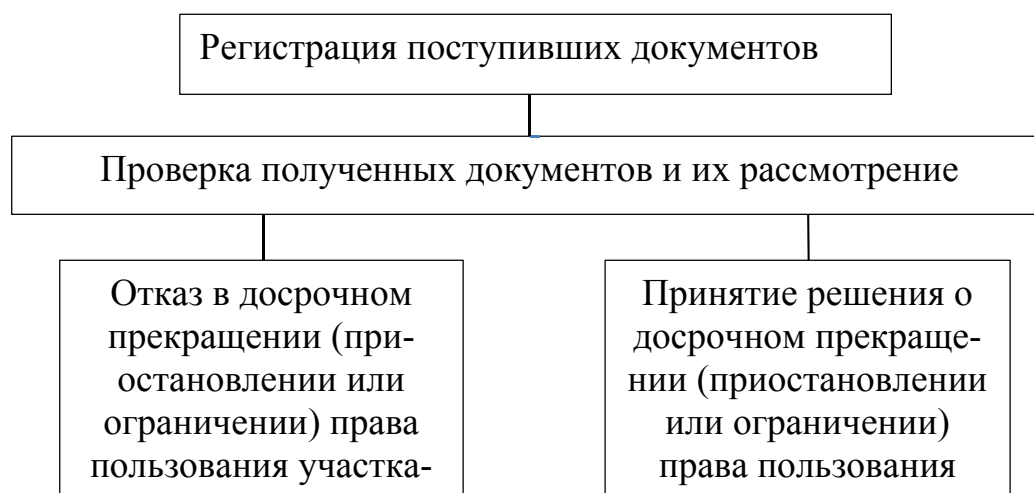


Рисунок 1. Этапы принятия решения о досрочном прекращении пользования недр

Компания столкнулась с проблемой отсутствия в перечне, пункт 2 «...основания для прекращения права на пользование недрами» конкретного списка существенных нарушений условий при пользовании недрами. Закон не определяет ни перечень условий, ни принципы отнесения тех или иных условий к существенным. На мой взгляд, это одно из наиболее уязвимых положений Закона.

Для ликвидации проблемы, необходимо выпустить нормативно-правовой акт, определяющий закрытый перечень существенных условий лицензии, невыполнение которых влечет досрочное прекращение права пользования недрами. Следует не только представить перечень существенных условий, но и отметить влияние на отклонения объективных факторов. Также вызывает разногласия пункт 5 того же перечня, который гласит: «...пользование недрами может быть досрочно прекращено, если пользователь недр в течение установленного в лицензии срока не приступил к пользованию недрами в предусмотренных объемах». Неизвестно: создаются ли предпосылки для отзыва лицензии при появлении одного из упомянутых в перечне условий или обоих условий одновременно? На данный момент времени, вопрос остаётся открытым, ведь решить его не в силах компании.



По сводкам новостных порталов, мы знаем, что на протяжении многих лет со стороны правительства исходило желание внести поправки в действующее законодательство, регулирующее недропользование. В Закон РФ «О недрах»( в редакции Федерального закона от 3 марта 1995 года N27ФЗ) внесены поправки, которые вступили в силу с 3 октября 2016 года). Но интересующие нас аспекты в новой редакции всё же не учтены.

#### Библиографический список

1. Закон РФ от 21.02.1992 N 2395-1 (ред. от 03.07.2016) "О недрах" (с изм. и доп., вступ. в силу с 03.10.2016).
2. Постановление ВС РФ от 15.07.92 N3314-I (ред. От 21.11.2011 с изменениями, вступившими в силу с 01.01.2012) «О порядке введения в действие положения о порядке лицензирования пользования недрами».
3. Приказ №356 министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 14.06.2016.
4. Ostapenko, M.S. and D.S. Vasilega, 2013. Method of Evaluation of Quality of Metal-Cutting Tool. Applied Mechanics and Materials, #379: 49-55.
5. О.Р.Зубояров. Процесс управления корректирующими и предупреждающими действиями// Экономика региона. – 2010. - №4.
6. Artamonov, E.V., Vasilega, D.S., Tveryakov, A.M Determining the maximum-performance temperature of hard-alloy cutting plates Russian Engineering Research 2014, 34 (6), pp. 402-403.

