

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
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 I

*Геология, поиски и разведка нефтяных, газовых  
и других месторождений полезных ископаемых, гидрогеология,  
геокриология и инженерная геология. Кадастр природных ресурсов  
Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений  
Транспортные и транспортно-технологические системы  
Проблемы экологии и техносферная безопасность  
Нефтехимия и технология переработки нефти и газа  
Машиностроение, материаловедение  
Электроэнергетика, электро- и теплотехника*

Тюмень  
ТИУ  
2021

УДК 622.3+550.8+655.6

ББК 33.36+35.514

Н 72

Ответственный редактор:  
кандидат технических наук, доцент Н. В. Гумерова

Редакционная коллегия:  
Д. В. Пяльченков (зам. отв. редактора),  
И. П. Попов, С. Ф. Мулявин, Н. С. Захаров, В. А. Сапега,  
Н. С. Яковлев, Р. Ю. Некрасов, Г. А. Хмара

**Новые технологии** – нефтегазовому региону : материалы  
Н 72 Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2 т. Т. 1 / отв. ред. Н. В. Гумерова. — Тюмень : ТИУ, 2021. — 270 с. — Текст : непосредственный.  
ISBN 978-5-9961-2615-6 (*общ.*)  
ISBN 978-5-9961-2616-3 (*том 1*)

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 первого тома вошли материалы работы секций: «Геология, поиски и разведка нефтяных, газовых и других месторождений полезных ископаемых, гидрогеология, геокриология и инженерная геология. Кадастр природных ресурсов», «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», «Транспортные и транспортно-технологические системы», «Проблемы экологии и техносферная безопасность», «Нефтехимия и технология переработки нефти и газа», «Машиностроение, материаловедение», «Электроэнергетика, электро- и теплотехника».

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

УДК 622.3+550.8+655.6

ББК 33.36+35.514

ISBN 978-5-9961-2615-6 (*общ.*)  
ISBN 978-5-9961-2616-3 (*том 1*)

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Тюменский индустриальный  
университет», 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «Геология, поиски и разведка нефтяных, газовых и других месторождений полезных ископаемых, гидрогеология, геокриология и инженерная геология. Кадастр природных ресурсов» .....	12
<b>Влияние температурного режима на фильтрационные свойства мерзлых пород..</b>	<b>12</b>
<i>Ишкова З.А., Колунин В.С.</i>	
Институт криосферы Земли Сибирского отделения Российской академии наук, г. Тюмень	
<b>Анализ динамических атрибутов, как вспомогательных инструментов для выделения перспективных неантиклинальных объектов в пластах нижнего мела. ....</b>	<b>14</b>
<i>Рудая В.Ю., Овчинникова Н.Л., Каримова Н.А., Стрельников Д.А.</i>	
Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени, ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» г. Когалым	
<b>Палеогидрогеология месторождений Широного Приобья .....</b>	<b>17</b>
<i>Сабанина И.Г.<sup>1,2</sup>, Семенова Т.В.<sup>1</sup></i>	
<sup>1</sup> Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень; <sup>2</sup> ЗапСибИПГНГ ТИУ, г. Тюмень	
<b>Гидрогеологические условия и качество подземных вод Западно-Сибирского мегабассейна при разработке нефтяных месторождений .....</b>	<b>19</b>
<i>Сальникова Ю.И.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Оценка методов моделирования куба нефтенасыщенности на примере секторных геологических моделей.....</b>	<b>23</b>
<i>Самохин С.О.</i>	
Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмень	
<b>Подсчёт запасов нефти турнейского яруса месторождения X Республики Татарстан на основе применения ArcGIS .....</b>	<b>26</b>
<i>Смирнова А.В.</i>	
Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань	
<b>Построение 3D-модели продуктивных пластов нижнего карбона месторождения X Республики Татарстан в программе ArcGIS .....</b>	<b>28</b>
<i>Смирнова А.В.</i>	
Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань	
<b>Актуальность разработки технологий роторно-управляемых систем в России ..</b>	<b>31</b>
<i>Шарифуллин Р.Р., Коврига В.Д., Закиров Н.Н.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Строение и состав баженовской свиты в центральной части Широного Приобья Западной Сибири.....</b>	<b>33</b>
<i>Щепелин Д.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Опыт применения технологии автоматизированного бурения.....</b>	<b>35</b>
<i>Эльмурзиев Д.А., Бастриков С.Н.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	

<b>СЕКЦИЯ «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» .....</b>	<b>38</b>
<b>Оптимизация применения альтернативных видов нефтегазосборных трубопроводов.....</b>	<b>38</b>
<i>Алексеева П.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Эффективность применения легких стальных тонкостенных конструкций при обустройстве месторождений.....</b>	<b>40</b>
<i>Алексеева П.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Современные методы управления охраной труда в Нефтеюганском УМН АО «Транснефть-Сибирь».....</b>	<b>42</b>
<i>Вдовенко Т.А., Ширшова А.С., Неупокоева Т.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Обоснование выбора способа заканчивания скважин на ачимовских залежах Уренгойского месторождения.....</b>	<b>45</b>
<i>Воронов М.Д.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Комплексный подход на этапе предварительного проектирования обустройства кустовых площадок .....</b>	<b>48</b>
<i>Гарифуллин А.Ф., Шакиров Е.Р., Баранников Я.И., Паламарчук И.В., Кондратюк А.В., Щербаков А.В.</i>	
Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени	
<b>Определение радиуса контура питания скважин методами гидродинамических исследований на объекте АВ<sub>1.3</sub> Ватьеганского месторождения.....</b>	<b>51</b>
<i>Ефимов А.А., Кузьмина Т.В.</i>	
Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» г. Тюмени	
<b>Моделирование потокоотклоняющих технологий с учетом реологических свойств геля.....</b>	<b>54</b>
<i>Ишков А.А.</i>	
Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени	
<b>Концептуальный подход к формированию стратегии разработки крупных месторождений.....</b>	<b>56</b>
<i>Клочкова Е.С., Бояр А.В., Позднякова Т.С.</i>	
ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» Филиал «КогалымНИПИнефть», г. Тюмень	
<b>Анализ существующих методик по зарезке бокового ствола скважин для различных скважин уровня заканчивания ТАМЛ.....</b>	<b>59</b>
<i>Королева И.А., Красильникова Е.Е., Мочалова А.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Моделирование газожидкостного потока подводного трубопровода .....</b>	<b>62</b>
<i>Куандыкова А.М.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Актуальность создания безопасных условий труда .....</b>	<b>63</b>
<i>Кузаирова Я.Е. Томус И.Ю.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Рациональное размещение оборудования в рабочей зоне.....</b>	<b>65</b>
<i>Малых И.А., Усольцев В.И., Литвинов Д.О.</i>	
Тюменское высшее военно-инженерное командное училище, г. Тюмень	



<b>Теоретическое обоснование недовыработки запасов на основании анализа динамики режимов скважин и зависимостей относительных фазовых проницаемостей .....</b>	<b>68</b>
<i>Мельников В.Н.<sup>1</sup>, Вахрушев В.В.<sup>1</sup>, Стрекалов А.В.<sup>2</sup></i>	
<sup>1</sup> Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени, г. Тюмень; <sup>2</sup> Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Закачка CO<sub>2</sub> в нефтегазоносные пласты. Применение технологии на примере крупного месторождения Западной Сибири .....</b>	<b>71</b>
<i>Михайлов Н.В., Жданов И.И., Долматов Е.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Оптимизация процесса обессоливания сточных вод путем совершенствования этапа пусконаладочных работ .....</b>	<b>74</b>
<i>Нагорных Ю.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Тестирование метода INSIM-FT (модель межскважинного численного моделирования с отслеживанием фронта обводнения) .....</b>	<b>77</b>
<i>Нехорошкова А.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Применение 3D-печати при разработке, обустройстве и эксплуатации нефтегазодобывающих месторождений для оптимизации производственных процессов .....</b>	<b>78</b>
<i>Плаксина К.Н.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Эффективность внедрения БВС на нефтегазодобывающих месторождениях для оптимизации производственных процессов .....</b>	<b>80</b>
<i>Плаксина А.Н.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Повышение эффективности объектов разработки на примере пласта АВ<sub>1</sub><sup>3</sup> Ватъеганского месторождения .....</b>	<b>83</b>
<i>Рябов И.В., Сенцов А.Ю., Еленец А.А.</i>	
Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени, г. Тюмень	
<b>Разработка методов снижения напряженности электрических и магнитных полей электрической подстанции .....</b>	<b>86</b>
<i>Рязанцева А.Н., Литвинова Н.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Опыт проведения гидравлического разрыва пластов с полной продавкой пропанта .....</b>	<b>88</b>
<i>Сабитов Р.М., Хакимов Т.А., Хисматуллин Д.Г., Вилков М.Н.</i>	
Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени	
<b>Снижение шума в цехе по подготовке и перекачки нефти .....</b>	<b>91</b>
<i>Сыскутов И.В., Литвинова Н.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Метод уменьшения тяжести трудового процесса как способ увеличения производительности. ....</b>	<b>93</b>
<i>Фомин А.В. Томус И.Ю.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	

<b>Расчет потерь давления в газовой скважине Уренгойского НГКМ на основе экспериментальных данных .....</b>	<b>95</b>
<i>Широких А.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Математическое моделирование закрепленной на проппанте трещины гидроразрыва пласта с использованием программного комплекса TSH FRAC.....</b>	<b>98</b>
<i>Шляпкин А.С.</i>	
Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени	
<b>Underwater mining complex .....</b>	<b>101</b>
<i>Oleinik M.I.</i>	
Industrial University of Tyumen, Tyumen	
<b>Intelligent well .....</b>	<b>103</b>
<i>Oleinik M.I.</i>	
Industrial University of Tyumen, Tyumen	
<b>Artificial islands near the coast of Yamal .....</b>	<b>104</b>
<i>Shmidt A.K.</i>	
Industrial University of Tyumen, Tyumen	
<b>Gas hydrate – the future of the gas industry .....</b>	<b>105</b>
<i>Tagirov R.Kh.</i>	
Industrial University of Tyumen, Tyumen	
<b>СЕКЦИЯ «Транспортные и транспортно-технологические системы» .....</b>	<b>107</b>
<b>Влияние склоновых процессов на надежность нефтегазопроводов.....</b>	<b>107</b>
<i>Гильмияров Е.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Пути обеспечения безопасности и ресурса объектов транспорта и хранения природного газа с учетом эксплуатационных параметров процесса нагружения</b>	<b>108</b>
<i>Курасов О.А.</i>	
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск	
<b>Двухсекционная транспортно-технологическая машина .....</b>	<b>111</b>
<i>Попов И.П.</i>	
Курганский государственный университет, г. Курган	
<b>Трехсекционная транспортно-технологическая машина .....</b>	<b>114</b>
<i>Попов И.П.</i>	
Курганский государственный университет, г. Курган	
<b>Защита подводных трубопроводов от ледово-экскариационных процессов .....</b>	<b>117</b>
<i>Силина И.Г.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Оптимизация проектных решений по организации дорожного движения в г. Тюмени.....</b>	<b>118</b>
<i>Сухачёв В.Д.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Исследование сейсмоустойчивости резервуара с демпфирующими полимерными вставками в фундаменте.....</b>	<b>121</b>
<i>Тарасенко А.А., Чепур П.В., Грученкова А.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Разработка алгоритма исследования сейсмоустойчивости резервуаров, имеющих полимерные демпфирующие вставки в фундаменте.....</b>	<b>123</b>
<i>Чепур П.В., Тарасенко А.А., Грученкова А.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	

<b>Развитие объектов транспортной инфраструктуры в г. Надыме .....</b>	<b>126</b>
<i>Штанько А.К.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Характеристики материалов для изготовления спецодежды для работников топографической партии .....</b>	<b>129</b>
<i>Шумихин М.В., Томус И.Ю.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Operating safety analysis and reliability estimation of marine pipeline transportation of oil and gas taking into account risks and limit states.....</b>	<b>131</b>
<i>Kurasov O.A.</i>	
National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk	
<b>New way of storing and transporting natural gas .....</b>	<b>134</b>
<i>Tagirov R.Kh.</i>	
Industrial University of Tyumen, Tyumen	
<b>СЕКЦИЯ «Проблемы экологии и техносферная безопасность».....</b>	<b>136</b>
<b>Экологическое влияние воздушных линий электропередач на окружающую среду .....</b>	<b>136</b>
<i>Андреева Ю.Н.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Очистка талого стока снежных полигонов.....</b>	<b>138</b>
<i>Воронов А.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Альтернативные меры повышения противопожарной защиты на предприятиях нефтегазового комплекса .....</b>	<b>141</b>
<i>Корогодина Е.О.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Влияние работы спецтехники на работников нефтегазовой отрасли .....</b>	<b>145</b>
<i>Проничева К.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Значение «безопасного лидера» в системах управления охраной труда.....</b>	<b>147</b>
<i>Федоренко К.И., Булавка Ю.А., Адамович Д.Н.</i>	
Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк	
<b>Проблема отрицательного влияния автомобильного транспорта на экологию и способы ее решения .....</b>	<b>149</b>
<i>Ямалетдинов А.И.</i>	
Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа	
<b>СЕКЦИЯ «Нефтехимия и технология переработки нефти и газа».....</b>	<b>153</b>
<b>Продукты риформинга бензиновых фракций как сырье нефтехимии .....</b>	<b>153</b>
<i>Альтин А.Х.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Сульфидная форма катализатора гидроочистки дизельного топлива .....</b>	<b>155</b>
<i>Бочина А.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Использование побочных продуктов пиролизных установок нефтехимических производств в строительстве .....</b>	<b>156</b>
<i>Булавка Ю.А., Шульга Е.А., Вашкова Н.С.</i>	
Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк	

<b>Перспективы реконструкции работы абсорберов на газоперерабатывающих заводах .....</b>	<b>158</b>
<i>Елфимова М.Ю.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Современные технологические решения по производству базовых полиолефинов .....</b>	<b>160</b>
<i>Кабанов А.Д., Таранова Л.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Влияние магнитного поля на процесс адсорбционной осушки газа .....</b>	<b>162</b>
<i>Карнаухов А.Ю.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Экспериментальное исследование пиролиза углеводородов в свинецсодержащем теплоносителе на примере топочного мазута.....</b>	<b>164</b>
<i>Кошелев М.М., Ульянов В.В., Харчук С.Е.</i>	
Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского», г. Обнинск	
<b>Основные факторы влияющие на технологический процесс гидроочистки дизельных топлив комбинированных реакторов.....</b>	<b>167</b>
<i>Лапа Н.О., Гуров Ю.П.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Модернизация нефтегазоводоразделителя типа «Heater-Treater».....</b>	<b>170</b>
<i>Матицева С.И., Шабарчин А.А., Таранова Л.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Совершенствование методов отбензинивания углеводородных газов .....</b>	<b>172</b>
<i>Овчаренко И.Н.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Причины моделирования нефтехимических процессов с помощью программы Aspen Hysys с целью энергосбережения.....</b>	<b>174</b>
<i>Проничев Г.М., Мозырев А.Г.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Повышение эффективности процессов сепарации углеводородных газов .....</b>	<b>175</b>
<i>Савин И.И.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Перспективные направления использования попутного газа в России .....</b>	<b>178</b>
<i>Савина А.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Применение турбодетандерной технологии для выработки электрической энергии .....</b>	<b>180</b>
<i>Савина А.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Модернизация технологического оборудования установок комплексной подготовки и переработки газа .....</b>	<b>182</b>
<i>Телегин П.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Термоэлектрические эффекты высших жирных спиртов.....</b>	<b>184</b>
<i>Трофимова Е.Ю.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Влияние технического углерода на эксплуатационные свойства полиэтилена высокой плотности .....</b>	<b>185</b>
<i>Халилов М.Г.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	

<b>Получение синтез-газа в процессе взаимодействия газообразных углеводородов с расплавами жидких металлов и их оксидов .....</b>	<b>187</b>
<i>Харчук С.Е., Ульянов В.В., Кошелев М.М.</i>	
Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского», г. Обнинск	
<b>Применение трубы Вентури, как способ снижения скорости жидкостных пробок .....</b>	<b>190</b>
<i>Христиченко С.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Основные механизмы протекания коррозионных процессов в оборудовании нефтегазовой отрасли .....</b>	<b>192</b>
<i>Чащина К.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>СЕКЦИЯ «Машиностроение, материаловедение» .....</b>	<b>195</b>
<b>Исследование причины разрушения рабочей лопатки турбины высокого давления .....</b>	<b>195</b>
<i>Алферов В.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Анализ причин разрушения и разработка 3D прототипа ручки швейной машины .....</b>	<b>197</b>
<i>Будникова Е.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Выбор параметра и датчика для системы управления процессом токарной обработки металлов .....</b>	<b>199</b>
<i>Воронин В.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Оптимизация прочностных и массовых характеристик детали с использованием алгоритмов генеративного дизайна .....</b>	<b>202</b>
<i>Губенко А.С., Старикова Ю.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Изменение параметров акустической эмиссии при нагружении стали 09Г2С.....</b>	<b>205</b>
<i>Ельцова С.М.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Изучение сигнала магнитоакустической эмиссии при перемагничивании конструкционных сталей.....</b>	<b>207</b>
<i>Ельцова С.М.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Анализ применения системы плунжерного лифта как способа увеличения дебита газовой скважины .....</b>	<b>209</b>
<i>Ергулович И.Н.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Исследование структуры и свойств сталей 20 и 45 .....</b>	<b>211</b>
<i>Катайцева М.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Исследование распределения температуры в режущей пластине при использовании системы внутреннего охлаждения.....</b>	<b>213</b>
<i>Кокорин И.Н., Некрасов Р.Ю.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	

<b>Цирконий как легирующий элемент в производстве алюминия. Экономика и экология данного производства. ....</b>	<b>214</b>
<i>Конева А.С., Кожяхметова С.А., Буглак А.Г., Перескокова О.Д.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Оптимизация бизнес-процессов машиностроительных предприятий при внедрении инновационной технологии .....</b>	<b>218</b>
<i>Курцев В.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Причины снижения уровня успеваемости обучающихся направления подготовки «Машиностроение» при реализации дистанционной формы обучения.....</b>	<b>220</b>
<i>Кухарева Я.М.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Синтез и люминесцентные свойства сферических частиц <math>\text{Lu}_2\text{O}_2\text{SO}_4:\text{Eu}^{3+}</math> .....</b>	<b>222</b>
<i>Ларионова К.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Формирование потребности в утилизации автомобилей.....</b>	<b>224</b>
<i>Лебедев Д.Н.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Использование ультразвуковой фазированной решетки для получения дисперсно-упрочненного композиционного материала .....</b>	<b>226</b>
<i>Мухамедьяров Б.Т., Проскуряков Н.А., Холмурзоев Р.Д.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Контроль качества емкостного оборудования .....</b>	<b>229</b>
<i>Присяжная А.Е.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Исследование точности 3-d сканера .....</b>	<b>231</b>
<i>Рамазанов Д.Ф., Яковлев М.Г.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Разработка методики комплексной диагностики мотор-колес легких транспортных средств. ....</b>	<b>233</b>
<i>Рамазанов Д.Ф., Губенко А.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Автономная система беспроводных датчиков для контроля параметров в сложных условиях .....</b>	<b>235</b>
<i>Стырский А.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Применение труднообрабатываемых материалов для восстановления работоспособности деталей .....</b>	<b>238</b>
<i>Темпель О.А., Темпель Ю.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Герметизация внутритрубных ремонтных муфт с использованием 3D технологий .....</b>	<b>239</b>
<i>Торопов Е.С., Пуртов К.О., Мезенцева Т.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Дисперсно-упрочненный композиционный материал в конструкции сборного режущего инструмента.....</b>	<b>242</b>
<i>Холмурзоев Р.Д., Проскуряков Н.А., Мухамедьяров Б.Т.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	

<b>Характер и причины повреждения детали «Чашка» нефтегазового оборудования.....</b>	<b>245</b>
<i>Хызов А.А., Чаугарова Л.З.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Цементация электролитических железо-хромистых покрытий, осажденных на углеродистых сталях .....</b>	<b>247</b>
<i>Чаугарова Л.З.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Печать сложных мастер-моделей с помощью воска с применением растворимых поддержек.....</b>	<b>250</b>
<i>Яковлев М.Г., Рамазанов Д.Ф</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>СЕКЦИЯ «Электроэнергетика, электро- и теплотехника».....</b>	<b>252</b>
<b>Методика совместной оптимизации схемы расположения ветроустановок и системы сбора мощности ветроэлектростанций морского базирования.....</b>	<b>252</b>
<i>Давыдов Д.Ю.</i>	
Томский политехнический университет, г. Томск	
<b>Определение совокупной стоимости владения погружной установкой с внутрискважинным компенсатором реактивной мощности .....</b>	<b>255</b>
<i>Копырин В.А., Логунов А.В., Маркова А.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Разработка основных технических решений для перевода на микропроцессорную технику системы гарантийного питания Жигулёвской ГЭС.....</b>	<b>257</b>
<i>Осадчий А.Н.</i>	
Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти	
<b>Применение алгоритма функционирования ДКИН для оптимального управления режимами электропотребления.....</b>	<b>260</b>
<i>Петухова Н.Н.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>К вопросу повышения эффективности, надежности и устойчивости при нарушениях нормального режима электропитания потребителей на примере нефтяных промыслов .....</b>	<b>263</b>
<i>Сухачев И.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Системы накопления электроэнергии в изолированных энергосистемах .....</b>	<b>266</b>
<i>Чертков А.Ю., Новоселова М.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	

**СЕКЦИЯ «Геология, поиски и разведка нефтяных, газовых  
и других месторождений полезных ископаемых,  
гидрогеология, геокриология и инженерная геология.  
Кадастр природных ресурсов»**

**Влияние температурного режима на фильтрационные свойства  
мерзлых пород**

*Ишкова З.А., Колунин В.С.*

*Институт криосферы Земли Сибирского отделения Российской академии наук, г. Тюмень*

Мерзлые грунты вблизи температуры начала замерзания обладают фильтрационными свойствами. Экспериментальное изучение фильтрационных свойств мерзлого грунта – многофакторная задача. Установлено влияние физических свойств грунта: гранулометрического состава и влажности, а также его температуры на величину коэффициента фильтрации [1-4].

По способу измерения коэффициента фильтрации мерзлых пород экспериментальные методы можно разделить на два класса: стационарные и нестационарные.

В стационарных методах температура образца фиксирована, а поток жидкости через него не меняется со временем. Это удастся реализовать при помощи использования микропористых мембран, ограничивающих образец грунта и препятствующих замерзанию переохлажденной воды в подводящих каналах. [1, 2], либо через мерзлый грунт прокачивается не вода, а жидкость с температурой замерзания ниже нуля (декан) [5].

В нестационарных методах скорость потока жидкости через образец меняется с течением времени. Измерение проводится либо при таянии мерзлого грунта, когда температура образца переменна в пространстве и времени. Также с течением времени изменяется и толщина мерзлого грунта [4]. Либо при фиксированной отрицательной температуре окружающей среды с применением водного раствора в качестве фильтрующей жидкости [6].

Стационарные методы обладают тем преимуществом, что при изучении фильтрационных свойств мерзлого грунта эксперимент может проводиться в различных температурных режимах. В частности, установлено, что проницаемость мерзлого грунта при данной температуре различна в режимах охлаждения и нагрева, а график зависимости коэффициента фильтрации от температуры похож на гистерезисную петлю [2]. Таким образом, коэффициент фильтрации мерзлого грунта при данной температуре зависит от температурного режима, предшествующего измерению. В том числе, по-видимому, от условий замораживания грунта. В цитированных выше работах грунт замораживался при фиксированной температуре



окружающей среды, однако величина температуры менялась в достаточно широком диапазоне от  $-0,2^{\circ}\text{C}$  до  $-29^{\circ}\text{C}$ .

Поскольку в физически обоснованных математических моделях криогенного текстурообразования и морозного пучения в качестве входного параметра используется коэффициент фильтрации мерзлого грунта, то важно найти такие режимы замораживания грунта, которые давали бы максимальный разброс величины коэффициента фильтрации при данной температуре.

В настоящей работе представлены результаты исследований по влиянию начального режима замораживания грунта и циклов нагрев-охлаждение и охлаждение-нагрев на его фильтрационные свойства.

На основании проведенной серии экспериментов по изучению фильтрационных свойств мерзлой каолиновой глины могут быть сделаны следующие выводы:

Коэффициент фильтрации каолиновой глины при данной температуре зависит от режима замораживания.

Коэффициенты фильтрации мерзлого образца при температуре  $-0,15^{\circ}\text{C}$  могут отличаться примерно 2,5 раза в зависимости от температуры замораживания.

Коэффициенты фильтрации мерзлого образца при температуре  $-0,23^{\circ}\text{C}$  могут отличаться примерно 1,5 раза в зависимости от температуры замораживания.

Любое циклическое тепловое воздействие на мерзлый грунт, связанное с подводом и отводом тепла, уменьшает его фильтрационную способность при данной температуре. По-видимому, существует предел, к которому стремится коэффициент фильтрации при данной температуре при многократном цикле нагрев-охлаждение и охлаждение-нагрев.

#### Библиографический список

1. Williams, P. J. Measurement of hydraulic conductivity of frozen soils / P.J. Williams, T.P. Burt. – Direct text // Canadian Geotechnical Journal. – 1974. – 11 (4). – P. 647-650.
2. Horiguchi, K. Hydraulic conductivity functions of frozen materials / K. Horiguchi, R. D. Miller. – Direct text // Permafrost, Fourth International Conference. Proceedings, Nat. Acad. Press, Washington. – 1983. – P. 504-508.
3. Black, P. B. Hydraulic conductivity and unfrozen water content of airfree frozen silt / P. B. Black, R. D. Miller. – Direct text // Water Resour. Res. – 1990. – № 26. – P. 323-329.
4. Watanabe, K. Comparison of hydraulic conductivity in frozen saturated and unfrozen unsaturated soils / K. Watanabe, Y. Osada. – Direct text // Vadose Zone Journal. – 2016. – № 15 (5). – P. 1-7.
5. Andersland, O. B. Hydraulic conductivity of frozen granular soils / O. B. Andersland, D. C. Wiggert, S. H. Davies. – Direct text // J. Environ. Eng. – 1996. – № 122. – P. 212-216.

6. Tokoro, T. Measurement for Permeability of Frozen Soil by Transient Pulse Method / T. Tokoro, T. Ishikaw. – Direct text // Transportation Soil Engineering in Cold Regions, Proceedings of TRANSOILCOLD. – 2020. – Vol. 1. – P. 71-78.

**Анализ динамических атрибутов, как вспомогательных инструментов для выделения перспективных неантиклинальных объектов в пластах нижнего мела.**

*Рудая В.Ю., Овчинникова Н.Л., Каримова Н.А., Стрельников Д.А.*

*Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть»  
в г. Тюмени, ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» г. Когалым*

На современном этапе геологоразведочных работ фонд структурных ловушек, связанных с куполами крупных поднятий практически исчерпан, основными поисковыми объектами являются неантиклинальные объекты неокомского комплекса, поэтому условиям их формирования уделяется особое внимание. В связи с этим исследуемый комплекс может представлять нефтегазопромысловый интерес

В тектоническом отношении площадь исследований находится в зоне сочленения Среднемессояхского вала и Большехетской впадины. Площадь работ расположена в пределах структуры II-го порядка, Южно-Мессояхской седловины, входящей в состав Большехетской впадины. Седловина на севере примыкает к Среднемессояхскому валу, а на юге сочленяется с Западно-Хальмерпаутинский структурным носом, разделяя таким образом Маномъяхинскую и Верхнеиндикъяхскую котловины. [1]

В начальную стадию формирования платформенного чехла, территория вала представляла собой дно глубокой впадины, в пределах которой накапливалась мощная толща нижнетриассовых отложений. В позднеюрское время начался медленный рост вала в зоне мелководно-морского и прибрежного шельфа.

Главный завершающий этап роста вал испытывает в раннемеловое время и представляет собой структуру над уровнем моря, разделяющую Большехетскую и Антипаутинскую зоны седиментации. Интенсивный тектонический рост вала мог способствовать образованию неантиклинальных ловушек на его склонах. (Рисунок 1)

Для выделения перспективных объектов на начальном этапе проведен визуальный анализ временных разрезов и определены зоны аномальных изменений записи отражающих горизонтов. Перспективный объект в пласте X<sub>2</sub>, сформировался в результате размыва грубообломочных отложений вала и переноса их в канал между клиноформным комплексом традиционного склона юго-восточного заполнения и склоном самого Среднемессояхского вала.

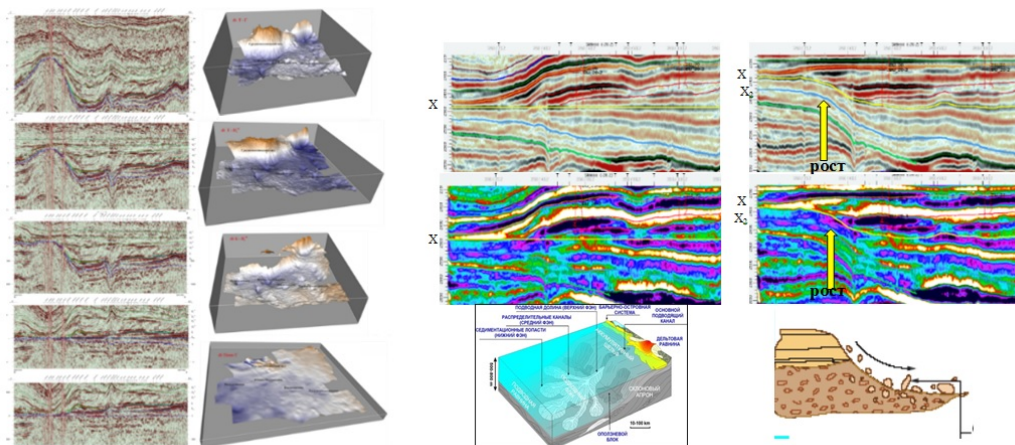


Рисунок 1. Палеотектонический анализ, выделение основных этапов развития Среднемессояхского вала. Этапы формирования отложений пласта  $X_2$

Методику выделения перспективных объектов рассмотрим более подробно на примере пласта  $X_2$ , как наиболее показательного. На Рисунке 2, на временном кубе показан объект в пласте  $X_2$ . Пласт, контролируемый отражением М, формировался в умеренной энергетической обстановке трансгрессивного цикла, о чем свидетельствует небольшой вертикальный намыв, регистрируемый сейсмическими данными. На рассматриваемом участке предполагается значительное увеличение мощности пласта  $X$ , предположительно, состоящего из 3-х пропластков. Причиной, по-видимому, является то обстоятельство, что снос обломочного материала происходил с двух направлений: со Среднемессояхского вала (в значительной степени) и традиционный с востока.

Для установления корреляционных связей между сейсмической информацией и петрофизической, а также для поиска наилучших из них, для расчета прогнозных карт Нэф и Кп исходными данными выступали кубы различных модификаций:

- временной сейсмических куб, полученный после обработки;
- кубы акустического ( $Z_p$ ) и сдвигового ( $Z_s$ ) импеданса;
- кубы атрибутов, полученных в результате синхронной инверсии ( $V_p, V_s, V_p/V_s, D_n$ ); (рис. 2).

Далее для выделения участков с улучшенными коллекторскими свойствами и возможным флюидонасыщением пластов, а также прогноза коллекторских свойств перспективных объектов в межскважинном пространстве проведён расчет и анализ динамических особенностей сейсмической записи. [2] Для этого, были проанализированы амплитудные, фазовые и частотные характеристики волн целевых горизонтов по разрезам с ВСА.

На карте минимальных значений акустического импеданса, рассчитанных вдоль ОВ  $X_2$  в окне 0 +20 мс, выделяется аномалия минимальных

значений акустического импеданса (коллектор характеризуется пониженными значениями АИ).

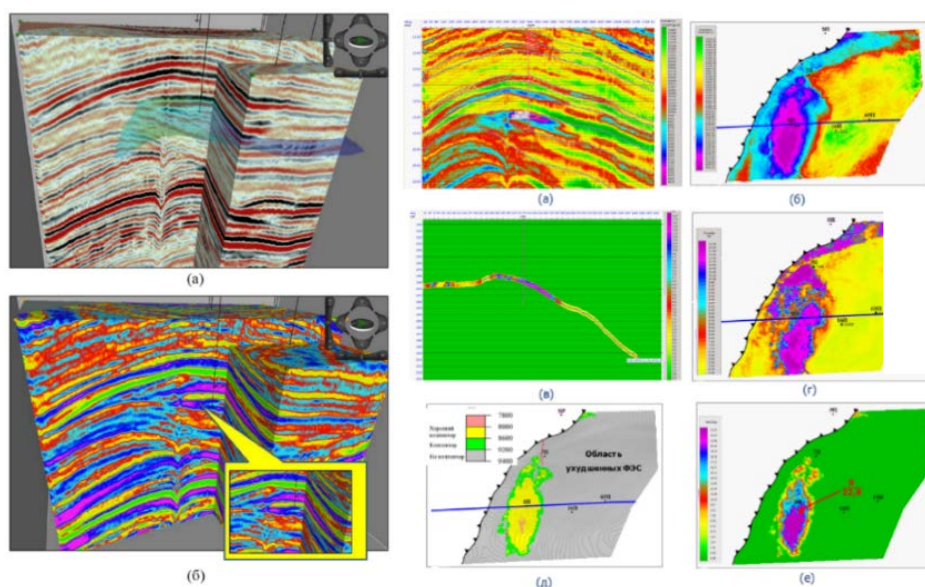


Рисунок 2. Временной сейсмический куб (а), кубы акустического импеданса в сейсмической полосе частот (б). Динамические характеристики пласта X<sub>2</sub>: (а) куб акустического импеданса, (б) карта минимальных значений импеданса, (в) куб пористости, (г) карта пористости, (д) карта сейсмоклассов

По результатам исследования проведен динамический анализ особенностей сейсмической записи нижнемеловых отложений: амплитудных, фазовых и частотных характеристик волн целевого горизонта по разрезам с ВСА, на основе выполненного анализа выделен объект с минимальными значениями амплитуд, который может представлять поисковый интерес.

#### Библиографический список

1. Отчет по теме «Сейсморазведочные работы по методике 3Д на Среднемессояхской площади» / Н. А. Каримова, Л. В. Шемякина, Н. Л. Овчинникова, Н. К. Черняева / ООО «ЛУКОЙЛ\_Инжиниринг» «Когалым-НИПИнефть». – Тюмень, 2020. – С. 24-25. – Текст: непосредственный.

2. Шемякина, Л. В. Создание постояннодействующего сейсмогеологического проекта по Большехетской зоне и сопредельным территориям с целью мониторинга ресурсной базы и уточнения проектных решений / Л. В. Шемякина, Н. А. Каримова, Н. Л. Овчинникова; ООО «ЛУКОЙЛ\_Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть». - Тюмень, 2011. - С. 9-11. - Текст: непосредственный.

Научный руководитель: Овчинникова Н.Л.

## Палеогидрогеология месторождений Широкого Приобья

Сабанина И.Г.<sup>1,2</sup>, Семенова Т.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень;

<sup>2</sup>ЗапСибИПГНГ ТИУ, г. Тюмень

В пределах Среднего Приобья Западно-Сибирского мегабассейна (ЗСМБ) располагается крупнейшая нефтегазоносная провинция с уникальными по запасам месторождениями нефти и газа.

Для прогноза нефтегазоносности реконструкция палеогидрогеологических условий приобретает большое практическое значение. Среди благоприятных факторов, облегчающих палеогидрогеологический анализ, следует указать на доминирующую роль в развитии бассейна вертикальных отрицательных тектонических движений, а в связи с этим – на отсутствие крупных видимых перерывов в осадконакоплении в наиболее погруженной части бассейна. В разрезе мезозойского гидрогеологического бассейна Среднего Приобья и ЗСМБ в целом выделяются апт-альб-сеноманский, неокомский и юрский гидрогеологические комплексы [1].

Многими авторами А.А. Карцевым, Е.А. Барс, И.И. Нестеровым, Б.П. Ставицким, В.М. Матусевичем, Т.В. Семеновой и другими проведена реконструкция палеогидрогеологических условий.

Карцевым А.А. была предложена формула для расчета кратности смены отжатых поровых вод, которая определяется на основе расчета объема уплотнения глин и объема пустот коллекторов. Значительное количество расчетных данных позволяет выявить зоны с различной интенсивностью седиментационного водообмена и использовать их для оценки направления потока отжимающихся из глин вод [2, 3].

Отмечаются определенные закономерности в распределении характера углеводородов в залежах (нефть, газоконденсат, газ) по площади бассейна, а также в зональности месторождений нефти по их качеству. В то же время наблюдается некоторая связь этих закономерностей с гидрогеохимической зональностью.

В центральной части, наиболее погруженной выделяется зона гидрогеохимической аномалии как в плане, так и в разрезе.

Совокупность наибольших мощностей пород, столба морской воды, величин кратностей смены отжимаемых вод в период опускания бассейна и осадконакопления проявляется как зона повышенных геостатических давлений (зоны пьезомаксимумов). И наоборот, наименьшие значения этих величин являются зонами пониженных давлений (зоны пьезоминимумов).

На основе анализа палеогидродинамических схем и детальных расчетов кратности смены вод в разновозрастных осадках выявлено, что в отложениях от апт-сеноманского до юрского возраста в центральной части Западно-Сибирского мегабассейна развиты исключительно отжатые поровые воды, представляющие собой измененные воды древних морских бас-

сейнов. Кратность смены вод, отжатых из глин, составляет здесь по юрским отложениям 25-30, по валанжинским – 20-35, по готерив-барремским – около 20 и по апт-сеноманским – 2-3. В прибортовых частях бассейна развиты воды инфильтрационного генезиса [5, 6].

Уменьшение минерализации вод прослеживается с глубиной с востока на запад в готерив-барремских отложениях: Мегионская площадь 25-27 г/л, Усть-Балыкская – 15-18 г/л, Салымская площадь 11-13 г/л. Состав пластовых вод аналогичен отжатым поровым растворам [7].

В начале среднеюрской эпохи большая часть ЗСМБ представляла собой громадную озерно-аллювиальную равнину. В условиях крупных озерных водоемов, заболоченных равнин происходило формирование угленосных отложений тюменской свиты [4].

Морской режим существовал только в северной части Западно-Сибирской низменности, где известен полный разрез морских отложений, охарактеризован фауной пелиципод и фораминифер. Со второй половины среднеюрской эпохи процессы углеобразования неоднократно прерывались вторжением морских опресненных вод с севера. Морские заливы окаймлялись обширными областями континентального осадконакопления. Седиментация в течение ранней средней юры эволюционировала от чисто континентальной в условиях довольно гористого рельефа в начале этапа, до условий прибрежных равнин, периодически заливаемых морем в его конце. В нижней части комплекса коллекторские горизонты связываются с седиментационными телами речных палеоврезов и пролювиальными конусами. Продуктивные горизонты развиты во впадинах и отсутствуют на сводах поднятий.

Отложения среднеюрских отложений повсеместно распространены почти на всей территории Западно-Сибирской равнины, отмечается их отсутствие только в южных районах, а также на сводах отдельных поднятий. Эти особенности средней юры впервые были выделены и описаны Н.Н. Ростовцевым, названа тюменская свита, представленная континентальными и частично прибрежными морскими образованиями: серыми песчаниками, частично с хорошо выраженными текстурными особенностями, переслаивающимися с темно-серыми алевролитами, аргиллитами, реже карбонатными породами (сидеритами), содержащими тонкие прослойки и линзы угля.

Породы обогащены обугленным растительным детритом и содержит отпечатки растений, которые определяют возраст большей части тюменской свиты как среднеюрской.

В целом по ЮС<sub>2</sub> в районе Усть-Балыкского месторождения можно сделать следующие выводы: резервуар тюменской свиты отличается невыдержанностью проницаемых пластов и преобладанием ловушек литологических типов. Относительное содержание глинистого материала увеличивается в направлении к центру Ханты-Мансийской впадины. Мощность

отложений уменьшается от 500-600 м в впадинах до 100-200 м на сводовых поднятиях. Региональной покрывкой НГК являются глинистые породы нижневасюганской подсветы нижнего келловоя, отвечающие этапу крупной морской трансгрессии.

#### Библиографический список

1. Гидрогеологические и палеогидрогеологические условия размещения залежей нефти и газа : монография / Е. А. Барс, Н. А. Климанова, С. Н. Титкова [и др.]. – Новосибирск: «Наука», 1977. – Текст: непосредственный.
2. Карцев, А. А. Палеогидрогеология / А. А. Карцев, С. Б. Вагин, Е. А. Басков. – Москва: Недра, 1969. – 152 с.
3. Матусевич, В. М. Палеогидрогеология южных нефтегазоносных районов Тюменской области / В. М. Матусевич, Т. В. Семенова. - Текст : непосредственный // Известия вузов. Нефть и газ. – 2003. – № 1. – С. 14-22.
4. Ставицкий, Б. П. Палеогидрогеология Западно-Сибирского артезианского бассейна / Б. П. Ставицкий, В. М. Матусевич. - Текст : непосредственный // Материалы V совещания по подземным водам Сибири и Дальнего Востока. – Иркутск-Тюмень : Изд-во СО АН СССР, 1967. – С. 93-101.
5. Сабанина, И. Г. Подземные воды мезозойского гидрогеологического бассейна Среднего Приобья (на примере Усть-Балыкского месторождения) / И. Г. Сабанина, Т. В. Семенова. - Текст : непосредственный // Известия ВУЗов. Нефть и газ. – 2020. – № 3. – С. 20-31.
6. Сабанина, И. Г. Гидрогеологические условия мезозойского гидрогеологического бассейна в районе Усть-Балыкского месторождения нефти / И. Г. Сабанина, Т. В. Семенова. - Текст : непосредственный // Материалы Национальной научно-практической конференции НЕФТЬ И ГАЗ: технологии и инновации. – Тюмень : ТИУ, 2019. – Т. 1. – С. 17-19.
7. Сабанина, И. Г. Гидрогеохимическая характеристика подземных вод мезозойского гидрогеологического бассейна в районе Усть-Балыкского месторождения / И. Г. Сабанина, Т. В. Семенова. - Текст : непосредственный // Материалы Национальной научно-практической конференции НЕФТЬ И ГАЗ: технологии и инновации. – Тюмень : ТИУ, 2020. – Т. 1. – С. 47-49.

#### **Гидрогеологические условия и качество подземных вод Западно-Сибирского мегабассейна при разработке нефтяных месторождений**

*Сальникова Ю.И.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Подземные воды Западно-Сибирского гидрогеологического бассейна на территории ХМАО подвергаются техногенной нагрузке в связи с их до-



бычей для целей поддержания пластового давления в залежах, а также с закачкой излишков попутно добываемых вод, образующихся при добыче углеводородов. Для обеспечения нужд хозяйственно-питьевого водоснабжения эксплуатируются водоносные горизонты олигоцен-четвертичных отложений. Обеспечение устойчивости экологического состояния окружающей среды региона, в том числе и подземной гидросферы, в пределах нефтяных месторождений и в зоне их влияния является важной частью недропользования [1].

В результате проведенных мониторинговых исследований на 24 водозаборных участках и 16 участках закачки накоплен достаточно большой объем геохимических данных, позволяющих проанализировать качественный состав подземных вод. Суммарный объем закачанной попутно добываемой воды за весь период эксплуатации участков закачки составил 182,5 млн.м<sup>3</sup>, общий объем отобранной апт-сеноманской воды – 366 млн.м<sup>3</sup>. На рассматриваемых участках наблюдения ведутся на протяжении десяти лет согласно утвержденным программам мониторинга.

Рассматриваемая территория относится к центральной части Западно-Сибирского сложного артезианского бассейна, в вертикальном разрезе которого выделяют два гидрогеологических этажа, воды которых различаются по своим гидрохимическим и гидродинамическим особенностям, условиям залегания, питания и разгрузки. Региональным водоупором, изолирующим минерализованные воды нижнего этажа от пресных вод верхнего, служит мощная толща (порядка 700-800 м) кремнисто-глинистых пород турон-эоценового возраста.

Верхний гидрогеологический этаж включает водоносный олигоцен-четвертичный комплекс, сложенный аллювиальными и озерно-аллювиальными осадками общей мощностью порядка 300 м и характеризуется зоной активного водообмена. Воды напорно-безнапорные. По химическому составу воды комплекса гидрокарбонатные со смешанным катионным составом, пресные, мягкие, повсеместно характеризуются повышенным содержанием железа – до 18,3 мг/дм<sup>3</sup> [8].

Нижний гидрогеологический этаж объединяет осадки нижнемелового и юрского возраста. Регионально распространенные апт-альб-сеноманский, неокомский, берриас-валанжинский и юрский водоносные комплексы имеют субгоризонтальное строение, содержат высоконапорные, минерализованные, термальные подземные воды, находящиеся в условиях затрудненного водообмена.

Апт-альб-сеноманский водоносный комплекс является наиболее выдержанным по площади и разрезу среди мезозойских отложений осадочного чехла. Сложен мощной (800 м) толщей чередующихся песчаников, алевролитов и глин. Фильтрационно-емкостными свойствами пород-коллекторов самые высокие по сравнению с остальными гидрогеологическими подразделениями мезозойского бассейна (пористостью 12-42%, про-



ницаемостью от  $215,8 \cdot 10^{-3}$  до  $504,8 \cdot 10^{-3}$  мкм). Водообильность пород комплекса самая высокая в мезозойском разрезе. Дебиты водозаборных скважин достигают 1-2 тыс. м<sup>3</sup>/сут при понижениях в среднем до 100-150 м.

Пьезометрическая поверхность апт-альб-сеноманского комплекса плавно погружается от складчатых обрамлений бассейна, являющихся областями питания, к его центральным районам и, далее, на север (в сторону Карского моря – предполагаемой области разгрузки). Абсолютные отметки пьезометрического уровня в ненарушенной эксплуатацией период в рассматриваемом районе составили  $+55 \div +65$  м, величина суммарной водопроницаемости – 300-350 м<sup>2</sup>/сут.

Неокомский водоносный комплекс формируется в отложениях нижнего мела чередованием песчаников, алевролитов и глин общей мощностью около 500 м.

Проницаемые породы характеризуются различными фильтрационно-емкостными свойствами, в интервале залегания продуктивных пластов пористость ( $K_p$ ) составляет 18-22%, проницаемость ( $K_{пр}$ ) –  $19-892 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>

Воды комплекса высоконапорные. Водообильность неоднозначная, зависит от степени глинизации отложений.

Берриас-валанжинский водоносный комплекс представлен линзами песчаников и алевролитов, чередующихся в сложном сочетании с аргиллитоподобными глинами. Средняя мощность комплекса порядка 100 м. Частая известковистость песчаников, невыдержанность коллекторов по мощности и простиранию обуславливают низкие коллекторские свойства пород (проницаемость – первые единицы  $\cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>) и слабую водообильность.

Юрский водоносный комплекс развит в переслаивающихся отложениях песчаников, алевролитов и глин. Вскрытая мощность комплекса достигает 500 м. Коллекторские свойства пород, как правило, невысокие. Водообильность неравномерна, в основном слабая.

Следует отметить, что на рассматриваемой территории, с отложениями неокома, берриас-валанжина и юры связаны залежи углеводородов, процесс добычи которых связан с извлечением попутных вод. Излишки попутно добываемых вод, не востребованные в системе поддержания пластового давления, закачиваются в поглощающий горизонт, свободный от углеводородов (апт-альб-сеноманский водоносный комплекс).

Попутные воды, закачиваемые в глубокопогруженные горизонты, чаще всего представляют собой смесь переменного состава, образующуюся в процессе добычи и переработки углеводородного сырья.

Состав и качество закачиваемых попутных вод месторождений изучено по результатам 587 анализов, отобранных в процессе мониторинга.

Таким образом, в настоящее время качество вод в основном соответствует требованиям ОСТа 39-225-88 [2], кроме норм содержания механических примесей и растворенного кислорода. Высокое содержание механических примесей связано в основном с техногенными причинами, кото-

рые должны оперативно устанавливаться и устраняться. Опыт эксплуатации водозаборов апт-сеноманских вод показывает, что количество взвешенных частиц при стабильной работе водозаборных скважин обычно не превышает 20-30 мг/дм<sup>3</sup>.

Для уменьшения пескования и очистки от относительно крупных твердых частиц рекомендуется кратковременный отстой воды перед закачкой в продуктивные пласты, оборудование скважины щелевым фильтром, флотация и коагулирование с последующей фильтрацией. В условиях действующего водозабора для уменьшения пескования запущенных после остановки скважин рекомендуется ввод их в работу постепенно, начиная с минимального дебита.

Повышенное содержание растворенного кислорода в пробах, скорее всего, связано с особенностями отбора устьевых проб пластовой воды.

Следует предусмотреть так же меры по борьбе с коррозией водоводов – внутреннее защитное покрытие, применение ингибиторов коррозии.

По результатам проведенных исследований физико-химических и качественных характеристик можно сделать вывод, что закачиваемые попутные воды на территории всех выше описанных месторождений в целом удовлетворяют требованиям ОСТ 39-225-88 при условии проведения соответствующей водоподготовки.

Анализ проведенных исследований пресных подземных вод на участках, осуществляющих закачку попутных вод в апт-альб-сеноманский комплекс, показал, что состав и свойства вод в целом не претерпевают значительных изменений, наблюдаемые отклонения носят случайный характер и обусловлены в основном геохимическими особенностями формирования вод в данном районе, и не связаны с влиянием участков закачки попутных вод.

Таким образом, на рассматриваемых месторождениях в целом сохраняется постоянство гидрохимических характеристик пластовых вод в течение всего периода наблюдений.

#### Библиографический список:

1. Белоусова, А. П. Мониторинг подземных вод на объектах нефтегазового комплекса / А. П. Белоусова. - Текст : непосредственный // Водные ресурсы. – 2005. – № 6. – С. 727-738.
2. ОСТ 39225-88. Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству. – Москва: Министерство нефтяной промышленности. – 1988. – 10 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Бешенцев В.А., профессор, доктор геолого-минералогических наук.

## Оценка методов моделирования куба нефтенасыщенности на примере секторных геологических моделей

Самохин С.О.

Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть»  
в г. Тюмень

В практике 3D моделирования существует ряд методов построения параметра нефтенасыщенности.

Наиболее общедоступным и часто применяемым является интерполяция скважинных данных или, так называемый, крайгинг. Сущность процесса моделирования крайгингом заключается в осреднении скважинных данных с минимальной дисперсией в поле межскважинного пространства. В качестве дополнительной информации при этом могут использоваться различные тренды, такие как, 2D карта коэффициента нефтенасыщенности, параметры, характеризующие зависимость коэффициента нефтенасыщенности от фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) и т.п.

Однако, применение данной методики затруднительно при работе с объектами, характеризующимися высокой степенью изменчивости литологического состава пород, ФЕС.

В таких случаях для получения более достоверных результатов моделирования следует обратиться к альтернативным методикам, обладающим более широким спектром возможностей учета всех особенностей геологического строения объекта моделирования. Одним из таких методов является построение параметра нефтенасыщенности на основе модели переходной зоны. Как правило, для этого используется  $J$ -функция Леверетта.

Классический метод  $J$ -функции Леверетта позволяет производить нормализацию капиллярных давлений между различными фазами флюидов с учетом проницаемости и пористости (формула 1).

$$J(S_w) = \frac{p_c(S_w) \cdot \sqrt{k/\phi}}{\gamma \cdot \cos\theta}, \text{ где} \quad (1)$$

$p_c$  – измеренное капиллярное давление;

$\gamma$  – межфазное натяжение;

$\theta$  – краевой угол;

$k$  – проницаемость образца;

$\phi$  – пористость.

Но в условиях отсутствия достаточного количества лабораторных данных, и, что еще более важно, когда речь идет об экспрессности работ, может быть применена более доступная и менее трудозатратная методика, предполагающая использование, так называемой, упрощенной  $J$ -функции (*Simplified*).

При создании секторной 3D геологической модели (ГМ) для обоснования бурения БВГС и дальнейшего сопровождения бурения куб нефтенасыщенности, как правило, строится на основе методов интерполяции. Это

рационально с точки зрения оперативности, так как данный вид работы чаще всего выполняется в весьма ограниченные сроки.

В последнее время в связи с активным разбуриванием боковыми стволами приконтурных частей залежей и снижением эффективности данного вида геолого-технических мероприятий встал вопрос об улучшении прогнозных характеристик геологической модели, главным образом, куба нефтенасыщенности.

В рамках данной работы выполнен анализ целесообразности построения куба нефтенасыщенности с учетом модели переходной зоны, что является более трудозатратным методом, нежели интерполяция скважинных данных, а также оценка вероятных рисков бурения боковых стволов с использованием секторных моделей, где параметр нефтенасыщенности построен без учета переходной зоны.

Проведенный анализ позволит ранжировать секторные 3D ГМ в зависимости от особенностей геологического строения для определения наиболее оптимального метода моделирования куба нефтенасыщенности с целью улучшения прогнозных показателей геологической модели.

В результате были поставлены и выполнены следующие задачи:

1. Определение выборки секторных ГМ для оценки методов моделирования Кн;
2. Построение альтернативных кубов нефтенасыщенности без учета пробуренных БВГС;
3. Ранжирование районов бурения по геологическим характеристикам относительно методов моделирования Кн;
4. Оценка рекомендуемого метода моделирования Кн методом «выколотой» скважины.

Первый этап работы заключался в выборе геологических моделей для анализа и оценки влияния методов моделирования куба Кн на прогнозные характеристики модели.

Анализ результатов бурения БВГС показал, что наибольший процент неподтверждения характера насыщения и значений коэффициента нефтенасыщенности связан с бурением в краевых частях залежей, преимущественно, пластов группы «БВ».

На следующем этапе работы в каждой из трех выбранных геологических моделей был произведен расчет альтернативных вариантов кубов нефтенасыщенности на основе упрощенной  $J$ -функции (*Simplified*).

Заключительным этапом работы являлось сравнение прогнозных показателей по проектным скважинам, полученным на основе рассмотренных подходов моделирования коэффициента нефтенасыщенности, с данными РИГИС по пробуренным скважинам (таблица).

По пробуренной скважине 2603Л прогнозные показатели, полученные на основе куба, построенного методом интерполяции, значительно разнятся с фактическими, в то время как прогноз, полученный с использо-

ванием метода упрощенной *J*-функции, демонстрирует показатели, приближенные к РИГИС.

В скважине 1209Л по результатам моделирования куба нефтенасыщенности интерполяцией прогнозные величины *K*<sub>н</sub> составили порядка 0.57 д. ед., также, как и при первоначальном построении куба нефтенасыщенности с использованием зависимости от высоты залежи и ФЕС (*J*-функции). В данном случае использование альтернативной методики построения параметра нефтенасыщенности на основе *J*-функции стало, своего рода, индикатором ряда проблем, связанных с некорректностью геологической концепции объекта моделирования в районе проектной скважины 1751Л, представленной в материалах, числящихся на государственном балансе. После внесенных корректировок и повторного построения нефтенасыщенности с использованием упрощенной *J*-функции были получены прогнозные значения *K*<sub>н</sub> порядка 0.39 – 0.43 д. ед., что в полной мере согласуется с фактическими данными РИГИС.

В случае скважины 1751Л прогнозные значения, полученные на основе каждого из рассматриваемых методов построения нефтенасыщенности, идентичны и составляют 0.52 – 0.53 д. ед., что не соответствует фактическим результатам бурения скважины. Вероятнее всего низкая эффективность в данном случае связана с влиянием разработки на зону бурения по участку.

*Таблица*

Скважина	Прогнозный <i>K</i> <sub>н</sub> (интерполяция), д. ед.	Прогнозный <i>K</i> <sub>н</sub> (переходная зона, упрощенная <i>J</i> -функция), д. ед.	Фактический <i>K</i> <sub>н</sub> (РИГИС), д. ед.
2603Л	0.47	0.31 – 0.39	0.28
1209Л	0.57	0.39 – 0.43	0.37
1751Л	0.52	0.53	0.44

Таким образом, использование модели переходной зоны (метода упрощенной *J*-функции) целесообразно в секторных геологических моделях, где планируемые к бурению БВГС расположены в приконтурных зонах. Это позволит улучшить качество геологической основы, а, соответственно, и прогнозных характеристик. Касательно районов, где горизонтальные стволы запроектированы в купольной части залежей, использование *J*-функции при построении куба нефтенасыщенности не является обязательным и вполне оправдано применение методов интерполяции с целью сокращения временных затрат на подготовку секторных моделей.

#### Библиографический список

1. Закревский, К. Е. Геологическое 3D моделирование / К. Е. Закревский. - Москва: ИПЦ Маска, 2009. – 376 с.

Научный руководитель: Буханов Д.А., начальник Отдела оперативной подготовки секторных моделей Управления гидродинамического моделирования

## Подсчёт запасов нефти турнейского яруса месторождения X Республики Татарстан на основе применения ArcGIS

Смирнова А.В.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань

Целью работы является изучение возможностей применения геоинформационной системы ArcGIS для подсчёта запасов нефти объёмным методом.

Для построения структурной карты по кровле турнейского яруса были подготовлены данные, которые представляют собой точечный слой с пластопересечениями кровли коллектора.

Подсчёт запасов объёмным методом производится по формуле [1]:

$$Q_0 = F \cdot h \cdot K_{\text{П}} \cdot K_{\text{Н}} \cdot \theta \cdot \rho, \quad (1)$$

где

$Q_0$  – геологические запасы нефти, т;

$F$  – площадь нефтеносности, м<sup>2</sup>;

$h$  – нефтенасыщенная толщина коллектора, м;

$K_{\text{П}}$  – коэффициент пористости, доли ед.;

$K_{\text{Н}}$  – коэффициент нефтенасыщенности, доли ед.;

$\theta$  – пересчётный коэффициент нефти;

$\rho$  – плотность нефти в поверхностных условиях, т/м<sup>3</sup>.

Подсчёт запасов осуществляется с помощью инструментов ArcToolbox, в следующей последовательности действий [2]:

- в проект загружаются точечные данные по скважинам, содержащие значения эффективных нефтенасыщенных толщин и линейные данные границ ВНК;
- идёт построение карты изопахит по эффективным нефтенасыщенным толщинам, инструмент «Topo to Raster»;
- анализируются полученные изопахиты, так как могут быть неточности при их построении;
- создаются поля планиметрии, инструменты «Feature To Line», «Feature To Polygon», «Calculate Areas»;
- производится вычисление средних значений эффективных нефтенасыщенных толщин в поле каждого участка планиметрии, инструмент «Spatial Join»;
- в таблице атрибутов делается подсчёт запасов нефти объёмным методом по формуле (1).

Для автоматизации подсчёта запасов была создана модель обработки, которая представлена на рисунке 1. Полученная модель удобна тем, что в ней сохраняется весь технологический процесс, вычисления производятся в пакетном режиме, и есть возможность проводить повторные расчёты.

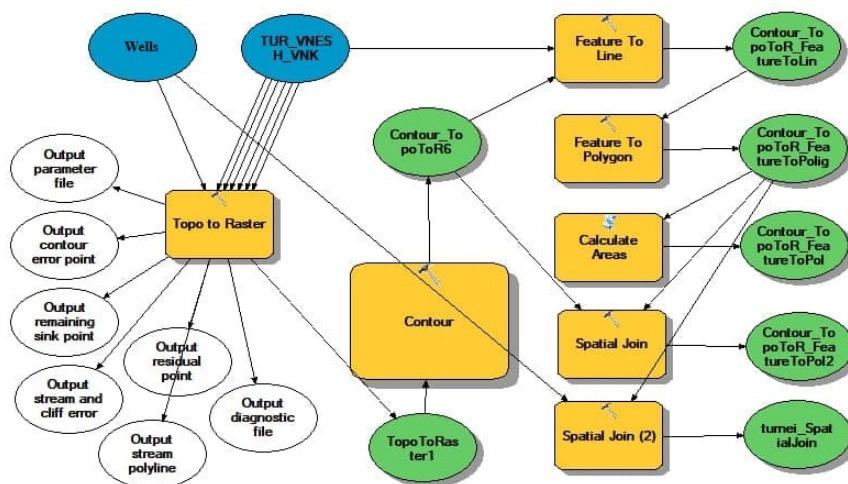


Рисунок 1. Модель геообработки

В качестве параметров в модели использовались следующие входные параметры:

- точечный слой (*Wells*) с отметками пластопересечений и значениями нефтенасыщенных толщин;
- линейный слой с границами внешнего контура нефтеносности (*TUR\_VNESH\_VNK*).

С помощью полученной модели геообработки были построены поля планиметрии, общий вид которых показан на рисунке 2. Данные поля содержат в себе средние значения эффективных нефтенасыщенных толщин для каждого участка планиметрии. Эти участки необходимы для дальнейшего подсчёта запасов объёмным методом.

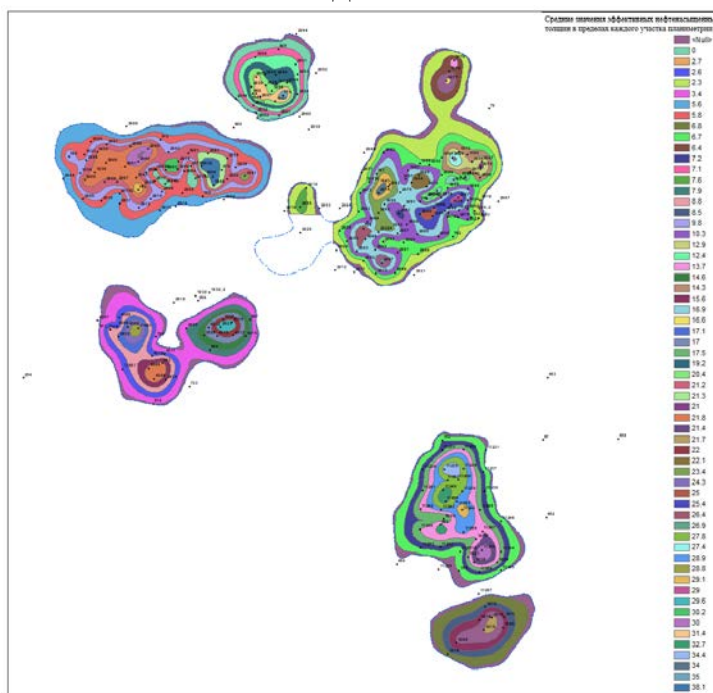


Рисунок 2. Поля планиметрии залежи турнейского яруса по категории запасов А

Таким образом, была получена 2D модель турнейских отложений. Проведён подсчёт запасов нефти по категории запасов А. Результаты по подсчёту запасов получены в соответствии с пределами допустимых значений точности, представленных в ГКЗ.

#### Библиографический список

1. Петерсилье, В. И. Методические рекомендации по подсчету геологических запасов нефти и газа объемным методом / В. И. Петерсилье, В. И. Пороскуна, Г. Г. Яценко. – Тверь: Тверьгеофизика, 2003. – 259 с. – Текст: непосредственный.

2. Кулакова, Н. В. Использование геоинформационных технологий для подсчёта запасов углеводородов / Н. В. Кулакова. - Текст: непосредственный // Теория и практика разведочной и промысловой геофизики: междунар. науч.-практ. конф. посвящ. юбилейным датам предприятий Пермнефтегеофизика, 26–27 ноября, 2015 г. – Пермь, 2015. – С. 120-123

Научный руководитель: Нургалиева Н.Г., профессор.

### **Построение 3D-модели продуктивных пластов нижнего карбона месторождения X Республики Татарстан в программе ArcGIS**

*Смирнова А.В.*

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань*

Программа ArcGIS предусмотрена для создания, управления, анализа, моделирования географических данных. С её помощью можно визуализировать большие объёмы статической информации, которые имеют географическую привязку. В ArcGIS можно создавать виртуальную 3D сцену на основе пространственных данных, с использованием цифровых моделей рельефа (ЦМР), аэроснимков, векторных данных и т.д. С трёхмерными объектами можно работать, так же как и со стандартными слоями – делать выборки объектов, получать атрибутивную информацию, оформлять сцены, в соответствии с задачами.

Построение 3D-моделей является удобным способом визуализации информации, ведь исследуемый объект показывается таким же видом, как и в реальном мире.

Для решения поставленной цели (построения 3D модели продуктивных пластов) будет использоваться программная система ArcGIS, а точнее её модули ArcMap и ArcScene. [1]

В качестве построения 3D-модели были выбраны продуктивные пласты, относящиеся к каменноугольной системе нижнего отдела, а именно – турнейский ярус, бобриковский горизонт (пласт Сбр) и тульский горизонт (пласт Стл-2).



В проекте ArcMap в качестве исходных данных для построения трёхмерной модели использовались точечные данные скважин с абсолютными отметками по кровле турнейского яруса, пластов Сбр, Стл-2 и абсолютными отметками по подошве пластов Сбр и Стл-2. Следующим шагом идёт построение модели. В программном обеспечении есть несколько способов интерполяции. Для построения структурных поверхностей был использован инструмент «Торо To Raster», он является наиболее удачным для использования, так как передаёт наиболее реальную картину рельефа поверхности. В итоге были построены 3 GRID модели кровли и 2 GRID модели подошвы нефтеносных пластов, представленных на рисунке 1.

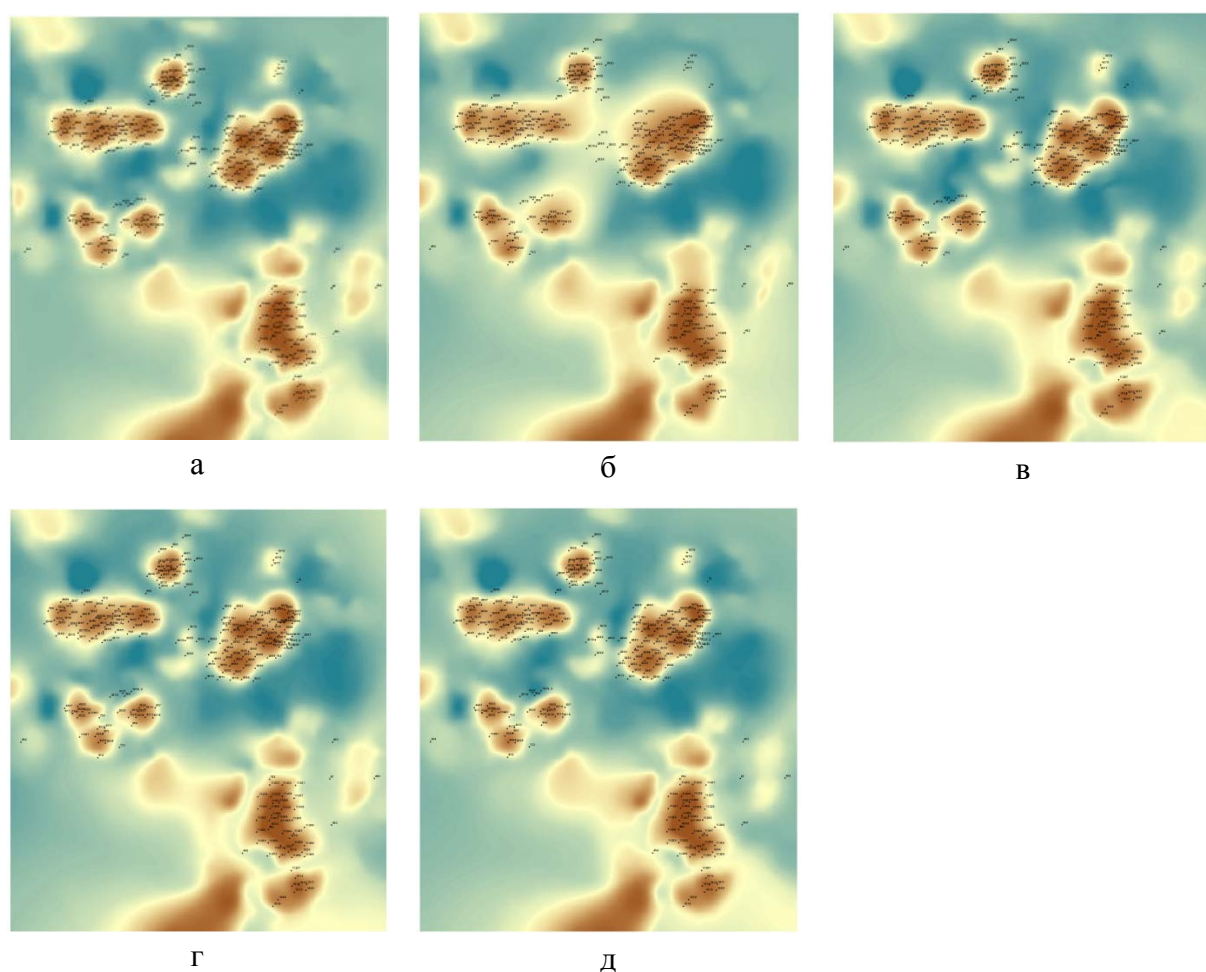


Рисунок 1. GRID модели по кровле продуктивных пластов: а) пласт Стл-2; б) пласт Сбр; в) турнейский ярус; по подошве продуктивных пластов: г) Стл-2; д) пласт Сбр.

ArcScene – это приложение для 3D-визуализации, которое позволяет просматривать данные ГИС в трёхмерном виде. Здесь так же можно манипулировать слоями отдельно от других. Чтобы начать работу в данном модуле необходимо перетащить на карту полученные GRID модели и скважины из базы геоданных. Для правильного отображения пластов в свой-

ствах слоёв настраиваются базовые высоты, цветовая схема и т.д., после чего настраиваются скважины для более удобного отображения. Полученная 3D-модель представлена на рисунке 2.

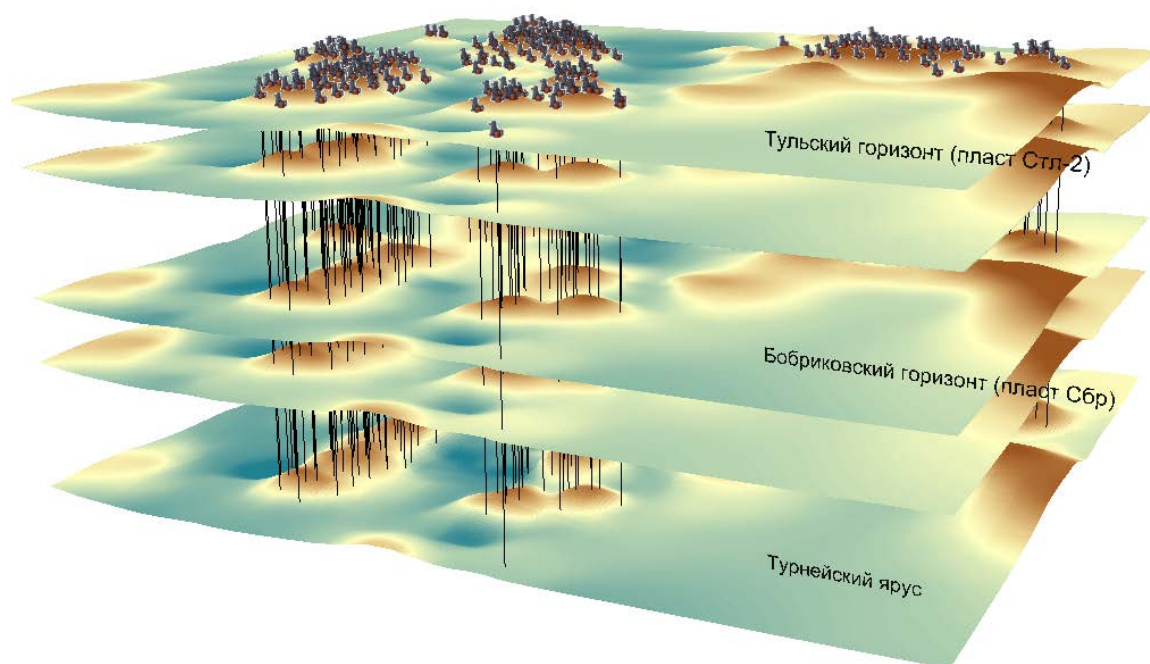


Рисунок 2. 3D модель продуктивных пластов нижнего карбона

Применение 3D-моделирования в области геоинформационных систем обеспечивает большую наглядность и интерпретируемость данных, а также позволяет реализовать ряд прикладных задач, недоступных для решения с использованием двумерных данных. [2,3]

#### Библиографический список

1. ESRI . ArcGIS 3D Analyst: учебное пособие / ESRI – США, 2008. – 122 с. – Текст: непосредственный.
2. Хромых, В. В. Цифровые модели рельефа: учебное пособие / В. В. Хромых, О. В. Хромых. – Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. – 178 с. – Текст: непосредственный.
3. Шихов, А. Н. Геоинформационные системы: методы пространственного анализа: учебное пособие / А. Н. Шихов, Е. С. Черепанова, С. В. Пьянков. – Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2017. – 88 с. – Текст: непосредственный.

Научный руководитель: Нургалиева Н.Г., профессор.

## Актуальность разработки технологий роторно-управляемых систем в России

Шарифуллин Р.Р., Коврига В.Д., Закиров Н.Н.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Задачей любой нефтегазовой промышленности является увеличение объемов нефти и сырья. Но со временем процессы добычи углеводородов каждый раз усложняются. Создаются проекты по освоению новых территорий и месторождений, осуществляются доработки ранее известных мест. В настоящее время выполнение поставленных задач невозможно без строительства горизонтальных скважин. Сложности бурения данных скважин заключаются в непростых траекториях проводки ствола. В наше время перспективой наклонно-направленного бурения является применение роторных управляемых систем. РУС позволяют бурить более длинные горизонтальные скважины. Таким образом, можно вместо двух или трех обычных наклонных скважин пробурить одну скважину, что позволяет экономить на наземной инфраструктуре.

Роторно-управляемые системы (rotary steerable system – RSS) – это управляемые системы, в которых долото движется по заданной траектории, с непрерывным вращением всей бурильной колонны. [1]



Рисунок 1. Роторно-управляемая система

Данные системы впервые были использованы на дорогих скважинах, с большими отклонениями от вертикали, на которых они могли обеспечить возможность решения задач, с которыми не справлялись существующие компоновки с забойным двигателем. Рекордной является скважина, пробуренная с южного берега Великобритании компанией British Petroleum. [1]

На данный момент в России используются роторно-управляемые системы зарубежных компаний, таких как: Schlumberger, Halliburton, Weatherford.

В 2011 году при проекте Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения для решения поставленных задачи и выполнения плановых объемов добычи специалисты Департамента буровых работ ОАО «Верхнечонскнефтегаз» и Департамента по геологии и разработке месторождений компании Schlumberger были применены те самые современные технологии. Средняя механическая скорость проходки с использованием роторно-управляемых система составила 16 м/ч, что на порядок выше, чем при экс-

плуатации винтового забойного двигателя. Следовательно, сократился цикл бурения горизонтальных интервалов на несколько дней. В ходе данного проекта с применением РУС были выявлены некоторые технические и экономические преимущества:

- экономия затрат на строительство скважины;
- сокращение сроков бурения;
- намного повысилось качество ствола скважины;
- возможность бурения скважин с большим отходом от вертикали. [2]

Так как на сегодняшний день стоят большие задачи по импортозамещению, отечественные производители поднимают на новый уровень свои разработки. Российские специалисты испытали новую отечественную разработку компании НПП «БУРИНТЕХ» для бурения сложных скважин. Технологию испытывали на Южно-Приобском месторождении ООО «Газпромнефть-Хантос» (дочернее предприятие ПАО «Газпром нефть»). С помощью системы РУС-ГМ-195 был пробурен интервал длиной 1920 метров. Строительство участка скважины было осуществлено без отклонений от профиля, заданного проектом. [3]

По способу управления долотом РУС-ГМ-195 относится к типу Point-the-bit, в котором позиционирование долота достигается смещением приводного вала относительно компоновки либо изменением его кривизны. Типоразмер долот - 215,9-222,3 мм, источник питания - поток промысловой жидкости.

В ближайших планах компании БУРИНТЕХ завершение стендовых испытаний еще одной модели уникальной разработки роторно-управляемых систем – РУС-124, в габарите 124 мм, и выход на скважинные испытания, а также коммерческая реализация продукта.

По итогу испытаний российская компания отметила, что при использовании отечественных РУС можно снизить стоимость бурения сложных скважин, тем самым улучшить экономическую составляющую больших проектов.

#### Библиографический список

1. Современные технические средства управления траекторией наклонно направленных скважин: учебное пособие / С. А. Кейн. – Ухта: УГТУ, 2014. – 119 с. – Текст : непосредственный.
2. Результаты применения новых технологий в бурении при разработке Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения / К. Уилсон, И. Шокарев, Дж. Смолл, Э. Ахунжов. – Текст : электронный // ROGTEC. – 2011. – URL : <https://rogtecmagazine.com/> (дата обращения : 15.03.2021).
3. Алифирова, Е. Испытания российской роторно-управляемой системы (РУС) РУС-ГМ-195 / Е. Алифирова. – Текст : электронный // Neftegaz.ru – 2020. – URL : <https://neftgaz.ru/news/Oborudovanie/654605-na->

yuzhno-priobskom-mestorozhdenii-gazprom-nefti-ispytana-rossiyskaya-rotorno-upravlyаемaya-sistema/ (дата обращения : 15.03.2021).

Научный руководитель: Закиров Н.Н., доктор технических наук, профессор.

## **Строение и состав баженовской свиты в центральной части Широтного Приобья Западной Сибири**

*Щепелин Д.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Баженовская свита – одна из наиболее важных перспективных углеводородистых формаций Западной Сибири. Среди исследователей, занимающихся изучением баженовской свиты, ключевым вопросом о ее нефтегазонасности является природа ее коллекторов. Выделенная Фабианом Гурари в качестве подсвиты в составе марьяновской свиты, ещё в 1959 году, по сей день, она является наименее предсказуемым объектом в нефтегазовой геологии. Сейчас это уникальное геологическое образование подвержено самым разнообразным видам исследований.

В настоящее время разнообразные лабораторные изучения кернового материала, отобранного на месторождениях центральной части Западной Сибири (в особенности на Галяновском и Средне-Назымском) позволили изучить коллекторы непосредственно на керне и получить значительно новые данные о строении баженовской свиты. Установлено, что в разрезе баженовской свиты главенствуют темно-коричневые карбонатные, глинисто-кремнистые породы, обогащенные органическим веществом (ОВ). Они представлены переслаиванием кремнистого (более 45 %), глинистого (около 20 %), карбонатного (5-13 %) вещества алевритовой и пелитовой фракции. Эти породы имеют тонкую субгоризонтальную слоистость, а в качестве цемента в них представлено органическое вещество. В верхней части профиля баженовской свиты распространены глинисто-кремнистые кокколитофоридовые известняки, с тонкослоистой текстурой. Толщина пачек тонкослоистых пород, обогащенных ОВ, составляет 4-7 метров. Между пачками, располагаются маломощные толщи (0,6-2,5 м), сложенные более плотными породами, характеризующиеся небольшим содержанием глинистой примеси и ОВ. Результаты самых разных лабораторных и промыслово-геофизических исследований позволили установить, что основная часть пород-коллекторов баженовской свиты формируется именно в маломощных плотных слоях [1].

Среди горных пород, представляющих плотные слои баженовской свиты, встречаются различные доломиты, известняки и радиоляриты. Детальные литологические исследования позволили прийти к выводу, что

упомянутое разнообразие литотипов образовалось в результате вторичных преобразований только лишь одной породы – радиолярита. Это заключение несет собой немаловажное практическое значение, так как радиоляриевые илы накапливаются в виде слоев, имеющих огромное площадное распространение [1]. Слои радиоляритов толщиной до одного метра хорошо коррелируются по данным геофизических исследований скважин (ГИС) в границах смежных месторождений. А слои радиоляритов толщиной 1-2 м образуют в центральной части разреза баженовской свиты «радиоляритовые пачки», которые можно проследить в скважинах на расстоянии в сотни километров. Этот вывод был обоснован при анализе кернового материала большого количества скважин по всей территории Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

Благодаря анализу преобразований, возникших после осадконакопления кремнисто-карбонатных пород, совместно с изотопным анализом кислорода и углерода карбонатов, было обнаружено, что в зависимости от физико-химических условий в осадке, радиоляриевые илы окремнялись или кальцитизировались, что показано на рисунке 1.

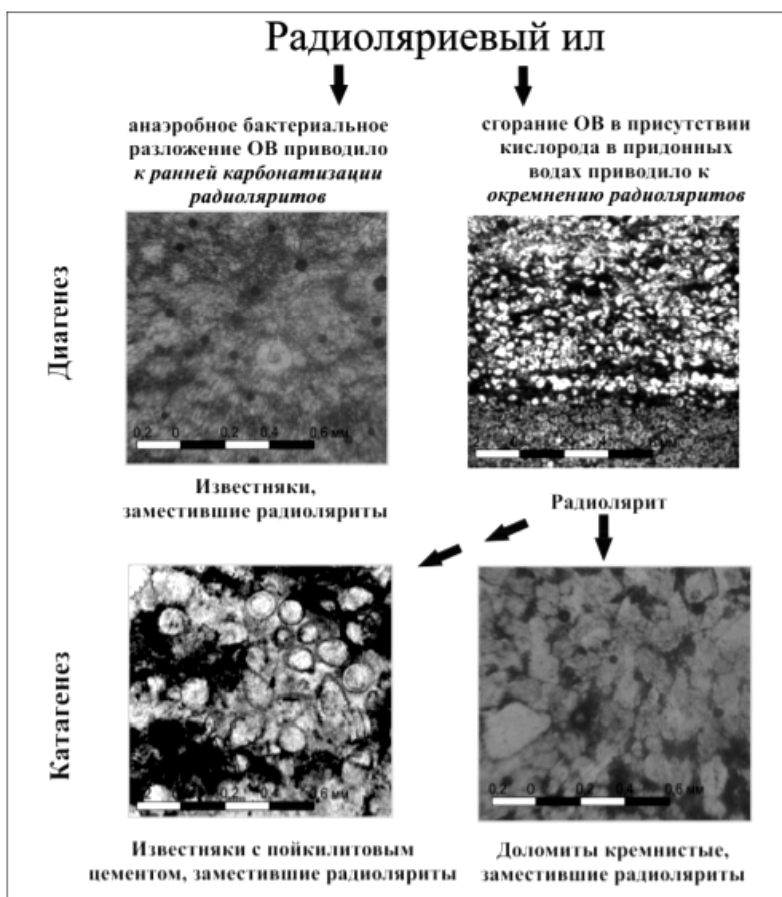


Рисунок 1. Этапность постседиментационных преобразований радиоляритов

Обогащенные различными модификациями кремнезема илы (окремненные), сохраняли проницаемость и на стадии катагенеза преобразовыва-



лись в радиоляриты, в которых кальцит в той или иной мере замещен доломитом (доломитизированные). Определена связь вторичных изменений горных пород с палеорельефом дна: на локальных поднятиях радиоляриты были подвергнуты окремнению, а во впадинах радиоляриты чуть больше разбавлялись глинистым материалом (до 4-6 %) и кальцитизировались. Доломитизированные и кремнистые радиоляриты обладают более высокими фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС), в отличие от кальцитизированных. Данная информация может быть использована в качестве поискового критерия [2].

«Рекомбинация» кремнистого и карбонатного вещества баженовской свиты в процессе литогенеза, обусловило существование коллекторских свойств (доломитизация), а также развитие устойчивых локальных покрышек (окремнение) непосредственно внутри свиты.

#### Библиографический список

1. Стадийность и направленность вторичных преобразований пород-коллекторов нижнетутлеймской подсвиты на западе Широкого Приобья / В. Д. Немова, В. Н. Колосков, С. С. Гаврилов, Б. Г. Покровский. – Текст : непосредственный // Геология нефти и газа. – 2010. – № 6. – С. 22-28.

2. Немова, В. Д. Факторы продуктивности баженовского горизонта во Фроловской мегавпадине / В. Д. Немова, И. В. Панченко. – Текст : непосредственный // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2017. – Т. 12. – № 4. – С. 1-16.

### **Опыт применения технологии автоматизированного бурения**

*Эльмурзиев Д.А., Бастриков С.Н.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время актуальна проблема, связанная с прохождением интервалов неустойчивых пород в процессе бурения скважин на Юрские отложения в районе Тазовской губы.

С учетом нестандартного диаметра породоразрушающего инструмента и опыта бурения были выделены следующие основные проблемы требующие оптимизации бурения:

- Как отмечено ранее, это применение долот нестандартного диаметра на данном регионе и отсутствие наработок;
- Постоянный набор параметров кривизны;
- Риски обвалообразования в интервале баженовской свиты;
- Постоянное поддержание ствола в устойчивом состоянии;
- Сокращение временного фактора;
- Риски дифференциального прихвата в связи протяженными интервалами слайдов для достижения плановой интенсивности и высокого параметра плотности бурового раствора;

На основании выделенных особенностей рациональным представляется применение в КНБК РУС, телеметрии с датчиком контроля затрубного давления в процессе бурения и для корреляции интервалов пластов, применение раствора на углеводородной основе для снижения нагрузок и воздействия на интервалы осложненных пластов.

Применение РУС обосновано решением большей части проблем, связанных с обеспечением траектории и достижение максимальных показателей МСП. В случае применения ВЗД могло произойти обратное по причине постоянных срывов и неконтролируемого поведения отклонителя. По причине нестандартного диаметра открытого ствола, многим компаниям это является трудностью, т.к. требуется подготовка и дальнейшая модернизация оборудования с его парком с учетом того, что проведенный предварительный расчет в ПО Advantage компании Бейкер Хьюз позволяет просмотреть различные варианты для подбора оптимального дизайна долота и КНБК с учетом возможности достижения плановых значений интенсивностей набора параметров кривизны. Выходные данные программного обеспечения после проведения расчета на возможный сценарий подтверждают возможность осуществления траектории с интенсивность пространственного искривления 1гр/10м с учетом запаса по интенсивности (рисунок 4).

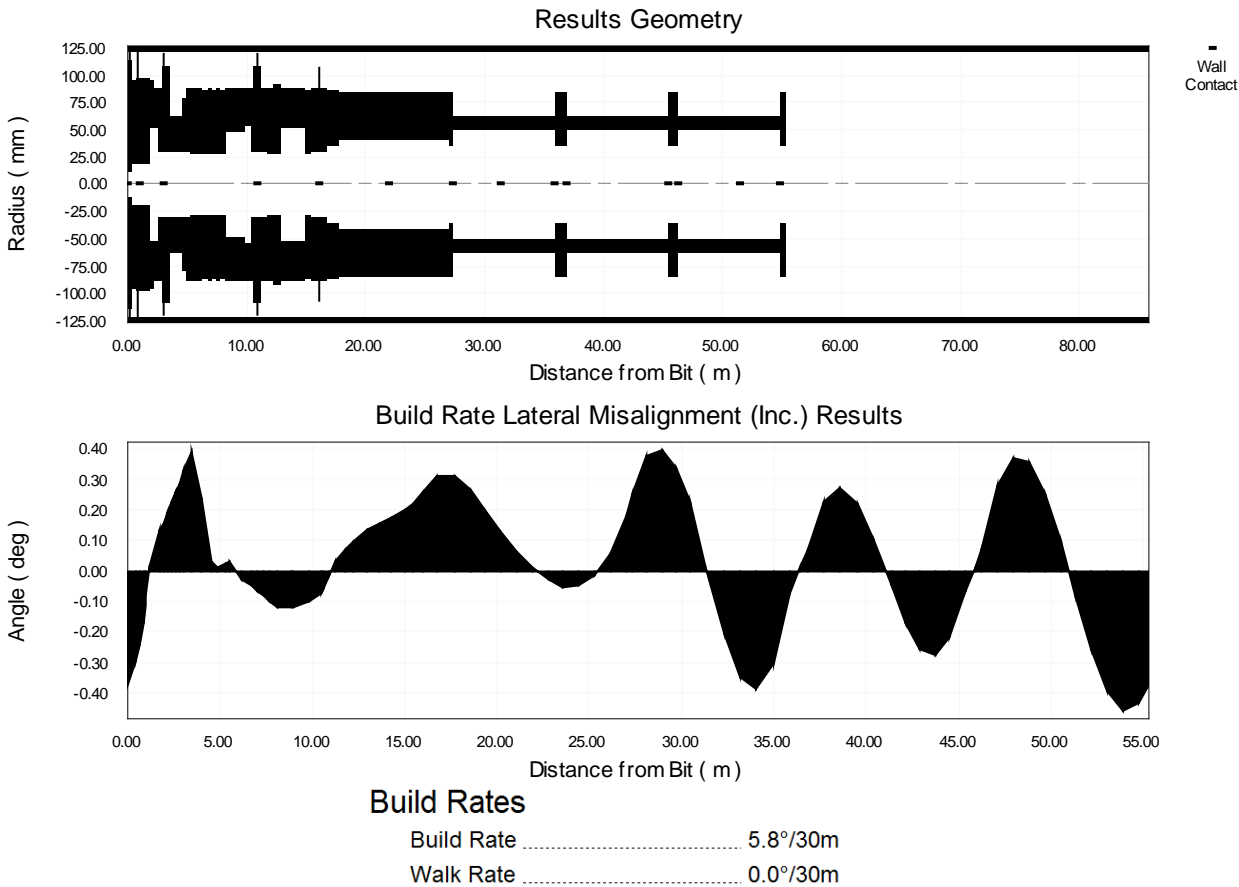


Рисунок 1. Угол отклонения элементов КНБК с  $\varnothing$  долота 241 мм



## **Выводы**

Для достижения поставленных целей, связанных с обеспечением плановой траектории без каких-либо сложностей связанных с устойчивостью ствола скважины и возможных осложнений наилучшим выходом, как это описано в статье, является применение РУС типа отталкивания долота, т.к. РУСы с типом позиционирования имеют ряд недостатков.

### **Библиографический список**

1. Пустовойтенко, И. П. Предупреждения и методы ликвидации аварий и осложнений в бурении: учебное пособие для профтехобразования. – Москва : Недра, 1987. – 237 с. – Текст : непосредственный.

# СЕКЦИЯ «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»

## Оптимизация применения альтернативных видов нефтегазосборных трубопроводов

*Алексеева П.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Цель работы: Сравнение различных материалов трубопроводов, определение оптимального вида альтернативных трубопроводов, с целью снижения капитальных затрат на строительство и сроков строительства.

Основные задачи:

1. Рассмотрение вариантов альтернативных стальным трубопроводам;
2. Сравнение преимуществ и недостатков;
3. Вывод о целесообразности применения других материалов.

Трубопроводы на месторождениях — система технологических трубопроводов, используемых, в основном, для транспортировки различных продуктов (нефти, конденсата, газа, воды и т.д.). Большая часть существующих трубопроводов представлена из стальных труб. Основным преимуществом трубопроводов из стали является прочность. Это имеет огромное значение при перемещении по трубопроводам высоконапорных сред. Но также стальные трубопроводы имеют ряд серьезных несовершенств. Одним из самых главных недостатков является то, что трубопроводы могут быть подвержены коррозии. Вследствие этого могут возникнуть дефекты, через которые может произойти потеря перекачиваемой жидкости, а также возможен подсос грунтовых вод и загрязнение экологии.

Развитие органической химии привело к появлению труб из полимерных материалов. Основным их преимуществом перед стальными трубами в том, что они не подвержены коррозии. Также полимерные трубопроводы имеют еще ряд общих преимуществ, таких как: минимальная скорость монтажа и легкость материала. Полимерные трубопроводы значительно легче, соответственно снижаются затраты на технику и перебазировку материала. Соответственно трудоемкость монтажа полимерных труб значительно ниже, чем стальных, а скорость монтажа значительно выше. Еще одним положительным качеством является то, что полимерные трубопроводы электрохимически нейтральны, т.е. они обладают высокой устойчивостью к блуждающим токам наводки, вызывающим точечную коррозию металлических трубопроводов. Также, полимерные трубы обладают такими немаловажными свойствами при эксплуатации, как бесшумность при любой скорости потока. Соответственно следует отметить, что в случае полимерных трубопроводов широко используются материалы из полимера с различными функциональными свойствами, стоимостью и дол-

говечностью. Наиболее популярными полимерными материалами, из которых возводят трубопроводы, являются термопласты такие, как: полиэтилен низкого давления (ПЭ), поливинилхлорид (ПВХ), полипропилен (ПП) и т.д.

В настоящее время в трубопроводном транспорте возможно применение альтернативных вариантов, например, использование гибких полимерно-армированных трубопроводов (ПАТ). ПАТ производят методом экструзии с одновременным помещением внутрь стенки трубы стального каркаса. С помощью такой технологии производства получается полиэтиленовая труба, армированная стальным каркасом.

Полимерно-армированные трубопроводы могут использоваться для транспортировки самого разного сырья: растворов солей и химических реагентов, газонасыщенной или обводнённой нефти, а также систем закачки пластовых вод.

Основные преимущества полимерно-армированных трубопроводов:

- ✓ являются мобильными при транспортировке и сборке;
- ✓ безопасны в эксплуатации;
- ✓ не оказывают техногенного воздействия на ММГ, т.к. имеют низкий коэффициент теплопроводности материала;
- ✓ диаметры увеличены до  $D=600$  мм;
- ✓ за счет армирования увеличивается коэффициент безопасности;
- ✓ имеют высокую рабочую температуру до  $+80^{\circ}\text{C}$ ;
- ✓ высокая износостойкость, отсутствие коррозии, химическая стойкость и устойчивость к растрескиванию;
- ✓ имеют низкий коэффициент линейного расширения;
- ✓ гибкость (модуль эластичности полимерно-армированной трубы равен 2-3 ГПа);
- ✓ высокая пропускная способность за счет низкого коэффициента шероховатости;
- ✓ относительно небольшой вес;
- ✓ низкая себестоимость больших диаметров;
- ✓ срок монтажа 1 км полимерно-армированного трубопровода составляет 2 дня.

Помимо преимуществ, ПАТ имеют также недостатки. В нормативно-технической документации отсутствуют требования по применению полимерно-армированных трубопроводов. Соответственно, чтобы применить ПАТ в ПСД необходимо создать специальные технические условия, которые в последствии необходимо Заказчику утвердить в Минстрое РФ.

*Последовательность работ:*

1. Расчистка и подготовка трассы под ПАТ;
2. Формирование грунтовой подушки (при необходимости);
3. Монтаж соединений и электрообогрева;
4. Испытания ПАТ;
5. Засыпка ПАТ (при необходимости).

Далее приведено сравнение расчета ключевых показателей эффективности в применении стальных трубопроводов и ПАТ (Таблица 1).

Таблица 1

Расчет КПЭ на 10 км трубопровода

№ п/п	Показатели за рентабельный период	Ед.изм.	ПАТ	Стальная труба	Эконом. эффект
1	Кап. вложения	млн. руб.	159	324	165
2	NPV	млн. руб.	609,8	547,5	62,3
3	PI	ед.	10,33	5,12	5,21

где, КПЭ – ключевые показатели эффективности;

NPV – чистая приведенная стоимость;

PI – расчетный индекс прибыльности.

Экономический эффект применения ПАТ составляет 165 млн. руб.

Опыт применения данного материала: АО «Мессояханефтегаз», ПАО «Газпром нефть», ПАО «НК «Роснефть».

Вывод: Эффективность применения полимерно-армированных трубопроводов приводит к мобильности и широте применения, к сокращению сроков строительства и к снижению стоимости строительства.

Библиографический список

1. СП 284.1325800.2016. Трубопроводы промышленные для нефти и газа. Правила проектирования и производства работ: зарегистрирован Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт): официальное издание. – Москва: Стандартинформ, 2017. – Текст : непосредственный.

2. Рудаченко, А. В. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов: учебное пособие / А. В. Рудаченко, Н. В. Чухарева, А. В. Жилин. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 238 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Коркишко А. Н., и.о. зав. базовой кафедрой ПАО «Газпром нефть», кандидат технических наук.

**Эффективность применения легких стальных тонкостенных конструкций при обустройстве месторождений**

*Алексеева П.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Цель работы: Анализ применения легких стальных тонкостенных конструкций (далее по тексту – ЛСТК). Сокращение капитальных затрат и сроков строительства путем применения мобильных конструкций – ЛСТК.

Основные задачи:

1. Рассмотрение технологии и объектов применения ЛСТК;
2. Оценка и выявление преимуществ и рисков;
3. Обоснование нормативного применения ЛСТК в строительстве;
4. Подтверждение перспектив внедрения.

В настоящее время, все чаще, на замену традиционным профилям проката, стали применять легкие стальные тонкостенные конструкции (далее по тексту – ЛСТК). Легкие стальные тонкостенные конструкции являются особым классом металлических конструкций, образуемых из прочных стальных профилей «холодного проката» с толщиной до 4 мм включительно. Данный вид металлических конструкций начали применять примерно 50 лет назад, и он успел зарекомендовать себя на строительном рынке и стал одним из самых востребованных материалов

ЛСТК – это альтернативная методика современного строительства, представляющая собой облегченный вариант металлического здания. Легкие стальные тонкостенные конструкции используют как в виде дополнительных элементов сооружения, так и в виде основных самостоятельных конструкций. Технология строительства из ЛСТК позволяет возводить сооружения различной сложности, особенно применимо к складским и промышленным помещениям, таким как, склады и амбары.

Применение ЛСТК, безусловно, как и все технологии строительства, имеет свои преимущества и недостатки. Основными преимуществами применения ЛСТК являются:

- Относительно легкий вес – профиль ЛСТК на 45% легче стандартного профиля, при этом имеет аналогичную несущую способность (конструкции, основанные на профилях из тонкой стали, отличаются сниженным весом, соответственно это помогает при расчетах, так как это создает значительное снижение нагрузки на грунт, что позволяет в разы уменьшить капитальные затраты на подготовку и строительство фундамента);
- Скорость монтажа ЛСТК (благодаря легкому весу монтаж конструктивных элементов производится быстро и не дорого, а также во многих случаях, стало доступным осуществлять монтаж ЛСТК вручную, т.е. без применения специального оборудования на строительных площадках в труднопроходимых местах);
- Увеличенная возможность монтажа ЛСТК (такие конструкции можно возводить в любое время года, не теряя при этом качество и скорость работ);
- Прочность – легированная сталь С350 имеет предел текучести 3500 кгс/см<sup>2</sup> (металлические конструкции позволяют возводить конструкцию любого типа и объема, которые будут соответствовать различным меркам надежности и долговечности);
- Энергосбережение (правильное использование энергоресурсов при производстве тонкостенных конструкций снижают расходы на их из-

готовление, а уникальный метод стыковки каждой детали в общую конструкцию сводит к минимуму использование дополнительных крепежных материалов, метизов и сварки).

Основные недостатки:

- Ограниченный рынок подрядчиков, для поставки МТР.

Цены на ЛСТК в основном зависят от региона постройки. Средняя стоимость одной тонны металлоконструкции составляет 50 000 – 79 000 рублей.

Опыт применения данного материала: АО «Мессояханефтегаз», ПАО «Газпром нефть», ПАО «НК «Роснефть».

Вывод: Эффективность применения ЛСТК приводит к мобильности и широте применения, к сокращению сроков строительства и к снижению стоимости строительства.

#### Библиографический список

1. СП 284.1325800.2016. Трубопроводы промышленные для нефти и газа. Правила проектирования и производства работ: зарегистрирован Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт): официальное издание. – Москва: Стандартинформ, 2017. – Текст : непосредственный.

2. Рудаченко, А. В. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов: учебное пособие / А. В. Рудаченко, Н. В. Чухарева, А. В. Жилин. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 238 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Коркишко А. Н., и.о. зав. базовой кафедрой ПАО «Газпром нефть», кандидат технических наук.

#### **Современные методы управления охраной труда в Нефтеюганском УМН АО «Транснефть-Сибирь»**

*Вдовенко Т.А., Ширинова А.С., Неупокоева Т.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

*Введение.* АО «Транснефть-Сибирь» реализовывает деятельность в части транспортировки нефти и нефтепродуктов, включает ряд филиалов и подразделений, в том числе Нефтеюганское управление магистральных нефтепроводов, которое обслуживает магистральные нефтепроводы. Нефтеюганское УМН эксплуатирует магистральные нефтепроводы протяженностью свыше 1000 км, объем его резервуарного парка более 600000 м<sup>3</sup> нефти. Условия труда характеризуется вредными и опасными факторами: напряженность и тяжесть труда, вибрация (локальная, общая), воздействием шума, инфразвука, повышенная концентрация вредных и опасных веществ в воздухе рабочей зоны и т.д.