Научный руководитель: Остапенко М.С., канд. техн. наук, доцент.

### **Особенности формирования риск - ориентированного мышления в системе менеджмента качества**

*Подустова А.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии 28 сентября 2015 года утверждена и введена в действие новая пятая версия стандарта ISO 9001 – национальный стандарт ГОСТ Р ИСО 9001-2015. ИСО 9001:2015 позиционирует новую версию стандарта как составную часть деятельности организации в достижении масштабной цели, которая заключается в устойчивом развитии. Стандарт представлен как инструмент для улучшения эффективности организации в целом. Он основан на целесообразных нормах бизнес-процессов, которые помогают при внедрении улучшить деятельность организаций и понизить производственные риски на всех уровнях.

Одним из нововведений стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015 является применение риск-ориентированного мышления (в англ. «risk-based

thinking»), необходимого для достижения результативности системы менеджмента качества. Риск–ориентированное мышление позволяет организации определять факторы, которые могут привести к отклонению от запланированных результатов процессов и системы менеджмента качества организации, а также использовать предупреждающие средства управления для минимизации негативных последствий и максимального использования возникающих возможностей [1]. В целях соответствия требованиям настоящего стандарта организациям необходимо планировать и внедрять действия, связанные с рисками и возможностями. Направление усилий на риски и возможности создает основу для повышения результативности системы менеджмента качества, достижения улучшенных результатов и предотвращение неблагоприятных последствий [1].

Тема рисков уже была актуальна в предшествующих версиях стандарта, но данному понятию давалось толкование, отличающееся от стандарта предыдущего поколения. Понятие риска в стандарте 2008 года рассматривалось со стороны потенциального несоответствия, которое исключалось или минимизировалось с помощью предупреждающих действий. Благодаря предварительному анализу рисков, идентификации и разработке мер по снижению рисков определялись способы управления рисками. В результате проводимых работ составлялся перечень возможных рисков, который ежегодно актуализировался по результатам анализа фактических рисков. Для каждого процесса деятельности организации составлялась Карта рисков на основании информации, сведенной в перечень возможных рисков. Форма Карты рисков отражена в таблице 1. В Карту рисков вносились наиболее вероятные риски, которые могли бы повлиять на выполнение процесса деятельности организации.

Таблица 1

Форма Карты рисков

Этап логотипа	Риск			Показатель риска		План мероприятий по снижению рисков		
	Вид	Наименование	Возможные последствия	Вероятность	Влияние	Наименование мероприятия	Срок выполнения	
							план	факт
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Мониторинг рисков и мероприятий по их снижению проводился с целью определения полноты и правильности назначения мер по их снижению, идентификации новых видов риска и назначения мероприятий по

ним. Оценка риска проводилась только в ключевых точках выполнения работ. Информация о результатах мониторинга заносилась в Карту риска, и служила исходными данными для проведения анализа рисков. Результатом завершения работ являлся анализ рисков и мероприятий по их снижению. Помощник по системе менеджмента качества обобщал данные по анализу рисков по всем процессам деятельности с целью определения результативности процедуры по управлению рисками и определения направлений улучшения деятельности в области управления рисками. Данные по результативности назначения рисков и выполнения мероприятий по их снижению рассматривались на совещании по качеству (планерке). По итогам анализа рисков вносились изменения и дополнения в перечень возможных рисков. Анализ процедуры по управлению рисками проводился 1 раз в год.