*Постановка задач.* Главным инструментом контроля за действенным управлением организации в области охраны труда (далее ОТ) является система управления охраной труда (далее СУОТ). СУОТ – комплекс взаимозависимых между собой элементов, которые определяют политику и цели в области ОТ в организации и процедуры по достижению данных целей [1].

С целью совершенствования функционирования СУОТ работодатель обязан регулярно проводить анализ эффективного функционирования СУОТ и внедрять необходимые мероприятия по ее улучшению [2].

*Теория.* СУОТ АО «Транснефть-Сибирь» направлена на реализацию комплекса социально-экономических, правовых, организационно-технических, санитарно-гигиенических, лечебно-профилактических и других мероприятий.

Важнейшая цель в области ОТ – это сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, обеспечение состояния безопасности и защищенности жизненно важных интересов личности и общества, а также предотвращение травм и профессиональных заболеваний работников, управление профессиональными рисками для обеспечения минимизации уровня их воздействия [3].

В настоящей работе была проанализирована СУОТ в данной организации. В общем и целом, СУОТ в организации соответствует нормативным документам и требованиям, однако, были выявлены недостатки: некачественное и несвоевременное ведение документации по ОТ, отсутствует система мотивации работников к соблюдению требований охраны труда.

Для полного устранения выявленных недостатков рекомендуется внедрение следующих мероприятий:

– рассмотреть внедрение программы на базе Access, которая поможет автоматизировать работу руководителей и специалистов службы охраны труда. Такая программа сможет обеспечить:

1. учёт данных организации и удобство ввода информации;
2. формирование списка по запросам и подготовку списков персонала для прохождения медицинского осмотра;
3. учёт дат проверки знаний по охране труда, аттестаций по охране труда и пожарно-техническому минимуму для персонала;
4. быстрый доступ к требуемым документам из базы данных документов организации.

– Отобразить результаты анализа состояний условий и охраны труда у работодателя в плане мероприятий по реализации процедур СУОТ.

– Внедрить качественную систему мотивации и стимулирования работников по охране труда. Рекомендуется разработать стандарт стимулирования работ по ОТ, который будет основываться на положениях и требованиях СУОТ. Такой стандарт должен включать в себя:

1. соответствие рабочего места требованиям законодательства по охране труда;

2. отсутствие претензий к требованиям ОТ, промышленной и электробезопасности у работников;
3. недопущение и своевременное предупреждение НС;
4. выявление и устранение недостатков, являющихся потенциально опасными и их своевременное устранение;
5. поощрение безаварийности в работе;
6. профилактика травматизма путём проведения семинаров, лекций, разбором уже случившихся НС как на данном предприятии, так и случаев, ставших общеизвестными;
7. проведение конкурсов для работников на предприятии, направленных на совершенствование условий и охраны труда.

Рассмотрев и проанализировав СУОТ в организации выявлено, что причиной произошедших НС в Нефтеюганском УМН, в период с 2016 по 2019 года, являлось несоблюдение требований ОТ.

Для минимизации и устранения НС необходим комплексный и системный подход к профилактике производственного травматизма. Для этого требуется рассмотреть какие инновации применяются ведущими российскими компаниями.

Система интеллектуального видеонаблюдения – комплекс аппаратных и программных средств, созданный для автоматического обнаружения происшествий, определенных набором ранее заданных критериев, и реакция на обнаружение в режиме реального времени.

Такая система построена на программном инструменте анализа поступающей ей информации. Следовательно, система используется для автоматизации аспектов производства, то есть применяется для замены прямого участия человека, а также быстрого реагирования на нарушения.

Применение данной системы помогает решить такие задачи как идентификация тревожных ситуаций, повышение трудовой дисциплины, удаленный мониторинг производственного процесса, расследование НС с помощью архива данных, контроль нахождения людей в опасных зонах, контроль использования средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Так, например, факты неиспользования СИЗ или нахождения людей в опасных зонах фиксируются системой и передаются в службу безопасности предприятия. Работник, получивший информацию об инциденте, реагирует на случай нарушения мер безопасности в соответствии с внутренним протоколом предприятия. Так же преимуществом интеллектуальных систем видеонаблюдения будет автоматическое распознавание опасных ситуаций таких как, возникновение очага возгорания или выход из строя оборудования. Интеллектуальное видеонаблюдение рассчитано на работу в условиях крайнего севера и плохой видимости, следовательно, может быть использовано для дистанционного видеонаблюдения за техническим состоянием трубопровода.

*Выводы.* Проанализировав вопросы СУОТ в Нефтеюганском УМН АО «Транснефть-Сибирь», необходимо отметить, что для улучшения пока-



зателей СУОТ требуется внедрение современных технологий. Применение предложенных мероприятий положительно повлияют на эффективность службы охраны труда, и позволят минимизировать количество нарушений в области ОТ, уменьшить количество НС, повысить рабочую дисциплину и эффективности обучения, повысить контроль со стороны руководства, применить удаленный мониторинг за производственным процессом.

#### Библиографический список

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020). - URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/) (дата обращения: 05.02.2020). – Текст: электронный.
2. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 19 августа 2016 г. № 438Н "Об утверждении типового положения о системе управления охраной труда". - URL: <https://base.garant.ru/71513730/>. - Текст: электронный. – Дата обращения: 05.02.2020.
3. Официальный сайт ПАО «Сургутнефтегаз»: [Сайт]. – URL: <https://www.surgutneftegas.ru/> (дата обращения: 09.03.2020). – Текст: электронный.

Научный руководитель: Неупокоева Т.В., канд. с-х. наук, доцент

#### **Обоснование выбора способа заканчивания скважин на ачимовских залежах Уренгойского месторождения**

*Воронов М.Д.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Выбор способа заканчивания скважины, как известно, является одной из наиболее важных задач, возникающих при бурении.

После того, как горные пласты в области месторождения исследованы различными методами, при помощи специального оборудования производится заканчивание скважин. Под этим термином понимается совокупность процессов по вскрытию пластов различных пород, закрепление зоны забоя, стимуляция притока и собственно освоение найденных залежей ценных ископаемых. Наряду с освоением производится оценка свойств некоторых пластов.

Заканчивание скважин производится несколькими методами: многозабойным способом, обсаживанием или без использования обсадной колонны. Второй метод считается самым распространенным и применяется в большинстве случаев. Технологии могут отличаться для каждого вида и классифицироваться по разновидности оборудования, типу работы и другим критериям.

На выбор способа заканчивания скважины влияет множество различных факторов. Одним из наиболее значительных параметров является скорость распространения воронки депрессии в пласте. Особенно важен данный параметр при разработке газовых месторождений, так как на них правильный выбор способа заканчивания скважины может позволить существенно снизить затраты [1].

Если в случае с нефтяными залежами многозабойные скважины, как правило, более эффективны, чем горизонтальные, за счёт большей эффективности дренирования (в случае с нефтяными залежами нет интерференции воронок дренирования, приток идёт к каждому ответвлению), то в газовых пластах происходит интерференция воронок депрессии, приток идёт к скважине в целом. За счёт этого зачастую эффективность МЗС не превышает эффективность горизонтальной скважины.

Для выбора одного из способов заканчивания скважины (ГС либо МЗС) можно определить радиус воронки депрессии по формуле:

$$R = \sqrt{4\chi T} \quad (1)$$

Как видно из вышеприведённой формулы, радиус воронки депрессии зависит от времени работы скважины и коэффициента пьезопроводности.

Коэффициент пьезопроводности позволяет дать количественную оценку перераспределения давлений в пласте, а также определить время, в течение которого распространится и установится понижение давления от возмущающей скважины к реагирующей, если известны расстояние от возмущающей скважины до реагирующей и величина понижения давления в них. Чем больше величина коэффициента пьезопроводности, тем быстрее распространится давление в пласте и тем быстрее пополнится запас энергии в зоне эксплуатационных скважин [2].

Нами были построены графики зависимости радиуса воронки депрессии от времени (Рисунок 1).

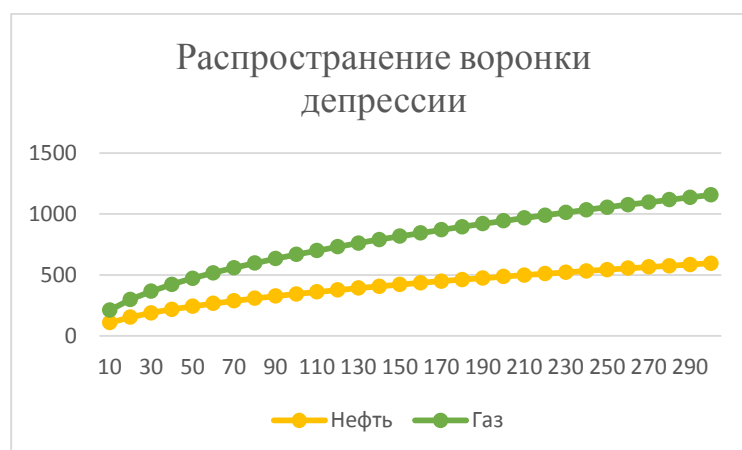


Рисунок 1. Скорость распространения воронки депрессии в нефтяном и газовом пластах

Параметры для газа были взяты на основе имеющихся данных по Уренгойскому месторождению.

Исходя из свойств нефти и газа, можно предположить, графики скорости распространения воронки депрессии в нефтяном и газовом пластах будут иметь подобный характер и для других месторождений.

На основе модели объекта Ач<sub>5</sub><sup>2-3</sup> Уренгойского месторождения выполнен анализ изменения состояния пласта при работе горизонтальной скважины без проведения гидравлического разрыва пласта (ГРП), многозабойной скважины, а также для горизонтальной скважины с проведением многозонного ГРП (МГРП) [3, 4].

На рисунке 2 представлен график изменения дебитов в скважинах.

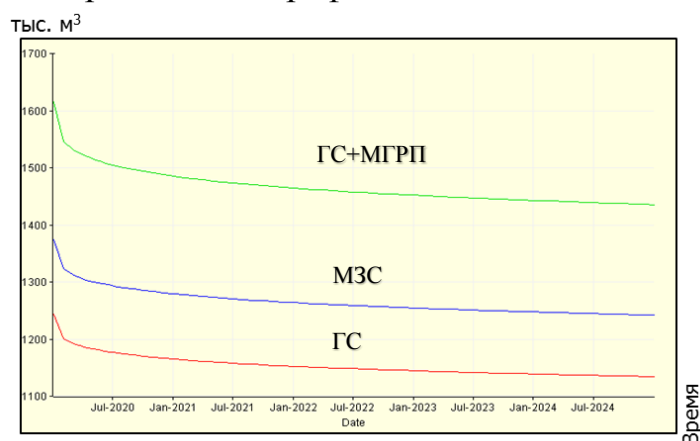


Рисунок 2. Динамика изменения дебитов скважин

На основании моделей мы можем сделать вывод, что различия между ГС и МЗС на объекте Ач<sub>5</sub><sup>2-3</sup> Уренгойского месторождения незначительны, поэтому более выгодным вариантом является бурение горизонтальной скважины и проведение на ней МГРП. Применение же МЗС на газовых и газоконденсатных залежах будет актуально только на ранних стадиях разработки до интерференции воронок депрессии.

#### Библиографический список

1. Ширковский, А. И. Разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений / А. И. Ширковский. – Москва: Недра, 1987. – 309 с.
2. Технологическая схема разработки Хальмерпаютинского месторождения / ООО «ТюменНИИгипрогаз»; отв. исп.: В. Н. Маслов, А. Н. Лапердин, И. Е. Якимов. – Тюмень, 2003. – 254 с.
3. Сеттари, Э. Математическое моделирование пластов систем / Э. Сеттари, Х. Азиз. – Москва – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. – 416 с.
4. Каневская, Р. Д. Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов / Р. Д. Канев-

ская. – Москва – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. – 140 с. – Текст: непосредственный.

Научный руководитель: Саранча А.В., канд. техн. наук, доцент

### **Комплексный подход на этапе предварительного проектирования обустройства кустовых площадок**

*Гарифуллин А.Ф., Шакиров Е.Р., Баранников Я.И., Паламарчук И.В., Кондратюк А.В., Щербаков А.В.*

*Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть»  
в г. Тюмени*

Одна из стратегических задач нефтяных компаний – повышение эффективности и сокращение затрат как в среднесрочной, так и долгосрочной перспективе. Также на фоне резкого падения мировых цен на нефть в 2019 году многие компании приняли решение о дополнительном сокращении своих расходов.

Согласно опыта разработки и обустройства новых активов затраты на эксплуатационное бурение и обустройство занимает более 80% капитальных вложений. Для сокращения затрат в данных направлениях необходимо рассмотреть подходы к проектированию новых кустовых площадок [1].

При размещении кустовых площадок существуют риски на этапе бурения скважин и на этапе обустройства, которые могут привести к дополнительным материальным и временным затратам [2].

С целью минимизации рисков по бурению и обустройству и для повышения эффективности активов предлагается внедрение комплексного подхода на этапе предварительного проектирования (Pre-FEED), что позволит более рационально подойти к вопросу обустройства месторождения, с проработкой основных проектных решений по оценке возможности строительства скважины проектного фонда, обустройству и развитию инфраструктуры месторождения.

Комплексный подход включает в себя определение геологическим отделом фонда скважин. Маркшейдеры предоставляют информацию по наземной инфраструктуре (дороги, ЛЭП), а также по расположению рек, озер, заказников в данном районе. Далее на основе предоставленных данных специалисты из Направления бурения определяет зону буримости. После этого специалисты из Направления добычи, разработки и ПИР начинают разрабатывать различные варианты расположения КП. При рассмотрении вариантов необходимо выполнить экономический расчёт для определения варианта с минимальными затратами.

Схема комплексного подхода представлена на рисунке 1.

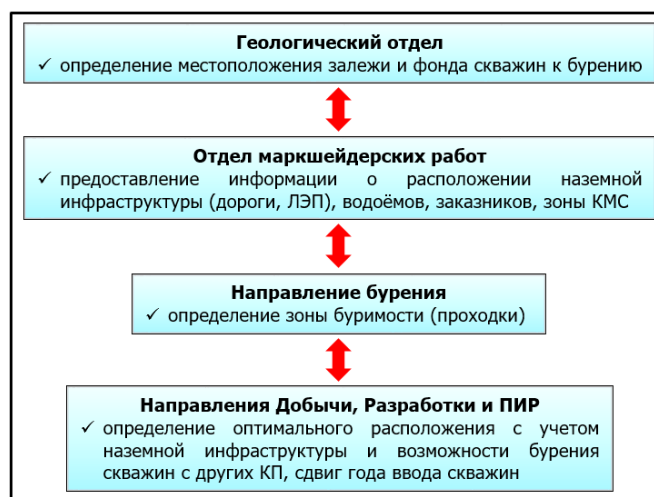


Рисунок 1. Схема взаимодействия при комплексном подходе

Необходимо использовать многовариантный подход при кустовании и каждый из оптимальных вариантов должен быть рассмотрен с участием специалистов из производственного предприятия.

При выполнении «Комплексной работы по повышению эффективности разработки Ватьеганского месторождения» дополнительно была рассмотрена оптимизация расположения проектных кустовых площадок №109Б, №537, №13 Ватьеганского месторождения ТПП «Повхнефтегаз» [3].

По каждой кустовой площадке было проработано несколько вариантов возможного расположения кустовой площадки с учётом планируемых к бурению скважин и один ранее утвержденный вариант обустройства (рисунок 2). Предложенные варианты расположения кустовой площадки были проверены на возможность проходки с использованием программного обеспечения «Decision Space Well Planning».

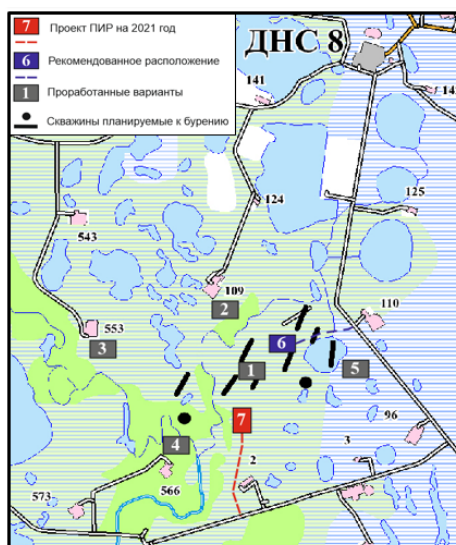


Рисунок 2. Применение комплексного подхода на примере КП №109Б

В каждом возможном варианте была посчитана экономика, чтобы определить в каком из вариантов минимальные затраты. Варианты оптимального расположения по КП №109Б, №537, №13 приведены на рисунке 3.

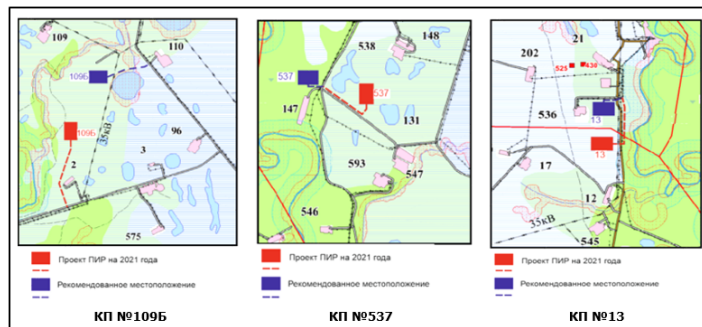


Рисунок 3. Варианты оптимального расположения кустовых площадок при применении комплексного подхода

Согласно расчётов применение комплексного подхода на Ватьеганском месторождении позволяет сократить капитальные затраты более чем на 100 млн.руб.

Расчёты были направлены в ТПП «Повхнефтегаз», после чего было проведено совещание и принято решение о согласовании предложенных вариантов расположения кустовых площадок №109Б, №537, №13.

Отсюда следует вывод, что комплексный подход на этапе предварительного проектирования позволяет минимизировать риски и значительно сократить капитальные затраты на бурение и обустройство. Также комплексный подход позволяет сократить операционные расходы за счёт уменьшения протяженности обслуживания линейных объектов (трубопроводы, ЛЭП, автодороги).

Рекомендуется на проектные кустовые площадки применять комплексный подход с предварительным проектированием «Pre-FEED».

#### Библиографический список

1. Гиматудинов, Ш. К. Справочное руководство по проектированию разработки и эксплуатации нефтяных месторождений / Ш. К. Гиматудинов, Ю. П. Борисов. – Москва : Недра, 1983. – 463 с. – Текст : непосредственный.

2. Современный подход к проектированию строительства скважин и обустройства месторождений за счет оптимизации размещения кустовых площадок и профилей скважин на примере месторождений Пермского края / Г. В. Окроелидзе, А. А. Предеин, С. И. Кучевасов [и др.]. – Текст : непосредственный // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. –2019. – № 6. – С. 66-69.

3. «Комплексная работа по повышению эффективности разработки Ватьеганского месторождения» по договору №16С4126/16Т0675 от

20.12.2016 / Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени. - Тюмень, 2020. - Текст: непосредственный.

Научные руководители: Кондратюк А.В., Паламарчук И.В., Щербakov А.В.

**Определение радиуса контура питания скважин методами  
гидродинамических исследований на объекте  
АВ<sub>1-3</sub> Ватьеганского месторождения**

*Ефимов А.А., Кузьмина Т.В.*

*Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» г. Тюмени*

Ватьеганское месторождение открыто в 1971 году, в промышленной разработке 12 пластов. Основной объект разработки АВ<sub>1-3</sub> характеризуется неравномерным распределением фильтрационно-емкостных свойств, как по площади, так и по разрезу.

Цель работы по данным интерпретации гидродинамических исследований формирование информационного массива данных для последующего анализа и принятия решений в части идентификации возможных зон с углеводородами не вовлеченных в разработку.

В рамках обоснования плотности сетки скважин по участкам нового уплотняющего бурения объекта АВ<sub>1-3</sub> были подобраны скважины, характеризующиеся длительной историей работы, отсутствием технических нарушений с задачей проведением специальных ГДИ с целью определения радиуса контура питания ( $R_k$ ) методом кривой восстановления давления (уровня) КВД (КВУ).

Были разработаны критерии, при соблюдении которых, достоверность определения радиусов контура питания увеличивается:

1. Строгое соблюдение специальной программы исследований.
2. Отсутствие технического и технологического брака.
3. Качественные данные  $PVT$ .
4. Наличие сертифицированного программного обеспечения для интерпретации исследований

Щелкачев [1] дает следующее определение радиуса влияния скважины, связанное с непосредственно замеряемыми фактическими проявлениями возмущения пласта на границе области влияния скважины.

Путем преобразования формулы упругого режима к виду формулы Дюпюи Щелкачев [1] получил следующую формулу для определения радиуса влияния скважины

$$R_k = 1,5\sqrt{\chi t},$$

где  $\chi$  - пьезопроводность,  $t$  – время эксплуатации.

Радиус контура питания зависит от депрессионной воронки. Депрессионная воронка - это зона пониженного давления в работающей скважине, площадь депрессионной воронки рассчитывается по формуле:

$$S = \pi r^2,$$

где  $S$  – площадь депрессионной воронки,  $r$  – радиус депрессионной воронки,  $\pi$  - математическая постоянная.

Таким образом, для увеличения эффективной площади депрессионной воронки и увеличения зон с запасами не охваченные одной скважиной планируется бурение дополнительных скважин, за счет этого зона активного дренирования увеличится на количество пробуренных скважин.

Интерпретация исследований проводилась в ПО МГДИС [2]. В качестве примера рассмотрим процедуру оценки и анализа радиусов контура питания по скважинам 1435 и 2537, находящихся на разных участках объекта АВ<sub>1-3</sub>

На рисунке 1 показан диагностический график скважины 1435, проанализировав который можно сделать вывод, что после наступления радиального режима течения, происходит снижение давления, что связано с интерференцией соседних добывающих скважин. Таким образом, зона активного дренирования данной скважины включает в себя зоны соседних добывающих скважин, и области между этими скважинами вовлечены в разработку. Радиус контура питания данной скважины оценивается в 180 метров.

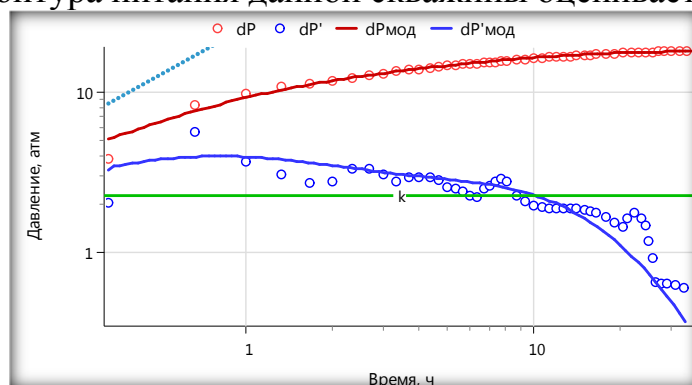


Рисунок 1. Диагностический график КВД скважины 1435

Аналогичным образом была проанализирована скважина 2749У. На рисунке 2 представлен её диагностический график, который свидетельствует о том, что после радиального режима течения наблюдается рост давления, это связано с интерференцией нагнетательной скважины. Согласно расчетам, расстояние до границы влияния нагнетательной скважины порядка 200 метров. Радиус контура питания данной скважины оценивается в 250 метров. Влияние добывающих скважин не отмечается. Пластовое давление скважины после аппроксимации по графику Хорнера составляет 195 ат, что равно начальному пластовому давлению. Исходя из вышесказанного следует вывод, что зоны между добывающими скважинами остались не вовлечены в разработку.



Полученные по результатам интерпретации КВД (КВУ) радиусы дренирования сравнивались с расчетными, по формуле Щелкачева [1].

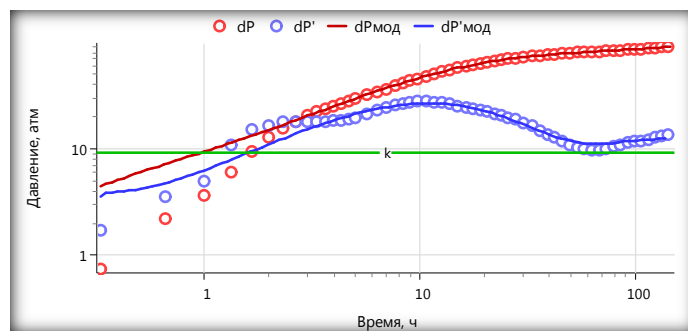


Рисунок 2. Диагностический график КВД скважины 2749У

На рисунке 3 представлена размещения скважин с уплотняющим бурением [3].

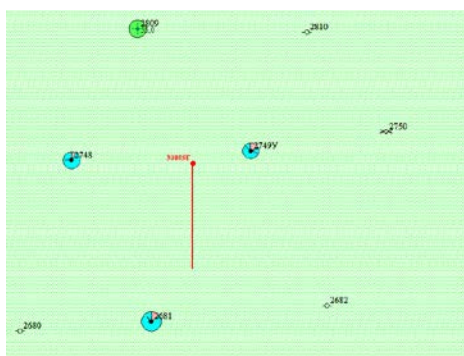


Рисунок 3. Схема размещения и обоснование уплотняющего бурения в пределах выбранных участков по результатам исследований на определение радиусов контура питания

## Выводы

Проведенный анализ интерпретации фактических КВД и КВУ позволил установить, что в процедуре адекватного описания откликов давления и производной давления получены достоверные данные о фактическом радиусе контура питания на момент проведения исследования. Полученные сведения о радиусах контуров питания послужили, наряду с другими параметрами, информационной основой для принятия решений об оптимизации сетки скважин, уплотняющего бурения.

## Библиографический список

1. Щелкачев, В. Н. Обобщение представлений о радиусах влияния скважин / В. Н. Щелкачев. – Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. – № 2 – 1948.
2. Оливье, Узе Анализ динамических потоков / Узе Оливье, Витурра Дидье, Фьяррэ Оле. – Теория и практика интерпретации данных ГДИС и

анализа добычи, а также использование данных стационарных глубинных манометров. – Париж : 2008. – 359 с. – Текст : непосредственный.

3. Информационный отчет о выполнении этапа «Комплексная работа по повышению эффективности разработки Ватъеганского месторождения»: отчет о НИР / Отв. исп. И. В. Рябов. – Тюмень, 2020. – 110 с. – № 16С4126/16Т0675. – Текст : непосредственный.

### **Моделирование потокоотклоняющих технологий с учетом реологических свойств геля**

*Ишков А.А.*

*Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть»  
в г. Тюмени*

Одной из ключевых проблем развития нефтегазового комплекса, согласно Энергетической стратегии России до 2030 года, является нерациональное недропользование, выраженное в низких значениях коэффициента извлечения нефти. Для достижения поставленных целей, необходимо либо внедрение новых методов увеличения нефтеотдачи пластов, либо совершенствование существующих, в том числе увеличивая эффективность последних за счет оптимизации различных параметров.

Ввиду того, что основным методом добычи углеводородов является вытеснение нефти водой, появляется ряд проблем, одна из которых выражается в прорывах нагнетаемой воды от нагнетательных скважин к добывающим по пропласткам с низким фильтрационным сопротивлением [1]. Данная проблема решается путем применения потокоотклоняющих технологий, назначение которых состоит в кольматации этих пропластков, в результате чего происходит выравнивание профиля приемистости, что способствует увеличению коэффициента охвата пласта заводнением и более равномерному вытеснению нефти водой.

На текущий момент наибольшее распространение в России получили гелевые композиции на основе полиакриламидов (ПАА) [2], а воздействие на пласт с их использованием осуществляется несколькими способами:

1. в качестве составов, загущающих нагнетаемую воду, тем самым уменьшая соотношение подвижностей между ней и нефтью;
2. в качестве сшитых полимерных систем, закачиваемых в призабойную зону пласта малообъемными оторочками различного объема. Данный способ также классифицируется как малообъемный [4].

В настоящей работе рассматриваются составы на основе ПАА со сшивателем на основе ацетата хрома (АХ) при воздействии на пласт вторым способом.

Целью работы является разработка инструмента для расчёта закачки потокоотклоняющих составов на основе ПАА со сшивателем АХ с воз-

возможностью оценки эффективности дизайна закачки (объем и концентрация оторочек композиции).

В рамках работы был написан программный продукт «Injection Gel Design» предназначенный для выполнения моделирования размещения закачки гелевых композиций на основе полимеров в пласт с учетом кинетики их реологических свойств в зависимости от времени и температуры [5]. Изменение фильтрационно-емкостных свойств породы-коллектора реализовано путем регулирования фактора остаточного сопротивления. После закачки композиции в пласт включаются эффекты деструкции гелевой композиции за счет влияния пластовой температуры, окисления геля и его синерезиса.

Стоит отметить, что все данные о реологии геля и его влиянии на поровое пространство, используемые в программном продукте, были получены в рамках выполнения лабораторных исследований как в свободном объеме, так и на фильтрационных керновых моделях. В общей сложности было проведено 96 экспериментов по исследованию гелеобразующей способности промышленно применяемого полимера, его динамику сшивки, термодеструкцию, 20 фильтрационных исследований, направленных на изучение изменения фактора остаточного сопротивления и прочности гелевого экрана и 40 ЯМР-исследований образцов керна до и после закачки геля.

В программном продукте «Injection Gel Design» реализованы следующие модули (функции):

1. Функция сшивания гелевой композиции за счёт химической реакции от времени;
2. Функция сшивания гелевой композиции за счёт температурного влияния;
3. Функция формирования матрицы факторов остаточных сопротивлений для учета влияния геля на ПЗП;
4. Функция разрушения гелевого экрана от времени.

Таким образом, в настоящей работе представлен подход к моделированию потокоотклоняющих составов, который учитывает:

1. изменение реологических свойств гелевых композиций в зависимости от времени и температуры;
2. изменение фактора остаточного сопротивления на основании фильтрационных исследований и данных ЯМР-спектроскопии;
3. возможность изменять дизайн закачки гелевой композиции;
4. динамику разрушения гелевого экрана;
5. расчет режимов работы скважин после закачки геля в ПЗП.

С помощью написанной программы путем моделирования удалось добиться оптимизации объемов закачки для разных участков залежей. На текущий момент программа используется как один из инструментов по выбору участков под закачку гелевых композиций.

## Библиографический список

1. Шувалов, С. А. Применение полимерных реагентов для увеличения нефтеотдачи пласта и водоизоляции / С. А. Шувалов, В. А. Винокуров, В. Н. Хлебников. – Текст : непосредственный // Труды РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина. – 2013. – № 4 (273). – С. 98-107.
2. Сургучев, М. Л. Методы извлечения остаточной нефти / М. Л. Сургучев, А. Т. Горбунов, Д. П. Забродин. – Москва: Недра, 1991. – 347 с. – Текст : непосредственный.
3. Земцов, Ю. В. Обзор физико-химических МУН, применяемых в Западной Сибири, и эффективности их использования в различных геолого-физических условиях / Ю. В. Земцов, А. В. Баранов, А. О. Гордеев. – Текст : непосредственный // Нефть. Газ. Новации. – 2015. – № 7. – С. 11-22.
4. Учет кинетики гелеобразования при моделировании методов увеличения нефтеотдачи пластов / А. А. Ишков, Р. Ф. Мазитов, А. С. Шляпкин, Е. Н. Мальшаков. – Текст : непосредственный // Вестник Тюменского Государственного Университета. Физико-Математическое Моделирование. Нефть, Газ, Энергетика. – 2020. – Т. 6. – № 4 (24).

### **Концептуальный подход к формированию стратегии разработки крупных месторождений**

*Клочкова Е.С., Бояр А.В., Позднякова Т.С.*

*ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» Филиал «КогалымНИПИнефть», г. Тюмень*

В России сейчас многие крупные и уникальные месторождения находятся на поздней стадии разработки с падающей добычей нефти. Запасы месторождений истощаются, обводненность добываемой продукции растёт. Для формирования экономически эффективного сценария разработки месторождений необходимо использовать комплексный подход, включающий проработку возможностей существующего фонда скважин и наземной инфраструктуры.

Ватъеганское нефтяное месторождение, уникальное по запасам нефти, открыто в 1971 году, в промышленную эксплуатацию введено в 1983 году. По истечении 35-ти летнего периода активного освоения находится на третьей стадии разработки, отбор от начальных извлекаемых запасов (НИЗ) составляет 68,6%, при обводненности на уровне 94% [1].

При формировании стратегии разработки месторождения на перспективу, был сформирован Базовый вариант, который предусматривает эксплуатацию месторождения существующим фондом скважин. Так же сформирован вариант Потенциал, предусматривающий выполнение всего комплекса геолого-технических мероприятий (ГТМ) по объектам разработки, направленный на достижение максимального коэффициента извле-

чения нефти (КИН). Для расчета экономически и технологически эффективного варианта, необходимо сформировать Генеральную схему разработки месторождения с использованием комплексного подхода [2].

На первом этапе работы провели анализ существующей инфраструктуры, определены ограничения по наземной инфраструктуре. После чего был выполнен расчёт ГТМ, анализ бурения проектного фонда и далее определение экономически эффективных мероприятий.

Ватьеганское месторождение разбурено и развито в части обустройства, его жизненный цикл находится на стадии оптимизации. На месторождении расположены 7 площадочных объектов подготовки продукции скважин с замкнутыми системами нефтесборных трубопроводов (Рисунок 1). Дожимная насосная станция (ДНС) 9 находится в консервации. В данном проекте принято решение сформировать рекомендуемый вариант разработки отдельно по каждой замкнутой системе обустройства [3].

Выполнен анализ существующей загрузки объектов подготовки, согласно которого ДНС-3 работает со 100% загрузкой, ДНС-1 и ДНС-4 превышают проектную мощность на 14 и 13 % соответственно. По данным площадкам увеличение добычи жидкости без реконструкции невозможно. Согласно анализа, определены ограничения по возможным уровням добычи жидкости по каждому объекту подготовки.

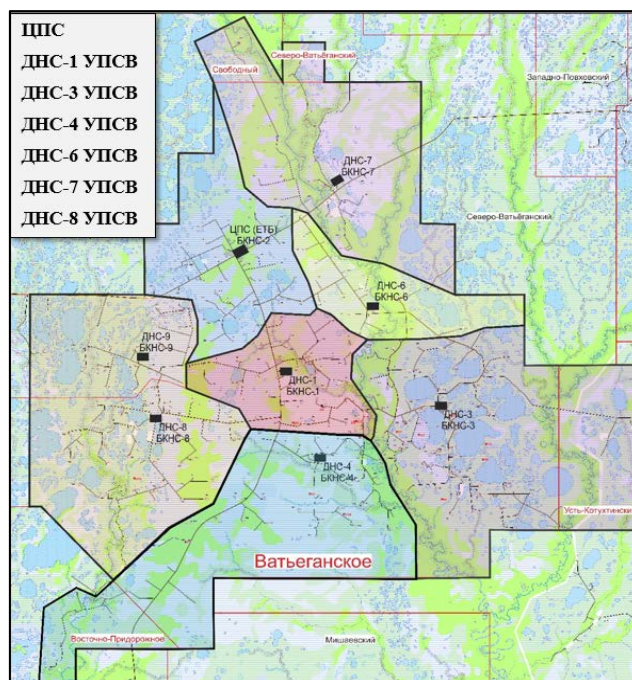


Рисунок 1. Наземная инфраструктура Ватьеганского месторождения

С учётом имеющихся ограничений, проведён комплекс работ с высокообводненным фондом для сокращения добычи жидкости. Предложены мероприятия по остановке добывающего и нагнетательного фонда, а также, для компенсации потерь добычи нефти, запуск наиболее эффективных

скважин. Реализация решений позволит сократить порядка 10 тыс. т суточной добычи воды и 8 тыс. т закачки при сохранении добычи нефти.

Дополнительно проведена технико-экономическая оценка операционных и инвестиционных ГТМ. В рекомендуемый вариант вошли экономически эффективные ГТМ с учётом имеющихся ограничений. В итоге была сформирована программа мероприятий, ранжированных на фазы для недопущения перегрузки наземной инфраструктуры.

Для анализа системы нефтегазосборных трубопроводов выполнены гидравлические расчёты фактического состояния систем и с учетом динамики добычи жидкости каждой кустовой площадки (КП), определены области загруженных участков и даны рекомендации по реконструкции.

Для выбора проектного фонда и определения рентабельных кустовых площадок выполнено ранжирование с учётом системы обустройства. Ранжирование проводилось в 3 этапа. На первом – произведено перераспределение 703 проектных скважин, т.е. сокращение количества КП (с 64 до 54), за счёт оценки возможности бурения скважин проектного фонда. Во втором этапе было скорректировано местоположение КП ближе к существующей инфраструктуре, для минимизации сокращения капитальных вложений на обустройство. И в 3 этапе произведён экономический расчёт каждой КП, выделены 11 рентабельных, которые вошли в Рекомендуемый вариант разработки.

При выполнении второго этапа по смещению кустовых площадок было рекомендовано смещение проектного положения новых КП (планируемых к бурению). Рассчитав экономическую эффективность от смещения КП (более 100 млн руб.), удалось остановить процесс проектирования в направлении проектно-изыскательских работ и запустить новое техническое задание на проектирование, с учётом предложенных корректировок.

На стадии анализа площадочных объектов, была рассмотрена возможность оптимизации ДНС-6 за счёт наземной инфраструктуры. При перераспределении части кустов на ЦПС и части на ДНС-3 возможно выполнить консервацию ДНС-6. Для реализации консервации, необходимо новое строительство протяжённостью 11 км и реконструкции – 9 км. Вариант с консервацией показал экономический эффект 3,6 млн \$, за счёт снижения операционных затрат на обслуживание объектов за расчётный период.

В рекомендуемый вариант вошли мероприятия, обеспечивающие замедление темпов падения добычи нефти, сокращение объёмов попутно-добываемой воды, которые были проранжированы с учётом текущей экономической ситуации. Наибольший экономический эффект достигается по Рекомендуемому варианту (26 млн \$ от Базового варианта).

Выводы:

1. Предложенный в работе концептуальный подход для формирования Генеральной схемы разработки Ватъеганского месторождения показал свою эффективность.

2. Применение концептуального подхода на месторождениях не ограничивается величиной запасов нефти и количеством замкнутых систем.

#### Библиографический список

1. Об утверждении методических рекомендаций по применению Классификации запасов и ресурсов нефти и горючих газов, утверждённой приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 01.11.2013 N 477 от 1 февраля 2016 года № 3 – р. – Текст : непосредственный.

2. Об утверждении Правил разработки месторождений углеводородного сырья (приказ Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 14 июня 2016 № 356) с изменениями на 7 августа 2020 года. – Текст : непосредственный.

3. Андреева, Н. Н. Поддержание инфраструктуры месторождений нефти и газа. Управление целостностью опасных производственных объектов. / Н. Н. Андреева, И. С. Сивоконь. – Текст : непосредственный // Издательский центр ГРУ нефти и газа им. И. М. Губкина. – Москва. – С. 15-18.

Научный руководитель: Паламарчук И.В., Рябов И.В., Сенцов А.Ю.

#### **Анализ существующих методик по зарезке бокового ствола скважин для различных скважин уровня заканчивания TAML**

*Королева И.А., Красильникова Е.Е., Мочалова А.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

По экспертной оценке компании *ADL Completions*, в России ежегодно бурится более 7000 скважин и проводится около 4000 забуриваний бокового ствола (ЗБС). В первую очередь такая необходимость в ЗБС связана с экономической эффективностью данного метода (строительство бокового ствола уровня *TAML-1* увеличивает стоимость всей скважины на 5-10 %, при этом в среднем дебит скважины увеличивается на 30-50%)

Увеличение интереса компаний к скважинам со сложным заканчиванием является следствием тенденции роста бурения в России. Такие скважины позволяют добиться больших успехов в проектах на шельфе, а также в залежах с ачимовскими отложениями, нефтяными оторочками, баженовской свитой [1]. Помимо этого, с помощью бурения боковых стволов возможна реанимация части фонда действующих скважин в России, превышающего 40 000.

По статистике на 2017 год, на российском рынке ЗБС крупнейшими заказчиками стали «Роснефть» (1276 операций, что составляет 36% от суммарного объёма ЗБС), «Сургутнефтегаз» (15%) и «ЛУКОЙЛ» (6%) [2].

В связи с истощением зрелых месторождений, а также ростом спроса на бурение боковых стволов на новых скважинах, по прогнозам экспертов

к 2030 году можно ожидать увеличение рынка ЗБС на 82% (до 6495 единиц).

Забуривание боковых стволов не является хаотичной и случайной операцией. Существует конкретная классификация по уровням заканчивания многоствольных скважин, которую предложила некоммерческая организация *Technology Advancement for Multi-Laterals*. Данная классификация является общепризнанной и используется по всему миру.

От уровня заканчивания многоствольной скважины зависит конструкция сочленения между основным (материнским) и боковым стволом, в-первую очередь, выбор уровня обосновывается геологическими условиями бурения, во-вторую экономическими факторами.

В отечественной практике наибольшее распространение получили скважины уровня *TAML 1,2,3* ввиду их низкой стоимости и легкости выполнения работ. Основными объектами стали скважины на Восточно-Мессояхском и Новопортовском месторождениях, имеющих сложные геологические условия для бурения горизонтальных скважин.

Основным вектором развития многоствольных скважин в России является, создание собственных технологий по заканчиванию скважин, так как на данный момент на большинстве скважин используются зарубежные технологии компаний *Shlumberger (RapidX)*, *Halliburton (LRW, LRW-SL)* и *Weatherford (LS-X, StarBurst, TT-360, QuickCut)*. Однако, несмотря на качество исполнения и надёжность использования, высокая стоимость не позволяет применять их повсеместно.

Одним из наиболее примечательных примеров систем заканчивания нового поколения, соответствующих 5 уровню *TAML*, является технология *RapidX*. Система отличается уплотнением особой конструкции с реечным фиксатором, обеспечивающим герметичность соединения в соответствии с самыми строгими в отрасли требованиями к герметичным соединениям 5 уровня. Высокая точность ориентирования отклонителя делает эту технологию лидером на мировом рынке.

Это связано с тем, что успех последующих этапов и всего метода в целом определяет ориентация бурового инструмента при забуривании боковых стволов, одна из основных операций. Однако ориентация клина отклонителя является проблемой, которая может привести к неудаче и дальнейшим осложнениям при ЗБС.

Прежде всего, параметр *Gravity Tool Face (GTF)*, используемый для измерения направления действия отклонителя (НДО) в наклонных (или горизонтальных) скважинах, теряет физический смысл в вертикальных скважинах. То есть не годится для управления траекторией. В подобных условиях НДО измеряется относительно сторон света, т.е. определяется азимут НДО. Также не пригоден распространенный метод измерения азимута относительно направления магнитного поля Земли (как в обычном компасе), так как стальная обсадная колонна экранирует и сильно искажает магнитное



поле. В таком случае измерение азимута НДО должно производить гироскопическим инклинометром, то есть без участия магнитного поля Земли.

Так же искажение магнитного поля Земли, вносимое обсадной колонной, влияет не только на измерения магнитного азимута НДО при установке клина-отклонителя, но и на показания *MWD-системы*. Данная система обеспечивает контроль траектории при забурировании бокового ствола скважины. Недостоверная измерительная информация о направлении бурения при ЗБС из обсадных колонн вертикальных скважин часто является основной причиной недопустимого отклонения траектории бокового ствола от проектной.

Таким образом, несмотря на существование множества технологий, проблема ориентации отклонителя остаётся актуальной и на сегодняшний день. На российском рынке указанная проблема является ещё более острой, так как у отечественных компаний в принципе не развито производство систем ЗБС и заканчивания скважин. Однако, несмотря на недостаток технологий на сегодняшний день, их разработка является основным вектором развития, так как данный метод позволит получить не только дополнительную ресурсную, но и финансовую выгоду.

#### Библиографический список

1. Алексеев, А. Многоствольные скважины: технологии строительства в «Газпром нефти» / А. Алексеев. – Текст: непосредственный // Сибирская нефть. - №150 – 2018. – С. 53-55.

2. Ropianoy, A. Drilling tool orientation and drilling trajectory control during boreholes sidetracking from vertical cased wells / A. Ropianoy, V. Skoblo. – Текст: непосредственный // «NT KURS» JSC, Moscow – 2018. – С. 12-15.

3. Шешукова, К. В. Зарезка боковых стволов как метод улучшения нефтеотдачи / К. В. Шешукова, А. А. Хайруллин. – Текст: непосредственный // Научный форум. Сибирь. – Тюмень, 2016. – С. 73.

4. Заикин, И. П. Реконструкция скважин методом бурения боковых стволов в ОАО «НК Роснефть» / И. П. Заикин, К. В. Кемпф. – Текст: непосредственный // Вестник ассоциации буровых подрядчиков. – Москва, 2009. – С. 2-3.

5. Теория и практика строительства боковых стволов в нефтяных скважинах: освоение и исследование струйными аппаратами: учебное пособие / И. И. Клещенко, В. М. Шенбергер, Г. А. Шлеин [и др.]. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. – С. 352. – Текст: непосредственный.

6. Тимошенко, И. О. Исследование технологий и инструментов при зарезке боковых стволов / И. О. Тимошенко, А. А. Гладенко. – Текст: непосредственный // Научное сообщество студентов XXI столетия. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. – Новосибирск, 2017. – С. 31-37.

7. Легаев, Я. В. Профили боковых стволов скважин с горизонтальным окончанием и выбор траектории бурения для снижения затрат при

строительстве боковых стволов / Я. В. Легаев, М. А. Халимов. – Текст: непосредственный // Нефтепромысловое дело (№ 3). – 2008. – С. 35-40.

8. Плотников, А. А. Анализ строительства боковых стволов в добывающих скважинах на месторождениях ОАО «Сургутнефтегаз» / А. А. Плотников, Я. М. Курбанов. – Текст: непосредственный // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - (№ 2) – 2007. – С. 2-6.

Научный руководитель: Леонтьев Д.С., ассистент кафедры БНГС.

## Моделирование газожидкостного потока подводного трубопровода

Куандыкова А.М.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В статье представлены промежуточные результаты компьютерного моделирования участка подводного трубопровода, выполненные с помощью программного пакета *Ansys Fluent*. Определены основные параметры движения потока, и дальнейшее направление исследований.

В качестве геометрических модели сеток конечных элементов принята обратная U-образная перемычка, изображенная на рис. 1, для промежуточного контроля корректности варьируемых параметров, в виду его простой конструкции, что обеспечивает большую производительность при экспериментальном подборе условий моделирования [1].

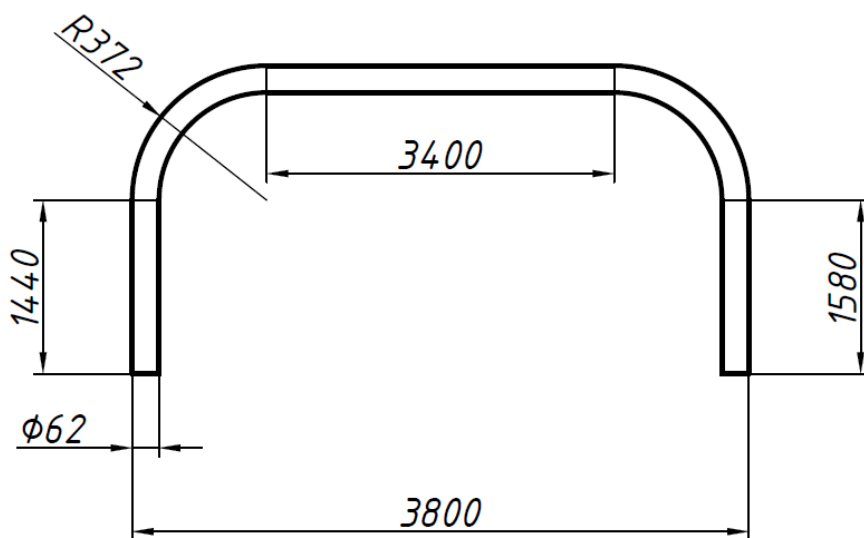


Рисунок 1. Геометрические параметры введенной в эксплуатацию перевернутой U-образной перемычки, выполненной в системе CAD

Исходя из рисунка 2 на котором приведены контуры скоростей, можно описать движение газожидкостного потока до второго колена как

ламинарное, практически без завихрений. Наибольшая абсолютная разность скоростей (до 137 м/с) приходится на середину прямого участка у выхода из перемычки. Разность Скорость на входе и на выходе отличается примерно на 20% (52 м/с против 65 м/с).

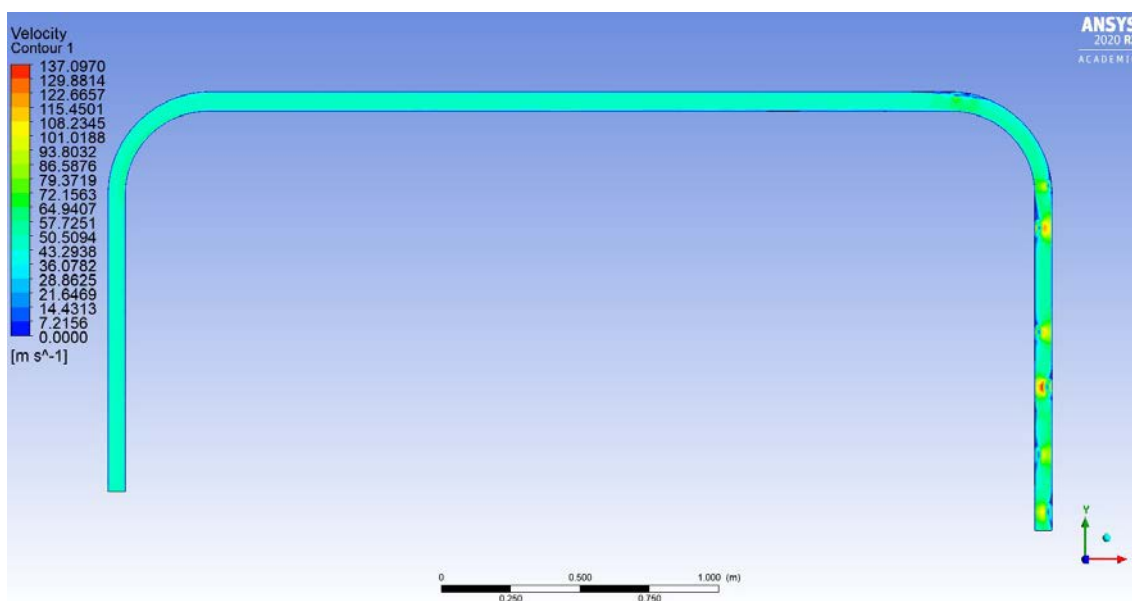


Рисунок 2. Контур скоростей газожидкостного потока в обратной U-образной перемычке. Вход в трубопровод – слева

В результате проведенной работы получена 2D-модель жесткой обратной U-образной перемычки с вертикальным врезом. В дальнейшем планируется смоделировать движение газожидкостного потока с примесью твердых частиц в M-образной перемычке.

#### Библиографический список

1. Адамянц, П. П. Проектирование обустройства морских нефтегазовых месторождений / П. П. Адамянц. — Москва: ЦентрЛитНефтеГаз, 2005. — 496 с. — Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Курушина В.А., канд. техн. наук, доцент.

#### Актуальность создания безопасных условий труда

Кузаирова Я.Е., Томус И.Ю.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Состояние условий труда оказывают значительное влияние на состояние человека, как физическое, так и психологическое, а также влияют на результат работы. Улучшение условий труда оказывает весомое значение на повышение производительности труда.

Условия труда являются одной из важнейших составных в охране труда. На каждом предприятии необходимо создавать безопасные условия труда, которые соответствуют требованиям сохранения жизни и здоровья человека в процессе трудовой деятельности, а также необходимо устанавливать правовые основы регулирования отношений в области охраны труда между работодателями и работниками.

В неблагоприятных условиях труда на предприятии сотрудник будет беспокоиться за своё здоровье и безопасность и, следовательно, потенциал этого сотрудника не будет реализован в полном объеме.

По данным общегосударственной статистики [1] примерно 21 % сотрудников выполняют работы в зонах, которые не соответствуют санитарно-гигиеническим нормам. Причем из общего количества занятых 25,7 % являются женщины, выполняющие работы с тяжелыми и вредными условиями труда, хотя по закону РФ запрещено использовать женский труд на вредных для здоровья и тяжелых работах. Также по статистике каждый год на предприятиях получают травмы более 200 тысяч человек, а умирают около 180 тысяч человек.

Беря во внимание данные проблемы, необходимо организовывать благоприятную атмосферу на рабочем месте и создавать мероприятия для обеспечения комфортного и безопасного труда, находить и устранять вредные и опасные факторы. В соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 [2] все опасные и вредные производственные факторы подразделяются на физические, химические, биологические и психофизиологические.

Вопросы обеспечения здоровых и безопасных условий труда на предприятии являются одной из главных задач в разработке новых технологий и систем производства.

Для развития предприятий необходимо применять современные технологии, а также необходима правильная организация рабочих мест. Модернизация производства должна происходить с повышением уровня организации рабочих мест.

Ежегодно в России 12-15 тысяч человек становятся инвалидами из-за получения травм на производстве, а на учете состоят свыше 220 тысяч человек, которые получают пенсии по трудовому увечью и профессиональным заболеваниям. Всего в РФ сейчас 5,9 млн. инвалидов, пострадавших на производстве, что составляет 3 % населения.

Организация системы управления охраной труда на предприятии играет важную роль в работе по улучшению условий труда и за соблюдением правил охраны труда. СУОТ необходима для уменьшения или исключения риска несчастных случаев или аварий на предприятии, которые могут привести к серьезным последствиям для работников и самого предприятия.

Общий ритм работы на предприятии зависит от организации рабочих мест всех работников предприятия, так как они так или иначе тесно связаны между собой. Также недостатки организации рабочих мест приводят к

потерям рабочего времени. Процесс труда будет протекать рационально, а рабочее время использоваться эффективнее, если система организации рабочих мест будет больше и качественнее.

Таким образом, правильная организация работы по обеспечению безопасности труда на предприятии приведет в первую очередь к сохранению здоровья работников, а также к повышению дисциплинированности сотрудников и, как следствие, к увеличению работоспособности и производительности труда, уменьшению количества несчастных случаев.

#### Библиографический список

1. Федеральная служба государственной статистики: российский статистический ежегодник : [сайт]. - <http://www.gks.ru> (дата обращения: 2.03.2021). – Текст : электронный.

2. ГОСТ Р 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Общие положения : межгосударственный стандарт : издание официальное : утв. и введ. в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 июня 2016 г. № 602-ст : введ. впервые : дата введ. 2017-03-01 / разработан ООО «Экожилсервис». – Москва : Стандартинформ, 2015. – 70 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Томус И.Ю., канд. мед. наук, доцент.

#### **Рациональное размещение оборудования в рабочей зоне**

*Малых И.А., Усольцев В.И., Литвинов Д.О.*

*Тюменское высшее военно-инженерное командное училище, г. Тюмень*

Известно, что наше самочувствие и здоровье зависит от состояния, обустройства рабочего места. Если работник в течении рабочего дня не успевает выполнить работу, это не всегда означает, что он плохо выполняет свои рабочие функции. Причина неэффективной работы может быть неудобное, не эргономичное рабочее место. Такое состояние рабочего места, рабочей зоны может вызывать утомление, в вследствие повышенную напряженность трудовой деятельности. Здесь возникаю проблемы с зрением, костями, возникаю болезни сосудов, гиподинамия. Чтобы избежать этого, повысить эффективность трудовой деятельности, снизить напряженность труда необходимо знать правила эргономики [1].

Главное требование, которое предъявляется к рациональной планировке рабочего места, это обеспечение экономии трудовой деятельности, снижение времени на поиск объектов и предметов, сокращение физических усилий

В следствие чего предлагаются следующие принципы:

В рабочей зоне не должны быть мешающие предметы.

Объект в рабочей зоне должен иметь своё положение, беспорядочное, хаотичное расположение предметов, вызывает ненужные движения и затраты времени и энергии;

письменные, канцелярские принадлежности необходимо хранить, применяя специальные разделители;

средства коммуникации необходимо размещать слева, чтобы оставлять правую руку для рабочих операций;

рабочие документы для текущей работы, помещаются в зоне обзора, для отработанных документов иметь специальные лотки или места.

Средства работы, объекты и документы размещаются так, чтобы обеспечить последовательность рабочих действий;

Движения во время работы должны быть оптимальными, т.е. рациональными, не затратными по времени экономными в отношении силовой нагрузки.

Для обеспечения удовлетворительного эмоционального настроения большое значение имеет его эстетическое оформление, цвет стен, фактура стен [2,3].

Целью нашей работой являлась эргономическая оценка рабочего места преподавателя. Работы выполнялась с использованием опросного листа с итоговой оценкой в баллах от 1 до 5

Участники эксперимента должны были поставить соответствующий балл за следующие вопросы: есть ли ненужные предметы на столе, размечена ли зона хранения материалов, расположение предметов учитывает частоту их использования и другие. В исследовании участвовало 4 кафедры ТВВИКУ. Это кафедра тактики инженерных войск, тактики и управления войсками, гуманитарных и общенаучных дисциплин, естественно-научных и общепрофессиональных дисциплин.

На четырех исследуемых кафедрах среднее количество баллов по пяти группам показателей составило: сортировка –18 балла, соблюдение порядка – 20, содержание в чистоте – 22, присутствие стандартов – 13, совершенствование – 23, что отображено на рисунке 1.

Среднее количество баллов по показателям сортировка, соблюдение порядка, присутствие стандартов говорят нам о напряженности трудовой деятельности, что снижает эффективность выполнения задач учебной деятельности, увеличивает затраты времени, повышает сенсорную нагрузку, снижается время активных действий. Наибольшее значение выделяется в показателе – содержание в чистоте и желание совершенствования рабочего места, что видно на рисунке 2.

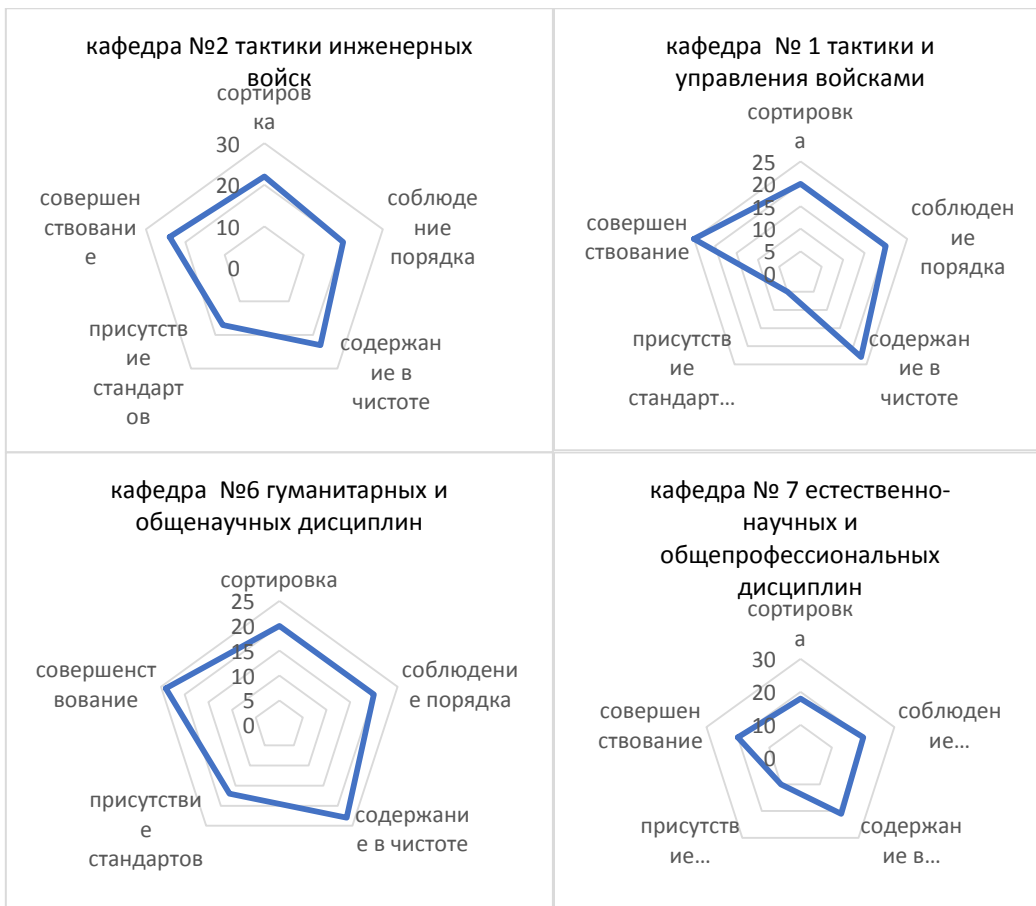


Рисунок 1. Аудит рабочих мест

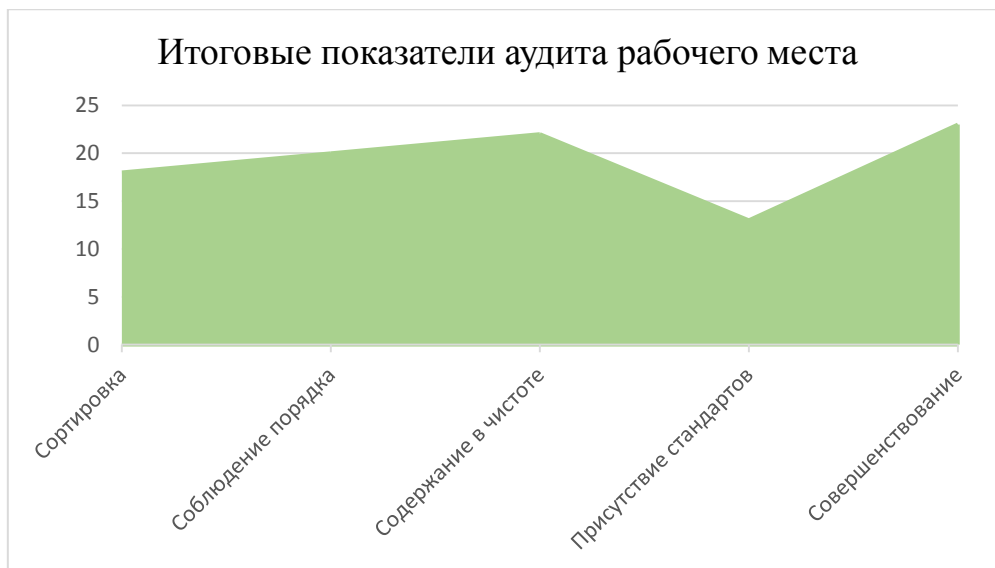


Рисунок 2. Итоговые показатели аудита рабочего места

Исходя из полученных данных можно сделать следующие выводы. Данные анкетирования показывают нам, что необходимо разработать внутри кафедральный стандарт организации рабочего места, где на схеме указаны положения документации, текущей и других видов, прибора с

канцелярскими принадлежностями и т. д., тем самым мы уменьшим класс напряженности труда до допустимого или оптимального.

В связи с этим, с учетом эргономики и физиологии необходимо разработать единый стандарт рабочего стола в организации.

Таким образом, чтобы сделать работу более эффективной, снизить напряженность и тяжесть трудовой деятельности, сделать ее более безопасной требуется учитывать правила эргономики: сортировка объектов рабочей зоны, определить, какие из находящихся предметов являются нужными, распределить объекты на нужные и ненужные; не забывать и воспитывать самоорганизацию, соблюдение порядка, то есть распределение предметов таким образом, чтобы снизить потери на их поиск и последующую работу; систематическая уборка рабочей поверхности - поддержание чистоты и постоянной готовности к использованию; стандартизация - разработка стандартов рабочего места, его содержания и сопровождающих документов, выработка предложений и их обсуждение.

#### Библиографический список

1. Михайлов, Л. А. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / Л. А. Михайлов. – Москва : Питер, 2010. – 461 с. – Текст : непосредственный.

2. Глебова, Е. В. Производственная санитария и гигиена труда : учебное пособие для вузов / Е. В. Глебова. – Москва : Высшая школа, 2007. – 383 с. – Текст : непосредственный.

#### **Теоретическое обоснование недовыработки запасов на основании анализа динамики режимов скважин и зависимостей относительных фазовых проницаемостей**

*Мельников В.Н.<sup>1</sup>, Вахрушев В.В.<sup>1</sup>, Стрекалов А.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени, г. Тюмень;*

<sup>2</sup> *Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Известно, что геологические и физические параметры пласта, свойства нефти и пластовой воды влияют на его разработку. Повышенные значения начальной нефтенасыщенности, проницаемости, нефтенасыщенной толщины определяют лучшие показатели разработки (высокую продуктивность, темпы разработки и др.), более низкие значения параметров, наоборот, приводят к ухудшению показателей разработки. В этой работе сделана попытка количественной оценки влияния конкретных значений на выработку залежей (особенно на характер выработки) с помощью инженерных методик.

Рассмотрим две категории параметров.



Первая - начальные показатели: начальные дебиты, доля воды в пласте, от оценки входных показателей часто зависит ответ на вопрос: вводить ли то или иное месторождение/участок в разработку в принципе.

Вторая - динамика изменения: динамика обводнения, дебита и, как суммарный результат, динамика добычи углеводородов.

Один из наиболее часто анализируемых параметров второй категории, отражающий характер разработки, это «зависимость доли воды от отбора/от начальных извлекаемых запасов».

Кроме этого, как показали результаты обобщения опыта разработки региональных объектов [1] Западной Сибири (прежде всего, пластов группы АВ и АС, а также ЮВ<sub>1</sub> и ЮС<sub>1</sub>), правильное понимание характера вытеснения нефти водой позволяет дать объективную оценку эффективности реализуемых подходов к выработке запасов [2].

На рисунке 1 приведена характеристика «отбор от НИЗ/обводненность», залежей регионального объекта ЮВ<sub>1</sub> по большой группе месторождений, из которой видно, что текущая обводненность, как правило, превышает текущую выработку, выраженную в процентах.

Если давать качественную оценку, из данного графика можно сделать вывод о несоответствии между степенью выработанности пласта и его текущей обводненностью, а отсюда заключить о низкой эффективности текущей системы разработки объекта, что не всегда так.

Для объективности оценки необходимо прибегнуть к более измеряемой количественной оценке, для этого модель вытеснения нефти водой можно рассмотреть с помощью теории Бакли-Левретта  $f_-(S_w)$ .

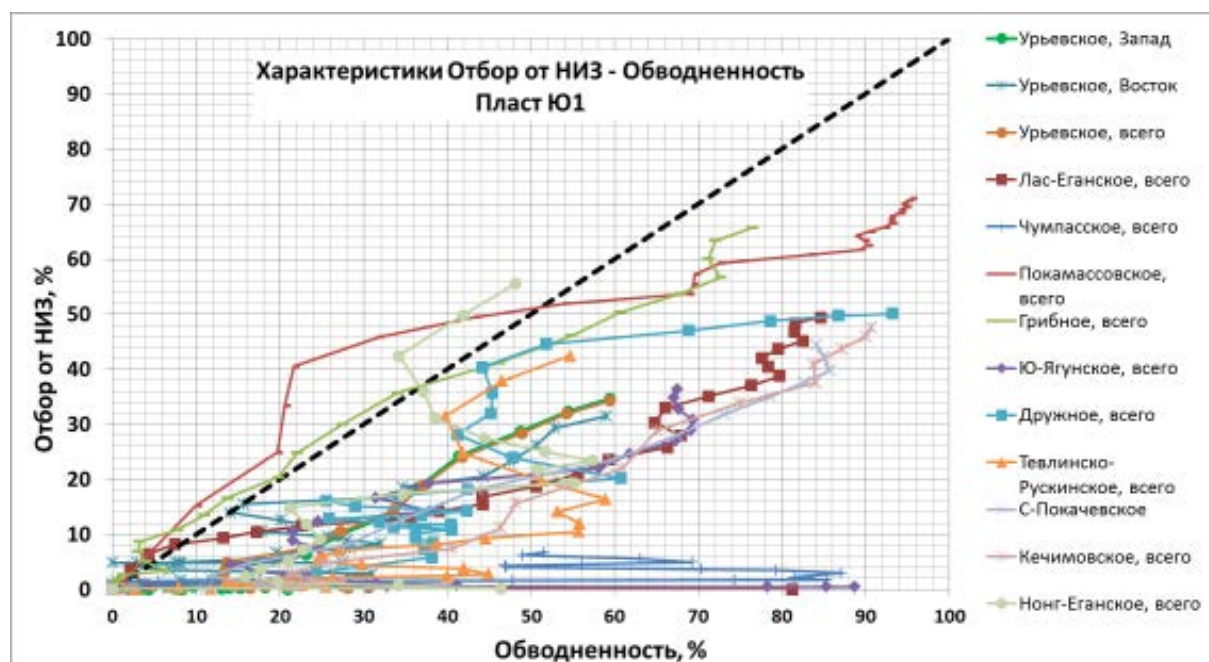


Рисунок 1. Выработка запасов по объекту ЮВ<sub>1</sub> по группе месторождений Западно-Сибирского региона

Функция Бакли-Левретта описывает прямую зависимость доли подвижной воды в пласте/залежи/кернах в зависимости от текущей водонасыщенности [2]. Для практического применения нами выполнено масштабирование осей в более удобную систему координат (Обводненность - Отбор от НИЗ), что показано на рисунке 2.

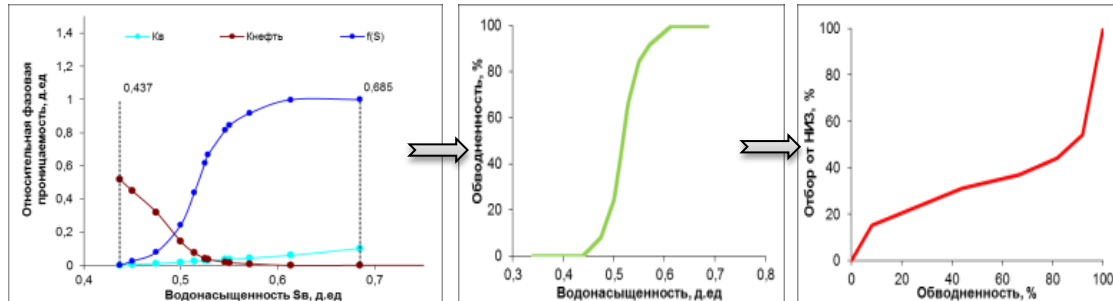


Рисунок 2. Масштабирование функции Бакли-Левретта

Таким образом, мы получаем опорную кривую вытеснения нефти водой и далее – палетки (рисунок 3), которые отображают влияние любого параметра геолого-физической характеристики (ГФХ), например, начальной нефтенасыщенности пласта и вязкости нефти. Практическое применение данных палеток ограничено только фантазией инженера-разработчика.

С использованием инструментария функции Бакли-Левретта для фазовых проницаемостей, возможно дать прогноз динамики практически любых показателей разработки, например, динамики во времени дебитов и добычи, в том числе и по отдельным скважинам.



Рисунок 3. Палетки кривых выработки запасов для различных значений нефтенасыщенности и вязкости по нефти

Пример. По мере разбуривания залежи от купольной части к краевой, или участкам с существенно более низкой проницаемостью, где

начальная нефтенасыщенность меньше, характер выработки запасов должен отличаться. Из рисунка 3 видно, что при начальной нефтенасыщенности, равной 0,563 д. ед. (красная линия), при отборе от НИЗ 30 % обводненность составит 40 %, а при нефтенасыщенности 0,500 д. ед., при этом же отборе от НИЗ, уже 86 %.

Таким образом, в статье представлена обоснованная методика количественной оценки эффективности разработки пласта без применения 2D и 3D-симуляторов.

Кроме того, разработан эффективный инструмент оценки степени выработки запасов в зависимости от различных осложняющих факторов.

Учитывая стремительную динамику сегодняшнего времени, ускорение темпов жизни, по мнению авторов данной статьи, возвращение к использованию инженерных расчетов с новой стороны, с концепции использования современных компьютерных средств, позволит ускорить процесс расчета технологических показателей на прогноз или подбор геологических мероприятий там, где не требуется использование громоздких 3D гидродинамических моделей.

#### Библиографический список

1. Вахрушев, В. В. Обобщение опыта разработки объекта ЮВ<sub>1</sub> месторождений ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» для повышения обоснованности прогноза технологических показателей / В. В. Вахрушев, В. Н. Мельников, С. А. Москвитин. – Текст: непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2016. – № 8. – С. 44-47.

2. Вахрушев, В. В. Использование инженерных методик для прогноза технологических показателей разработки / В. В. Вахрушев, В. Н. Мельников, С. А. Москвитин. – Текст: непосредственный // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2016. – № 11. – С. 53-58.

### **Закачка CO<sub>2</sub> в нефтегазоносные пласты. Применение технологии на примере крупного месторождения Западной Сибири**

*Михайлов Н.В., Жданов И.И., Долматов Е.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Одна из важнейших глобальных проблем современности связана с повышением температуры земной поверхности и, как следствие, с изменением климата Земли.

Главная причина возникновения парникового эффекта - выбросы промышленных газов в атмосферу. [1]

Технология захоронения CO<sub>2</sub> включает две основные стадии: улавливание углекислого газа из дымового газа и захоронение его разными методами, например в геологических формациях, морях и т. п. В качестве

геологических ловушек предполагается использовать глубокозалегающие водоносные горизонты, истощенные нефтяные и газовые коллекторы и неразрабатываемые угольные пласты.

Два основных режима вытеснения нефти газом и водой:

- механизм смешивающегося вытеснения
- механизм несмешивающегося вытеснения

Существует несколько способов использования углекислого газа при закачке его в пласт с целью увеличения нефтеотдачи.

1. закачка в пласт карбонизированной воды (вода, насыщенная углекислым газом);

2. закачка в пласт непосредственно CO<sub>2</sub> в газообразном или жидком состоянии;

3. закачка в пласт углекислого газа в сверхкритическом состоянии.

Закаченная в пласт вода, насыщенная двуокисью углерода, представляет из себя оторочку вытесняющего пластовые флюиды агента. Данный метод является более эффективным, по сравнению с методом заводнения пласта, благодаря способности углекислого газа увеличивать вязкость воды при растворении в ней. [2, 3]

Для расчётов было использовано программное обеспечение «T-Navigator», в котором был смоделирован процесс применения технологии закачки CO<sub>2</sub> на интересующем нас месторождении.

Месторождение обладает следующими характеристиками:

Таблица 1

Характеристики моделируемого месторождения

Параметры	Значения
Глубина залегания	851 м
Пористость	0,3361
Проницаемость	656 мДарси
Пластовое давление	8,1 Мпа
Вязкость нефти	200 сПз

Так как пластового давления недостаточно для реализации смешивающегося режима закачки CO<sub>2</sub> характерен несмешивающийся режим, потенциал которого существенно ниже, но не является заведомо неэффективным. Отдельно моделируются процессы закачки воды, CGI и WAG с целью сравнения результатов, которые мы получим, применив каждый из данных методов.

Параметры моделирования, следующие:

- Контроль закачки по нагнетательной скважине
- Контроль по забойному давлению не превышающему 120Мпа
- При реализации WAG 4 месяца закачивается CO<sub>2</sub> и 4 месяца -

вода

По результатам моделирования были получены следующие данные:

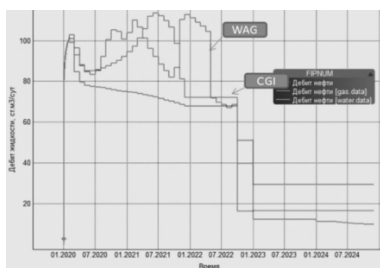


Рисунок 1 «Дебит нефти на моделируемом месторождении»

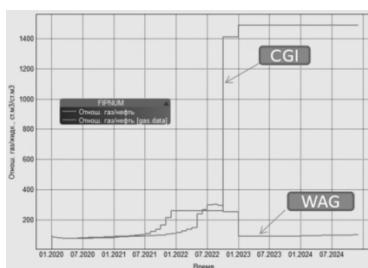


Рисунок 2 «Газовый фактор м³/м³»

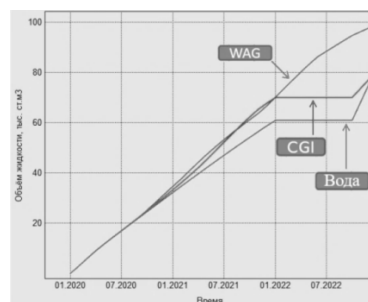


Рисунок 3 «Графики накопленной добычи нефти»

Для более наглядного представления полученной информации была составлена следующая таблица:

Таблица 2

#### Результаты исследования

Технология	КИН	Объём закачки агента	Удельная закачка CO <sub>2</sub> на 1 м <sup>3</sup> добытой нефти	Обводненность
Закачка воды	62%	126 тыс. т. м <sup>3</sup>		40%
CGI	80%	36 млн. ст. м <sup>3</sup>	500 м <sup>3</sup>	0
WAG	92%	18 млн. ст. м <sup>3</sup>	200 м <sup>3</sup>	16%

По данным в таблице можно сделать следующий вывод: самым эффективным будет метод WAG, во-первых, его удельная закачка CO<sub>2</sub> ниже, чем у метода CGI, во-вторых, его КИН выше, чем у CGI на 12% и выше, чем у простой закачки воды на 30%. Высокие приросты отчасти связаны с тем, что был рассмотрен идеальный случай, не учитывающий латеральную неоднородность пласта. Тем не менее, полученные результаты позволяют ожидать экономическую эффективность от применения данной технологии. Также в случае с данным месторождением возможно использовать углекислый газ, который можно улавливать на точках сжигания ПНГ.

Подводя итог, закачивание углекислого газа в нефтеносные пласты – не просто возможно, но и вполне может быть экономически выгодным мероприятием.

#### Библиографический список

1. Climate Change. un.org. - URL: <https://www.un.org/en/sections/issues-depth/climate-change/index.html> (дата обращения 04.11.2020). – Текст: электронный.

2. Melzer, L. S. Carbon Dioxide Enhanced Oil Recovery (CO<sub>2</sub> EPR): Factors Involved in Adding Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS) to

Enhanced OilRecovery. - URL:  
[http://neori.org/Melzer\\_CO2EOR\\_CCUS\\_Feb2012.pdf](http://neori.org/Melzer_CO2EOR_CCUS_Feb2012.pdf). – Text: electronic.

3. Farias, M. J. Interaction of Nitrogen/CO<sub>2</sub> Mixtures with Crude Oil: Final Report / M. J. Farias, R. B. Watson. – Pen State University, 2007 – 43 p. – Direct text.

Научный руководитель: Анурьев Д.А., Начальник экспертно-аналитического управления ООО «ТННЦ»

### **Оптимизация процесса обессоливания сточных вод путем совершенствования этапа пусконаладочных работ**

*Нагорных Ю.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Очистка сточных вод является важной задачей для сохранности окружающей среды, экологии и обеспечения жизнедеятельности человека.

Наиболее выгодными считаются очистные сооружения, в состав которых входит узел по очистке стоков от легкорастворимых соединений с получением обессоленной воды требуемого качества и влажного осадка. Одной из наиболее отработанных в аппаратурном оформлении технологий, позволяющих решить данную задачу, является термическое обессоливание [1].

Термический метод обессоливания является наиболее энергозатратным и имеет наибольшие эксплуатационные расходы. Но, не смотря на это, многие крупные промышленные предприятия используют метод обессоливания воды, так как данный процесс позволяет удалить соли с концентрациями более 30000 мг/л, что характерно для нефтехимических предприятий, и утилизация полученных отходов не составляет больших затрат.

Применение выпарных установок оригинальной конструкции, обеспечивающих эффективную работу при выпаривании растворов «на кристалл», и отстойной центрифуги, позволяющей разделять мелкодисперсную суспензию, позволило обеспечить замкнутый водооборот. Конечными продуктами переработки являлись обессоленная вода требуемого качества и кристаллический осадок с влажностью 13-15% [3].

На нефтехимическом предприятии N предусмотрена установка выпаривания соледержащих стоков, состоящая из узла предварительной очистки, а также трёх вакуум-выпарных линий. Использование выпарных установок позволяет эффективно очищать стоки от содержащихся в них химических соединений и получать обессоленную воду требуемого качества и солевой комок, направляемый на утилизацию. Таким образом, будет сформирован замкнутый цикл воды и обеспечивается экологическая безопасность производственного объекта.

В ходе пусконаладочных работ установки выпаривания соледержащих стоков возникла проблема работы узла выпарного концентрирования. Основной задачей данного узла является выделение из сточных вод минеральных солей и получение по итогу работы обессоленной воды требуемого качества и осадка кристаллов солей.

В процессе работы установки на данной стадии не наблюдается выпадение осадка минеральных солей. Причиной данной проблемы является наличие повышенного содержания органических примесей в промышленных сточных водах. Это способствует процессу вспенивания в узле концентрирования стоков, что приводит к недостаточной очистке сточных вод, не сохраняется необходимый технологический режим, вследствие чего не производится достаточная очистка стоков.

Безотказная работа данной технологии зависит от состава сточных вод и затруднена вследствие:

- многообразия химического состава стоков (до 30-40 компонентов);
- наличия большого количества взвеси;
- наличие органических примесей, способствующих вспениванию раствора и последующему загрязнению конденсата вторичного пара.

Наличие органических примесей в составе промышленных сточных водах становится причиной вспенивания растворов в выпарных аппаратах и как следствие, приводит к останову установки.

Долю органических примесей в промышленных сточных водах можно определить таким показателем как химическое потребление кислорода (ХПК) – это величина, характеризующая содержание в воде органических и минеральных веществ, окисляемых одним из сильных химических окислителей при определенных условиях.

Характерный состав промышленных стоков, идущих на термическое обессоливание, приведен в таблице 1.

Таблица 1

Приблизительный химический состав солевого раствора, идущий в узел выпарного концентрирования

Показатель, мг/дм <sup>3</sup>	Нормы	Солевой раствор
Массовая концентрация хлоридов	Не нормируется	143267
ХПК, мгО/дм <sup>3</sup>	Не нормируется	72250
Солесодержание	н/м 300000	409081
Массовая конц. кальция	Не нормируется	13255
Массовая концентрация сульфатов	Не нормируется	179417

В таблице 1 представлены усредненные данные за 3 месяца еженедельного контроля солевого раствора, который идет в узел выпарного кон-

центрирования. Основной задачей данного узла является выделение из раствора минеральных солей и получение по итогу работы обессоленной воды требуемого качества и осадка кристаллов солей.

На стадии пусконаладочных работ предполагается, что проблему сильного пенообразования в выпарных аппаратах, вследствие повышенного содержания органических примесей в стоках, можно решить посредством добавления гипохлорита натрия, либо при помощи пеногасителей (антивспенивателей).

В основе метода химического окисления гипохлоритом натрия лежит способность химических веществ и соединений вступать в реакцию с нефтяными примесями, их производными, с дальнейшим их распадом на нейтральные составляющие. Продукты таких реакций выпадают в осадок и удаляются из стоков механическим способом [2].

Цель проведения эксперимента: исследование окислительного воздействия гипохлорита натрия на изменение содержания органических примесей в промышленных сточных водах посредством измерения ХПК.

При добавлении гипохлорита натрия в 3 образца пробы солевого раствора не наблюдалось характерного осветления пробы, в том числе и через 24 часа после добавления гипохлорита натрия.

Измерение ХПК производили через определенные интервалы времени: 30 мин, 8 часов, 24 часа. Результаты измерений отражены на рисунке 1.

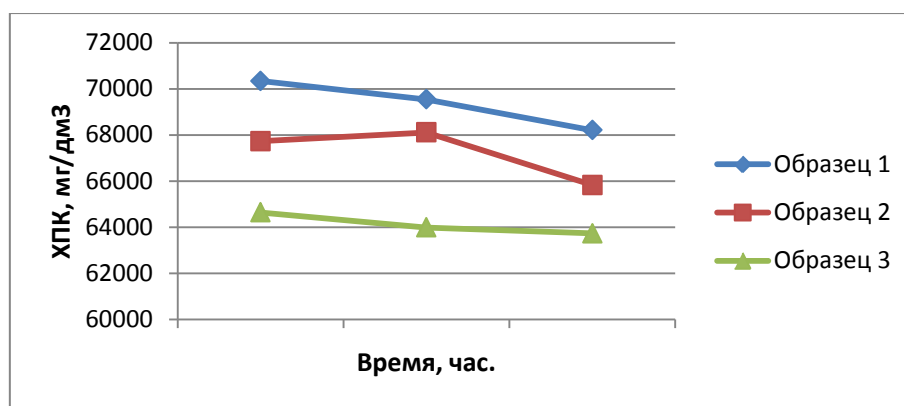


Рисунок 1. График изменения значения ХПК от времени

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы:

- Измерение химического потребления кислорода показало, что добавление гипохлорита натрия не привело к существенному снижению данного показателя.
- Применение гипохлорита натрия в данной концентрации в данных пропорциях не достаточно эффективно.
- Повышение эффективности окисления возрастает при повышении дозировки гипохлорита натрия.



– Качество воды, оцениваемой по ХПК, улучшается в среднем на 6-10 %.

#### Библиографический список

1. Сомов, М. А. Водоснабжение: учебник для вузов: в 3 т. / М. А. Сомов, М. Г. Журба, Ж. М. Говорова. – Москва: АСВ, 2008. – Т. 2. – 544 с. – Текст : непосредственный.
2. Гляденов, С. Н. Очистка сточных вод: традиции и новации / С. Н. Гляденов. – Текст : непосредственный // Экология и промышленность России. – 2001. – № 2. – С. 15-27.
3. Мониторинг технологических процессов и производств: учебное пособие / В. Н. Пермяков, В. Л. Мартынович, М. В. Омельчук [и др.]. – Текст : непосредственный. - Тюмень: ТИУ, 2020. – 219 с.

Научный руководитель: Шаповалова Е.А., канд. техн. наук, доцент.

#### Тестирование метода INSIM-FT (модель межскважинного численного моделирования с отслеживанием фронта обводнения)

*Нехорошкова А.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

С целью тестирования метода INSIM-FT [1] были построены синтетические фильтрационные модели в программном комплексе «navigator». Проведен тестовый расчет на модели первого уровня – две скважины в изолированной залежи, которая представлена на рисунке 1. В нагнетательную скважину закачивалась вода с приемистостью от 300 до 740 ст.м<sup>3</sup>/сут.

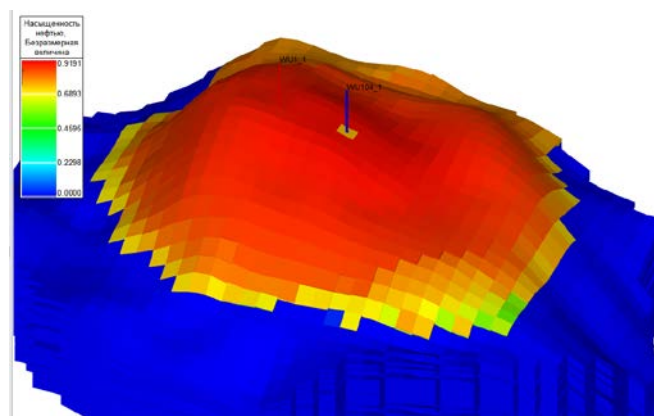


Рисунок 1. Тестовая фильтрационная модель первого уровня

Настроечными параметрами для адаптации являются функции ОФП, величины дренируемых объемов и проницаемости в них. Сопоставление дебитов нефти и жидкости ГДМ-модели и INSIM приведено на рисунке

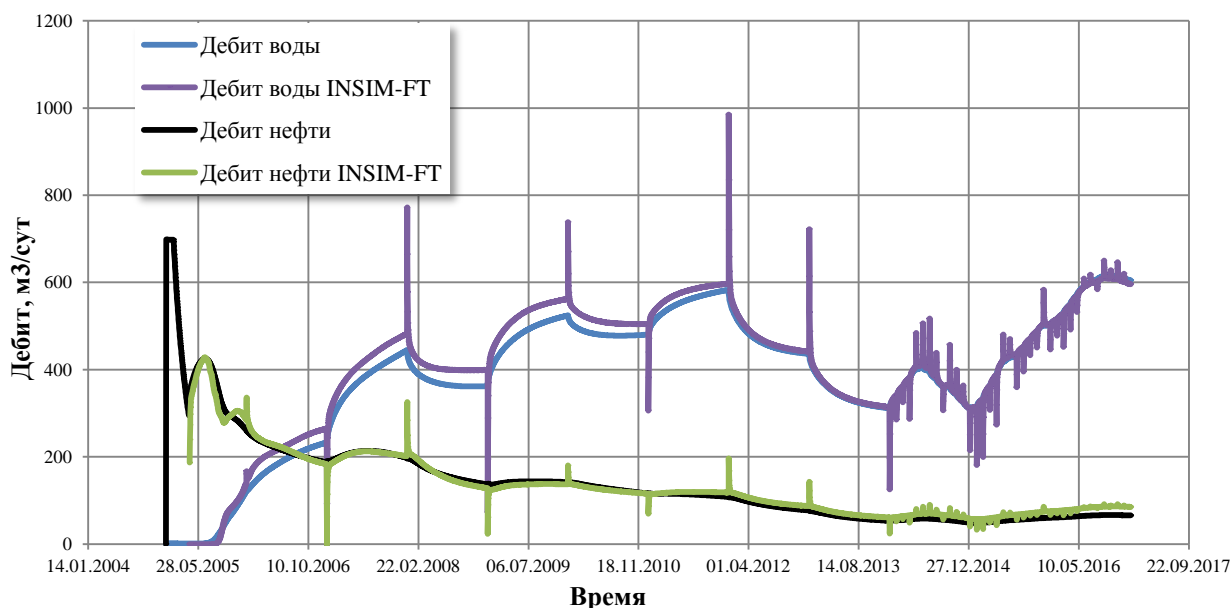


Рисунок 2. Сопоставление дебитов нефти и жидкости ГДМ-модели и INSIM

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы:

Модель хорошо воспроизводит жидкость, но чуть хуже работает с обводненностью, определяя основные тенденции.

#### Библиографический список

1. Zhao, H. INSIM: A Data-Driven Model for History Matching and Prediction for Waterflooding Monitoring and Management with a Field Application / H. Zhao, Z. Kang, X. Zhang, H. Sun, L. Cao, A. Reynolds // Society of Petroleum Engineers, SPE Reservoir Simulation Symposium – 2015. – SPE-173213-MS. –Direct text.

Научный руководитель: Водорезов Д.Д., канд. техн. наук, доцент.

### **Применение 3D-печати при разработке, обустройстве и эксплуатации нефтегазодобывающих месторождений для оптимизации производственных процессов**

*Плаксина К.Н.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Внедрение инноваций, таких как 3D-технологии развивается довольно быстро и все больше внедряется в различные сферы жизнедеятельности человека.

Современные тенденции развития нефтегазового комплекса претерпевают существенные инновационные и технологические изменения в

направлении применения 3D печати, так как развитие аддитивных технологий значительно изменяет соотношение экономических и технологических факторов в данной сфере [4].

Данная технология важна для нефтегазовой отрасли, так как производство работ происходит во все более сложных условиях – на глубоководных шельфах и в Арктике. Использование трехмерной печати позволяет создавать более сложные дизайны для преодоления трудностей, связанных с экстремальными условиями добычи.

Множество преимуществ применения данной технологии явно показали себя в кризис 2020 года во время пандемии COVID-19.

Анализ достоинств и недостатков позволит раскрыть некоторые нюансы использования 3D печати:

- инновационный процесс сокращает производство работ с нескольких недель до считанных часов, помимо этого деталь будет находиться непосредственно на месте производства работ, а это избавляет от сотрудничества со сторонними фирмами, а также от необходимости доставлять запчасти из других стран.

- Кроме того, чем больше деталей изготавливается, тем точнее происходит процесс инвентаризации в нефтегазовой компании.

- Также снижается потребность в хранении большого количества запасных частей на складах, ведь изготовить можно по необходимости.

- Значительное сокращение отходов материалов, за счет фильтрации металлического порошка и повторного его использования. Это позволяет сэкономить материалы и деньги, особенно при использовании дорогих высоколегированных металлических порошков. Тогда как при традиционных способах изготовления потери сырья могут составлять до 80-85%.

- За счет послойного построения характеристики изделия, такие как плотность, остаточное напряжение, механическое поведение обладают рядом преимуществ по сравнению с аналогами, выполненными с помощью литья или механической обработки.

- Мобильность производства и ускорение обмена данными, за счет хранения компьютерной модели изделия в базе.

К недостаткам можно отнести:

- дорогостоящий процесс;
- мало развитый рынок труда специалистов в данной области;
- высокое энергопотребление.

Лидеры мирового рынка нефтегазовых компаний начинают сообщать об успешном применении новых технологий, например, Royal Dutch Shell была одной из первых, кто применил 3D-печать при изготовлении деталей, для применения во всех сферах своего производства.

Нефтегазовое подразделение компании General Electric использует современные 3D-принтеры при производстве форсунок для газовых турбин.

Корпорация Halliburton использует трехмерную печать для производства компонентов бурового оборудования.

Проводимые исследования показывают, что к 2025 году объем 3D-печати в нефтегазовом секторе составит 32 млрд долларов. Так, например, сейчас на данную технологию приходится всего 0,1% мирового производственного рынка. Повсеместное внедрение предполагается к 2030 году и его объем может составить до 60 млрд долларов.

Все более активное применение 3D-печати повысит выработку и эффективность производственных процессов в нефтегазовой промышленности, за счет грамотно встроенного в производственную цепочку аддитивного оборудования, позволит не только сократить издержки и сэкономить время на технологические процессы, но и поможет начать выполнять более сложные задачи.

#### Библиографический список

1. Демиденко, А. К. Перспективы применения 3D-печати в строительном комплексе Российской Федерации / А. К. Демиденко, А. В. Кулибаба, М. Ф. Иванов. - Текст : непосредственный // Строительство уникальных зданий сооружений. — 2017. — С. 71-96.

2. Кочнев, Н. В. 3D-печать может серьезно изменить нефтегазовую отрасль / Н. В. Кочнев, С. А. Туровин. - URL: <https://teknoblog.ru/2020/12/03/109016> (дата обращения: 12.01.2021). - Текст: электронный.

3. Лохмутов, Н. Д. Перспектива развития 3D-печати в строительстве / Н. Д. Лохмутов, Д. В. Куличков, В. В. Ермолаева. - Текст: непосредственный // Молодой ученый. - 2018. - № 23 (209). - С. 177-179.

4. Раховецкий, Г. А. Информационная модель проекта – как основа оптимизации стоимости на всех стадиях реализации проектов обустройства, на примере компании «ГАЗПРОМ НЕФТЬ» / Г. А. Раховецкий, А. Н. Коркишко. - Текст : электронный // Инженерный вестник Дона. - 2017. - Том 44, № 1 (44). - С. 56. - URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/%20n1y2017/3981> (дата обращения: 22.02.2021).

#### **Эффективность внедрения БВС на нефтегазодобывающих месторождениях для оптимизации производственных процессов**

*Плаксина А.Н.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Нефтегазодобывающая отрасль - высокочувствительная сфера, в которой проводятся всевозможные работы по надзорной деятельности: начиная с различных съемок для разведки местности и заканчивая контролем функ-

ционирующего объекта. Огромные средства выделяются корпорациями на митигацию всевозможных рисков производственного характера, поэтому необходимо предлагать альтернативы традиционным способам обследования и надзора, которые снизят затраты в десятки раз. Применение беспилотной авиации способно вывести нефтегазовую отрасль на новый уровень, за счет ощутимого уменьшения расходов на контрольные мероприятия по мониторингу безопасного и продуктивного функционирования объектов, а также повышению оперативности надзорных работ.

Применение БПЛА в нефтегазовой отрасли оправдано на всех этапах производства работ, ниже рассмотрены более подробно все сферы где задействованы беспилотники и преимущества их применения.

### **1. Предварительная разведка и сбор необходимых данных о местности посредством воздушного лазерного сканирования.**

БПЛА используются не только для классической цифровой аэрофото съемки, но и для воздушного лазерного сканирования, что на сегодняшний день очень актуально для многих компаний. Оборудование позволяет создавать ортофотопланы и 3D-модели участка, отражая максимально точно рельеф, несмотря на растительность местности. Технология гарантирует точность и высокую детализацию, которые недостижимы другим методам исследования территории.

Внедрение технологии воздушного лазерного сканирования с БПЛА обеспечивает возможность существенно ускорить процесс выполнения работ по сравнению с инструментальной съемкой. В отличие от пилотируемой авиации, дрон бесперебойно функционирует даже при нестабильных метеоусловиях и плохой видимости. БПЛА с лазерным сканером удобны в транспортировке, и для начала работ дрон не требует наличия аэродрома. Все это делает технологию оптимальной для исследования самых сложных и нестандартных объектов в предельно сжатые сроки.

### **2. Надзор за строительными-монтажными и ремонтными работами.**

За счет внедрения БПЛА повышается эффективность мониторинга строительных и монтажных работ на месторождении посредством детальной аэрофотосъемки, передающей актуальные совмещенные пространственные данные на пульт управления. При помощи информации, полученной таким путем можно:

- Оценивать объем, выполненных работ;
- Производить расчет материальных и трудовых ресурсов, на основе фактических мощностей;
- Определять оптимальные и безопасные маршруты передвижения техники и персонала;
- Контролировать состояние дорог, автозимников для исключения рисков задержки поставок;
- Производить измерение и сравнение проектных профилей, уклонов, откосов, площадей координат;

- Анализировать состояние строительных объектов на основе данных проектной документации;
- Выявлять отклонения в работах от проекта.

### **3. Повышение безопасности производства работ за счет постоянного контроля и мониторинга линейных объектов и инфраструктуры.**

Своевременная и результативная проверка беспилотниками состояния трубопроводов, оборудования и нефтегазовой системы предотвращает возможные аварии и неисправности, благодаря способности БВС добираться в труднодоступные и удаленные места.

### **4. Контроль факторов, влияющих на экологическую безопасность.**

Вопрос экологической безопасности остро стоит в современном обществе, поэтому для своевременного контроля окружающей среды, необходимо иметь объективную и подробную информацию о состоянии природной среды, с чем и может помочь БПЛА.

Воздушные снимки высокого разрешения позволяют быстро, просто и эффективно отслеживать природные и антропогенные процессы, выявлять источники загрязнений, контролировать воздействие разрешенных выбросов и планировать природоохранные мероприятия.

Проводя регулярные съемки, можно не только оценить текущее состояние природной среды, но и спрогнозировать её динамику с учетом действующих факторов. Такое информационное обеспечение поможет наиболее эффективно планировать природоохранные мероприятия. А также контролировать их выполнение.

### **5. Доставка и перемещение легких габаритных грузов на удаленные места**

Использование беспилотной авиации для доставки грузов на удаленные производственные площадки, где в весенне-осенний период отсутствует наземное сообщение, а также в случаях, когда использование вертолетной техники экономически нецелесообразно, открывает большие возможности для оперативной и безопасной доставки на месторождение.

Сегодня различные нефтегазодобывающие корпорации уже повсеместно используют беспилотники, их применение уже показало свою эффективность и экономическую целесообразность. Так, например, компания Shell применяет БВС для мониторинга оборудования газового терминала, ExxonMobil, использует беспилотники для проверки резервуаров нефтеперерабатывающего завода. В «Газпром нефти» дроны применяются для контроля строительства объектов инфраструктуры и напорных трубопроводов.

По предварительным оценкам, внедрение БВС для мониторинга капитального строительства позволит на 60–70% сократить затраты на строительный контроль, на 30% сократить нарушения требований к выполнению работ и в 2 раза повысить оперативность контроля. Также БПЛА неоспоримо снижает экономические затраты, связанные с перечисленными областями.

Решения с использованием беспилотных технологий применимы на всех этапах развития нефтегазодобывающего предприятия. Применение беспилотников значительно повышает конкурентоспособность компаний на рынке и выводит их на новый уровень.