На текущий момент риск-ориентированное мышление является заменой предупреждающих действий, которые ранее выполнялись формально, из необходимости выполнить требование ISO 9001, а не в качестве реального инструмента продвижения вперед, непрерывного улучшения. Теперь для каждого процесса деятельности организации составляется Паспорт риска, который представлен в виде формата учета информации о риске, содержащий структурированную информацию по одному риску. Требования к составу, форме и порядку представления информации о рисках в Паспорте риска устанавливаются соответствующими документами организации. Паспорта рисков позволяют более подробно изучить все возможные риски, а не только рассматривать возникающие риски в ключевых точках выполнения работ. Такой подход к рискам гораздо эффективней предыдущего, он даст непрерывное совершенствование всех бизнес-процессов организации и впоследствии организация сможет повысить свою конкурентоспособность.

В новой версии стандарта усовершенствован процесс распределения ответственности, функций и полномочий участников системы управления рисками. Во многих организациях ответственность за назначение и реализацию предупреждающих действий возлагалась на работников системы менеджмента качества, которые были не в состоянии охватить все вопросы, действительно влияющие на организацию на верхнем уровне и способствующие постоянному улучшению. Новое издание стандарта переносит спектр вопросов по менеджменту качества непосредственно на руководителя организации. Соответственно высшему руководству необходимо быть полностью вовлеченным в процесс идентификации, устранения или уменьшения рисков на всех стадиях бизнес-процесса.

В современных условиях функционирования организации сотрудники имеют возможность предоставлять информацию о рисках и возможностях их возникновения руководителям высшего звена, которые в свою очередь будут выносить эти проблемы на обсуждения. Не менее важным является обеспечение того, чтобы в организации были налажены каналы, по

которым все сотрудники на более низком уровне могли бы передавать свое мнение наверх - на рассмотрение управленческой команды. Такая взаимосвязь низшего и высшего звена организаций в решении проблемы рисков и возможностей их минимизации и будет способствовать возникновению риск-ориентированного мышления. Следовательно, вместо предупреждающих действий, которые ранее, в основном, проводились на более низком уровне, организациям предлагается риск-ориентированное мышление, возглавляемое командой, которая владеет полной и всесторонней информацией. Естественно, что управленческие решения, полученные в результате такого подхода, и последующие действия будут более эффективными на основе участия всей компании, чем ранее существовавший процесс предупреждающих действий.

В новой версии стандарта ИСО 9001:2015 к определению риска применяются два подхода, теперь риск рассматривается как положительный, так и отрицательный [2]. Что свидетельствует о главной задаче деятельности организации - снижение риска. Осмысление новой версии стандарта касательно определения «положительный риск» ориентирует на мысль о том, что в результате реализации риска могут возникнуть положительные отклонения, которые сформируют шанс для лучшего хода развития организации.

Таким образом, стандарт ИСО 9001:2015 способствует необходимому контролю качества системы менеджмента, продуктов и услуг, обеспечивающих результативность производства, и приводит к уменьшению рисков на каждом этапе бизнес-процесса деятельности организации.

#### Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Система менеджмента качества. Требования – введ. 28.09.2015. - М.: Стандартиформ, 2015. - 77 с.
2. Простакова, И.В. Управление рисками / И.В. Простакова, В.П. Голованов. - Москва, 2015. - 14 с.

Научный руководитель: Дебердиева Н.П., канд. эконом. наук, доцент.

*Научное издание*

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ –  
НЕФТЕГАЗОВОМУ РЕГИОНУ**

*Том 3*

*Нефтехимия и технология переработки нефти и газа*

*Машиностроение, материаловедение*

*Методы неразрушающего контроля и диагностики*

*Метрология, стандартизация и управление качеством*

*В авторской редакции*

*Дизайн обложки А. В. Клеменко*

Подписано в печать 28.08.2017. Формат 60x90 1/16. Усл. печ. л. 23,06.  
Тираж 500 экз. Заказ № 937.

Библиотечно-издательский комплекс  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Тюменский индустриальный университет».  
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.

Типография библиотечно-издательского комплекса  
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52.