#### Библиографический список

1. Никоноров, А. Н. Беспилотные летательные аппараты в нефтяной отрасли / А. Н. Никоноров. - Текст : непосредственный // Сибирская нефть. - № 163 (октябрь 2020). - С. 71-96.

2. Демиденко, А. В. Как используются беспилотные летательные аппараты в нефтегазовой отрасли? / А. В. Демиденко, И. А. Иванов. - URL: <https://www.alb.aero/about/articles/kak-ispolzuyutsya-bespilotnye-letatelnye-apparaty-v-neftegazovoy-otrasli/> (дата обращения: 29.11.2020). - Текст: электронный.

3. Кочнев, Н. В. Сферы применения беспилотных летательных аппаратов / Н. В. Кочнев, С. А. Туровин. - URL: <https://pioneer-doc.readthedocs.io/ru/master/database/base-module/sphere/sphere.html> (дата обращения: 12.01.2021). - Текст: электронный.

#### **Повышение эффективности объектов разработки на примере пласта АВ<sub>1</sub><sup>3</sup> Ватьеганского месторождения**

*Рябов И.В., Сенцов А.Ю., Еленец А.А.*

*Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть»  
в г. Тюмени, г. Тюмень*

В России 25 уникальных по величине извлекаемых запасов нефти месторождений, которые, в основном, разрабатываются со второй половины прошлого века, на текущий момент, находятся на третьей или четвертой стадии разработки и характеризуются значительной выработкой начальных извлекаемых запасов нефти (НИЗ), высокой обводненностью добываемой продукции.

Со временем по месторождениям может накапливаться ряд технологических и технических проблем (не полностью сформированные системы разработки объектов, которые эксплуатируются возвратным фондом, неравномерная выработка и компенсация отборов закачкой в совместно разрабатываемых пластах, недостаточность пробуренного фонда для одновременной организации отдельных систем разработки, увеличение фонда скважин с неудовлетворительным техническим состоянием и т.п.). Для повышения технологической и экономической эффективности разработки необходимо выполнять анализ выработки запасов с детализацией структуры и локализации запасов, применять современные технологии.

Ватьеганское нефтяное месторождение является одним из уникальных по величине извлекаемых запасов нефти, введено в промышленную

эксплуатацию в 1983 году, в пределах которого выявлено 29 продуктивных пластов, объединённых в 15 эксплуатационных объектов [1]. Основной объект разработки - АВ<sub>1-3</sub>, на долю которого приходится 64 % геологических и 67 % извлекаемых запасов, 47 % текущей и 72 % накопленной добычи нефти месторождения. Выработан на 73 %. В соответствии с индексацией действующего Подсчета запасов в составе объекта АВ<sub>1-3</sub> выделены два продуктивных пласта – АВ<sub>1-2</sub> и АВ<sub>3</sub>.

Анализ геолого-геофизических данных по скважинам свидетельствует, что практически повсеместно в пределах пласта АВ<sub>1-2</sub> (основной пласт объекта) присутствуют глинистые прослои, что позволяет условно разделить его на два пласта: АВ<sub>1</sub><sup>3</sup> и АВ<sub>2</sub>, которые отличаются по проницаемости в 10 и более раз.

С 2016 года по месторождению реализуется научно-исследовательская работа «Комплексная работа по повышению эффективности разработки Ватъеганского месторождения» [2]. В рамках данного проекта, с учетом выявленных особенностей обстановки осадконакопления, детализированы результаты корреляции и интерпретации ГИС. В составе пласта АВ<sub>1-2</sub> сверху вниз прослежено четыре стратиграфических единицы: АВ<sub>1</sub><sup>3-0</sup> (верхняя пачка пласта АВ<sub>1</sub><sup>3</sup>), АВ<sub>1</sub><sup>3</sup> (нижняя пачка пласта АВ<sub>1</sub><sup>3</sup>), АВ<sub>2</sub><sup>1</sup> (верхняя пачка пласта АВ<sub>2</sub>), АВ<sub>2</sub><sup>2</sup> (нижняя пачка пласта АВ<sub>2</sub>) и пласт АВ<sub>3</sub>, рисунок 1 а, б.

По данным геолого-гидродинамического моделирования опережающей выработкой характеризуется интервал АВ<sub>2</sub><sup>1</sup> (89,7 %), средняя степень выработки отмечена по пачкам АВ<sub>1</sub><sup>3</sup>, АВ<sub>2</sub><sup>2</sup> и АВ<sub>3</sub>, составляет 52,5 %, 52,6 % и 55,1 % соответственно, рисунок 1 в. Таким образом, верхняя часть объекта, характеризующаяся ухудшенными, по сравнению с нижними пачками, фильтрационными свойствами, имеет более низкую степень выработки запасов нефти и представляет наибольший интерес с точки зрения повышения ее эффективности разработки.

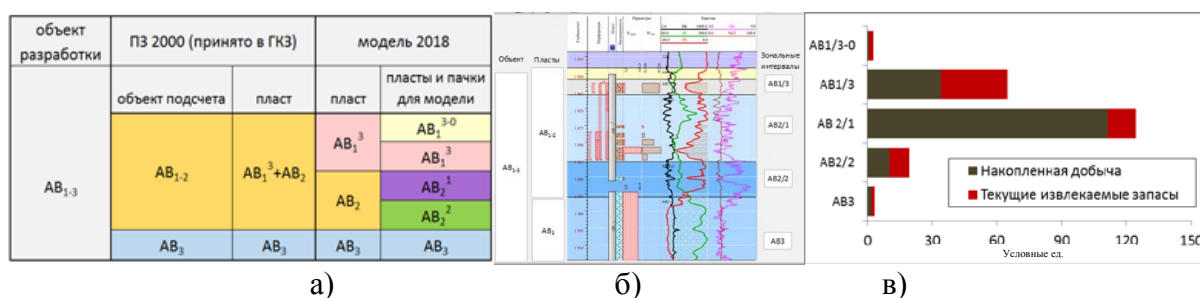


Рисунок 1. а, б) индексация пластов объекта АВ<sub>1-3</sub>, в) распределение извлекаемых запасов по пачкам

Пачка АВ<sub>1</sub><sup>3</sup> полностью покрывает по площади нижележащие пласты объекта, в соответствии с проектными решениями, разрабатывается с ними единой сеткой скважин с расстоянием 500х500 м.



Для оценки интервалов работы и степени вовлечения в процесс разработки пачек объекта АВ<sub>1-3</sub>, в зависимости от разной депрессии, были проведены специальные промыслово-геофизические исследования пяти добывающих скважин, которые подтвердили, что доли работы пачки АВ<sub>1</sub><sup>3</sup> в этих скважинах составила в среднем 35 %.

Учитывая результаты геолого-гидродинамического моделирования, данные специальных исследований, подтвердивших, что пачка АВ<sub>1</sub><sup>3</sup>, характеризующая ухудшенными фильтрационно-емкостными свойствами, вырабатывается более медленными темпами, сформировано принципиальное решение по частичному разукрупнению системы разработки объекта АВ<sub>1-3</sub> на пласты АВ<sub>1</sub><sup>3</sup>, АВ<sub>2</sub> и АВ<sub>3</sub>, реализация которого намечена в основном следующими технологиями:

- применение уплотняющего бурения горизонтальными с многостадийным ГРП добывающими и нагнетательными скважинами, в районах с достаточной плотностью запасов пачки АВ<sub>1</sub><sup>3</sup>, с формированием однорядной системы разработки;

- использование технологий РИР и ГРП в районах с низкой плотностью текущих запасов, применением боковых стволов, технологии одно-временно-раздельной эксплуатации, переводов скважин с других объектов, выполнивших свое проектное назначение.

Стратегией в части разработки пачки АВ<sub>1</sub><sup>3</sup> уплотняющим бурением является: I - проведение ГИС НЭК для оценки и подтверждения текущей нефтенасыщенности; II – бурение первоочередных 3-6 кустовых площадок, III - детализация дальнейших планов бурения. Учитывая потенциал пачки АВ<sub>1</sub><sup>3</sup>, запроектировано 18 новых кустовых площадок, на которых размещено 277 скважин. Примеры уплотняющего бурения представлены на рисунке 2.

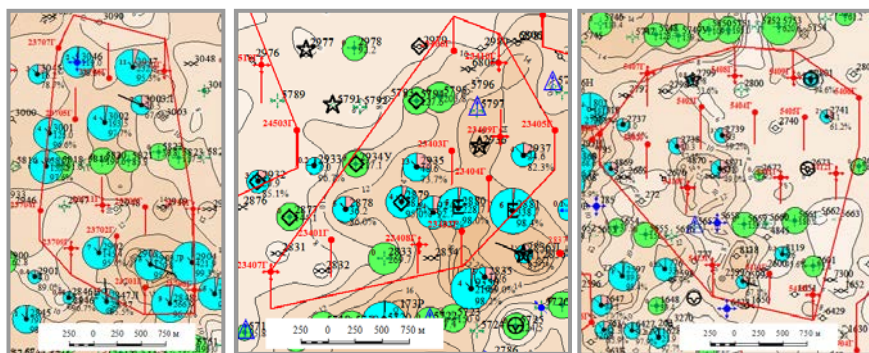


Рисунок 2. Пласт АВ<sub>1-2</sub>. Фрагменты карт начальных эффективных нефтенасыщенных толщин, текущего состояния разработки и схем размещения уплотняющего бурения на пачку АВ<sub>1</sub><sup>3</sup>

В рамках обоснования плотности сетки скважин по участкам нового уплотняющего бурения на пачку АВ<sub>1</sub><sup>3</sup> выполнены специальные ГДИ с оценкой радиуса контура питания (Rk). Были подобраны скважины, характеризующиеся длительной историей разработки с отсутствием технических наруше-

ний. Определено, что радиус контура питания колеблется от 247 м до 280 м. С учетом проведенных исследований, результатов геолого-гидродинамического моделирования определена технологическая целесообразность уплотняющего бурения с расстоянием между скважинами 500x500 м.

Проведенные работы показали, что потенциал объекта на текущий момент не исчерпан, совершенствование существующей системы разработки с частичным разукрупнением на пласты, характеризующиеся различными ФЕС, позволяет повысить эффективность разработки и реализовать дополнительный потенциал увеличения добычи нефти.

#### Библиографический список

1. Дополнение к проекту разработки Ватьеганского месторождения: отчет о НИР / Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени ; рук. А. Ю. Сенцов ; отв. исполн. В. Н. Кухарук ; исполн. : И. В. Рябов. - Тюмень, 2016. – 2801 с. - № 14С5527/15Т0006. – Текст : непосредственный.

2. «Комплексная работа по повышению эффективности разработки Ватьеганского месторождения»: отчет о НИР / Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени ; рук. А. Ю. Сенцов; отв. исполн. : И. В. Рябов ; исполн. : А. А. Еленец. - Тюмень, 2020. – 3805 с. - №16С4126/16Т0675. – Текст : непосредственный.

#### **Разработка методов снижения напряженности электрических и магнитных полей электрической подстанции**

*Рязанцева А.Н., Литвинова Н.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

С развитием технических устройств увеличилась область покрытия и уровень, сила электромагнитного излучения. За последние годы существенно расширился рабочий диапазон частот и возросли уровни мощности электромагнитных воздействий. Происходит увеличение количества источников ЭМП. Чтобы улучшить ситуацию и не навредить окружающей среде и человеку, разработаны санитарно-гигиенические нормы, определяющие допустимые нормы.

Работа с ЛЭП и электрическими подстанциями является работой с повышенной опасностью, так как на работника будут воздействовать электромагнитные поля промышленной частоты [1].

Целью исследования является разработка методов снижения напряженности электрических и магнитных полей электрической подстанции.

По Тюменской области, в последние годы, отмечается увеличение рабочих мест на промышленных предприятиях, которые не соответствуют уровням ЭМП.

В 2020 г., по сравнению с 2017 г., доля рабочих мест, где наблюдается превышение ЭМП на 4 %, что отражено на рисунке 1.

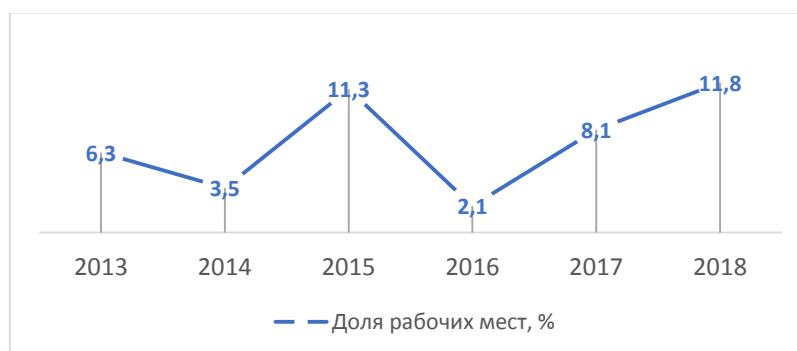


Рисунок 1. Доля рабочих мест, не отвечающих гигиеническим нормативам

Экранирование электромагнитных излучений является одним из эффективных методов защиты работников от ЭМП.

Для снижения воздействия напряженности ЭМП ПЧ на организм человека, чаще всего, используют сетчатые экраны. Этот вид экранов наиболее распространен, так как имеет относительно легкий вес, удобство использования.

При расчете эффективности экранов, рассчитывается функциональные качества экрана, характеризующиеся коэффициентом экранирования  $W^F$  и коэффициентом отражения  $K^F$ . Исследовались экраны сеткой из железа, алюминия и меди с различным размером сетки [2].

Таблица 1

Эффективность экранирования на высоте 0,5 м.

Железо						
Высота, м	3x3		5x5		10x10	
	ЭП	МП	ЭП	МП	ЭП	МП
0,5	42,84671	24,03303	27,32476	15,87632	1,38331	11,7475014
1	45,1172	29,36606	37,52576	16,24654	1,280931	7,82612551
1,7	54,95257	34,16061	43,67978	24,86729	1,051594	22,9038760
Алюминий						
Высота, м	3x3		5x5		10x10	
	ЭП	МП	ЭП	МП	ЭП	МП
0,5	71,28507	29,46952	59,13412	19,17626	14,3612	23,9662185
1	70,2536	32,29247	56,79506	20,22605	17,24443	18,9670358
1,7	66,0301	44,57735	52,01792	39,2685	16,50967	52,9711731
Медь						
Высота, м	3x3		5x5		10x10	
	ЭП	МП	ЭП	МП	ЭП	МП
0,5	68,18691	31,03517	45,98607	31,03517	0	11,7416423
1	45,95176	21,32699	45,95176	21,32699	7,427342	4,00274166
1,7	47,2672	40,12713	47,2672	40,12713	1,460139	21,8927564

Из результатов представленных выше можно сделать вывод, что экранное затухание становится слабее при увеличении размера шага сетки.

По результатам проделанной работы, наиболее эффективный экран из алюминия размером шага 3 см.

#### Библиографический список

1. Аполлонский, С. М. Безопасность жизнедеятельности человека в электромагнитных полях: учебное пособие / С. М. Аполлонский. – Санкт-Петербург : Политехника, 2014. – 650 с. – Текст : непосредственный.

2. Литвинова, Н. А. Электромагнитная экология и расчет электромагнитных величин: учебное пособие для практических занятий / Н. А. Литвинова. – Тюмень : РИО ФГБОУ ВПО «ТюмГАСУ», 2015. – 136 с. – Текст : непосредственный.

### **Опыт проведения гидравлического разрыва пластов с полной продавкой пропанта**

*Сабитов Р.М., Хакимов Т.А., Хисматуллин Д.Г., Вилков М.Н.*

*Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть»  
в г. Тюмени*

Нормализация забоя после гидравлического разрыва пластов (ГРП) является важным звеном всей технологической цепочки геолого-технологического мероприятия (ГТМ). От качества выполненной нормализации напрямую зависит окончательная эффективность всего мероприятия в целом. Однако, зачастую, в силу различных факторов, нормализация забоя может занять значительное время, что, безусловно, приведет к росту финансовых и временных затрат.

В данной работе предложен классический подход, основанный, в том числе и на собственном опыте. Данная практика не является новой, однако, в условиях глобальной рецессии она стала вновь актуальной. Речь пойдет о полной продавке пропанта в пласт.

Данный метод в первую очередь направлен на исключение возможного негативного влияния технологической жидкости на призабойную зону пласта (ПЗП), которая применяется при восстановлении забоя (особенно это актуально в зонах с пониженным пластовым давлением), а также сокращение времени заключительных работ после ГРП. Из технологического процесса исключается стадия восстановления забоя, что позволяет приступить к монтажу глубинно-насосного оборудования (ГНО) непосредственно после завершения гидроразрыва. Основная цель работы – оптимизация затрат без потери качества.

Изучив собственный опыт, а также различных компаний, был выбран объем продавочной жидкости с расчетом до нижних дыр перфорации с по-

следующей продавкой  $3\text{м}^3$  жидкости. Объем рассчитан от последнего зерна пропанта.

Следует отметить наличие рисков недостижения плановых показателей дебита жидкости (снижение продуктивности) при применении данного подхода вследствие нескольких причин: смыкании трещины ГРП в ПЗП, выноса пропанта из призабойной зоны, ограниченности данных, которые могут быть получены в результате геофизических исследований скважин [1].

Таким образом, у традиционной частичной продавки (300-400 л пропантной смеси в стволе) основным преимуществом является стабильность трещины в ПЗП.

В качестве кандидатов для проведения ГРП с перепродавкой могут быть рассмотрены скважины, соответствующие следующим критериям: наличие зумпфа, требующие значительного времени и объемов технологических жидкостей при нормализации забоя (в том числе скважины, находящиеся в зонах с пониженным пластовым давлением), отсутствие предварительной отсыпки забоя перед ГРП с необходимостью его восстановления, удовлетворительное качество цементного камня за эксплуатационной колонной в интервале ниже предполагаемой установки пакера и без проведения ГИС после ГРП [2].

Первый ГРП с полной перепродавкой был выполнен при вводе скважины 3239 из бурения на Нонг-Еганском месторождении, объект  $Aч_1^0$  – рисунок 1.

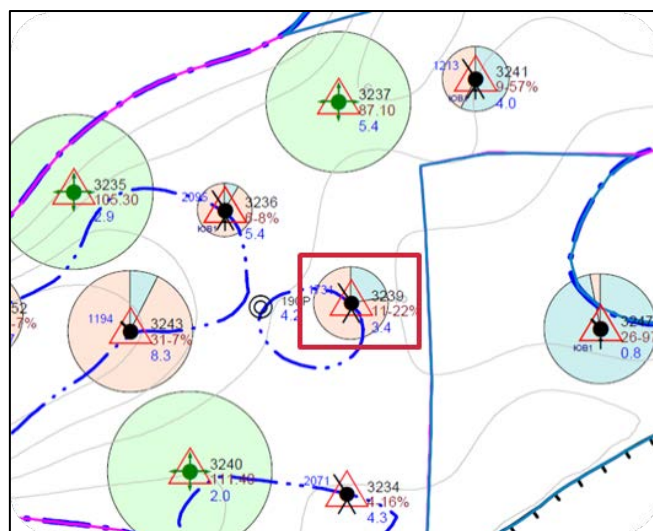


Рисунок 1. Выкопировка из карты разработки по объекту  $Aч_1^0$

Масса пропанта, закаченная в пласт составила 60 т. По результату отбивки забоя, отмечен его рост на 57 м. Благодаря наличию большого зумпфа, оставшееся свободное пространство в колонне до нижних дыр перфорации позволяет не проводить нормализацию забоя перед спуском ГНО. На рисунке 2 приведено геолого-технологическое сравнение с другими скважинами этого участка в схожих условиях.

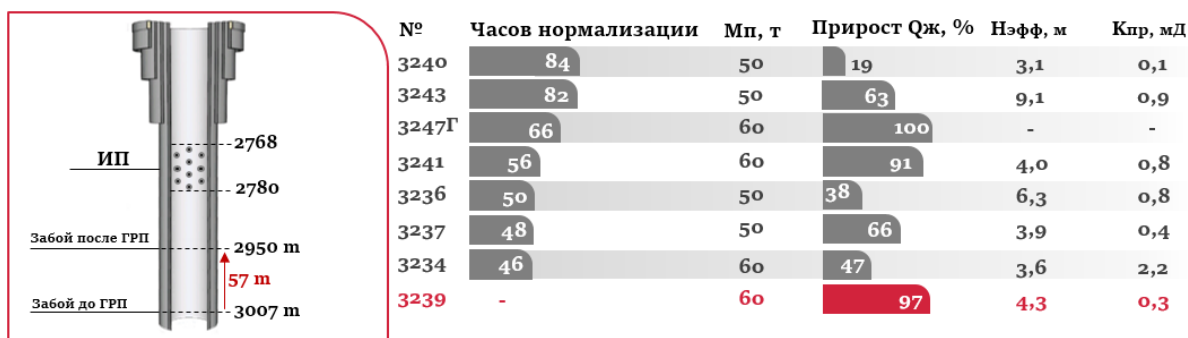


Рисунок 2. Конструкция скважины 3239. Геолого-технологические показатели скважин с ГРП на участке

Так, из рисунка 2 видно, что среднее время нормализации забоя после ГРП в соседних скважинах варьировало от 46 до 84 часов. Эффектная толщина пласта и проницаемость сопоставимы. Входной дебит жидкости скважины 3239 после ГРП является одним из высоких показателей на рассматриваемом участке. При дальнейшей отработке скважина показала среднюю эффективность на участке – рисунок 3.

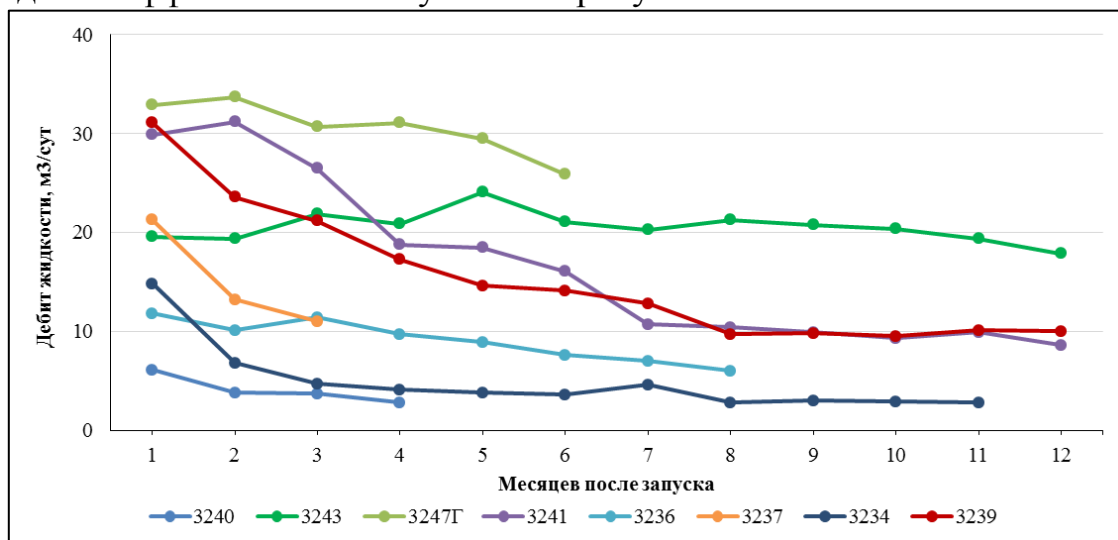


Рисунок 3. Приведенные на дату дебиты жидкости после ГРП

Таким образом, экономия времени благодаря полной перепродавке составила в среднем более 3 суток, показатели эффективности в схожих условиях выше, чем у соседних скважин.

Всего на месторождениях ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» по состоянию на 01.02.2021 выполнено 15 операций ГРП с полной продавкой.

Среднее изменение забоя после ГРП составило 40 м. Во всех случаях в эксплуатационной колонне осталось свободное пространство до нижних дыр перфорации. Средний показатель эффективности после ГРП не ниже результатов стандартных обработок.

Средняя экономия времени на нормализацию забоя составила порядка 4 суток. В итоге, средняя экономия финансовых средств на 1 нормализацию забоя составила более 500 тыс. рублей.

В перспективе на месторождениях ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» планируется продолжить дальнейшую оптимизацию. В первую очередь на объекте Ач.т. Поточного месторождения.

#### Библиографический список

1. Экономидес, М. Унифицированный дизайн гидроразрыва пласта. Наведение мостов между теорией и практикой / М. Экономидес, Р. Олайн, П. Валько. – 2004. – С. 116-123. – Текст : электронный.

2. Опыт проведения перепродавки при ГРП на традиционных коллекторах / Д. Чаплыгин, Д. Хамадалиев, В. Яшнев [и др.]. – Текст : непосредственный // Российская нефтегазовая техническая конференция SPE. 15-17 окт. 2018 г. – Москва, 2018. – С. 3.

### Снижение шума в цехе по подготовке и перекачки нефти

*Сыскутов И.В., Литвинова Н.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Для достижения безопасных условий труда необходимо решить ряд актуальных вопросов и проблем.

Специалист по обслуживанию технологических насосов производит перемещение нефтепродуктов по трубам с определенным давлением, делает техническое обслуживание и ремонт насосных агрегатов, технологических трубопроводов, запорной и запорно-регулирующей арматуры.

Во время трудового процесса машинист технологических насосов может быть подвержен воздействию вредных и опасных производственных факторов: физических и химических [1].

В результате проверки специальной оценки труда на рабочем месте оператора технологических насосов в помещении насосной станции было установлено, что наибольшее влияние на здоровье работника оказывают следующие вредные производственные факторы как шум. Для снижения шума для обслуживающего персонала цеха в данной ситуации необходимо выбрать следующий метод: метод защиты от шума по пути его распространения. Предлагается обшить кабину, обслуживающую насосы, стальными листами.

Таблица 1

Значения шума насосных агрегатов

Тип	Октавные полосы со среднегеометрическими частотами, Гц								
	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Центробежный насос ЦНСн 60 – 330, дБ.	93	90	89	94	95	92	88	80	71



После обшивки кабины машиниста листами стали, получили следующие значения шума, которые отражены в таблице 2.

Таблица 2

Значение шума на рабочем месте оператора насосных агрегатов с учетом звукоизолирующей способности стали

f, Гц	250.	500.	1000.	2000.	4000.
L <sub>ст</sub> , дБ	66	62	55	56	40

Необходимо построить график и сравнить расчетные значения звукового давления со значениями звукового давления после обшивки кабины машиниста технологических насосов звукоизолирующим материалом из стали толщиной 8 мм.

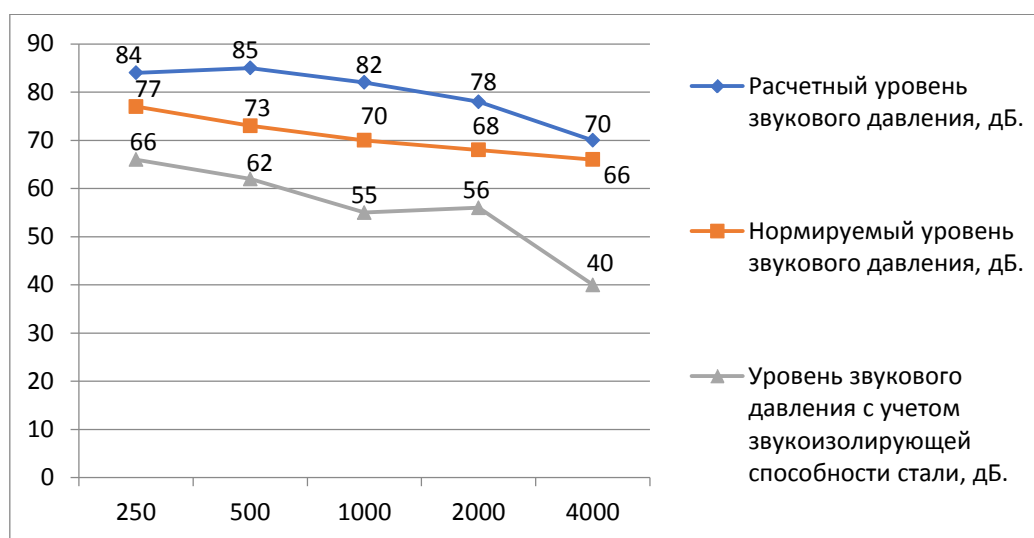


Рисунок 1. Расчетный, нормируемый уровень шума

Рисунок показывает, что после обшивки кабины машиниста звукоизолирующим материалом из стали толщиной 8 мм, наблюдается снижения уровня звукового давления до значений нормы по санитарным нормам. На частоте 250 Гц уровень звукового давления был снижен на 17 дБ; на частоте 500 Гц – 22 дБ; на частоте 1000 Гц – 26 Гц; на частоте 2000 Гц – 24 дБ и на частоте 4000 Гц – 33 дБ. Наиболее эффективное действие предложенных средств наблюдается на высоких частотах.

#### Библиографический список

1. Карауш, С. А. Типовые расчеты по безопасности в строительстве и производстве строительных материалов / С. А. Карауш, Г. И. Еговалев, О. О. Герасимова: учебное пособие. – Томск : Изд-во Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2005. – 343 с. – Текст : непосредственный.



## Метод уменьшения тяжести трудового процесса как способ увеличения производительности

Фомин А.В. Томус И.Ю.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Важным механизмом, участвующим в управлении рабочим процессом, считается производительность труда, поскольку именно она дает возможность проанализировать и оценить результативность производства. Правильная оценка производительности труда на предприятии – это основа эффективности использования компанией трудового потенциала.

Внедряя современные технологии можно уменьшить вероятность возникновения травм опорно-двигательного аппарата человека, связанных с отрывом груза от рабочей поверхности. Уменьшение воздействия факторов тяжести - важная задача, которую могут облегчить экзоскелеты, одновременно повышая трудоспособность человека.

С помощью экзоскелета можно повысить производительность труда рабочего, при этом не ставив под риск его здоровье. Современные экзоскелеты производят двух типов: пассивные и активные (силовые). Первые не имеют источников питания и работают благодаря усилиям оператора. Они не забирают на себя физическую нагрузку, а распределяют ее по телу рабочего. Активные конструкции функционируют за счет дополнительных двигателей. Эти модели имеют упор на поверхности, за счет чего позволяют человеку поднимать больше тяжестей.

На сегодняшний день внедрение данных устройств отмечается по всему миру. Пока что эстафету ведут компании за границей. Авангардные иностранные модели: Американский армейский экзоскелет Human Universal Load Carrier (HULC), Fortis Tool Arm, SuitX BackX, Hyundai Chairless Exoskeleton.

Отечественных производителей экзоскелетов намного меньше чем иностранных аналогов. Внимание в исследовании было обращено к российской компании «Экзоатлет».

Были проведены теоретические расчеты нагрузки рабочего при обычной работе и с экзоскелетом «ЕхоHeaver Active Electric», рисунок 1 [1]

При проведении расчетов нагрузки проводимой работающим было отмечено, за смену рабочий поднимет 1200 деталей, постоянно по 2 раза каждую. В час он перемещает 150 деталей (1200 деталей: 8 ч). Каждую деталь рабочий берет в руки 2 раза, Расчет суммарной массы будет проводиться по формуле :  $M = N * t * 2$  М – суммарная масса груза, кг; N – количество изделий, t – масса изделия, кг. Следовательно, суммарная масса груза, перемещаемая в течение каждого часа смены, составляет 900 кг (150 х 3 кг х 2). Груз перемещается способом строповки с рабочей поверхности, поэтому эту работу можно отнести к вредному тяжелому труду

второй степени, что может навредить здоровью работника и следовательно производительности.



Рисунок 2. Общий вид экзоскелета

Учитывая, что «ЕхоHeaver Active Electric» будет одет на рабочем, то весь груз поднимаемый рабочим будет распределен на экзоскелет, человеку нужно лишь будет направлять устройство и закреплять лебедку. Масса груза не будет негативно воздействовать на опорно-двигательный аппарат рабочего. С такими условиями будут обеспечены оптимальные условия труда, а также созданы предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности работника.

При изменении задания рабочему за смену проводится перемещение груза весом 10 кг, до 300 раз, с высотой поднятия груза до 1 м, расстояние перемещения 4м. Эмпирически значения говорят об уровне значительной физической нагрузки :

$$A = \left( PH + \frac{PH_1}{2} + \frac{PL}{g} \right) * 6, \text{ где } A - \text{ работа, кг*м; } P - \text{ масса груза, кг; } H - \text{ высота подъема груза от исходного положения, м; } H_1 - \text{ величина опускания груза, м; } L - \text{ расстояние перемещения груза по горизонтали, м; } g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

При работе без использования экзоскелета динамическая нагрузка  $A = \left( 10 * 1 + \frac{10*1}{2} + \frac{10*4}{9,8} \right) * 6 * 320 = 36637 \text{ кг*м}$ . Это вредные условия

труда с увеличением степени вреда на организм, с повышением риска повреждения здоровья.

При использовании экзоскелета динамическая нагрузка

$$A = \left( 0 * 1 + \frac{0*1}{2} + \frac{0*4}{9,8} \right) * 6 * 320 = 0 \text{ кг*м. Это комфортные условия труда.}$$

Можно сделать выводы:

- Экзоскелет позволяет уменьшить воздействия тяжести на рабочего, улучшая условия труда, при этом сохраняя функциональное состояние организма.
- Увеличивается КПД мышечной силы. Отсюда повышение производительности труда, экономический эффект на производстве гарантирован.

#### Библиографический список

1. Кириллов, В. Ф. Руководство к практическим занятиям по гигиене труда / ред. Кириллов В. Ф. - 2001. – С. 68-70 – Текст : непосредственный.
2. Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. руководство Р 2.2.755-99 (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 23.04.99). – приложение 16. / разработан НИИ медицины труда РАМН – Москва: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1999 –12 с. – Текст : непосредственный.
3. Exomed: Роботизированные экзоскелеты : [сайт] – URL : <https://www.exomed.org> (дата обращения: 12.03.2021). – Текст : электронный.

Научный руководитель: Томус И.Ю. канд. мед. наук, доцент

### **Расчет потерь давления в газовой скважине Уренгойского НГКМ на основе экспериментальных данных**

*Широких А.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время в Российской Федерации все ещё сохраняется преобладание газа сеноманских залежей над другими более старыми горизонтами в объемах добываемого газа. В тюменском регионе, как в регионе, являющимся ядром газодобычи, этот показатель ещё выше.

Крупнейшее в мире на момент открытия Уренгойское нефтегазоконденсатное месторождение (НГКМ) было открыто в 1966 г. Промышленная разработка сеноманской залежи осуществляется более 40 лет, с 1978 года.

Максимальный уровень годовых отборов был достигнут в 1986 г. - 270 млрд. м<sup>3</sup>. В настоящее время месторождение уже давно находится в стадии падающей добычи УВС, которая началась в 1993 году. Для этой стадии характерно существенное снижение добычи газа, связанное с падением пластового давления [1]. А пластовое давление по состоянию на 2020г. на Уренгойском НГКМ приблизилось к 1 МПа.

Одной из острых проблем, проявляющихся на падающей стадии добычи газа, является накопление жидкости в стволе скважины. В качестве накапливающейся на забое скважины жидкости могут выступать конденсационная вода, перешедшая в жидкую фазу в верхних участках ствола скважины, стекающая вниз по колонне НКТ, поступающая из пласта минерализованная вода природного происхождения или техническая вода [2].

При таком внушительном фонде сеноманских скважин, актуальность расчета депрессии и моделирования потерь давления в газожидкостном потоке, а также мероприятий, направленных на предотвращение самозадавливания скважин очевидна. По прогнозам ООО «Газпром ВНИИГАЗ» к 2030 году на Уренгойском НГКМ будет около 500 скважин, работающих в режиме «самозадавливания» [3].

В мировой практике добычи низконапорного газа, как и в нашей стране широкую популярность получила технология ввода в скважину пенообразующих поверхностно-активных веществ (ПАВ), которая отличается относительно низким уровнем капитальных вложений и высоким уровнем эффективности, в том числе экономической [4]. Автором статьи приводится методика расчета потерь давления в стволе скважины диаметром 168 мм, работающей с ПАВ. Метод расчета был получен коллегами из Университета Талсы (США), благодаря накопленным экспериментальным данным на стенде по моделированию пенных потоков.

Согласно модели, градиент давления в газовом сердечнике (ядре) рассчитывается по формуле (1):

$$\left(\frac{dP}{dL}\right)_c = -\tau_1 \frac{S_l}{A_c} - \rho_c g \sin \theta \quad (1)$$

где  $\left(\frac{dP}{dL}\right)_c$  — градиент давления в газовом сердечнике;  $A_c$  — площадь поперечного сечения сердечника;  $\rho_c$  — плотность газа;  $S_l$  — площадь раздела газового ядра и пены на единицу длины трубы;  $\theta$  — угол наклона скважины;  $\tau_1$  — сила, взаимодействующая между пеной и газовым сердечником на единицу площади взаимодействия и на единицу длины - напряжение на единицу длины (формула 2).

$$\tau_1 = f_1 \rho_g \frac{(v_c - v_f)^2}{2} \quad (2)$$

где  $f_1$  — коэффициент межфазного трения (газовый сердечник - пена);  $\rho_g$  — Плотность газа в стволе;  $v_c$  — скорость газового сердечника;  $v_f$  — скорость движения пены.

Авторы модели считают градиенты давления в пенной пленке  $\left(\frac{dP}{dL}\right)_F$  и газовом сердечнике  $\left(\frac{dP}{dL}\right)_c$  равными. Модель применима для кольцевого режима течения [5].

По сеноманской скважине Уренгойского месторождения известно (таблица 1):

Таблица 1

Исходные данные

Обозначение	Значение	Единица измерения	Пояснение
Вода			Тип жидкости
P	188,73	атм.	Абсолютное давление газа в сегменте
T <sub>уст</sub>	280,15	К	Устьевая температура
T <sub>заб</sub>	320,15	К	Забойная температура
Z <sub>ср</sub>	0,8011		Средний коэффициент сверхсжимаемости
Q <sub>г</sub>	110,00	тыс. м3/сут	дебит газа при 20 °С и 760 мм.рт.ст
V <sub>sg</sub>	1,77	м/с	Приведенная скорость газа в стволе
V <sub>sl</sub>	0,0004084	м/с	Приведенная скорость жидкости
a	0,18	д. ед.	Коэффициент для V <sub>lr ss</sub> = 6,2 мм/с
n <sub>l</sub>	0,37	д. ед.	Коэффициент для V <sub>lr ss</sub> = 6,2 мм/с
θ	45°		Наклон скважины
ρ <sub>г</sub>	0,686	кг/м <sup>3</sup>	Плотность газа в стандартных условиях
ρ <sub>л</sub>	1000,000	кг/м <sup>3</sup>	Плотность жидкости
d	0,06	м	Внутренний диаметр НКТ

Результаты расчетов перепада давления в газовой скважине со вспененным потоком конденсационной воды, следующие:

$$\left(\frac{dP}{dL}\right)_c = 3684,449497 \text{ Па/м};$$

$$\text{При } \tau_1 = 92,71134702 \text{ Па}$$

Таким образом в данной работе на основе предложенной упрощенной схеме расчета потерь давления в обводненных скважинах, основанной на экспериментальных исследованиях газожидкостных потоков, произведен расчет потери давления в скважине для Уренгойского НГКМ.

Авторы методики стремились создать относительно универсальную расчетную модель, которая учитывает улучшение способности пены выно-

силь жидкость при росте концентрации ПАВ. Однако фактические данные по эксплуатации сеноманских скважин имеют коэффициент отклонения до 40%. При эксплуатации скважин с завышенной концентрацией ПАВ, методика университета Талсы сомнительна.

#### Библиографический список

1. Еримиллов, О. М. Добыча газа и газоконденсата в осложненных условиях эксплуатации месторождений / О. М. Еримиллов, А. Н. Лапердин, С. И. Иванов. – Новосибирск : СО РАН, 2007. – 289 с. – Текст : непосредственный.

2. Экспериментальный стенд для исследования газожидкостных потоков и потоков пены / А. Ю. Юшков, В. А. Огай, Р. Р. Лопатин, Н. Е. Портнягин – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2019. – № 3. – С. 86-95.

3. Корякин, А. Ю. Комплексные решения задач разработки и эксплуатации скважин Уренгойского добывающего комплекса / А. Ю. Корякин. – Москва, 2016. – 272 с. – Текст : электронный.

4. Production Optimization of High Temperature Liquid Hold Up Gas Well Using Capillary Surfactant Injection / S. A. Kalwar, A. Q. Awan, A. U. Rehman, H. S. Abbasi. – Direct text // SPE Middle East Oil & Gas Show and Conference. – 2017.

5. Mohan, K. Gas Well Pressure Drop Prediction under Foam Flow Conditions / K. Mohan, S. Cem. – Direct text // RPSEA 09122-01 Final Report – 2015. – P. 192.

### **Математическое моделирование закрепленной на проппанте трещины гидроразрыва пласта с использованием программного комплекса TSH FRAC**

*Шляпкин А.С.*

*Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть»  
в г. Тюмени*

В основе существующих симуляторов, используемых для моделирования гидроразрыва пласта, заложены сложные математические модели. Преимущественно такие модели псевдотрехмерны, чаще всего используется модель Planar 3D. Однако, с целью экономии времени расчета и для выполнения экспресс-оценок параметров трещины также используются модели меньшей размерности, в некоторых симуляторах это заложено опционально.

В данной работе рассматривается авторский программный продукт TSH FRAC [1], основанный на одномерной гибридной математической модели. Под гибридность в данном случае понимается запись системы уравнений известной PKN-постановки [2], позволяющей установить локальную связь избыточного давления со средней шириной трещины, до-

полненной уравнением неразрывности из представления Христиановича [3]. Особенностью авторской модели является описание поведения проппанта в трещине, разделенное на зоны ядра потока и пристеночной области, где частицы взаимодействуют со стенкой.

Система уравнений из [4, 5] решалась численно, на входе в трещину задается условие постоянства расхода.

Для решения системы применена явная разностная схема типа «крест». Устойчивость исследована с использованием метода гармоник.

Выбор данной схемы обусловлен особенностями реализации программного комплекса TSH FRAC, связанными с возможностью проведения вычислений на сервере, что в данном случае упрощает «распараллеливание» схемы при выполнении вычислений. Известно, что накладываемое на явную схему условие устойчивости потребует уменьшения шага интегрирования, однако, в случае выполнения вычислений на высокопроизводительном сервере данное обстоятельство не является критичным. При этом использование данной схемы также определяет возможность «простого» разбиения расчетной области на подобласти с возможностью поиска значений искомой функции на нескольких вычислительных единицах с последующим сшиванием решений.

Внешний вид программного комплекса TSH FRAC представлен на рисунке 1.

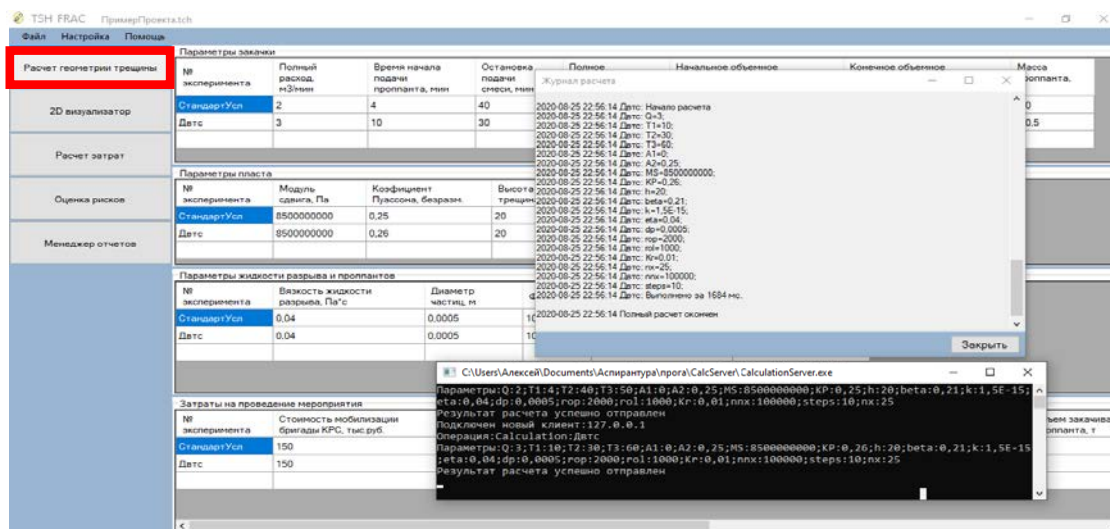


Рисунок 1. Пример расчета в TSH FRAC

Программный комплекс позволяет при импорте данных о параметрах пласта, закачки, свойств жидкости разрыва и проппантов рассчитывать геометрические параметры трещины, визуализировать результаты расчета (рисунок 2). Предусмотрена возможность выполнения многовариантных вычислений.

В комплексе присутствует опция, позволяющая минимизировать возможные риски при предпроектной подготовке. Специалисту предоставляется

возможность внесения пользовательских «сценариев», в которых могут быть описаны как возможные исходы, так и ограничения на корректность технологических параметров с учетом геологических предпосылок и фактической информации о ранее проведенных ГРП на объектах-аналогах.

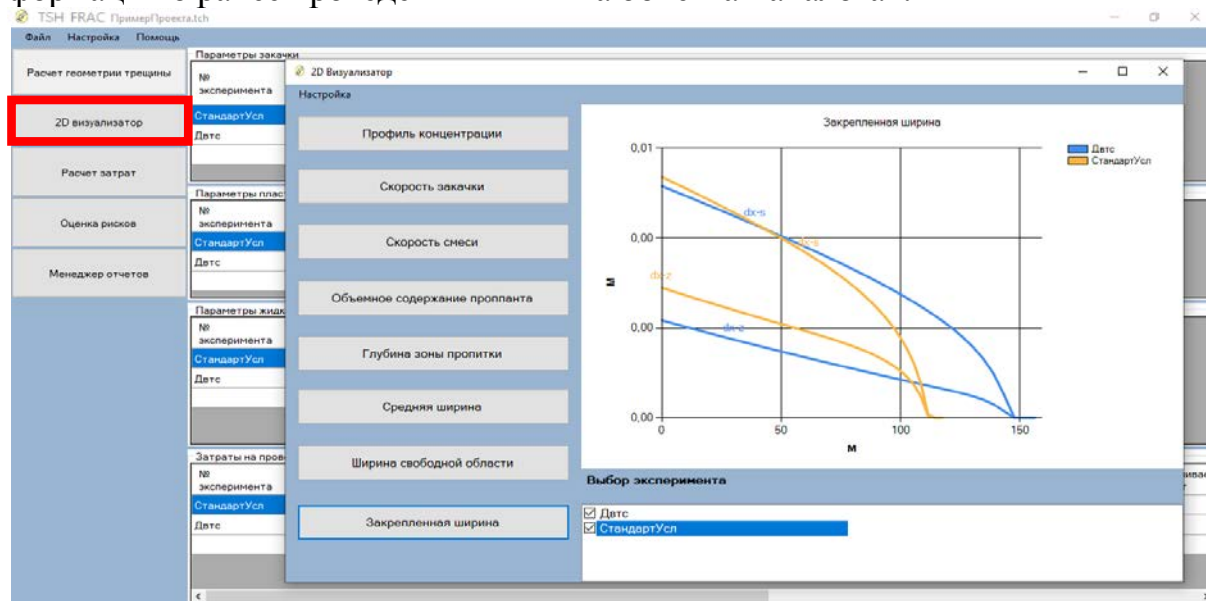


Рисунок 2. 2D-визуализатор.TSH FRAC

В TSH FRAC присутствует опция, позволяющая после загрузки данных по стоимости отдельных работ и материалов оценивать себестоимость проведенных мероприятий, что в последующем при оценке дополнительной добыче нефти дает понимание экономической рентабельности.

Результаты вычислений могут быть выгружены в виде различных отчетов в формате Excel, что позволяет работать с информацией специалистам смежных направлений, занимающихся проектированием гидроразрыва.

Произведено тестирование комплекса при решении ряда задач с варьированием геологических параметров пласта и технологических параметров закачки. Выполненные расчеты с использованием фактической информации о реально проведенных ГРП в промысловых условиях, помноженные на результаты сравнения с существующими коммерческими аналогами, позволят в последующем говорить о корректности представленной математической модели, заложенной в основу комплекса.

Стоит отметить, что программно-расчетный модуль на основе создаваемой математической модели имеет перспективы развития и может служить инструментом для анализа проводимых мероприятий, связанных с созданием трещин ГРП, использоваться при инженерном сопровождении в инжиниринговых компаниях.

#### Библиографический список

1. Татосов, А. В. Программный комплекс для моделирования геометрических параметров трещины гидроразрыва пласта, определения стоимости мероприятий и оценке рисков / А. В. Татосов, А. С. Шляпкин. –



Свидетельство о государственной регистрации ПрЭВМ рег. № 2020619401 от 17.08.2020. – Москва: Роспатент, 2020. – Текст: электронный.

2. Perkins, T. K. Widths of hydraulic fractures / T. K. Perkins, L. R. Kern. – Direct text // Journal of Petroleum Technology, 1961. – Vol. 13. – iss. 09. – Paper SPE 89. – P. 937-949.

3. Желтов, Ю. П. О гидравлическом разрыве нефтеносного пласта / Ю. П. Желтов, С. А. Христианович. – Известия АН СССР. Отделение технических наук. – 1955. – № 5. – С. 3-41. – Текст: непосредственный.

4. Шляпкин, А. С. Движение проппанта в раскрывающейся трещине гидроразрыва пласта / А. С. Шляпкин, А. В. Татосов. – Известия Саратовского университета. Новая серия. Математика. Механика. Информатика. – 2018. – Т. 18. – № 2. – С. 217-226. – Текст: непосредственный.

5. Шляпкин, А. С. О решении задачи гидроразрыва пласта в одномерной математической постановке / А. С. Шляпкин, А. В. Татосов. – Нефтяное хозяйство. – 2020. – Вып. 12. – С. 118-121. – Текст: непосредственный.

Научный руководитель: Татосов А. В., д. ф.-м. н, профессор.

### **Underwater mining complex**

*Oleinik M.I.*

*Industrial University of Tyumen, Tyumen*

The underwater mining complex (UMC) looks like a spider, due to several wells and the body that is manifold, as we can see in Figure 1.



Figure 1. Underwater Mining Complex (UMC)

Manifold is a component of oil and gas fittings, which consist of several pipelines fixed to the same base, designed for high pressure and connected according to a specific scheme[1].

### **Background.**

The first underwater stomatopod was used in the Gulf of Mexico. Today, about ten companies in the world are developing this equipment. In Russia, for the first time underwater mining complex weighing about 400 tons was operated on Kirinsk gas condensate deposit in project «Sakhalin-3»[2].

The original purpose of the device was only to extract oil, but early designs also reduced the backpressure in the reservoir by using an underwater injection system.

Such equipment requires skilled personnel to avoid accidents, despite Gazprom's approval of the safety of the equipment, and engineers with extensive experience in offshore mining are therefore recruited[3].

### **Locations of operation of the UMC.**

Initially, equipment was used in existing fields, thereby increasing the hydrocarbon production rate. The newly formed deposits are characterized by low pressure and high salinity, and new deposits do not exclude this fact, by using the equipment to increase the formation pressure, so that the hydrocarbon rises to the surface, Water separated from the hydrocarbon mixture is injected into the formation[4].

Underwater mining offers an advantage in financial terms, because thanks to the equipment it is possible to save on the construction of steel platforms, also in some regions such as the Arctic, where the winds are raging and icebergs are floating, it would be more prudent to place a PDA We don't rule out the depth of the sea when the construction is absolutely necessary[5].

### References

1. Neftegaz.RU / «Underwater mining complex» - URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/mestorozhdeniya/141464-kirinskoe-gazokondensatnoe-mestorozhdenie/> (date of the application 08.03.2021). – Text: electronic.
2. Gazprom / «Underwater mining complex» - URL: <https://sahalin-shelf-dobycha.gazprom.ru/about/technologies/pdk/> (date of the application 08.03.2021). – Text: electronic.
3. RUSSIAN MARITIME REGISTRY SHIPPING / «Underwater mining complex». - URL: <https://rs-class.org/services/subsea-production-complexes-spc/> (date of the application 08.03.2021). – Text: electronic.
4. Neftegaz.RU / «Underwater mining complex». - URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/dobycha/505548-podvodnye-dobychnye-kompleksy-kak-perspektivnyy-trend-v-osvoenii-arkticheskikh-mestorozhdeniy-i-neko/> (date of the application 08.03.2021). – Text: electronic.
5. Neftegaz.RU / «Underwater mining complex». - URL: <https://neftegaz.ru/science/Oborudovanie-uslugi-materialy/332021-podvodnyy-dobychnoy-kompleks-pdk/> (date of the application 08.03.2021). – Text: electronic.

## Intelligent well

*Oleinik M.I.*

*Industrial University of Tyumen, Tyumen*

The intelligent well contains a system of underground sensors and regulatory valves. They allow regulation the well operation [6]. With the introduction of similar systems, it is possible to increase the economic efficiency of extraction, create conditions for safe operation, and increase production.

Classification:

- Double-sided valve
- Equipping with several regulatory valves
- Extensive observation and perception of characteristic extraction/injection by section
- The way ahead is to:
  - Upgrading of old generation sensors to operate in more severe conditions
  - On the Implementation of the Wireless System

“Smart” well is a system that provides independent work on monitoring of work of hydrodynamic or technological model. Thanks to foreign and Russian companies that have achieved certain records in the field of the execution and introduction of intelligent wells. This is based on observation and management of wells while remote access (Picture 1).



Picture 1. Intelligent well

The introduction of this technology in the territory of the Russian Federation may lead to a reduction in personnel and, as a consequence, to unemployment[7].

To guarantee energy security and sustainable economic development of the country, it is necessary to develop oil engineering and increase productivity, which is facilitated by foreign competition.

This object collects information from devices and sensors, initially processes, selects erroneous data. After processing the data pass to specialists for study[8].

An example of an intelligent well is that the product is pumped from one productive horizon into another to maintain the internal pressure, bypassing the need to pump the product at the mouth. As a result, only in-house drilling equipment is needed, and data processing does not require expertise.

#### References

6. Neftegaz.RU / “Intellectual well”. – URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/burenie/142243-intellektualnaya-skvazhina/> (date of the application 08.03.2021). – Text: electronic.

7. Russian industrial drilling / “Intellectual well”. – URL: <https://rosprobur.ru/intellektualnye-skvazhiny.html> (date of the application 08.03.2021). – Text: electronic.

8. Salymptroleum / “Intellectual well”. – URL: <https://salymptroleum.ru/technologies/production/smartwells/> (date of the application 08.03.2021). –Text: electronic.

### **Artificial islands near the coast of Yamal**

*Shmidt A.K.*

*Industrial University of Tyumen, Tyumen*

In Russia, more and more fields are being developed in Yamal. In such harsh places for life across the globe, the development of the bowels of the Earth requires unique ways to solve the problems associated with the development and operation of deposits. One of such ways is construction of artificial islands.

Gazprom is currently developing a new method of offshore development using artificial islands. In this paper, the problems of development of the Kruzenshternskoye gas condensate field by means of the way mentioned above is considered

The Kruzenshternskoye gas condensate field is located in the Yamal Region in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug of the Russian Federation. The deposit partially goes to the shelf of the Kara Sea [1]. Gas production operations are complicated by the fact that the maximum water depth in the field does not exceed 5 meters, which does not allow the use of FDRs (floating drilling rigs) for the construction of wells, while the Russian Federation simply does not have the technical means to work in shallow sea water in the Far North. Therefore, the Gazprom company plans to build artificial islands for exploration drilling in the offshore part of the site [2].

Additionally, drilling from a gravity island is associated with the need to reduce costs and the development time of deposits; the island, like an artificial land, is much more convenient and cheaper than a platform [3]. But the terms of the license such an island presupposes later its disposal. This is another problem for the development of the Kruzenshternskoye field, because the sand used to sluice the island is considered as waste and requires its further disposal. In the Arctic, it is technically difficult to transport a huge amount of sand by waterway and place it on the coast. Gazprom proposes to the Ministry of Natural Resources to amend the law on the elimination of artificial islands and place sand on the bottom by analogy with disposal of soil during dredging [4].

If the law is amended, this will potentially affect other oil and gas companies operating on the shelf.

### References

1. Gazprom Neft. Gas reserves in Krusenstern field. – URL: <https://www.gazprom.ru/press/news/2019/december/article496945/> (date of the application: 15.02.2021). – Text : electronic.

2. Neftegaz.ru : geological exploration. – URL: <https://neftegaz.ru/news/Geological-exploration/221734-gazprom-ne-ostavlyaet-planov-o-sozdanii-iskusstvennykh-ostrovov-na-melkovodnom-shelfe-kruzenshternov/> (date of the application: 21.02.2021). – Text : electronic.

3. Magazine.neftegaz.ru : Technologies and equipment for shelf development. – URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/oborudovanie/386882-tekhnologii-i-oborudovanie-dlya-osvoeniya-shelfa/> (date of the application: 26.02.2021). – Text : electronic.

4. Finance.rambler.ru: Gazprom proposes to facilitate the elimination of artificial islands. – URL: <https://finance.rambler.ru/other/40655534-oprobuyut-na-yamale-gazprom-predlagaet-uprostit-likvidatsiyu-iskusstvennykh-ostrovov/> (date of the application: 26.02.2021). – Text : electronic.

### **Gas hydrate – the future of the gas industry**

*Tagirov R.Kh.*

*Industrial University of Tyumen, Tyumen*

Our world is developing rapidly, the population of the Earth is growing, and at the same time the need for natural resources is increasing. The proven reserves of oil in the world for 2020 are estimated at about 1.5 trillion barrels according to OPEC data. The proven reserves of natural gas in the world are estimated at 196.8 trillion cubic meters. Different appraisers give various forecasts for stocks explored Russian natural gas. According to estimates of various publications, natural gas in Russia will run out in less than 200 years. In other countries, the situation is much worse. This is why people have begun to study gas hydrate in recent years.

Gas hydrates are solid crystalline compounds formed at certain temperatures and pressures from water and low molecular weight gases. A significant part of these gas resources is located in the Arctic latitudes, since it is the presence of a thick (more than 300 meters) permafrost layer that creates the necessary conditions for the formation of hydrates, and in the ocean, cold water allows gas hydrates to form from a depth of 250-300 meters [1]. Hydrates can be formed from most natural gases such as methane  $\text{CH}_4$ , ethane  $\text{C}_2\text{H}_6$ , propane  $\text{C}_3\text{H}_8$ , nitrogen  $\text{N}_2$ , hydrogen sulfide  $\text{H}_2\text{S}$ , carbon dioxide  $\text{CO}_2$ , and others. The predominant natural gas hydrates are methane hydrates.

According to various estimates, hydrates around the world contain from 2000 to 5000 trillion cubic meters of natural gas. One cubic meter of hydrate contains about 160 cubic meters of methane. As the temperature rises and the pressure decreases, the hydrate decomposes into gas and water, absorbing a large amount of heat. But their extraction is going on a relatively small scale so far, since today the extraction of hydrates is economically not profitable due to imperfect technologies. In general, the cost of industrial development of gas hydrate deposits is estimated at \$ 175-350 per 1000 cubic meters, which is still significantly more expensive than other known methods of natural gas production [2].

Despite this, in some countries, people started trying to extract hydrates. For example, in May 2017, China succeeded in successfully extracting methane from gas hydrates in the South China Sea. The gas production process was carried out in the northern part of the sea in the Shenghu territory. The depth of the sea at the place of production reached 1266 meters. At the same time, the Chinese had to sink even below the seabed and drill a well of 200 meters. It was reported that gas production for 99.5% of methane reached 16 thousand cubic meters per day [3].

Thus, research in the field of hydration will ultimately lead to the possibility of developing gas hydrate deposits, and there are a lot of them around the world. Many countries will be able to provide themselves with gas, and also sell the surplus. In such conditions, it will be much more difficult for "ordinary" natural gas to compete with gas hydrates.

#### References

1. GoArctic: "Gas hydrates: frozen fuel of the future". – URL: <https://goarctic.ru/work/gazovye-gidraty-trudnye-no-perspektivnye/> (date of the application: 15.02.2021). – Text : electronic.
2. Vedomosti : "China and Japan are trying to produce a new type of fuel-gas hydrates". – URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2017/05/19/690546-kitai-yaponiya-gazogidrati> (date of the application: 15.02.2021). – Text : electronic.
3. Ecologynow : "Gas hydrates: frozen fuel of the future". – URL: <https://ecologynow.ru/knowledge/tehnologii-i-ekologia-goroda/gazogidraty-kak-alternativnyi-istocnik-prirodnogo-gaza> (date of the application: 21.02.2021). – Text : electronic.

## СЕКЦИЯ «Транспортные и транспортно-технологические системы»

### Влияние склоновых процессов на надежность нефтегазопроводов

*Гильмияров Е.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Участки магистральных нефтегазопроводов, проходящие в горных условиях, являются одними из самых сложных с точки зрения сооружения, технического обслуживания и ремонта. По этой причине к данным участкам трубопроводов предъявляются повышенные требования по надежности, выполнение которых невозможно без учета специфичных для рассматриваемых инженерно-геологических условий процессов, в частности т.н. склоновых процессов. К склоновым процессам, происходящим в зоне прохождения трубопроводов, относятся сели, оползни и обвалы.

Под оползнем понимается сход рыхлых масс горных пород, происходящий вследствие разнообразных причин. Опасность данного явления для трубопроводов и прочих коммуникаций заключается в том, что по мере движения тело оползня может увлекать за собой верхние слои грунта или выдавливать перед собой слабые слои грунта. Таким образом, нефтегазопроводы, оказавшиеся в зоне схождения оползня, могут быть подвержены таким нагрузкам и воздействиям, как: нагрузки от сдвигающихся слоев грунта; нагрузки в трубе, возникшие при образовании провисов; давление отдельных валунов, переносимых телом оползня. [1]

Селевой поток – это поток, состоящий из смеси минеральных частиц и воды и дополнительно переносящий обломки горных пород, деревья и прочие крупные объекты. Большие местные скорости потока, достигающие 15 м/с, а также меньшая плотность потока, обуславливают более выраженный, чем при сходе оползня, процесс выпахивания грунта валунами и обломками [2]. При небольшой относительно зоны воздействия сели глубине заложения трубопровода может произойти повреждение изоляции и самой стенки трубопровода вплоть до разрыва.

Обвалом называют обрушение блоков горных пород и их быстрое движение по склону под действием силы тяжести. В отличие от предыдущих процессов, основную опасность для трубопровода в случае обвала представляет ударное воздействие крупных обломков горных пород. В случае недостаточного заглубления нефтегазопровода или отсутствия защитных конструкций, обвал может вызвать различные местные деформации трубопровода – вмятины, овализацию и пр.

#### Библиографический список

1. Васильев, М. И. Повышение устойчивости газопроводов на оползневых участках (на пример газопроводов ООО «Кубаньгазпром») : 25.00.19

: дис. ... канд. техн. наук / М. И. Васильев ; Газпром ВНИИГАЗ. – Москва, 2003. – 110 с. – Текст : непосредственный.

2. Михайлов, В. О. Математическое моделирование селей, обвалов и оползней / В. О. Михайлов, С. С. Черноморец. – Москва : МГУ им. М. В. Ломоносова, 2011. – 131 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Иванов В. А., докт. техн. наук, профессор.

### **Пути обеспечения безопасности и ресурса объектов транспорта и хранения природного газа с учетом эксплуатационных параметров процесса нагружения**

*Курасов О.А.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск*

Большое количество эксплуатируемых опасных производственных объектов (ОПО) промышленной инфраструктуры трубопроводного транспорта газа приближаются к своему первоначальному проектному сроку службы или уже превысили его. Целью данного исследования является обсуждение руководящих принципов оценки и продления ресурса безопасной эксплуатации ОПО для обеспечения технической и эксплуатационной надежности систем трубопроводного транспорта газа, а также определение и описание механизмов, из-за которых происходит снижение физической и функциональной долговечности ОПО, с учетом человеческого, природного и техногенного факторов на всех стадиях жизненного цикла. Закономерности механизмов старения обеспечат основу для продления ресурса безопасной эксплуатации ОПО применительно к объектам газовой промышленности.

Перспективные газотранспортные системы (ГТС) отличает использование прогрессивных и в то же время сложных конструкторских и технологических решений. Использование в конструкциях новых высокопрочных материалов обеспечивает возможность их работы в условиях высоких уровней статических, циклических и динамических нагрузок, широких диапазонов температур и воздействий агрессивных сред.

В соответствии с принципом упреждающего технического обслуживания ОПО, категория «условных предельных состояний», – переходов от исходных штатных к предельным состояниям, – может охватывать условия, реализация которых не обязательно требует использования по прямому назначению или вывода из эксплуатации элементов ГТС. Эти состояния служат «уровнями», которые запускают ряд мероприятий, направленных либо на техническое перевооружение эксплуатируемых объектов ГТС, либо на поддержание их технического состояния и целостности.

Комплексные подходы по нормированию и управлению функционированием объектов ГТС направлены на оптимизацию этих «уровней» пу-



тем изучения вероятностей достижения предельных состояний несущих элементов рассматриваемых объектов [1]. Оценка вероятности возникновения отказов и аварийных ситуаций является ключом к обеспечению безопасности, прочности и ресурса объектов ГТС. Определение оставшегося времени достижения объектом определенного критического или предельного состояния позволяет оптимизировать временные и стоимостные затраты на обслуживание и ремонт ГТС, не создавая необоснованных рисков нарушения их целостности, и принимать обоснованные управленческие решения о выборе критериев критического или предельного состояния (отказ, авария или катастрофа) для проектных, запроектных и гипотетических ситуаций.

Анализ риска аварий представляет собой инструмент для количественной оценки ущерба и планирования мероприятий по защите подвергшихся воздействию работников и людей в прилегающих районах [2].

Риски  $R(\tau)$ , сформированные на определенной стадии жизненного цикла  $\tau$ , оцениваются в соответствии с вероятностью  $P(\tau)$  отказов, аварийных или катастрофических ситуаций и ущербам  $U(\tau)$  как

$$R(\tau) = P(\tau) \cdot U(\tau). \quad (1)$$

Функция риска лучше всего подходит для оценки безопасности оборудования, поскольку она содержит оценки потенциальных потерь. Ущерб  $U(\tau)$  ОПО, как правило, рассчитывается исходя из спектра выполняемых работ, поэтому следует использовать универсальный метод сравнительной оценки риска на каждом из этапов жизненного цикла оборудования.

Обеспечение требуемого уровня технической и эксплуатационной надежности систем трубопроводного транспорта газа может быть достигнуто путем анализа чрезвычайных ситуаций. При работе технических систем аварийная ситуация является проявлением технологических опасностей. В целом, случаи несчастных ситуаций и происшествий должны быть исследованы на предмет травм и бедствий различных масштабов, произошедших в течение определенного периода во время эксплуатации объектов промышленной инфраструктуры. Наиболее эффективный способ снижения уровня риска для каждого объекта – использование промышленных стратегий управления безопасностью, где рассматриваются численные критерии «приемлемости риска», зависящие от эффективности технологического процесса. Анализ аварий является эмпирической основой для принятия техногенных мер безопасности при количественной оценке рисков.

Приемлемые риски  $[R(\tau)]$ , основанные на изучении критических отказов, инцидентов и катастроф, распределяются в соответствии с наиболее серьезными, жизненно важными параметрами  $P_k(\tau)$ ,  $U_k(\tau)$ ,  $R_k(\tau)$ , с запасом риска  $n_R$  ( $n_R \geq 1$ )

$$[R(\tau)] = \frac{R_k(\tau)}{n_R} = \frac{P_k(\tau) \cdot U_k(\tau)}{n_R}. \quad (2)$$

Определение количественного значения приемлемого риска касается, главным образом, установления приоритетов в деятельности, позволяющей наиболее эффективно повышать безопасность, а не принципов, формирующих представление о целях безопасности, которые в конечном итоге должны быть достигнуты.

Обеспечение безопасности с помощью функции риска должно удовлетворять следующему условию:

$$S(\tau) > 0 \text{ при } R(\tau) \leq [R(\tau)]. \quad (3)$$

Сложность в реализации условия (3) заключается в необходимости вероятностных моделей прогнозируемых нагрузок, напряжений и прочности отдельных компонентов системы. Кроме того, необходимо установить приемлемую норму риска  $[R(\tau)]$ , что может быть очень проблематичным в настоящее время из-за отсутствия достаточной статистики потерь.

Современные оценки рисков и продления сроков безопасной эксплуатации ОПО отражают новый подход в управлении их работоспособности. Это может быть достигнуто путем научно обоснованного использования подходов линейной и нелинейной механики деформаций и разрушений, анализа рисков, обоснования безопасной эксплуатации ОПО и предотвращения аварий на них [3]. Базовый комплекс стандартов прочности, ресурса и безопасности объектов хранения и транспорта природного газа должен включать последовательное выполнение этих соотношений с учетом структурных, технологических и эксплуатационных параметров.

#### Библиографический список

1. Махутов, Н. А. Фундаментальные закономерности техногенной безопасности в обосновании перспективных газотранспортных систем / Н. А. Махутов, М. М. Гаденин. – Текст : непосредственный // Вести газовой науки. – 2018. – № 2 (34).
2. Makhutov, N. A. Provision of safety-the priority in the sphere of fundamental and applied research / N. A. Makhutov, N. V. Abrosimov, M. M. Gadenin. – Direct text // Ekonomicheskie i Sotsialnye Peremeny. – 2013. – № 27. – P. 39.
3. Расчетно-экспериментальные подходы к анализу и обеспечению ресурса и срока безопасной эксплуатации промышленных объектов / Н. А. Махутов, М. М. Гаденин, А. С. Печеркин, Б. А. Красных. – Текст : непосредственный // Безопасность труда в промышленности. – 2020. – № 1. – С. 7-15. - DOI: 10.24000/0409-2961-2020-1-7-15

Научный руководитель: Бурков П. В., д.т.н., профессор.

## Двухсекционная транспортно-технологическая машина

Попов И.П.

Курганский государственный университет, г. Курган

Целью работы является построение математической модели «легкого» трогания двухсекционной транспортно-технологической машины с упругим тягово-сцепным устройством [1, 2]. При этом принимаются следующие допущения: сила  $F$ , развиваемая тягачом, – величина постоянная; массы тягача и прицепа равны между собой и составляют  $m$ .

Уравнение сил, приложенных к тягачу, имеет вид:

$$F = m \frac{d^2 x_1}{dt^2} + k(x_1 - x_2), \quad (1)$$

где  $x_1, x_2$  – перемещение, соответственно, тягача и прицепа,  $k$  – коэффициент упругости тягово-сцепного устройства.

Силы, приложенные к прицепу, удовлетворяют уравнению:

$$0 = m \frac{d^2 x_2}{dt^2} - k(x_1 - x_2).$$

Из последнего уравнения следует

$$x_1 = \frac{m}{k} \frac{d^2 x_2}{dt^2} + x_2. \quad (2)$$

Подстановка этого выражения в (1) дает

$$F = \frac{m^2}{k} \frac{d^4 x_2}{dt^4} + m \frac{d^2 x_2}{dt^2} + m \frac{d^2 x_2}{dt^2} + kx_2 - kx_2 = \frac{m^2}{k} \frac{d^4 x_2}{dt^4} + 2m \frac{d^2 x_2}{dt^2}. \quad (3)$$

Пусть 
$$\frac{d^2 x_2}{dt^2} = z. \quad (4)$$

Тогда (3) запишется в виде

$$z'' + 2 \frac{k}{m} z = \frac{kF}{m^2}. \quad (5)$$

Общее решение соответствующего однородного уравнения

$$z_1 = C_1 \cos \sqrt{2 \frac{k}{m}} t + C_2 \sin \sqrt{2 \frac{k}{m}} t.$$

Частное решение в соответствии с (5) имеет вид

$$z_2 = A.$$

Подстановка его в (5) дает

$$2 \frac{k}{m} A = \frac{kF}{m^2}, \quad A = \frac{F}{2m}.$$

Общее решение уравнения (5) находится как

$$z = z_1 + z_2 = C_1 \cos \sqrt{2 \frac{k}{m}} t + C_2 \sin \sqrt{2 \frac{k}{m}} t + \frac{F}{2m}.$$

В момент времени  $t = 0$  тягово-цепное устройство не деформировано следовательно, на прицеп сила не действует и величина (4) равна нулю. Поэтому для  $t = 0$  последнее выражение примет вид:

$$z(0) = 0 = C_1 \cos \sqrt{2 \frac{k}{m}} 0 + C_2 \sin \sqrt{2 \frac{k}{m}} 0 + \frac{F}{2m}, \quad C_1 = -\frac{F}{2m}.$$

С учетом этого

$$z = -\frac{F}{2m} \cos \sqrt{2 \frac{k}{m}} t + C_2 \sin \sqrt{2 \frac{k}{m}} t + \frac{F}{2m}, \quad (6)$$

В соответствии с (4)

$$v_2 = \int z dt = -\frac{F}{2m} \sqrt{\frac{m}{2k}} \sin \sqrt{2 \frac{k}{m}} t - C_2 \sqrt{\frac{m}{2k}} \cos \sqrt{2 \frac{k}{m}} t + \frac{F}{2m} t + C_3,$$

$$x_2 = \int v_2 dt = \frac{F}{4k} \cos \sqrt{2 \frac{k}{m}} t - C_2 \frac{m}{2k} \sin \sqrt{2 \frac{k}{m}} t + \frac{F}{4m} t^2 + C_3 t + C_4. \quad (7)$$

С учетом (2), (4), (6) и (7)

$$x_1 = -\frac{F}{2k} \cos \sqrt{2 \frac{k}{m}} t + C_2 \frac{m}{k} \sin \sqrt{2 \frac{k}{m}} t + \frac{F}{2k} + \frac{F}{4k} \cos \sqrt{2 \frac{k}{m}} t -$$

$$-C_2 \frac{m}{2k} \sin \sqrt{2 \frac{k}{m}} t + \frac{F}{4m} t^2 + C_3 t + C_4,$$

$$v_1 = \frac{dx_1}{dt} = \frac{F}{2k} \sqrt{2 \frac{k}{m}} \sin \sqrt{2 \frac{k}{m}} t + C_2 \sqrt{2 \frac{k}{m}} \frac{m}{k} \cos \sqrt{2 \frac{k}{m}} t -$$

$$-\frac{F}{4k} \sqrt{2 \frac{k}{m}} \sin \sqrt{2 \frac{k}{m}} t - C_2 \sqrt{2 \frac{k}{m}} \frac{m}{2k} \cos \sqrt{2 \frac{k}{m}} t + \frac{F}{2m} t + C_3,$$

$$a_1 = \frac{dv_1}{dt} = \frac{F}{2k} 2 \frac{k}{m} \cos \sqrt{2 \frac{k}{m}} t - C_2 2 \frac{k}{m} \frac{m}{k} \sin \sqrt{2 \frac{k}{m}} t - \frac{F}{4k} 2 \frac{k}{m} \cos \sqrt{2 \frac{k}{m}} t +$$

$$+ C_2 2 \frac{k}{m} \frac{m}{2k} \sin \sqrt{2 \frac{k}{m}} t + \frac{F}{2m}.$$

$$x_2(0) = 0 = \frac{F}{4k} \cos \sqrt{2 \frac{k}{m}} 0 - C_2 \frac{m}{2k} \sin \sqrt{2 \frac{k}{m}} 0 + \frac{F}{4m} 0^2 + C_3 0 + C_4,$$

$$\frac{F}{4k} + C_4 = 0, \quad C_4 = -\frac{F}{4k}. \quad v_2(0) = 0 = -C_2 \sqrt{\frac{m}{2k}} + C_3,$$

$$v_1(0) = 0 = C_2 \sqrt{2 \frac{k}{m}} \frac{m}{k} - C_2 \sqrt{2 \frac{k}{m}} \frac{m}{2k} + C_3 = C_2 \sqrt{2 \frac{k}{m}} \frac{m}{2k} + C_3,$$

$$-C_2 \sqrt{\frac{m}{2k}} + C_3 = 0, \quad C_2 \sqrt{\frac{m}{2k}} + C_3 = 0, \quad C_2 = 0, \quad C_3 = 0.$$

Окончательное решение:

$$x_1 = -\frac{F}{4k} \cos \sqrt{\frac{2k}{m}t + \frac{F}{4m}t^2 + \frac{F}{4k}}, \quad x_2 = \frac{F}{4k} \cos \sqrt{\frac{2k}{m}t + \frac{F}{4m}t^2 - \frac{F}{4k}},$$

$$v_1 = \frac{F}{2\sqrt{2km}} \sin \sqrt{\frac{2k}{m}t + \frac{F}{2m}t}, \quad v_2 = -\frac{F}{2\sqrt{2km}} \sin \sqrt{\frac{2k}{m}t + \frac{F}{2m}t},$$

$$a_1 = \frac{F}{2m} \cos \sqrt{\frac{2k}{m}t + \frac{F}{2m}}, \quad a_2 = -\frac{F}{2m} \cos \sqrt{\frac{2k}{m}t + \frac{F}{2m}}.$$

Характерный отрезок времени  $\tau_2$  (индекс «2» означает количество составных частей автопоезда) для рассматриваемого случая определяется из условия максимального растяжения упругого тягово-цепного устройства. При этом

$$a_1(\tau_2) - \frac{F}{2m} = 0 \quad \text{или} \quad \frac{F}{2m} \cos \sqrt{\frac{2k}{m}\tau_2} = 0, \quad \sqrt{\frac{2k}{m}\tau_2} = \frac{\pi}{2}, \quad \tau_2 = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{2k}}.$$

За время  $\tau_2$  тягач пройдет расстояние и разовьет скорость

$$x_1(\tau_2) = \frac{F\pi^2}{32k} + \frac{F}{4k}, \quad v_1(\tau_2) = \frac{F}{2\sqrt{2km}} + \frac{F\pi}{4\sqrt{2km}}.$$

Уместно сравнить эти показатели с соответствующими величинами для недеформируемого автопоезда.

$$a = \frac{F}{2m}, \quad v = \frac{F}{2m}t, \quad x = \frac{F}{4m}t^2,$$

$$x(\tau_2) = \frac{F\pi^2}{32k}, \quad v(\tau_2) = \frac{F\pi}{4\sqrt{2km}}, \quad \frac{x_1(\tau_2)}{x(\tau_2)} = 1 + \frac{32}{4\pi^2} \approx 1,81, \quad \frac{v_1(\tau_2)}{v(\tau_2)} = 1 + \frac{2}{\pi} \approx 1,64$$

Отношение для кинетических энергий тягача составляет

$$\frac{E_1(\tau_2)}{E(\tau_2)} = 2,69.$$

Полученные соотношения наглядно демонстрируют, что трогание двухсекционной транспортно-технологической машины с упругим тягово-цепным устройством значительно легче, чем недеформируемой.

#### Библиографический список

1. Попов, И. П. Компенсация пиковых нагрузок транспортно-технологических машин / И. П. Попов. – Текст : непосредственный // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Серия «Машиностроение». – 2020. – № 3 (132). – С. 85–93.
2. Попов, И. П. Накопитель энергии для транспортно-технологических машин / И. П. Попов. – Текст : непосредственный // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2019. – Т. 19, № 4. – С. 61–68.

## Трехсекционная транспортно-технологическая машина

Попов И.П.

Курганский государственный университет, г. Курган

Целью работы является построение математической модели «легкого» трогания трехсекционной транспортно-технологической машины [1] с упругими тягово-сцепными устройствами.

Уравнения сил, приложенных, соответственно, к тягачу и прицепам, имеют вид:

$$F = m \frac{d^2 x_1}{dt^2} + k(x_1 - x_2), \quad (8)$$

$$k(x_1 - x_2) = m \frac{d^2 x_2}{dt^2} + k(x_2 - x_3), \quad (9)$$

$$k(x_2 - x_3) = m \frac{d^2 x_3}{dt^2}.$$

Из последнего уравнения следует

$$x_2 = \frac{m}{k} \frac{d^2 x_3}{dt^2} + x_3. \quad (10)$$

Производная этого выражения равна  $\frac{d^2 x_2}{dt^2} = \frac{m}{k} \frac{d^4 x_3}{dt^4} + \frac{d^2 x_3}{dt^2}$ .

Подстановка последних двух выражений в (9) дает

$$x_1 = \frac{m}{k} \frac{d^2 x_2}{dt^2} + 2x_2 - x_3 = \frac{m^2}{k^2} \frac{d^4 x_3}{dt^4} + 3 \frac{m}{k} \frac{d^2 x_3}{dt^2} + x_3. \quad (11)$$

Производная этого выражения равна

$$\frac{d^2 x_1}{dt^2} = \frac{m^2}{k^2} \frac{d^6 x_3}{dt^6} + 3 \frac{m}{k} \frac{d^4 x_3}{dt^4} + \frac{d^2 x_3}{dt^2}.$$

Подстановка полученных выражений в (8) дает

$$\frac{F}{k} = \frac{m^3}{k^3} \frac{d^6 x_3}{dt^6} + 4 \frac{m^2}{k^2} \frac{d^4 x_3}{dt^4} + 3 \frac{m}{k} \frac{d^2 x_3}{dt^2}, \quad \frac{d^6 x_3}{dt^6} + 4 \frac{k}{m} \frac{d^4 x_3}{dt^4} + 3 \frac{k^2}{m^2} \frac{d^2 x_3}{dt^2} = \frac{k^2 F}{m^3}. \quad (12)$$

Пусть  $\frac{d^2 x_3}{dt^2} = z$ . (13)

Тогда (12) запишется в виде

$$z''' + 4 \frac{k}{m} z'' + 3 \frac{k^2}{m^2} z = \frac{k^2 F}{m^3}. \quad (14)$$

Общее решение соответствующего однородного уравнения

$$z_1 = C_1 \cos \sqrt{3 \frac{k}{m}} t + C_2 \sin \sqrt{3 \frac{k}{m}} t + C_3 \cos \sqrt{\frac{k}{m}} t + C_4 \sin \sqrt{\frac{k}{m}} t.$$

Частное решение имеет вид  $z_2 = A$ .

Подстановка его в (14) дает  $3 \frac{k^2}{m^2} A = \frac{k^2 F}{m^3}$ ,  $A = \frac{F}{3m}$ .

Общее решение находится как

$$z = z_1 + z_2 = C_1 \cos \sqrt{\frac{3k}{m}}t + C_2 \sin \sqrt{\frac{3k}{m}}t + C_3 \cos \sqrt{\frac{k}{m}}t + C_4 \sin \sqrt{\frac{k}{m}}t + \frac{F}{3m}. \quad (15)$$

В соответствии с (13)

$$v_3 = \int z dt = C_1 \sqrt{\frac{m}{3k}} \sin \sqrt{\frac{3k}{m}}t - C_2 \sqrt{\frac{m}{3k}} \cos \sqrt{\frac{3k}{m}}t + C_3 \sqrt{\frac{m}{k}} \sin \sqrt{\frac{k}{m}}t - C_4 \sqrt{\frac{m}{k}} \cos \sqrt{\frac{k}{m}}t + \frac{F}{3m}t + C_5, \quad (16)$$

$$x_3 = \int v_3 dt = -C_1 \frac{m}{3k} \cos \sqrt{\frac{3k}{m}}t - C_2 \frac{m}{3k} \sin \sqrt{\frac{3k}{m}}t - C_3 \frac{m}{k} \cos \sqrt{\frac{k}{m}}t - C_4 \frac{m}{k} \sin \sqrt{\frac{k}{m}}t + \frac{F}{6m}t^2 + C_5t + C_6, \quad (17)$$

С учетом (10), (13), (15) и (17)

$$x_2 = \frac{2m}{3k}C_1 \cos \sqrt{\frac{3k}{m}}t + \frac{2m}{3k}C_2 \sin \sqrt{\frac{3k}{m}}t + \frac{F}{3k} + \frac{F}{6m}t^2 + C_5t + C_6, \quad (18)$$

$$v_2 = \frac{dx_2}{dt} = -\frac{2}{3} \sqrt{\frac{3m}{k}}C_1 \sin \sqrt{\frac{3k}{m}}t + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{3m}{k}}C_2 \cos \sqrt{\frac{3k}{m}}t + \frac{F}{3m}t + C_5, \quad (19)$$

$$a_2 = \frac{dv_2}{dt} = -2C_1 \cos \sqrt{\frac{3k}{m}}t - 2C_2 \sin \sqrt{\frac{3k}{m}}t + \frac{F}{3m}, \quad (20)$$

С учетом (11), (20), (18) и (17)

$$x_1 = -C_1 \frac{m}{3k} \cos \sqrt{\frac{3k}{m}}t - C_2 \frac{m}{3k} \sin \sqrt{\frac{3k}{m}}t + C_3 \frac{m}{k} \cos \sqrt{\frac{k}{m}}t + C_4 \frac{m}{k} \sin \sqrt{\frac{k}{m}}t + \frac{F}{k} + \frac{F}{6m}t^2 + C_5t + C_6,$$

$$v_1 = \frac{dx_1}{dt} = C_1 \sqrt{\frac{m}{3k}} \sin \sqrt{\frac{3k}{m}}t - C_2 \sqrt{\frac{m}{3k}} \cos \sqrt{\frac{3k}{m}}t - C_3 \sqrt{\frac{m}{k}} \sin \sqrt{\frac{k}{m}}t + C_4 \sqrt{\frac{m}{k}} \cos \sqrt{\frac{k}{m}}t + \frac{F}{3m}t + C_5. \quad (21)$$

$$a_1 = C_1 \cos \sqrt{\frac{3k}{m}}t - C_3 \cos \sqrt{\frac{k}{m}}t + \frac{F}{3m}.$$

Окончательное решение с учетом начальных условий:

$$x_1 = -\frac{F}{18k} \cos \sqrt{\frac{3k}{m}}t - \frac{F}{2k} \cos \sqrt{\frac{k}{m}}t + \frac{F}{6m}t^2 + \frac{5F}{9k}, \quad x_2 = \frac{F}{9k} \cos \sqrt{\frac{3k}{m}}t + \frac{F}{6m}t^2 - \frac{F}{9k},$$

$$x_3 = -\frac{F}{18k} \cos \sqrt{\frac{3k}{m}}t + \frac{F}{2k} \cos \sqrt{\frac{k}{m}}t + \frac{F}{6m}t^2 - \frac{4F}{9k},$$

$$v_1 = \frac{F}{6\sqrt{3km}} \sin \sqrt{\frac{3k}{m}}t + \frac{F}{2\sqrt{km}} \sin \sqrt{\frac{k}{m}}t + \frac{F}{3m}t, \quad v_2 = -\frac{F}{3\sqrt{3km}} \sin \sqrt{\frac{3k}{m}}t + \frac{F}{3m}t,$$

$$v_3 = \frac{F}{6\sqrt{3km}} \sin \sqrt{\frac{3k}{m}}t - \frac{F}{2\sqrt{km}} \sin \sqrt{\frac{k}{m}}t + \frac{F}{3m}t,$$

$$a_1 = \frac{F}{6m} \cos \sqrt{\frac{3k}{m}}t + \frac{F}{2m} \cos \sqrt{\frac{k}{m}}t + \frac{F}{3m}, \quad a_2 = -\frac{F}{3m} \cos \sqrt{\frac{3k}{m}}t + \frac{F}{3m},$$

$$a_3 = \frac{F}{6m} \cos \sqrt{\frac{3k}{m}}t - \frac{F}{2m} \cos \sqrt{\frac{k}{m}}t + \frac{F}{3m}.$$

Характерный отрезок времени  $\tau_3$  для рассматриваемого случая определяется из условия максимального растяжения упругого тягово-цепного устройства. При этом

$$a_1(\tau_3) - \frac{F}{3m} = 0 \quad \text{или} \quad \frac{F}{6m} \cos \sqrt{\frac{3k}{m}}\tau_3 + \frac{F}{2m} \cos \sqrt{\frac{k}{m}}\tau_3 = 0.$$

Решение последнего уравнения имеет вид:  $\tau_3 = 0,427\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ .

За время  $\tau_3$  тягач пройдет расстояние и разовьет скорость

$$x_1(\tau_3) = 0,78\frac{F}{k}, \quad v_1(\tau_3) = \frac{F}{\sqrt{km}}.$$

Уместно сравнить эти показатели с соответствующими величинами для недеформируемого автопоезда  $a = \frac{F}{3m}$ ,  $v = \frac{F}{3m}t$ ,  $x = \frac{F}{6m}t^2$ .

$$x(\tau_3) = 0,3\frac{F}{k}, \quad v(\tau_3) = 0,45\frac{F}{\sqrt{mk}}, \quad \frac{x_1(\tau_3)}{x(\tau_3)} = 2,6, \quad \frac{v_1(\tau_3)}{v(\tau_3)} = 2,22.$$

Отношение для кинетических энергий тягача составляет

$$\frac{E_1(\tau_3)}{E(\tau_3)} = 4,93.$$

Полученные соотношения наглядно демонстрируют, что трогание трехсекционной транспортно-технологической машины с упругими тягово-цепными устройствами значительно легче, чем недеформируемой.

#### Библиографический список

1. Попов, И. П. Компенсация пиковых нагрузок транспортно-технологических машин / И. П. Попов. – Текст : непосредственный // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Серия «Машиностроение». – 2020. – № 3 (132). – С. 85–93.



## **Защита подводных трубопроводов от ледово-эксарационных процессов**

*Силина И.Г.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В связи с значительным углеводородным потенциалом арктических акваторий в последние десятилетия возрастает интерес к нефтегазовым разработкам на континентальном шельфе. Ледовое выпахивание в данных условиях представляет потенциальную угрозу для целостности морских инженерных сооружений, включающих нефте- и газопроводы. Борозды ледового выпахивания, являющиеся результатом ледовой эксарации морского дна торосами и ледовыми полями, наблюдаются до самой бровки шельфа [1] с наибольшей плотностью следов выпахивания на глубинах 10-30 м [2].

Прокладка трубопроводных систем в замерзающих акваториях включает в себя ряд задач, связанных со сбором и интерпретацией локальной информации о ледовой эксарации, определением вызываемых нагрузок и характера их распространения и передачи на заглубленный объект, а также выбором маршрута и методов защиты для минимизации рисков сопряженных с значительными финансовыми потерями и серьезным экологическим ущербом в случае возможной разгерметизации трубопровода.

Проектирование защиты трубопроводов от ледовой эксарации, как правило, предполагает их заглубление на величину, значительно превышающую проектные глубины ледового выпахивания [3, 4], чтобы ответные деформации участка трубопровода, возникающие в результате перемещений грунтового массива, были ниже допустимых пределов. Определение необходимой величины заглубления включает в себя определение нагрузок, передаваемых на трубопровод (деформации грунтового массива), и безопасных пределов деформации, которые труба может выдержать без потери работоспособности в результате внезапного или постепенного отказа. Из-за отсутствия на момент проектирования большинства трубопроводных систем, проложенных в замерзающих акваториях, стандартов, регламентирующих особенности прокладки в тяжелых ледовых условиях [3, 5], многие решения и методы разрабатывались локально.

Таким образом, на сегодняшний день необходимо совершенствование и уточнение нормативных методик оценки напряженно-деформированного состояния нефтегазопроводов и разработка практических рекомендаций по обеспечению местной устойчивости трубопроводов в районах с ледовой-эксарацией. Предлагаемая постановка задачи позволит получить распределения ледовых нагрузок от ледовых образований и учесть особенности их передачи на заглубленный трубопровод, что является основой для обеспечения надежности морских трубопроводных систем в условиях арктического шельфа.

### Библиографический список

1. Либина, Н. В. Экзарационные явления на восточном арктическом шельфе России / Н. В. Либина, С. Л. Никифоров. – Текст : непосредственный // Вестник МГТУ. – 2018. – Т. 21. – № 1. – С. 139-149.
2. Огородов, С. А. Рельефообразующая деятельность морских льдов : дис. ... докт. геогр. наук : 25.00.25 / Станислав Анатольевич Огородов ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – Москва, 2014. – 261 с. – Текст : непосредственный.
3. Вершинин, С. А. Воздействие ледовых образований на подводные объекты / С. А. Вершинин, П. А. Трусков, П. А. Лиферов. – Москва : Русская книга, 2007. – 195 с. – Текст : непосредственный.
4. Ice Gouging and Safety of Marine Pipelines / A. C. Palmer, I. Ko-nuk, G. Comfort, K. Been. – Direct text // Proceedings of the 22nd Annual Offshore Technology Conference. – Houston, 1990. – P. 235-244.
5. DeGeer, D. Arctic pipeline design considerations / D. DeGeer, M. Nessim. - Text : electronic // Proceedings of the ASME 27th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering. – Estoril, 2008. – URL: [https://iaac-aeic.gc.ca/050/documents\\_staticpost/cearref\\_21799/2876/schedule\\_d.pdf](https://iaac-aeic.gc.ca/050/documents_staticpost/cearref_21799/2876/schedule_d.pdf) (date of the application 15.03.2021).

Научный руководитель: Иванов В.А., докт. техн. наук, профессор.

### **Оптимизация проектных решений по организации дорожного движения в г. Тюмени**

*Сухачёв В.Д.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Вопрос о правильной организации дорожного движения при создании проектов транспортной инфраструктуры всегда стоял очень остро. Это крайне объемная область, а решение проблем по одному вопросу зачастую порождает ряд других проблем, влияющих как на пропускную способность участков дорожного движения, так и на безопасность.

В Тюмени одними из самых проблемных участков являются пересечения крупных улиц. Таких, как:

- 1) Ул. Монтажников – ул. Широтная;
- 2) Ул. Мельникайте – ул. Республики;
- 3) Ул. Мельникайте – ул. 50 лет Октября;
- 4) Ул. Мельникайте – ул. Дружбы.

На большинстве участков уже существуют новые многомиллионные развязки, которые в ряде случаев только обострили и без того имеющиеся проблемы.

В Тюмени имеется множество слабых мест в плане обеспечения оптимальности вопросов транспортной инфраструктуры, которые влияют как на задержки транспортных средств в транспортных очередях, так и на безопасность в целом.

Например, регулируемый пешеходный переход со светофором нажимного типа «П1» по ул. Монтажников в сторону Широкой (рисунок 1).

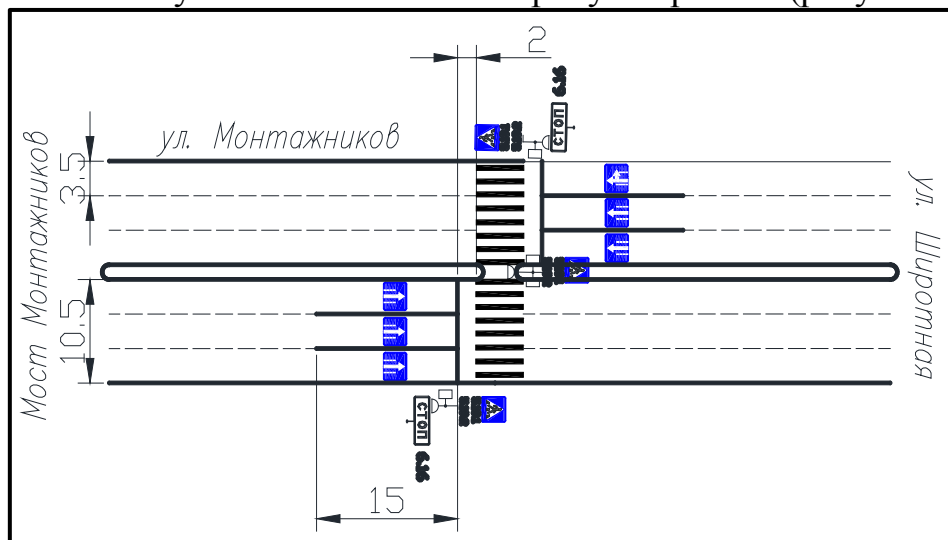


Рисунок 1. Регулируемый пешеходный переход по ул. Монтажников в сторону ул. Широкая

Основным грубым нарушением ГОСТ Р 51256-2018 [1] является расстояние разметки 1.12 (стоп-линия) до пешеходного перехода. По нормам разметку 1.12 наносят на расстоянии от 3 до 10 метров при их расположении сбоку от проезжей части для обеспечения видимости их сигналов.

На влияние безопасности движения влияет тот факт, что по этому направлению идёт спуск с моста по ул. Монтажников, а уже буквально через 150 м. расположен пешеходный переход. Зачастую по данному направлению проезжают как автомобили различных грузовых компаний, так и автобусы, ограничивающие видимость знаков и светофоров.

Таким образом, данный участок обладает повышенным уровнем риска для участников дорожного движения. На период с 01.12.2020 по 01.03.2021 г. на данном участке случилось 3 дорожно-транспортных происшествия, в одном случае с летальным исходом пешеходов.

На участке дорожной сети Монтажников по направлению на ул. Широкую предлагаю убрать пешеходный переход, схема указана на рисунке 2.

На данном участке был построен подземный пешеходный переход, который находится на расстоянии 250 м. от существующего пешеходного перехода.

Следующим участком является нерегулируемый пешеходный переход на ул. Олимпийская в сторону ул. 30 лет Победы, схема представлена на рисунке 3.



Рисунок 2. Предложение по оптимизации на УДС Монтажников

по направлению на ул. Широтную

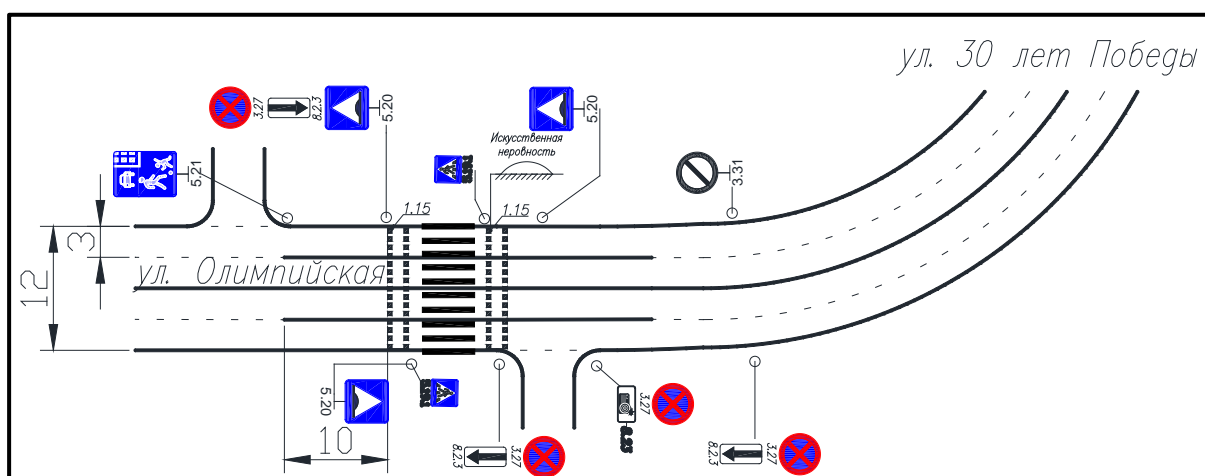


Рисунок 3. Нерегулируемый пешеходный переход по ул. Олимпийская, в сторону ул. 30 лет Победы

Рассматриваемый участок представляет высокую опасность для участников дорожного движения, так как он находится на изгибе дороги, поэтому ограничивается видимость для водителей транспортных средств. Также из-за плохой освещённости в вечернее время это повышает аварийные ситуации ещё больше. В начале 2021 г. на данном переходе был совершён наезд на пешехода, в результате чего он получил серьезные повреждения, в том числе открытый перелом бедра.

На рассматриваемом участке по ул. Олимпийская в сторону ул. 30 лет Победы предлагаю установить светофор нажимного типа «П1», схема представлена на рисунке 4.

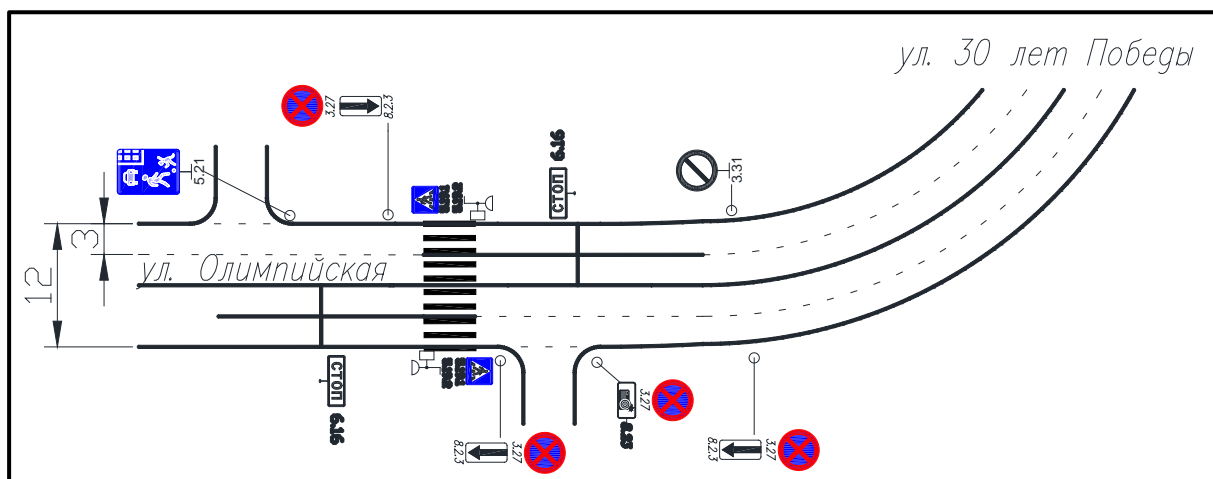


Рисунок 4. Предложение по оптимизации УДС по ул. Олимпийская в сторону ул. 30 лет Победы

Установка светофора на данном участке позволит снизить вероятность возникновения ДТП, так как это является разделением потоков во времени.

#### Библиографический список

1. ГОСТ Р 51256-2018. Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования : издание официальное : утв. и введ. в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 февраля 2018 г. N 81-ст : введ. впервые : дата введ. 2000-01-01 / разработан ООО ЦИТИ «Дорконтроль». – Москва : Кодекс, 2018. – 51 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Лямзин А.М., кандидат технических наук, доцент кафедры ЭАТ.

#### **Исследование сейсмоустойчивости резервуара с демпфирующими полимерными вставками в фундаменте**

*Тарасенко А.А., Чепур П.В., Грученкова А.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Обеспечение условий безопасной эксплуатации вертикальных стальных резервуаров является важной и неотъемлемой задачей, имеющей особое значение при эксплуатации РВС в зонах с повышенной сейсмической активностью. Резервуары несут в себе значительную массу жидкости, в десятки раз превышающую вес самого сооружения. Корректный учёт конвективной и импульсивной составляющих жидкости, конструкций самого резервуара, проектных воздействий и нагрузок и свойств грунтового основания РВС при расчете сейсмоустойчивости сооружения, является актуальной задачей. При

проведении расчета сейсмостойкости резервуара был выбран метод, основанный на линейно-спектральной теории (ЛСТ). Главная идея выбранного метода расчета заключается в том, что динамическая система, имеющая  $k$  степеней свободы, преобразуется в независимую систему с числом степеней свободы, равным единице. Такую приведенную систему называют линейным осциллятором. В ЛСТ применяются зависимости максимальных перемещений, ускорений или инерционных сил приведенной системы от периода её собственных колебаний, в виде спектральных кривых.

В качестве объекта исследования был выбран вертикальный стальной резервуар объемом  $20.000 \text{ м}^3$ . Для установления значений собственных частот и мод (форм) колебаний конструкции резервуара был проведен модальный анализ сейсмической устойчивости РВС. В работе [1] на платформе ANSYS авторами была создана конечно-элементная модель резервуара, учитывающая конструктивные особенности сооружения в соответствии с реальными геометрическими размерами. Также в работе [1] доказана достоверность вычислений на основе созданной модели резервуара. Данная модель была использована при проведении расчетов в ПК ANSYS в модулях модального (Modal) и спектрального (Response Spectrum) анализа [2]. При проведении расчетов система «РВС-хранимый продукт-основание» рассматривалась как целостная. При выполнении вычислений рассматривались следующие варианты уровня налива хранимого продукта: пустой (опорожненный), максимальный уровень разлива, 3,6 м, 5,4 м, 7,3 м. Контактная задача взаимодействия корпуса резервуара (центральной части днища, окрайки и стенки) с хранимым продуктом решена путем задания контакта скольжения «no separation» между ними. Такой подход позволил смоделировать проскальзывание хранимого продукта по корпусу РВС при расчете сейсмостойкости.

В ходе расчетов в автоматическом режиме были сформированы эпюры распределения напряжений и деформаций в металлоконструкциях РВС, из которых были установлены конкретные значения напряжений, возникающих при землетрясениях 7, 8, 9 баллов по шкале Рихтера.

В ходе анализа полученных результатов установлено, что наиболее деструктивный эффект наблюдается при частоте колебаний до 50 Гц. Следовательно, вариант заполнения резервуара до максимального уровня разлива является наиболее неблагоприятным случаем, так как при частоте до 50 Гц гидродинамическое давление складывается преимущественно из инерциальной и кинематической составляющих. Далее было выполнено сложение откликов, вычисляемых из полученных значений собственных мод и частот колебаний резервуара (с учетом хранимого продукта). Для этого был использован метод комбинации форм Square Root of Sum of Squares (квадратный корень из суммы квадратов), учитывающий значение каждой формы колебаний в целостной системе. Сейсмическое воздействие моделировалось с помощью широкополосных спектров ответа согласно рекомендациям, представленным в работе [3].

В ходе обработки результатов численного эксперимента установлено, что вариант максимального уровня взлива хранимого продукта в РВС представляет наибольшую опасность. При сейсмическом воздействии магнитудой 9,0 по шкале Рихтера, на уровне трех верхних поясов стенки возникают недопустимо большие напряжения - 421 МПа.

Уменьшение магнитуды землетрясения и уровня заполнения РВС продуктом приводит к снижению максимальных эквивалентных напряжений, возникающих в конструктивных частях РВС. Так, например, в случае опорожненного РВС максимальные действующие напряжения в конструкции РВС не превышают 38000 кПа даже при магнитуде сейсмического воздействия 9,0.

#### Библиографический список

1. Исследование сейсмостойкости резервуара с применением линейно-спектрального метода / А. А. Тарасенко, П. В. Чепур, Г. Юхай, А. А. Грученкова. – Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2018. – № 1. – С. 85-87.

2. Инженерный анализ в ANSYS Workbench : учебное пособие / В. А. Бруяка, В. Г. Фокин, Е. А. Солдусова [и др.]. – Самара : СамГТУ, 2010. – 271 с. – Текст : электронный.

3. Синельщиков, А. В. Математическая модель сейсмических спектров ответа для проектных основ сооружений с крановыми нагрузками / А. В. Синельщиков, Н. Н. Панасенко, Л. С. Синельщикова. – Текст : электронный // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2012. – № 1. – С. 66-74.

Научный руководитель: Тарасенко А.А., докт. техн. наук, профессор.

#### **Разработка алгоритма исследования сейсмоустойчивости резервуаров, имеющих полимерные демпфирующие вставки в фундаменте**

*Чепур П.В., Тарасенко А.А., Грученкова А.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Объекты добычи, хранения и транспорта углеводородных ресурсов имеют широчайшую географию в мире, в том числе на территориях, подверженных влиянию сейсмических явлений. Разрушение резервуаров для хранения углеводородов в случае землетрясения приводит к ряду серьезных последствий, приносит большой экономический и экологический ущерб. В силу этого необходимость и важность исследования сейсмостойкости таких конструкций, разработка устройств, повышающих сейсмоустойчивость сооружений, имеют высокую актуальность. В мировой практике известны определенные достижения в области исследования сейсмо-

стойкости резервуаров в аспекте теоретического анализа, численного расчета и экспериментального исследования. При землетрясении, в случае отсутствия анкерного закрепления резервуара, возникают нелинейные колебания конструкции из-за её подъёмного отделения от основания. Эти процессы на сегодняшний день исследованы недостаточно, что подтверждает актуальность и необходимость исследований в области сейсмостойкости таких сооружений. В связи с этим, на основе анализа закономерностей поведения резервуара при землетрясении, необходимо разработать технологию повышения сейсмостойчивости резервуаров для хранения углеводородного сырья.

Так, в данной статье предлагается следующее техническое решение обозначенной проблемы – устройство полимерных демпфирующих вставок в кольцевом железобетонном фундаменте резервуара (рисунок 1).

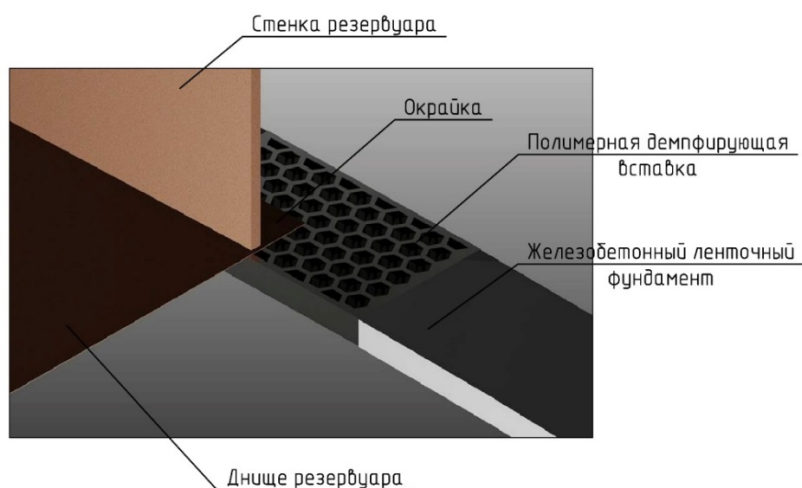


Рисунок 1. Полимерная демпфирующая вставка фундамента резервуара

Для обоснования эксплуатационной надежности конструкции резервуара, имеющей полимерную вставку в фундаменте, требуется провести расчет сейсмостойчивости. В работе [1] доказано, что наиболее подходящим методом для решения подобных задач является метод конечных элементов. Первоочередным этапом при решении поставленной задачи является разработка математической модели резервуара с фундаментом, имеющим полимерную демпфирующую вставку, в ПК ANSYS [2].

При решении задачи сейсмостойчивости необходимо использовать итерационные алгоритмы, характеризующиеся исключительно хорошей проработанностью соответствующих решателей для оценки прочности и надежности конструкции резервуара. Необходимо отметить, что при этом контактное взаимодействие между средами требует отдельного моделирования со специализированной программно-алгоритмической реализацией.

Решение задачи сейсмостойчивости резервуара с демпфирующими вставками в фундаменте предлагается разделить на несколько этапов. На



первом этапе требуется решить уравнения движения жидкости в рамках постановки ALE на основе известных заранее перемещений и скоростей на поверхности контакта в качестве граничных условий. После получения результата вычислить силы, возникающие в конструкции под действием жидкости, и приложить к конструкции в качестве граничных условий. Далее решить уравнения, описывающие поведение твердого тела.

Следующий этап – это повторное решение уравнений течения жидкости, но после определенного рода коррекции области, занимаемой жидкостью, соответствующей сетки и скоростей на контактных поверхностях [3]. Эта процедура повторяется конечное число раз вплоть до достижения должного уровня сходимости.

При решении подобных динамических задач исключительно важно получить безусловно устойчивую численную схему для интегрирования по времени (для линеаризованной задачи), позволяющую использовать относительно большие величины шагов. Добиться безусловной сходимости соответствующих уравнений весьма затруднительно, а строго обосновать ее еще тяжелее.

В работе предложено использовать прямые алгоритмы уравнений, описывающих взаимодействие связанной системы «сооружение – жидкость», которые решаются совместно [3]. Такой подход особенно эффективен, если деформации сооружения являются значимыми.

Исследование сейсмоустойчивости резервуара с демпфирующими вставками в фундаменте является предметом дальнейших исследований авторского коллектива и позволит получить зависимости для определения наступления предельных состояний отечественных типоразмеров резервуаров от эксплуатационных и сейсмических нагрузок с учетом влияния грунтового основания, фундамента, металлоконструкции сооружения и свойств хранимого продукта.

#### Библиографический список

1. Исследование сейсмостойкости резервуара с применением линейно-спектрального метода / А. А. Тарасенко, П. В. Чепур, Г. Юхай, А. А. Грученкова. – Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2018. – № 1. – С. 85-87.
2. Инженерный анализ в ANSYS Workbench : учебное пособие / В. А. Бруяка, В. Г. Фокин, Е. А. Солдусова [и др.]. – Самара : СамГТУ, 2010. – 271 с. – Текст : электронный.
3. Постановка, конечно-элементная аппроксимация и алгоритмы решения задач расчетного обоснования связанных систем «сооружение-жидкость» / А. М. Белостоцкий, П. А. Акимов, Т. Б. Кайтуков [и др.]. – Текст : непосредственный // Строительная механика и расчет сооружений. – 2014. – № 5 (256). – С. 21-28.

Научный руководитель: Тарасенко А.А., докт. техн. наук, профессор.

## Развитие объектов транспортной инфраструктуры в г. Надыме

Штанько А.К.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Остановочные комплексы играют важную роль в инфраструктуре городов. Это. В первую очередь, узел современной транспортной сети и, с другой стороны, объект несоответствия различным нормам СНиП.

Развозка пассажиров в г. Надыме осуществляется с помощью городского общественного транспорта. В городе имеется 8 активных маршрутов. Все маршруты проходят через основные пассажирообразующие пункты в черте города Надым.

Дальность пешеходных подходов между ближайшими остановочными комплексами общественного маршрутного транспорта должна приниматься согласно СНиП 2.07.01-89:6. «Сеть общественного пассажирского транспорта и пешеходного движения» [1]. В таблице 1 указаны климатические районы, согласно которым должно определяться расстояние между каждым остановочным комплексом.

Таблица 1

Распределение климатических районов по среднемесячной температуре в январе

Климатические районы	Климатические подрайоны	Среднемесячная температура воздуха в январе, °С	Средняя скорость ветра за три зимних месяца, м/с	Среднемесячная температура воздуха в июле, °С	Среднемесячная относительная влажность воздуха в июле, %
I	IA	От -32 и ниже	-	От +4 до +19	-
	IB	От -28 и ниже	5 и более	От 0 до +13	Более 75
	IV	От -14 до -28	-	От +12 до +21	-
	II	От -14 до -28	5 и более	От 0 до +14	Более 75
	ID	От -14 до -32	-	От +10 до +20	-
II	IIA	От -4 до -14	5 и более	От +8 до +12	Более 75
	IIB	От -3 до -5	5 и более	От +12 до +21	Более 75
	IIV	От -4 до -14	-	От +12 до +21	-
	IIII	От -5 до -14	5 и более	От +12 до +21	Более 75
III	IIIA	От -14 до -20	-	От +21 до +25	-
	IIIB	От -5 до +2	-	От +21 до +25	-
	IIIV	От -5 до -14	-	От +21 до +25	-
IV	IIIVA	От -10 до +2	-	От +28 и выше	-
	IIIVB	От +2 до +6	-	От +22 до +28	50 и более в 15 ч.
	IIIVB	От 0 до +2	-	От 25 до +28	-
	IIIVГ	От -15 до 0	-	От 25 до 28	-

В г. Надыме средняя температура воздуха в январе равняется -24° С, таким образом, город относится к подрайону «IV».

Согласно нормам, представленным в СНиП 2.07.01-89:6, расстояние между остановочными комплексами в подрайоне 1В должно составлять не более 300 м.

Основываясь на данном нормативном акте, можно сделать вывод, что существующая расстановка остановочных комплексов не соответствует нормам.

Основными признаками остановки, соответствующей конструктивным и функциональным нормам являются [2]:

1) Функциональность. Остановка должна быть оборудована средствами навигации: информационным табло, крупной картой района со схемой маршрутов на уровне глаз. Боковая стенка остановки со стороны подъезда транспорта в обязательном порядке должна быть прозрачной для осуществления обзора приближающегося транспорта. Длина остановки и количество сидячих мест должны варьироваться в зависимости от транспортной загруженности остановочного пункта.

2) Удобство. На каждой остановке должны быть скамейки и урны. Скамейки необходимо делать из продольных деревянных реек с зазорами между ними во избежание скапливания осадков.

3) Дизайн. Желательно, чтобы остановки были выполнены в едином для города или микрорайона стиле.

4) Приспособленность к климату. Павильон должен иметь три стенки, защищающие пешеходов от ветра и осадков. Остановка должна иметь крышу со скатом от дождя и снега, которая должна быть прозрачной и затемнённой для защиты пассажиров от прямых солнечных лучей.

5) Защита от вандалов. Остановки должны быть покрыты антивандалным покрытием, чтобы нельзя было нарисовать граффити или наклеить объявление. Материал должен быть прочным. Ночью остановка должна освещаться.

6) Экономичность. Материал должен быть недорогим, но надежным и качественным.

В таблице 2 приведён анализ остановочного пункта «ул. Зверева» в г. Надым.

Таблица 2

Проверка остановки ул. Зверева на соответствие нормам

Анализируемый параметр	Оценка параметра	
Функциональность	Информационное табло;	Соответствует
	Карта маршрута;	Не соответствует
	Боковые прозрачные стенки	Не соответствует
	Наличие скамейки;	Соответствует
	Наличие освещения;	Не соответствует
	Урна для мусора;	Соответствует
Дизайн	Единый для города дизайн;	Не соответствует
Приспособленность к климату	Наличие трёх стенок, длиной не менее 1,5 м., защищающих от ветра	Не соответствует

Анализируемый параметр		Оценка параметра
	и осадков;	
	Крыша со скатом;	Соответствует
Защита от вандализма	Наличие «антивандального покрытия»	Соответствует
Экономичность	Недорогие, но надёжные материалы	Соответствует
ИТОГ		Несоответствие 5 из 11 параметров

В исследовании также был проведён более детальный анализ существующих проблем транспортной инфраструктуры по развитию остановочных комплексов. В исследовании было предложено:

- 1) Размещать остановочные комплексы в местах, в которых к автобусным маршрутам направлены наиболее короткие и благоприятные маршруты движения пешеходов;
- 2) Провести оценку пассажиропотока по маршрутам для последующего обоснования расположения новых остановочных комплексов;
- 3) Располагать в местах пересечения с другими маршрутами общественного транспорта;
- 4) Размещать в точках притяжения населения и наиболее важных местах назначения.

Таким образом, в экспериментальном исследовании были изучены все существующие маршруты в г. Надыме. Было определено, что на данный момент остановки общественного маршрутного транспорта должны располагаться на расстоянии не более 300 м. друг от друга. Был проведён анализ функциональной части, надёжности остановочных пунктов и стало понятно, что не все соответствуют нормам, а также предложены варианты решения существующих проблем и устранения недочётов.

#### Библиографический список

1. Строительные нормы и правила : (СНиП 2.07.01-89) : официальное издание : зарегистрированы Росстандартом в качестве СП 42.13330.2016 от 16.05.1989 : введены в действие 01.01.1990. – Москва : Госстрой России, ГУП ЦПП, 2002. – 43 с. – Текст : непосредственный.
2. Халтурин, Р. А. Развитие инфраструктуры и возможности государственно-частного партнерства / Р. А. Халтурин. – Москва : Экономические науки, 2012. – 29 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Карнаухов В.В., профессор техн. наук, доцент.

## **Характеристики материалов для изготовления спецодежды для работников топографической партии**

*Шумихин М.В., Томус И.Ю.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Одной из главных задач техносферной безопасности является безопасность человека при выполнении работ в различных отраслях производства.

При анализе опасных и вредных производственных факторов труда работников топографической партии в НГДУ "Федоровскнефть" ПАО "Сургутнефтегаз" (Ханты-Мансийский автономный округ - ХМАО) было установлено, что воздействие физических факторов, как низкие температуры и др., оказывают существенное влияние на функциональное состояние работника и производительность труда.

По климатическим условиям рассматриваемый район относится к Крайнему Северу. Климат континентальный. Отличительной особенностью ХМАО являются холодная и продолжительная зима, резкие перепады температуры. Среднегодовая температура в ХМАО составляет порядка  $-1,7^{\circ}\text{C}$ . В этой связи имеет большое значение, в какой спецодежде трудятся работники топографической партии.

При разработке спецодежды необходимо большое внимание уделять выбору утеплителя, который является основным теплозащитным слоем. По существующей классификации в качестве утеплителей могут быть использованы натуральные и синтетические материалы. Натуральный утеплитель типа "Шерстон" состоит из шерсти (65%) и хлопка (35%) [1]. Такое соотношение дает возможность уменьшить вес изготавливаемой спецодежды на 20 - 25% относительно ватина. Также рассматриваемый утеплитель отлично сохраняет теплопроводность одежды. Применение «Шерстона» обеспечивает вспомогательную защиту от проявления статических электрических зарядов. Утеплитель состоит из натуральной шерсти и поэтому не поддерживает процесс горения. Это очень важно для изготовления спецодежды, которая применяется в условиях взрыво- и пожароопасных сред.

В настоящее время все чаще в качестве утеплителя используется синтетический материал - "Синтепон". Это легкий, объемный, дешевый наполнитель, который состоит из смеси синтетических волокон. Волокна в таком материале скрепляются термоклеевым или термическим способом [2]. Установлено, что из-за разрушения структуры данного рассматриваемого утеплителя изделие теряет свою форму, начинает пропускать холод. При этом синтепон имеет низкую износостойкость и со временем теряет значительные теплоизоляционные свойства [2]. Данный утеплитель также обладает относительным разбросом плотности, из-за чего обладает значительным весом, низкой термоизоляцией и плохой воздухопроницаемостью.

Сравнительные характеристики основных свойств утеплителей «Шерстон» (ТУ 163.178-119-87) и «Синтепон» (ТУ 8390-002-05263477-08), которые были получены при их изучении, показали, что поверхностная плотность утеплителя «Шерстон» составляет  $135 \text{ г/м}^2$ , а утеплителя «Синтепон» -  $180 \text{ г/м}^2$ . Отсюда следует, что при применении утеплителя «Шерстон», изделия будут намного легче.

Важным вопросом при изготовлении спецодежды является выбор ткани. При этом основным показателем тканей является показатель изменения линейных размеров (ИЛР), так как в процессе использования спецодежды ее нужно неоднократно стирать. Установлено, что такие ткани как, хлопчатобумажные, хлопкополиэфирные, полиэфирновискозные и полиэфирные, при стирке подвергаются усадке [3 - 5]. Образец из полиэфирновискозной ткани не показал усадки, для них ИЛР в разных направлениях составил до 1,5%.

При проектировании спецодежды для работников топографической группы НГДУ "Федоровскнефть" ПАО "Сургутнефтегаз" необходимо учитывать, что бы она была легкой, имела хорошую теплозащиту, минимальную воздухопроницаемость, влагопроницаемость. Для достижения лучшего результата при изготовлении спецодежды, применяемая в настоящее время двухслойная конструкция пакетов утеплителей, может быть модернизирована. Это можно достигнуть в результате применения специальных диагональных перегородок, у которых имеется поверхность с ворсинками.

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- Использование утеплителя «Шерстон» позволяет уменьшить вес изделия, создать дополнительную защиту от статического электричества и пониженных температур;
- При выборе ткани для спецодежды необходимо учитывать, что они при стирке подвергаются усадке;
- В качестве пути повышения уровня индивидуальной защиты работников Топографической партии в НГДУ "Федоровскнефть" ПАО "Сургутнефтегаз" предложена конструкция двухслойного пакета куртки дополнительными диагональными перегородками с ворсовой поверхностью.

#### Библиографический список

1. Файзуллина, Р. Б. Анализ потребительских свойств натуральных и синтетических утеплителей с целью разработки оптимального пакета материалов для изготовления спецодежды. / Р. Б. Файзуллина, Р. И. Хисамиев. – Текст : непосредственный // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15, № 17. – С. 244-245.
2. Давлетбаев, И. Г. Анализ потребительских свойств натуральных и синтетических утеплителей с целью разработки оптимального пакета материалов для изготовления спецодежды. / И. Г. Давлетбаев, Д. Р. Фазылзя-

нова. – Текст : непосредственный // Вестник технологического университета. – 2016. – Т. 19, №12. – С. 102-104

3. Смирнова, Н. А. Анализ методов определения усадки текстильных материалов / Н. А. Смирнова, К. Е. Перепелкин, М. Н. Белоногова. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1997. – № 5. – С. 101-103.

4. ГОСТ EN 340-2012. ССБТ. Одежда специальная защитная. Общие технические требования: национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утв. введ. в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2012 г. № 1804-ст : введ. впервые : дата введ. 2013-09-01 / разработан ОАО "ВНИИС". – Москва : Стандартинформ, 2014. – 19 с. – Текст : непосредственный.

5. Патент № 2582224 Российская Федерация, МПК G 01N 33/36. Способ определения анизотропии свойств тканей под действием эксплуатационных факторов ; № 2014130873/15 : заявл. 24.07.2014 : опубл. 20.04.2016 / В. В. Замышляева, Н. А. Смирнова; патентообладатель Костромской государственный технологический университет. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Томус И.Ю., канд. мед. наук, доцент.

## **Operating safety analysis and reliability estimation of marine pipeline transportation of oil and gas taking into account risks and limit states**

*Kurasov O.A.*

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

There are some key challenges in maintaining the reliability and safety of the devices and components used in the process of loading/unloading, transport and storage of liquid hydrocarbons.

The transport and handling of liquid hydrocarbons such as oil and liquefied natural gas (LNG) consists of successive processes of packaging, piping, level control, storage [1]. Port or deep sea is the normal operating area for oil and gas tankers. Relevant characteristics of liquid hydrocarbons allow for the need to improve the safety criteria for the reliability of pipeline loading/unloading systems and to create protected storage areas. It is important to apply the criteria, models and methods used for estimating the efficiency and safety of the processes under consideration.

The problem of dynamic reliability is more complex than the static one, so the study considers the random character of the loads for the subsequent study of reliability. Changes in load are known to be a complex element. The model suggested in [2] was used to address the issue of complex estimation of reliability in realistic situations.

The failing condition is defined as  $g(X) \leq 0$ ; the working state is defined as  $g(X) > 0$ .

For the loading/unloading of liquids, account should be taken of the effect of external conditions and the operating environment, the deterioration of strength and the shift in unintended loads. The state equation takes the following form if intensity and stress are interpreted as a random phase (1) [3,4]:

$$g(X, t) = r(t) - \sigma(Y, T), \quad (1)$$

where:  $r(t)$  is a random process of strength degradation,  $\sigma(Y, t)$  is a random process of loading, and  $Y$  is a random vector variable associated with the load effect.

It is possible to transform the distribution function of the analogous loading into a random loading process, based on the time, so that the estimation formula of the reliability under the random loading process is as (2):

$$R(t) = P\{r > \max \sigma(Y, t) / t \in [0, T]\}, \quad (2)$$

where  $\max \sigma(Y, t)$  is the full equivalent load effect of the random loading phase. This formula shows that if the strength of each section of their service life  $T$  is greater than the strength of the components, the pipeline components may be in good shape.

In the case of a lack of strength of the materials, attention must be given to the risk of collisions concerning the handling and transport of liquid hydrocarbons by manufacturing installations in order to ensure the protection of workers and the environment.

The hazard zone surrounding the potentially unsafe object shall be designed taking into account the predicted average environmental conditions for the time considered. These conditions describe the boundary zones of the unsafe behavior of the entirety of the destructive factors in emergency situations (ES) in a given industrial object [5].

The minimum allowable evacuation of an unsafe environment at the critical level of heat exposure for staff and the vehicle shall be determined on the basis of the situation not exceeding the stated level of human destruction and the specified level of heating of the fuel tanks for vehicles in the event of fire. The formal description of these words varies depending on the nature of burn. The following forms of fire are identified: spillage; type of "fireball"; burning of buildings and industrial installations.

The requirement that the predicted likelihood of damage from the operation of the thermal impact does not surpass the preset maximum allowable threshold value is specified. This state is considered for the fire category "spillage" and "fireball" to assess the safe distance from the middle of the fire, the defeat of the staff. For measurements, it is believed that the thermal radiation source is situated in the middle of the object in question [6]. In this case, the distance from the radiation source is determined by the magnitude of the radius vector in the adopted polar coordinate system;  $\tau$  – time of the heat flow impact for the individual. The time of the burning compounds was taken as this value for the calculations. The description of the boundaries of the unsafe area



for vehicles and special fire style equipment (spillage and “fireball”) shall take the form of (3):

$$q(R, \phi) \leq q^{cr}, \quad (3)$$

where  $q(R, \phi)$  is the thermal flux density at a given distance from the center of the target  $R$  and in the direction defined by the polar angle  $\phi$ ;  $q^{cr}$  – critical thermal flux density of the incident radiation [6].

The fire type “fireball” approach for calculating heat flow values is distinct. Fire “fire ball” is a large-scale diffusion combustion pair-gas-air cloud formed by the depressurization of the flammable liquid or gas tank under pressure. The density of the heat flux incident from the “fireball” surface of the elementary platform is equal to (4) [6]:

$$q = q^{fl} e^{-7,0 \cdot 10^{-4} \sqrt{\frac{R^2 + (D^{eff})^2}{4} + \frac{D^{eff}}{2}}} \cdot \phi, \quad D^{eff} = 5,33 \cdot M^{0,327}, \quad \phi = \frac{1}{4 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{R}{D^{eff}} \right)^2 \right]^{1,5}}, \quad (4)$$

where  $q^{fl}$  is the density of the heat-flow self-radiation “fireball”;  $\phi$  is the angular radiation coefficient “fireball” on the elementary surface of the irradiated surface;  $R$  is the distance from the point on the surface of the earth immediately below the center of the “fireball” to the irradiated object;  $D^{eff}$  is the effective diameter of the “fireball”;  $M$  is the mass of combustible material.

The amount of the displacement of the limits of the affected area of the vehicles in the case of fire “spillage” and “fireball” shall be determined as (5).

$$R_{fireball}^{bou.veh.}(\phi) = \arg(q(R, \phi) \leq q^{cr}), \quad (5)$$

where  $q(R, \phi)$  is the incident heat flux density in the elementary field at the distance  $R$  from the center of the fire in the direction defined by the polar angle  $\phi$ .

Security and reliability assurance concerns are highly urgent for loading/unloading and storage processes. Models and approaches can be discussed in connection with mission efficiency processes and environmental conservation, but they fall beyond the scope of this study.

## References

1. Oil & Gas Transportation and Storage / C. Shujun, C. Baodong, L. Lijun, H. Min. – Direct text // J. Dep. of Oil & Gas Storage and Transp., Liaoning University of Petroleum & Chemical Technology. – 2005. – V. 23 (2). – P. 21-24.
2. Bing, L. Time-Dependent Reliability Model of Component Under Random Load / L. Bing, W. Zheng, X. Liyang. – Direct text // Chinese Journal of Mechanical Engineering. – 2007. – T. 12.
3. Adamyan, A. Analysis of Sequential Failures for Assessment of Reliability and Safety of Manufacturing Systems / A. Adamyan, D. He. – Direct text // Reliability Engineering & System Safety. – 2002. – T. 76. – № 3. – P. 227-236.

4. Adamyan, A. Sequential Failure Analysis Using Counters of Petri Net Models / A. Adamyan, D. He. – Direct text // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-part A: Systems and Humans. – 2003. – T. 33. – № 1. – P. 1-11.

5. Predicted Method and Preventive Measures for Fire Danger Area of Natural Gas Pipeline / D. Xue-Ping, Y. Liu, R. Liu, Y.H. Zhang. – Direct text // Gas & Heat. – 2010. – T. 30. – P. 36-39.

6. Korshunov, G. I. Assurance of reliability and safety in liquid hydrocarbons marine transportation and storing / G. I. Korshunov, S. L. Polyakov, L. Shunmin. – Direct text // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2017. – T. 87. – № 6. – P. 062009.

Scientific advisor: Burkov P.V., Doctor of Technical Science, Professor.

### **New way of storing and transporting natural gas**

*Tagirov R.Kh.*

*Industrial University of Tyumen, Tyumen*

Gas hydrates are crystalline compounds formed at certain ratios of temperature and pressure from water and gas. Gas hydrates have always been a problem in the production and transportation of oil through pipelines. In the harsh arctic conditions, hydrates form plugs that impede the flow of hydrocarbons in the pipeline. This can lead to accidents.

Today it is very popular to transport and store gas in a liquefied state, known as liquefied natural gas (LNG). However, LNG has disadvantages. For example, expensive cryogenic fuel tanks are used to store it. The heat input into the cryogenic fuel tank causes the LNG to heat up and vaporize. At the moment, technologies allow LNG to be stored for 7 days, after which it begins to evaporate within 2-3% per day [1]. So people started thinking about how gas hydrates could be used. Despite of all their disadvantages, they have many advantages over liquefied natural gas. Solid gas has the following advantages: 1) the formation of hydrates is a completely environmentally friendly process, since only gas and water are involved in it; 2) gases can be easily recovered from the gas hydrate. This can be done by lowering the pressure or slightly increasing the temperature; 3) huge energy content per unit volume of the carrier (up to 160 volumes of gas per volume of hydrate); 4) storage of hydrates is absolutely safe, as they are not explosive [0].

The leaders in this area are the USA, Singapore and Japan. In recent years, these countries have been developing projects for the transportation of solid state natural gas. However, the main problem is that the gas hydrate is slowly formed. To date, various types of reagents that accelerate the formation of hydrates are being considered, which show fairly good efficiency. Howev-

er, many of them are toxic, do not degrade in the environment, and are quite expensive.

Scientists from Singapore have published an article on the development of a new method for the formation of crystalline hydrates from methane. It differs from the already existing rate of hydrate formation of 15 minutes (it increased by 147%), as well as the fact that the inhibitors used in the process are low-toxic. In addition, the main distinguishing feature of the obtained hydrates is that they can be stored at atmospheric pressure and temperatures up to 268.15 K (-5 C) [3].

According to various estimates, gas hydrates may take a key place in the world energy sector only in 30-40 years, but nobody excludes more rapid development of events.

### References

1. Medvedevgbo: “Special offer: conversion of large equipment to natural”. – URL: <https://medvedevgbo.ru/speczpredlozhenie-perevod-krupnoj-tehniki-na-prirodnij-gaz/> (date of the application: 11.02.2021) – Text : electronic.
2. GoArctic: “Gas hydrates: difficult but promising”. – URL: <https://goarctic.ru/work/gazovye-gidraty-trudnye-no-perspektivnye/> (date of the application: 11.02.2021). – Text : electronic.
3. Zen.yandex: “Discovery of a new method for producing hydrates. Will it make liquefied natural gas (LNG) unnecessary?”. – URL: [https://zen.yandex.ru/media/sekret\\_gazproma/otkrytie-novogo-sposobapolucheniia-gidratov-smojet-li-ono-sdelat-nenujnym-sjijennyi-prirodnyi-gaz-spg-5fd13db0fe22070c49b68ab5](https://zen.yandex.ru/media/sekret_gazproma/otkrytie-novogo-sposobapolucheniia-gidratov-smojet-li-ono-sdelat-nenujnym-sjijennyi-prirodnyi-gaz-spg-5fd13db0fe22070c49b68ab5) (date of the application: 17.02.2021). – Text : electronic.

## СЕКЦИЯ «Проблемы экологии и техносферная безопасность»

### Экологическое влияние воздушных линий электропередач на окружающую среду

Андреева Ю.Н.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Воздушные линии электропередач – один из ключевых объектов электроэнергетики, т.к. благодаря им электроэнергия передается до потребителя. Воздушные линии (ВЛ) тянутся как на несколько метров, так и на тысячи километров, выполняя свою главную задачу по энергообеспечению.

Но, несмотря на это возникает проблема, связанная с вопросом экологии. Как и любые электроустановки ВЛ оказывает электромагнитное влияние на среду. Электромагнитное излучение – это электромагнитные волны, возникающие при возмущениях магнитных или электрических полей, при этом выделяют следующие виды излучений (в зависимости от спектра частот):

- Радиочастотное
- Тепловое
- Оптическое
- Излучение в ультрафиолетовом спектре и жесткое (ионизированное).

Данные излучения имеют как природное происхождение, так и искусственное (электроприемники). Высоковольтные линии электропередач являются одним из источников с высоким уровнем электромагнитного излучения. За счет них в пространстве вокруг линий возникают силовые линии. При пересечении с любой проводящей средой они индуцируют в ней электродвижущую силу (ЭДС), это приводит к возникновению в объекте электрического потенциала, а при замкнутом контуре может возникнуть электрический ток. Чем меньше напряжение ВЛ, тем меньше влияние, которое они оказывают. Также данное воздействие зависит и от силы электрического тока, поэтому нормативом устанавливается безопасное расстояние до токоведущих частей.

Воздушные линии можно разделить на следующие категории:

Таблица 1

Категории ВЛ по классу напряжения

Категория	Номинальное напряжение
Низковольтные ВЛ	До 1 кВ
ВЛ среднего уровня	От 1 до 35 кВ
ВЛ высокого напряжения	110,154,220 кВ
ВЛ сверхвысокого напряжения	От 330 до 500 кВ
ВЛ ультравысокого напряжения	750 и 1150 кВ

Поэтому вводится такое понятие как охранный зона. Это пространство, внутри которого расположены опоры ВЛ, высота данного коридора

равна длине опоры, а ширина определяется расстоянием от внешних проводов. Границы нормируются согласно Постановлению Правительства РФ от 24 февраля 2009 г. №160 «О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон».

Основная задача охранной зоны – предотвратить негативные воздействия протекающего тока на живые организмы.

В зоне прохождения воздушных линий вырубается просеки для того, чтобы исключить падения деревьев на провода, опоры ВЛ и т.п. Данные мероприятия ведут к уменьшению леса и вырубке деревьев. Ширина данных просек определяется согласно «Правилам устройства электроустановок» п.2.5.206-2.5.209. Ширина просек в насаждениях должна приниматься в зависимости от высоты насаждений с учетом их перспективного роста в течение 25 лет с момента ввода ВЛ в эксплуатацию и группы лесов. [1]. Для уменьшения негативного влияния при трассировке линий используют геологические изыскания и съемки, чтобы проложить проектируемую линию вне зоны густого роста деревьев, а также редких пород.

Инженеры-электроэнергетики создают различные способы защиты животного мира от влияния линий электропередач. Один из таких способов – это птицевозащитные устройства, которые устанавливаются на опоре ВЛ (постановление Правительства РФ от 13.08.1996г. (ред. от 13.03.2008г.)). Гибель птиц от поражения током на воздушных линиях – это очень распространенное явление, связанное с особенностями конструкций опор 6-10 кВ. Как видно на рис.1, к опоре приваривается металлическая перекладина – траверса.

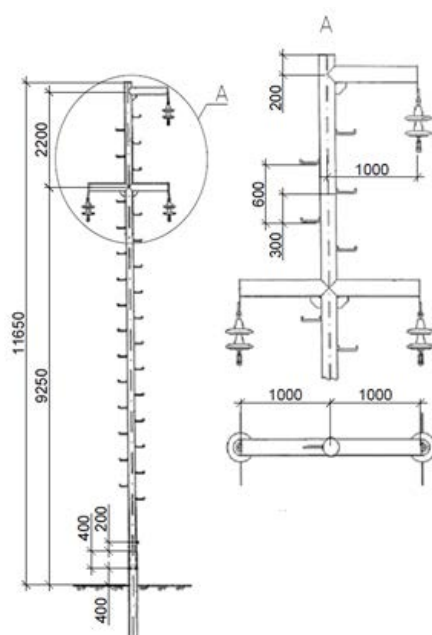


Рисунок 1. Общий вид опоры ВЛ

К ней прикрепляются изоляторы, на которых держатся неизолированные провода. Птица может сесть на провод и коснуться траверсы, чтобы приводит к поражению током и гибели птиц. Для того, чтобы избежать этого используются птицевозащитные устройства, которые устанавливаются на рабочие штыревые изоляторы с примыкающими к ним участками токонесущих (токоведущих) проводов.

В целом, воздушные линии электропередач не несут значительной угрозы для окружающей среды, т.к. не загрязняют землю, воду и воздух. Если мы рассмотрим другой способ передачи электроэнергии – кабельные линии, то увидим еще больший негативный эффект для экологии. На законодательном уровне были разработаны необходимые мероприятия для сохранения окружающей среды, которые были перечислены выше: это соблюдение охранных зон, установка птицевозащитных устройств и т.д.

#### Библиографический список

1. Правила устройства электроустановок: 7-е издание (ПУЭ) : утв. Министерством энергетики РФ от 08.07.02: введ. в действие 01.01.03. – Москва: Изд-во ЗАО «Энергосервис», 2007. – 610 с. – Текст: непосредственный.

2. Охрана окружающей среды: учебник для технических специальных вузов / С. В. Белов, Ф. А. Барбинов, А. Ф. Козьяков [и др.]. – Москва: Высшая школа, 1991. – 319 с. – Текст: непосредственный.

3. Российская федерация. Собрание законодательства РФ 02.09.2013, N 35, ст. 4522. – Текст: электронный. – URL: [http://www.szrf.ru/szrf/docslist.phtml?md=1&nb=100&year=&issid=1002013035000&div\\_id=4](http://www.szrf.ru/szrf/docslist.phtml?md=1&nb=100&year=&issid=1002013035000&div_id=4) (дата обращения: 13.05.2021)

#### **Очистка талого стока снежных полигонов**

*Воронов А.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Создание комфортной среды для жизни в большом городе приводит к возникновению экологических проблем. В частности, такие проблемы появляются при уборке снежных масс с городских территорий для организации безопасного движения транспорта и удобного передвижения горожан в зимний период. По сложившейся практике убраный с урбанизированных территорий снег складывается на снежных полигонах. Основными загрязнителями снежной массы являются взвешенные вещества (до 5300 мг/дм<sup>3</sup>), нефтепродукты (до 6,1 мг/дм<sup>3</sup>), ХПК (до 1000 мг/дм<sup>3</sup>), ионы тяжелых металлов. При зимней уборке городских территорий используются противогололедные реагенты, что приводит к увеличению солесодержания в снежной массе [1]. При отсутствии очистных сооружений талый сток

снежных полигонов постоянно загрязняет почву и окружающие полигон водные объекты.

По основным видам загрязнений талые воды снежных полигонов близки к талому стоку городов [2]. Для очистки такого вида поверхностных сточных вод в состав технологической схемы входят: резервуары-усреднители, сороудерживающие решетки, песколовки, отстойники, механические фильтры [3]. Несмотря на присутствие органических веществ, методы биологической очистки, как правило, не применяются из-за периодичности действия сооружений.

Для снижения концентрации солей, представленных, в основном, хлоридами, предлагается использовать сорбционные фильтры. Эксплуатация таких установок сложна технически и затратна. Кроме того, очистные сооружения будут работать в течение короткого периода времени. Поэтому стоит задача поиска недорогой сорбционной загрузки, которую можно использовать без регенерации. В качестве загрузки сорбционных фильтров, предназначенных для снижения содержания, хорошо зарекомендовало себя базальтовое волокно [4].

Для изучения степени извлечения таких загрязнений поверхностных сточных вод, как нефтепродукты и медь, образцами из техногенных отходов и местных природных материалов, которые характеризуются достаточно высокой обменной емкостью и отличаются низкой стоимостью, были применены:

- ветки тополя, являющиеся отходом опиловки городских деревьев;
- гранулы, полученные при обжиге керамического сырья с добавлением осадка станций обезжелезивания. Были использованы глины месторождений Уральского федерального округа: Кыштырлинского (основной минерал – монтмориллонит) и Мишкинского (основной минерал – каолинит) [5].

Концентрации поллютантов в растворах определялись на анализаторе жидкости «Флюорат 02-3М». Эффективность применения рассматриваемых загрузок представлена на рисунке 1. Результаты извлечения ионов меди из модельного раствора можно охарактеризовать как средние. Лучший результат по извлечению нефтепродуктов из водного раствора показал фитосорбент на основе измельченных веток тополя.

Предлагаемая технологическая схема очистки талого стока снежных полигонов с наличием скорого фильтра представлена на рисунке 2.

Для выравнивания режима работы в течение года очистные сооружения можно использовать для приема городского поверхностного стока. В зависимости от местоположения снежного полигона дальнейшая утилизация очищенных сточных вод может быть различной. При расположении полигона в зоне присутствия городских сетей водоотведения талый сток может быть направлен на очистные сооружения бытовой канализации. В загородной зоне приемником очищенного талого стока могут служить

водные объекты. В этом случае основная технологическая схема может быть дополнена фито-системой, как сооружением доочистки стока.

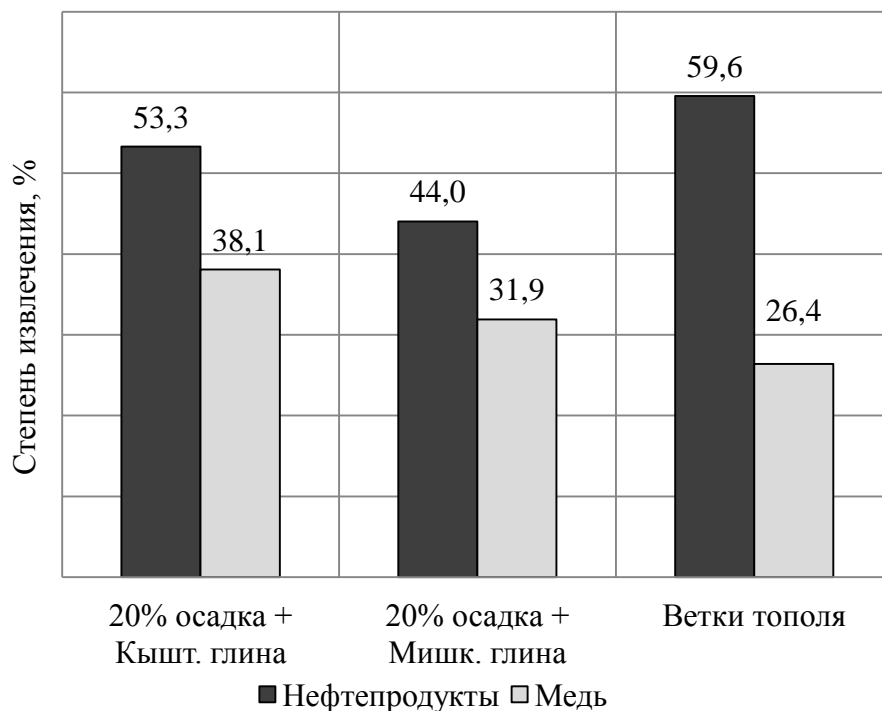


Рисунок 1. Степень извлечения меди и нефтепродуктов из водных растворов

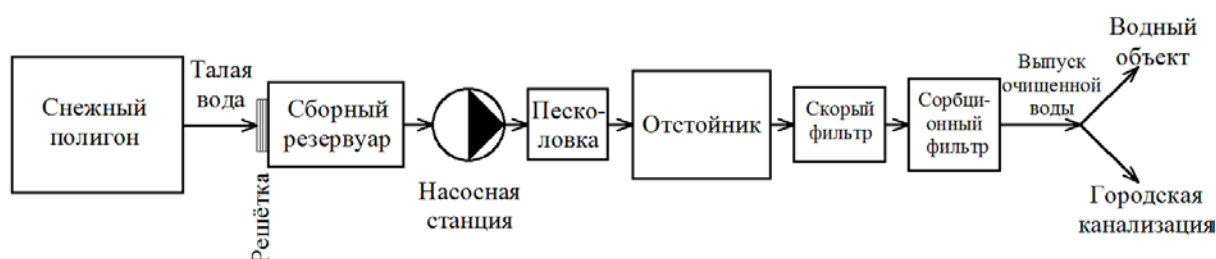


Рисунок 2. Технологическая схема очистки талого стока снежных полигонов

Измельченные ветки тополя, полученные при уходе за городскими зелеными насаждениями являются перспективным материалом для использования в качестве загрузки сорбционных фильтров для очистки поверхностных сточных вод от нефтепродуктов.

#### Библиографический список

1. Воронов, А. А. Экологические проблемы участков городских территорий, занятых снежными свалками / А. А. Воронов. – Текст: непосредственный // Новые технологии – нефтегазовому региону: материалы Междунар. науч.-практ. конф. : Т. 3. – Тюмень : ТИУ, 2019. – С. 26-28.
2. Совершенствование рациональных городских инженерных систем очистки поверхностных сточных вод / А. А. Воронов, Е. С. Малышкина, Е.



И. Вялкова, С. В. Максимова. – Текст: непосредственный // Градостроительство и архитектура. – 2018. – Т. 8. – № 3. – С. 43-50.

3. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов : ИТС 10-2019. – Москва : Бюро НДТ, 2019. – 426 с. – Текст: непосредственный.

4. Александров, В. А. Исследование структурных особенностей и эксплуатационных свойств полимерного катионообменного композиционного материала на основе модифицированных базальтовых волокон / В. А. Александров, Н. А. Пенкина, Д. П. Влазнев, Т. П. Устинова. – Текст: непосредственный // Химия и химическая технология. – 2011. – Т. 54. – Вып. 1. – С. 51-53.

5. Воронов, А. А. Перспективы использования осадка станций обезжелезивания в качестве сырьевого компонента при производстве сорбционно-коалесцентной загрузки на основе керамического сырья / А. А. Воронов, Л. И. Максимов. – Текст: непосредственный // Северный морской путь, водные и сухопутные транспортные коридоры как основа развития Сибири и Арктики в XXI веке : сборник докладов XX Международной науч.-практ. конф. Том 1. – Тюмень: ТИУ, 2018. – С. 43-47.

Научный руководитель: Максимова С. В., канд. техн. наук, доцент.

### **Альтернативные меры повышения противопожарной защиты на предприятиях нефтегазового комплекса**

*Корогодина Е.О.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Признание опасных факторов пожара, связанных с ними рисков и соответствующих мер по смягчению последствий пожара являются одними из ключевых направлений пожарной безопасности на предприятиях нефтегазовой отрасли. Нефтегазовая отрасль развивается быстрыми темпами, и использование системы противопожарной защиты неизбежно для предотвращения возникновения пожара, а также смягчения его последствий. Пассивная противопожарная защита (ПП) является одной из наиболее распространенных стратегий смягчения последствий пожаров.

В связи с легковоспламеняющимися химическими веществами, газами и материалами, используемыми в нефтегазовой промышленности, руководство предприятий уделяет значительное внимание противопожарной защите персонала и их рабочих мест. Контроль пожарной опасности является ключевой частью обеспечения безопасности работников на объектах добычи, переработки и других объектах.

Несмотря на повышенную технологическую и пожарную опасность объектов рассматриваемой отрасли органами государственного пожарного

надзора выявляется достаточно большое количество нарушений требований пожарной безопасности в ходе осуществления контрольно-надзорных мероприятий.

Самыми распространенными нарушениями пожарной безопасности приведены на рисунке 1 [2].

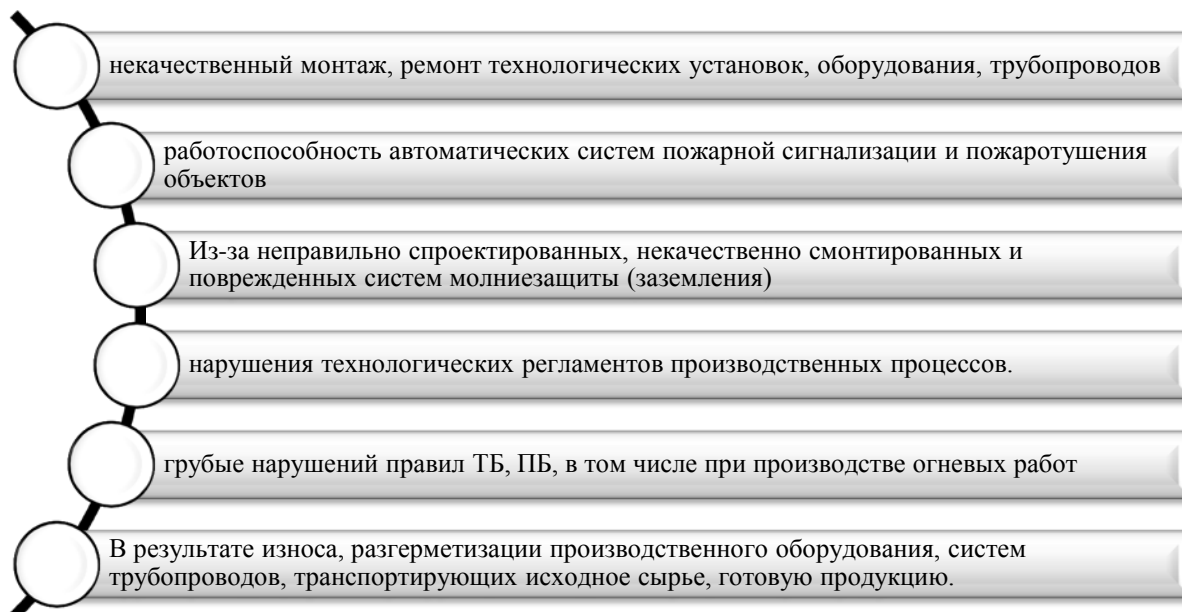


Рисунок 1. Наиболее распространенные нарушения пожарной безопасности нефтегазовой отрасли

В соответствии с правилами, установленными управлением по охране труда и гигиене труда для нефтегазового комплекса, все компании должны применять планы предупреждения и предотвращения пожаров.

Способы повышения эффективности противопожарной защиты приведены на рисунке 2 [1].

Главное внимание в процессе увеличения степени пожарной безопасности, должно уделяться состоянию средств пожаротушения, их диагностике, продлению срока службы, ремонту, оснащению систем. Рационально используя способы улучшения противопожарной защиты, будет положительный результат по снижению аварийности в сфере снижения пожаров.

Следует отметить, что неэффективность существующей системы регулирования противопожарной защиты сотрудников, заключается в том, что она затрудняет развитие информационных потоков о состоянии объектов. Эти данные необходимы для планирования и прогнозирования действий по предотвращению ситуаций связанных с пожароопасной обстановкой на предприятии или самих пожаров. Также старая система способствует подавлению новых идей и предложений, а также получению важнейшей информации в искаженном виде [4].



Рисунок 2. Способы повышения эффективности противопожарной защиты

В качестве основных направлений работ по противопожарной защите персонала можно выделить следующие:

- оценка локальных актов предприятия на соответствие требованиям нормативных правовых актов и нормативных документов по пожарной безопасности;
- разработка специальных технических условий, отражающих специфику обеспечения пожарной безопасности объектов и содержащих комплекс необходимых инженерно-технических и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности;
- разработка разделов проектной документации в части обеспечения пожарной безопасности;
- разработка планов тушения пожаров и др.

Не случайно, как бы это не было парадоксально, но некоторые инновационные предложения и научные разработки новых технологий в сфере противопожарной защиты и мер пожаротушения в нефтегазовой отрасли не нашли в российской действительности своего применения, а получили признание лишь за рубежом. Как считают многие руководители нефтега-

зовых компаний, что внедрение и применение зарубежного оборудования и технологий значительно проще, чем разработанные нашими учеными и пожарными. Российская государственная система контроля, за обеспечением пожарной безопасности должна основываться на своде законов о нефтегазовой отрасли с учетом специфики отрасли и потребностей государства и российских нефтегазовых предприятий.

Нормативное регулирование пожарной безопасности на нефтегазовых предприятиях базируется на определении перечня требований, соблюдение которых свидетельствует о достаточном уровне безопасности ее применения. К сожалению, сегодня установленные требования к пожарной безопасности на объектах нефтегазового комплекса как правило не способствуют его реальному улучшению, так как не воспринимаются объективно, а разработаны на анализе прошедших ситуаций пожаротушения и не учитывая новейших технологий и обстоятельств. В связи с тем, что в при составлении перечня требований к пожарной безопасности принимают участие несколько ведомств и регулирующих органов, которые иногда прямо противоречат друг другу. В результате через некоторое время перечень обязательных требований, а также их детализация становятся все более объемными и противоречивыми [3].

Таким образом, нужно дальше проводить исследования, обращенные на гармонизацию имеющихся и разработку новых нормативных документов, на поиск высокоэффективных методов и инструментов обеспечения пожарной безопасности объектов нефтегазового комплекса. Для этого также необходимо взаимодействие всех министерств и ведомств, а также привлекать к этому научные организации, конструкторские бюро, проектные организации, которые непосредственно занимаются вопросами противопожарной защиты.

#### Библиографический список

1. Дергаль, П. П. Противопожарная безопасность вчера, сегодня и завтра / П. П. Дергаль, А. Е. Фёдорова. - Текст : непосредственный // Молодой ученый. - 2017. - № 11.2 (145.2). - С. 55-58.
2. Литвинов, В. А. Совершенствование методов тушения пожаров на предприятиях нефтепереработки / В. А. Литвинов. - Текст : непосредственный // Молодой ученый. - 2016. - № 9.1 (113.1). - С. 42-43.
3. Пожарная безопасность нефтеперерабатывающих предприятий : [сайт]. - URL : <https://fireman.club>. (дата обращения: 11.03.2021). - Текст : электронный.
4. Пожарная безопасность объектов нефтегазового комплекса: реализация нормативных требований: [сайт]. - URL : <https://www.aktivsb.ru> (дата обращения: 11.03.2021). - Текст : электронный.

Научный руководитель: Ударцева О.В., док. техн. наук, профессор.

## Влияние работы спецтехники на работников нефтегазовой отрасли

Проничева К.А.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Атмосферный воздух загрязнен различными примесями от промышленного производства. Нефтегазовая отрасль – одна из крупных в нашем регионе, которая вносит свой негативный вклад в загрязнение атмосферы. Находясь в районах с загрязненным воздухом, человек подвергается опасному воздействию. Для того, чтобы правильно сформулировать мероприятия по охране труда, необходимо знать, какие вещества при промышленных работах выбрасываются в атмосферу, каковы их концентрации по отношению к предельно-допустимым концентрациям (ПДК) и как именно эти вещества влияют на организм человека, входят ли эти вещества в группу суммации. В данной научной работе рассмотрим влияние спецтехники на работников нефтегазовой сфере на примере Уватского района.

Источниками выделений загрязняющих веществ являются двигатели дорожно-строительных машин в период движения по территории и во время работы в нагруженном режиме и режиме холостого хода и двигатели автомобилей, перемещающихся по территории предприятия. В табл. 1 и табл. 2 представлен перечень спецтехники и автотранспорта для расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Таблица 1

Перечень и характеристики спецтехники

Тип ДМ	Количество	Время работы одной машины							Кол-во рабочих дней	Одновременность
		в течение суток, ч				за 30 мин, мин				
		все-го	без нагрузки	под нагрузкой	холостой ход	без нагрузки	под нагрузкой	холостой ход		
ДМ колесная, мощностью 101-160 кВт (137-218 л.с.)	5	8	3,2	3,46667	1,33333	12	13	5	7	+
ДМ колесная, мощностью 61-100 кВт (83-136 л.с.)	3	8	3,2	3,46667	1,33333	12	13	5	6	+
ДМ колесная, мощностью до 20 кВт (до 27 л.с.)	5	8	3,2	3,46667	1,33333	12	13	5	4	+
ДМ гусеничная, мощностью 61-100 кВт (83-136 л.с.)	7	8	3,5	3,2	1,3	12	13	5	8	+

Таблица 2

## Перечень и характеристики автотранспорта

Тип автотранспортного средства	Количество автомобилей		Одновременность
	среднее в течение суток	максимальное за 1 час	
Грузовой, г/п свыше 16 т, дизель	10	3	+
Грузовой, г/п от 5 до 8 т, дизель	10	3	+
Грузовой, г/п от 8 до 16 т, дизель	10	3	+

Произведем расчет выбросов от работы техники с помощью программного обеспечения фирмы «Интеграл».

Характеристика выделений загрязняющих веществ в атмосферу от работы автотранспорта и спецтехники представлена в таблице 3.

Таблица 3

## Характеристика выделений загрязняющих веществ в атмосферу

Загрязняющее вещество		Максимально разовый выброс, г/с	Годовой выброс, т/год
код	наименование		
301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,65964	2,123792
304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,1071514	0,03466092
328	Углерод (Сажа)	0,0893916	0,285395
330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0,0699691	0,2288395
337	Углерод оксид	0,5838861	1,9195
2732	Керосин	0,1571806	0,50683

Оценить вредное воздействие выбросов, необходимо произвести расчет рассеивания ЗВ в атмосферу. Расчет рассеивания выполнен с помощью программного обеспечения фирмы «Интеграл». Расчет рассеивания представлен в таблице 4.

Таблица 4

## Параметры источников загрязнения атмосферы

№ ИЗА	Тип	Высота, м	Диаметр, м	Параметры ГВС			Координаты			К рел	Опас. скор. ветра, м/с	Загрязняющее вещество			Макс. конц-я, д.ПДК	Расст. до максима, м
				скорость, м/с	объем, м³/с	темп., °С	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	ширина, м			код	масса выброса, г/с	К ос.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>Объект: 1. Месторождение Уватского района</b>																
1	2	2	-	1,5	0,294	25,9	149,7	78	-	1	0,5	301	0,0097778	1	1,07	4,7
							47,2	34,8				304	0,0015889	1	0,138	8,4
												328	0,0006667	3	0,35	5,7
												330	0,0023778	1	0,168	10,3
												337	0,1888889	1	1,51	10,3
												415	0,0151111	1	0,07	10,3
												2704	0,0222222	1	0,140	10,3
												2732	0,0022222	1	0,07	10,3

Из результатов расчета рассеивания мы видим, что превышение ПДК у следующий веществ: (301) Азота диоксид (Азот (IV) оксид) и (337) Углерод оксид.

При длительном воздействии такого вещества, как диоксид азота, у людей возможны следующие заболевания: катар верхних дыхательных путей, бронхит, круп, воспаление легких. Попадая в организм человека, диоксид азота при контакте с влагой образует азотистую и азотную кислоты, которые разъедают стенки альвеол легких. При больших концентрациях этого вещества у работников может возникнуть отек легких, который приводит в летальному исходу.

При воздействии такого вещества, как оксид углерода, у работников могут наблюдаться такие симптомы, как головокружение, тошнота, рвота. При больших концентрациях попадания через дыхательные пути возможен летальный исход. Для того, чтоб сохранить здоровье работников, необходимы профилактические мероприятия.

#### Библиографический список

1. Беляков, Г. И. Охрана труда и техника безопасности : учебник для прикладного бакалавриата / Г. И. Беляков. - Москва : Юрайт, 2016. - 404 с. – Текст : непосредственный.

2. Гармаза, А. К. Охрана труда: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений по специальностям лесного профиля / А. К. Гармаза, И. Т. Ермак, Б. Р. Ладик. – Минск : БГТУ, 2010. – 366 с. – Текст : непосредственный.

3. Охрана труда и промышленная экология: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В. Т. Медведев, С. Г. Новиков, А. В. Каралюнец [и др.]. - Москва : Академия, 2012. - 416 с. – Текст : непосредственный.

#### **Значение «безопасного лидера» в системах управления охраной труда**

*Федоренко К.И., Булавка Ю.А., Адамович Д.Н.*

*Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк*

На всех предприятиях для создания условий по обеспечению сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности разрабатывается система управления охраной труда (СУОТ), призванная снизить частоту либо предотвратить производственный травматизм и профессиональную заболеваемость. Наниматели обязаны разработать, внедрить и поддерживать функционирование СУОТ. Ранее организации осуществляли сертификацию СУОТ и оценку соответствия на OHSAS 18001:2007 (либо на государственные аналоги СТБ 18001-2009 в Республики Беларусь и ГОСТ Р 54934-2012 в Российской Федерации). Однако, в связи введением в действие ISO 45001-2018 «Системы менеджмента здоровья и безопасности при профессиональной деятельности. Требования и руководство по применению» требуется актуализация СУОТ в связи с новым международным стандартом.

ISO 45001-2018 вводит новое требование к усилению демонстрации лидерства и приверженности со стороны руководства и сотрудников охране здоровья и безопасности. Потому как поступки руководителей разных уровней и неформальных лидеров в коллективах с чем они мирятся и на чём настаивают, определяет норму безопасного поведения остальных работников. Однако, в настоящее время не разработан методологический аппарат по выбору лидеров в коллективах, не определены компетенции для так называемых «безопасных лидеров».

Под лидерством в области охраны труда понимают способность обеспечить руководство группой людей, влиять на этих людей и вовлекать их осознанно и добровольно действовать соответствующим образом для достижения целей предприятия в области безопасности труда. Специалистам службы охраны труда и подготовки кадров потребуется осуществлять регулярную работу с лидерами для формирования у них желания влиять на безопасность, а также понимания как они могут это делать, обучить практическим приемам поведенческой безопасности и инструментам эффективного вмешательства.

Придерживаясь основных принципов, каждая организация развивает свою собственную культуру безопасности. И каждый сотрудник в той или иной степени начинает следовать основным ценностям, заложенным в культуру организации [1]. Именно эти ценности определяют отношение сотрудников к безопасности на производстве и могут оказать как позитивное, так и негативное влияние на безопасность.

Когда молодой специалист попадает в сформированную рабочую группу он постепенно начинает осваивать ее нормы, взгляды и убеждения. Если в группе сформирован высокий уровень культуры безопасности, то и работник, недавно вошедший в состав группы, также начинает проявлять высокий уровень культуры безопасности. Привычные меры: наказание, беседы, ежегодные проверки, бывают малоэффективными, если правила безопасного поведения на производстве не станут для членов определенной группы стойкими убеждениями, входящими в ценностную систему личности. Поэтому в настоящее время лидер рассматривается как движущий фактор, способный изменить сложившуюся систему не разрушая единство группы.

В повседневной практике лидерами называют индивидов, оказывающих влияние на других посредством авторитета личности. Лидер способен мотивировать людей на изменения, благодаря лидеру предприятие может выйти на новый уровень своего развития, в том числе в области безопасности труда. Обладая определенным набором качеств, человек становится тем, на кого равняются, кому доверяют и готовы прислушиваться к его мнению. Если рассматривать лидера в контексте соблюдения правил охраны труда, то наибольший интерес представляет трансформационный лидер. Именно такой тип лидера в условиях низкого уровня культуры без-



опасности, может способствовать ее повышению, воздействуя на каждого сотрудника и изменяя групповые нормы. Эффективные лидеры воздействуют на когнитивные и мотивационные структуры последователей, мотивируя их к достижению результатов. В условиях частого игнорирования норм безопасного поведения, что приводит к травмам и несчастным случаям на производстве привлечение лидерского потенциала к повышению уровня культуры безопасности является приоритетным направлением в современной системе управления персоналом, что особенно важно для производств повышенной опасности нефтегазовой отрасли.

Таким образом, в настоящее время возникает необходимость выделить особый вид лидера – «безопасного», который способен на своем примере показать значимость соблюдения основ безопасного поведения на производстве, что позволит повысить уровень культуры безопасности в целом, будет способствовать быстрому внедрению новых норм поведения.

#### Библиографический список

1. Баранников, К. В. Модель развития профессиональной культуры в компании «Газпром трансгаз Екатеринбург» / К. В. Баранников, В. А. Ведерников, Ф. С. Исмагилова // Организационная психология. - 2020. - Т. 10. - № 2. - С. 107–128

### **Проблема отрицательного влияния автомобильного транспорта на экологию и способы ее решения**

*Ямалетдинов А.И.*

*Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа*

В 2000 году уровень автомобилизации в нашей стране составлял 132,4 машины на 1000 граждан [1]. К 2020 году этот показатель увеличился до 309 автомобилей на 1000 россиян [2]. Вместе с количеством машин растут и объемы их вредных выбросов: в 2020 году в России был поставлен рекорд по загрязнению воздуха за последние 16 лет [3]. Поэтому в крупных городах нашей страны сегодня существует проблема загрязнения окружающей среды выхлопными газами, которые представляют собой продукты полного и неполного сгорания бензина и дизельного топлива и содержат токсичные и канцерогенные вещества, такие как оксиды азота и углерода, соединения свинца, серы, углеводороды, альдегиды, бензопирен и многие другие составляющие, которые отравляют людей и природу.

Для благополучной жизни россиян возникает необходимость не допустить дальнейшего роста вредных выбросов автотранспорта в окружающую среду. Попробовать решить проблему путем уменьшения числа самих машин не предоставляется возможным, так как автомобиль на сегодняш-

ний день является самым популярным видом транспорта, который используется практически во всех сферах жизни человека. Поэтому необходимо найти подходящую альтернативу бензиновым и дизельным двигателям внутреннего сгорания.

Сегодня за границей набирают популярность автотранспортные средства на электрической тяге. Электромобили не выбрасывают в атмосферу вредных веществ, однако они перекадывают эту «обязанность» на электростанции, которые из-за возросшего спроса на электроэнергию будут вынуждены сжигать больше нефтепродуктов и угля, а значит и выбрасывать больше вредных веществ в атмосферу. Кроме того, аккумуляторы содержат в своем составе никель, кадмий и другие ядовитые компоненты, которые при изготовлении, повреждении и утилизации аккумуляторов попадают в биосферу и отравляют ее. Эти факторы, а также длительная зарядка, огнеопасность, снижение энергоемкости при перезаряде и уменьшение работоспособности аккумуляторов при низких температурах говорят о невозможности распространения электромобилей в суровых климатических условиях России.

Другой новинкой автомобильной промышленности является водородный транспорт, выбрасывающий в атмосферу только водяной пар. Но водород получают электролизом воды, который требует большого количества электроэнергии, вырабатываемой электростанциями, то есть, как и электромобили, водородный транспорт косвенно является первопричиной вредных выбросов. Кроме того, данный газ очень летуч, взрывоопасен, а водородное оборудование сложно в производстве и требует обслуживания высококвалифицированными специалистами. Поэтому распространение водородного транспорта не является перспективным решением экологической проблемы России.

Известно, что в качестве моторного топлива в привычных населению бензиновых и дизельных двигателях внутреннего сгорания можно использовать сжиженный нефтяной газ (СНГ – смесь газов «пропан-бутан») и компримированный природный газ (КПГ – метан), которые применяются в автотранспортных средствах более 100 лет, что говорит об изученности, а значит и о безопасности газобаллонного оборудования. При этом количество вредных выхлопов сокращается сразу на 80% и более по сравнению с традиционным топливом, а ресурс двигателя увеличивается. К сожалению, лишь 5% машин от общего автопарка России эксплуатируются с газобаллонным оборудованием [4]. Если сравнивать СНГ и КПГ, то первый тяжелее воздуха, из-за чего способен скапливаться в автомобиле и гараже при повреждении баллона, гораздо взрывоопаснее, требует специального приготовления смеси и имеет примеси, потому не считается полностью безопасным для человека и экологии. КПГ – легче воздуха, из-за чего быстро улетучивается при повреждении баллона, является самым чистым топливом на планете, которое к тому же уже приготовлено в недрах Земли для

прямого использования в двигателях внутреннего сгорания, а поэтому метан гораздо дешевле не только бензина и дизельного топлива, но и пропан-бутановой смеси [5]. К сожалению, инфраструктура СНГ развита в России гораздо лучше, чем КПП: по проведенному автором в период с 01.03.2021 по 05.03.2021 на малочисленных автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях города Уфы наблюдению было замечено, что голубое топливо в двигателях внутреннего сгорания используется в основном только общественным транспортом и машинами муниципальных служб.

Наша страна является мировым лидером по запасам природного газа, а большинство городов в стране газифицированы, поэтому государство просто обязано воспользоваться такими благоприятными возможностями для развития метановой инфраструктуры: необходимо организовать массовое строительство газозаправочных станций в населенных пунктах и рядом с автомобильными трассами, а главное – поспособствовать переводу большинства российских автомобилей на природный газ путем поощрения граждан за установку газобаллонного оборудования для голубого топлива.

Таким образом, только использование метана в моторах является реальной альтернативой бензиновым и дизельным двигателям внутреннего сгорания и способно уменьшить вред автотранспорта на экологию. Поэтому государству следует уделить особое внимание стимулированию переоборудования частных автомобилей для использования голубого топлива. Это необходимо во имя здоровья граждан.

#### Библиографический список

1. Тархов, С. А. Региональные различия автомобилизации в России / С. А. Тархов. – Текст : электронный // География. – 2004. – № 1. – URL : [http://waksman.ru/Russian/Streets\\_net/Tarhov04.htm](http://waksman.ru/Russian/Streets_net/Tarhov04.htm) (дата обращения: 08.03.2021).

2. Сколько автомобилей приходится на тысячу жителей в России?. – Текст : электронный // Аналитическое агентство «АВТОСТАТ» : официальный сайт. – 2020. – URL : <https://www.autostat.ru/infographics/46352/> (дата обращения: 08.03.2021).

3. В России поставлен рекорд по загрязнению воздуха за 16 лет. – Текст : электронный // Новости дня в России и мире – РБК : официальный сайт. – 2020. – URL : <https://www.rbc.ru/society/17/11/2020/5fb26d119a7947780c13f546> (дата обращения: 08.03.2021).

4. Автотранспорт на газе: экологичный, экономичный, безопасный. Почему его так мало в России?. – Текст : электронный // Новости в России и в мире – ТАСС : официальный сайт. – 2019. – URL : <https://tass.ru/opinions/6974728> (дата обращения: 09.03.2021).

5. Какой газ лучше заправлять в авто, метан или пропан. – Текст : электронный // Пропан 24 : официальный сайт. – 2016. – URL : <http://propan24.ru/articles/kakoj-gaz-luchshe-zapravlyat-v-avto-propan-ili-metan> (дата обращения: 10.03.2021).

Научный руководитель: Моисеев К.В., канд. физ.-мат. наук, доцент

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

### **Продукты риформинга бензиновых фракций как сырье нефтехимии**

*Альтин А.Х.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Пандемия новой коронавирусной инфекции, начавшаяся в 2019 году, добавила актуальности не только научным работам в области медицины, но и коснулась нефтепереработки. А именно: введенные карантинные ограничения по всему миру свели к минимуму передвижение людей, что привело к значительному падению спроса на моторные топлива и, в итоге, породило беспрецедентную ситуацию в нефтяной отрасли, когда цены на нефть достигли отрицательных значений. Всё это, вкупе с последними заявлениями ведущих мировых автопроизводителей об их стремлениях развивать производство автомобилей не использующих бензин в качестве топлива является дополнительным стимулом для поиска новых потребителей бензинов риформинга и его компонентов.

Исходя из сложившейся ситуации и мировых трендов, связанных с отказом от углеводородных энергоносителей развитыми странами, а также постоянно растущим спросом на ароматические углеводороды, являющимися основными компонентами продуктов риформинга бензиновых фракций было принято решение рассмотреть возможные способы доработки технологической схемы секции риформинга Комбинированной установки производства высокооктановых бензинов АО "Антипинский НПЗ".

Принимая во внимание компонентный состав риформата, приведенный в таблице 1, целью работы стал выбор оптимального варианта выделения ароматических углеводородов из бензина риформинга.

В процессе работы комплексно рассматриваются различные существующие и перспективные схемы разделения углеводородных смесей, состоящих из аренов, алканов и малых примесей алкенов и циклоалканов, с целью сравнения и подбора наиболее подходящей под имеющееся сырьё. Так как на данный момент известно три основных способа разделения этих смесей, используемых в промышленном производстве: азеотропная ректификация, экстрактивная ректификация и селективная экстракция, то в первую очередь рассматриваются данные процессы.

Кроме того, в рамках рассмотрения технологических схем выделения ароматических углеводородов из смеси, стоит вопрос о выборе экстрагента, обладающего наибольшей селективностью по отношению к аренам и, одновременно с этим, наиболее доступным с экономической точки зрения. Наиболее используемыми в нефтехимической промышленности экстрагентами являются гликоли (диэтиленгликоль, триэтиленгликоль, тетраэтиленгликоль), сульфолан и N-метилпирролидон, пропиленкарбонат и их смеси.

## Показатели качества бензина риформинга АО «Антипинский НПЗ»

Показатель	Значение
Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>	812,1
Температура начала кипения, °С	41,5
5% перегоняется при температуре, °С	91,0
10% перегоняется при температуре, °С	103,0
20% перегоняется при температуре, °С	113,0
30% перегоняется при температуре, °С	119,5
40% перегоняется при температуре, °С	125,5
50% перегоняется при температуре, °С	132,5
60% перегоняется при температуре, °С	140,5
70% перегоняется при температуре, °С	149,0
80% перегоняется при температуре, °С	158,5
90% перегоняется при температуре, °С	170,0
95% перегоняется при температуре, °С	178,0
Температура конца кипения, °С	209,5
Температура конца кипения, °С	0,6
Объемная доля остатка в колбе, %	0,4
Потери, %	19,6
Упругость паров по Рейду, кПа	98,6
Октановое число по исследовательскому методу	16
Цветность, ед.	8,8
Парафиновых, %	22,4
Изопарафиновых, %	31,2
Суммарное содержание парафинов, %	2,0
Олефиновых, %	1,1
Нафтеновых, %	65,7
Ароматических, %	0,4
Объемная доля бензола, %	

Сравнительный анализ показал, что с точки зрения капитальных и эксплуатационных затрат преимущество имеет азеотропная ректификация ввиду отсутствия блока регенерации экстрагента, однако из-за недостаточной чёткости разделения, может возникнуть необходимость включения в схему блока адсорбции, для доизвлечения ценных компонентов, что в итоге приведет к удорожанию и усложнению процесса.

Ввиду преимуществ селективной экстракции перед экстрактивной ректификацией в части простоты процесса и наличия положительного мирового опыта по эксплуатации такого рода технологических установок, а также особенностями промышленной площадки АО "Антипинский НПЗ", процесс экстракции ароматических углеводородов из риформата выглядит более привлекательным для встраивания в технологическую схему существующей установки.

На данном этапе работы проводится сбор и обработка информации для последующего обоснованного выбора оптимального экстрагента и

расчёта основного оборудования уже исходя из данных о компонентном составе сырья, свойств экстрагента при заданных параметрах процесса.

Результаты, которые будут получены по окончании работы могут быть использованы в анализе современного состояния производства, при планировании дальнейшего развития планов по модернизации, а также для практического применения на производстве с целью расширения номенклатуры выпускаемых товарных продуктов и диверсификации производства.

#### Библиографический список

1. Технологический регламент Комбинированной установки производства высокооктановых бензинов Технологического цеха по каталитическим процессам № 2 АО «Антипинский НПЗ». – Тюмень, АО «Антипинский НПЗ», 2018. – 830 с. – Текст : непосредственный.

2. Черный, И. Р. Производство сырья для нефтехимических синтезов / И. Р. Черный. – Москва : Химия, 2014. – 336 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Глазунов А.М., кандидат техн. наук, доцент.

### **Сульфидная форма катализатора гидроочистки дизельного топлива**

*Бочина А.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В современном мире растет спрос на автомобильные топлива. В том числе и на дизельное топливо. Основным процессом получения товарного дизельного топлива является процесс гидроочистки. В данном процессе происходит удаление гетероатомных и непредельных соединений. Из-за экологических требований необходимо увеличить эффективность удаления сернистых соединений. Сложность устранения серы возрастает в ряду меркаптаны < дисульфиды < тиофены < бензтиофены < дибензтиофены [1].

Для более качественного проведения процесса ведутся разработки по внедрению новой технологии производства катализатора.

Кобальт с молибденом и никель с вольфрамом могут образовывать сложные соединения при сульфировании которых получается активная структура сульфидного типа. Сульфидная форма катализатора более активна чем оксидная. Также данный катализатор устойчив к отравляющему действию сернистых и азотистых соединений. Вводят серу в катализатор дитретбутилполисульфидом, добавленным в прямогонную фракцию дизельного топлива, непосредственно в реакторе [2].

Со временем при использовании катализатора происходит его рассернение под действием ВСГ. Поэтому некоторые фирмы перестали полностью очищать водородосодержащий газ от сероводорода чтобы обеспечить его концентрацию на входе в слой катализатора.

Так же активность катализатора зависит от дисперсности. Чем более он дисперсен тем более активен. Основная трудность приготовления катализатора – достигнуть высокой дисперсности, но разработана технология пропитки катализатора, которая повышает активность и стабильность катализатора.

#### Библиографический список

1. Солодова, Н. Л. Катализаторы гидроочистки / Н. Л. Солодова. – Текст : непосредственный // Вестник технологического университета. – 2017. – № 10. – С. 53-60.
2. Магарил, Р. З. Теоретические основы химических процессов переработки нефти / Р. З. Магарил. – Ленинград : Химия, 1985. – 280 с. – Текст : непосредственный.

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

#### **Использование побочных продуктов пиролизных установок нефтехимических производств в строительстве**

*Булавка Ю.А., Шульга Е.А., Вашкова Н.С.*

*Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк*

При пиролизе углеводородного сырья нефтехимических предприятий образуются ряд побочных продуктов один из которых – тяжелая смола пиролиза (ТСП), представляющая собой смесь различных групп углеводородов, с преобладанием ароматических, температура кипения которых выше 160°C [1]. В настоящее время ТСП рационально не используется, в большинстве случаев вовлекается в состав котельного топлива. Объемы производства ТСП российскими нефтехимическими предприятиями составляют ежегодно более 300 тыс. тонн, а белорусскими более 15 тыс. тонн в год [2]. Высокое содержание нафталина и его алкилпроизводных позволяют рассматривать ТСП как ценное сырье для нефтехимии и строительных материалов, в частности, получения пластификаторов для цементных систем.

Целью данного исследования является анализ возможности использования побочных продуктов пиролизных установок нефтехимических предприятий, в частности нафталинсодержащей фракции тяжёлой смолы пиролиза в качестве сырьевого компонента для получения пластификатора бетонной смеси.

Синтез пластификатора выполняли методом сульфирования серной кислотой при нагреве до 160°C в течении 30 минут ТСП в присутствии алкилбензолов C<sub>10+</sub> производимых ОАО «Нафтан», в последующем конденсация образующиеся сульфокислоты с формальдегидом и нейтрализуя полу-



ченный продукт раствором гидроксида натрия до водородного показателя рН 8, при этом содержание нафталина в отобранном образце ТСП составляло 18% масс. Для предотвращения интенсивных процессов полимеризации при синтезе пластификатора рекомендуется медленный нагрев до температуры реакции и поддержание температуры с отклонением не более 5°C.

Результаты определения по ГОСТ 10181 расплыва конуса бетонной смеси для различных сульфлируемых фракций ТСП, при объёмном соотношении компонентов на сульфирование ТСП: алкилбензолы  $C_{10+}$ :  $H_2SO_4$  соответственно 10:5:12 и 0,4% мас. пластификатора в цементной системе показали следующие значения: 85x70 мм для широкой фракция ТСП; 70x65 мм для узкой фракции ТСП 210 – 230°C. Эффективнее всего повышается подвижность цементной смеси при использовании широкой фракции ТСП (см. расплыв конуса бетонной смеси на рисунке 1 а), при этом полученные результаты сопоставимы с промышленным аналогом - суперпластификатором С-3 (показатель расплыва конуса бетонной смеси 87x65 мм, см. на рисунке 1 б). Из этого следует, что ТСП может применяться как потенциальный сырьевой ресурс для синтеза пластификатора для получения бетонной смеси.

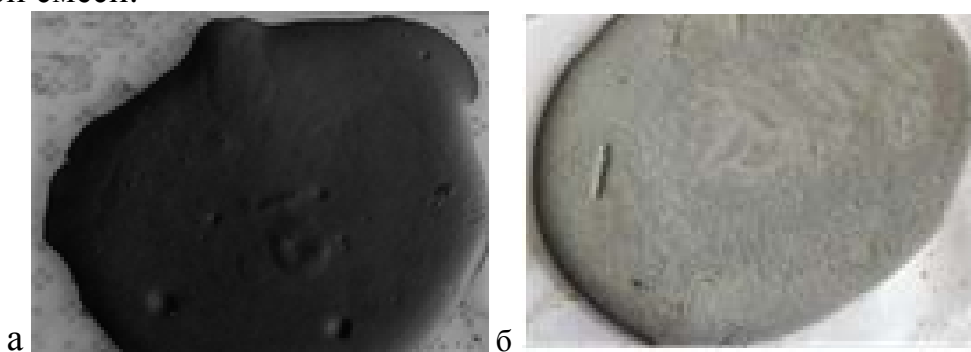


Рисунок 1. Результаты анализа расплыва конуса бетонной смеси: а - при использовании широкой фракции ТСП; б - при использовании промышленного аналога - суперпластификатором С-3

Таким образом, с целью повышения рентабельности пиролизных установок нефтехимических предприятий и расширения сырьевой базы для получения строительных материалов предлагается эффективный способ вовлечения побочных продуктов в производство строительных материалов, включающий процессы фракционирования тяжелой смолы пиролиза на узкие фракции, выделения фракции выкипающей до 230°C с целью её дальнейшего использования для получения пластификатора для бетонной смеси. Пластификатор предлагается получать конденсацией нафталиносульфокислот из фракции тяжелой смолы пиролиза и формальдегида. Оптимальный результат по подвижности бетонной смеси характерен для синтеза пластификатора с вовлечением алкилбензолов  $C_{10+}$  при объёмном соотношении компонентов на сульфирование – тяжелая смола пиролиза: алкилбензолы  $C_{10+}$ : $H_2SO_4$  соответственно 10:5:12.

## Библиографический список

1. Bulauka, Y. A. PGO Processing with azeotropic rectification to extract naphthalene / Y. A. Bulauka, S. F. Yakubouski. – Текст: непосредственный // Topical Issues of Rational Use of Natural Resources 2019- Litvinenko (Ed), Taylor & Francis Group, London. – 2020. – Volume 2. – P. 495-501. - DOI: 10.1201/9781003014638.

2. Суперпластификаторы для бетонной смеси на основе тяжелой смолы пиролиза / С. Ф. Якубовский, Ю. А. Булавка, Е. А. Шульга, Н. С. Вашкова. – Текст: непосредственный // НЕФТЕХИМИЯ – 2020: материалы III Междунар. науч.-техн. форума по хим. технологиям и нефтегазопереработке (2–3 декабря 2020 г.; Минск.). – Минск: БГТУ, 2020. – С. 14-17.

Научный руководитель: Якубовский С.Ф., канд. хим. наук, доцент

### **Перспективы реконструкции работы абсорберов на газоперерабатывающих заводах**

*Елфимова М.Ю.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В развитие осушки газов абсорбционным способом, все больше делается упор на увеличение степени выхода целевых компонентов и удалении нежелательных, таких как вода, кислые компоненты и т.д. С каждым годом растут требования к товарной продукции, как на внутреннем, так и на внешнем рынке.

Сам процесс абсорбции представляет собой поглощение удаляемого компонента или компонентов, в абсорбенте с последующей регенерацией абсорбента. Движущей силой процесса абсорбции является разность парциальных давлений поглощаемого компонента в газовой фазе. Поглощаемый компонент стремится перейти в ту фазу, где его концентрация меньше. Чем больше эта сила, тем интенсивнее переходит этот компонент из газовой фазы в жидкую [1].

Для повышения степени удаления вредных компонентов, есть много способов достижения этой цели. Таких как замена абсорбента, контактных устройств (тарелок, насадок) или распределительного устройства.

Одним из вариантов может быть использование патента № 200779.

Основной задачей является увеличение производительности абсорбера. Она достигается тем, что распределяющая тарелка, включающая перфорированное основание с газопроводящими патрубками, под которыми расположены стаканы с перфорированными доньшками, и переливные устройства для жидкости, прикрепленные нижними частями к стаканам, а верхними – к основанию и газопроводящим патрубкам. Причем перфори-

рованное основание прикреплено к подшипнику, закрепленному на вертикально установленной по центру аппарата неподвижной оси.

Закрепление перфорированного основания тарелки на подшипнике, закрепленном на вертикально установленной по центру аппарата неподвижной оси, позволяет основанию тарелки вращаться относительно вертикально установленной по центру аппарата неподвижной оси. Что в свою очередь позволяет под действием центробежной силы отбрасывать верхние слои жидкости на стенки аппарата, что приведет к более интенсивному перемешиванию верхних слоев жидкости и позволит дополнительно захватывать газ, увеличивая поверхность контакта фаз, повышая тем самым производительность.

На рисунке 1 представлен вид распределительной тарелки в разрезе.

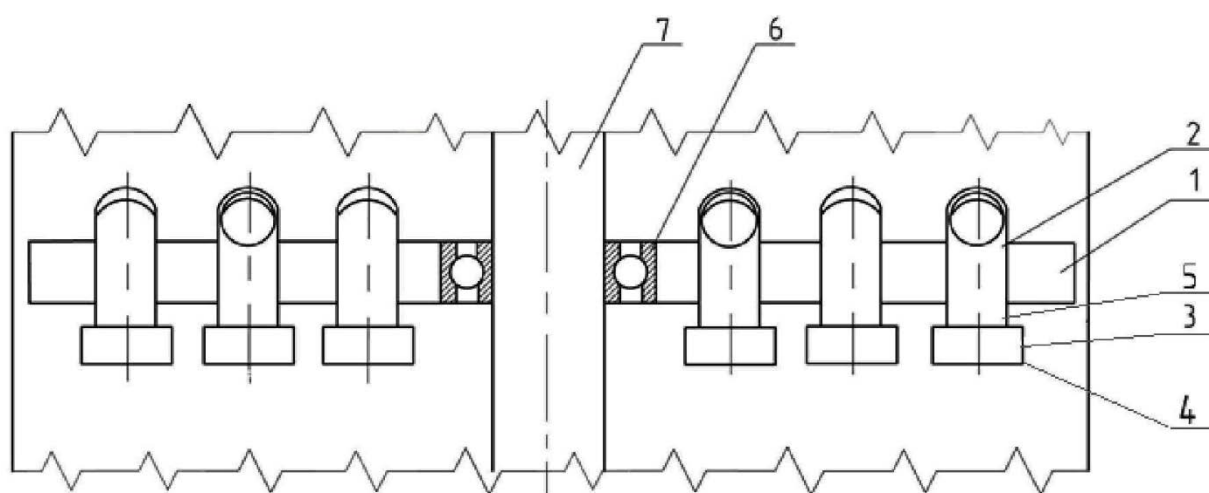


Рисунок 1. Распределительная тарелка в разрезе

Где 1 – перфорированное основание; 2 – газопроводящие патрубки; 3 – стаканы; 4 – перфорированные доньшки; 5 – переливные устройства; 6 – подшипник; 7 – ось

#### Библиографический список

1. Информационно-технический справочнику по наилучшим доступным технологиям. Переработка природного и попутного газа : ИТС 50-2017 : утв. Росстандартом 14.11.2017 : введ. в действие с 01.05.2018. – Москва : Бюро НДТ, 2017. – 213 с. – Текст : непосредственный.

2. Дытнерский, Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии / Ю. И. Дытнерский. – Москва : Химия, 1991. – 486 с. – Текст : непосредственный.

3. Пат. 200779 Российская Федерация, МПК В01D 3/30. Распределительная тарелка для теплообменных аппаратов : № 2020116455 : заявл. 20.05.2020 : опубл. 11.11.2020 / Прохоренко Н. А., Голованчиков А. Б., Залипаева О. А., Шиюитова Н. В., Смольская Д. О. ; патентообладатель

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего государственной технической университет" (ВолгГТУ). - Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Семухин С.П., канд. пед. наук, доцент.

### **Современные технологические решения по производству базовых полиолефинов**

*Кабанов А.Д., Таранова Л.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Производство базовых полиолефинов в современном мире постоянно растёт и выбор того или иного способа производства зависит от нескольких факторов, таких как: требуемая марка полиолефина, технологические параметры процесса (температура, давление и фаза проведения процесса), а также используемый в процессе катализатор [1]. Все современные производственные мощности по производству полимеров являются энергоёмкими и целью данной работы является анализ технологических решений производства полиолефинов и возможность оптимизации процесса на примере конкретной технологической установки с возможностью применения энергоёмких технологий.

На фоне роста мировой экономики темпы потребления всех видов энергоресурсов растут кратными темпами раз в десятилетие. В этой связи возникает вопрос осознанного использования всех видов ресурсов для более полной загрузки мощностей без выбросов в окружающую среду, без потерь и аварий.

При большом объёме запасов минеральных ресурсов в России (газ – 1 место в мире по запасам, нефть – 8 место в мире, ПНГ, газоконденсат) глубина переработки нефти в среднем составляет 82,3%, а при лидерстве в добыче нефти мы получаем огромные запасы попутного нефтяного газа, который может быть использован в производстве продуктов более высокого передела (СУГ, полимеры, эпоксины). К сожалению, даже после запуска новых мощностей в нефтехимии, Россия занимает лишь чуть больше 2% на мировом рынке производства полимеров. Полимеры – материалы с кратной добавленной стоимостью, а также их производство позволяет снизить сжигание на факелах, тем самым уменьшая парниковый эффект и преследую цель по выполнению Целей устойчивого развития ООН. Поэтому переработка минеральных ресурсов в нашей стране – экономически оправданна и стратегически необходима для роста благосостояния.

Наиболее крупнотоннажным продуктом нефтехимической промышленности является этилен. На его основе вырабатывается большинство продуктов органического синтеза и полимерных материалов, таких как полиэти-

лен различных марок (ПЭНП, ПЭВП, ЛПЭНП), полистирол и многие другие. На спрос этилена влияют следующие факторы: динамика общеэкономических показателей – темпов роста валового национального продукта, цикличность развития производства и потребления продукта, нестабильность цен, экологическое регулирование, а также некоторые региональные факторы.

Под полиэтиленом понимается продукция полимеризации  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ , в строении которого преобладает повторяющееся составное звено  $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ . Из данного определения следует, что полиэтилен может полностью состоять из повторяющихся звеньев  $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ , а может включать и иные звенья [2].

Полностью из повторяющихся звеньев состоят полиэтилен высокого давления или низкой плотности и полиэтилен низкого давления или высокой плотности. В терминологии ПЭНД и ПЭВД являются гомополимерами. Помимо полиэтилена вторым базовым полимером является полипропилен. Оба вида продукции, а также их подвиды, производятся по разным технологиям (разные температурные режимы, разные фазовые состояния протекания процесса), краткий анализ которых представлен на Рисунке 1.

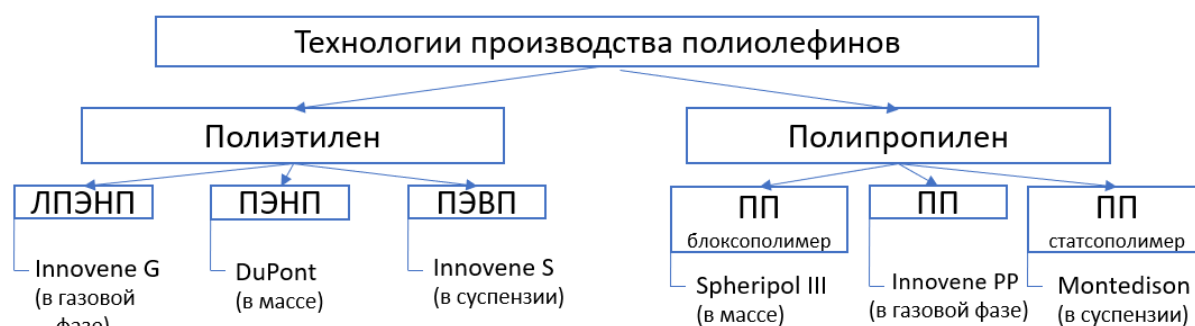


Рисунок 1. Общая классификация современных технологий производства базовых полиолефинов

Результатом проведённой работы явилось обоснование возможности повышения мощности действующего производства с рассмотренной технологией без перегрузки оборудования и изменения самой технологии.

#### Библиографический список

1. Карпов, К. А. Технологическое прогнозирование развития производств нефтегазохимического комплекса / К. А. Карпов. – Санкт-Петербург : Лань, 2017. – 492 с. – Текст : непосредственный.
2. Таскаев, В. И. Проблемы идентификации и классификации линейного полиэтилена низкой плотности / В. И. Таскаев, Н. А. Диденко, В. В. Громовенко. – Текст : непосредственный // Таможенная политика России на Дальнем Востоке. – Владивосток, 2013. – С. 91-108.

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

## **Влияние магнитного поля на процесс адсорбционной осушки газа**

*Карнаухов А.Ю.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Попутный нефтяной и природный газы являются ценными ископаемыми ресурсами, эффективное использование которых влияет на экономику страны.

От того, как подготовлен газ, зависит его дальнейшая эксплуатация. В первую очередь регламентируется содержание в газах влаги, которое нормируется показателем – температура точки росы по воде (ТТРв).

Температура точки росы – наивысшая температура, при которой из исследуемого газа начинают конденсироваться капли воды, содержащиеся в газе при данном давлении [1].

Чем больше в газовом потоке содержится воды, тем выше температура точки росы, а следовательно влага начинает конденсироваться при более высоких температурах. Такой показатель ТТРв является недопустимым, потому как высокое содержание влаги в газе приводит к образованию гидратов, в свою очередь которые откладываются на стенках газопровода и образуют гидратные пробки.

Чтобы не допустить образование пробок, применяют процесс осушки, который заключается в удалении из газа влаги. Чаще всего в промышленности для осушки применяют поглотители, которые поглощают воду из газа. Поглотителями могут быть твердые и жидкие вещества. По тому, какой поглотитель применяется, различают два вида процесса осушки: адсорбционный и абсорбционный.

Абсорбционный метод осушки газа непрерывен, позволяет обеспечить стабильное качество осушки и характеризуется низкими потерями давления газа. Однако важным недостатком данного метода является большая достигнутая температура точки росы по воде, в отличие от адсорбционного метода [2].

Адсорбционный метод характеризуется отсутствием жидких потоков и соответствующих трубопроводов, а также является высоко автоматизированным процессом. Однако данный метод является периодическим.

Применение того или иного метода осушки в целом зависит от требуемой степени осушки, если требуется ТТРв до минус 90 °С, то целесообразнее применять адсорбционный метод, если же необходимо достичь большее значение – абсорбционный метод.

Сущность процесса адсорбции заключается в селективном поглощении влаги из газа адсорбентом, который имеет в своей структуре большое количество пор. Наиболее эффективными и надежными поглотителями являются цеолиты, которые представляют собой алюмосиликаты ионов щелочных и щелочно-земельных металлов [3].

Для осуществления процесса адсорбционной осушки газа применяется цилиндрический аппарат с насыпным внутри него слоем адсорбента – адсорбер.

Важный недостаток адсорберов – неравномерное распределение потока водящего в аппарат газа, вследствие чего возникает неравномерная эффективная работа адсорбента и избыточная работа некоторых зон в аппарате [4].

Для того чтобы равномерно распределить поток сырьевого газа используют распределительное устройство, представленного на рисунке 1.

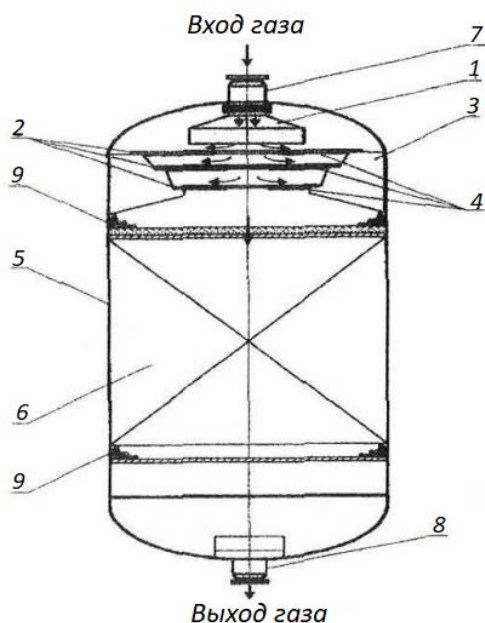


Рисунок 1. Устройство адсорбера с распределительным устройством:  
1 – входной патрубок; 2 – кольца распределительного устройства;  
3 – радиальные опоры; 4 – постоянные магниты с креплениями;  
5 – корпус; 6 – адсорбент; 7 – штуцер входа газа; 8 – штуцер выхода газа;  
9 – керамические шары

Между кольцами и перегородкой находятся магниты, которые оказывают влияние постоянного магнитного поля на газовый поток и обеспечивают индукцию в интервале 0,050...0,012 Тл.

Магнитное поле в данном случае способствует равномерному распределению потока газа. Газ, поступающий на блок осушки, уже подвергся удалению кислых газов (зачастую методом абсорбционной очистки аминами). В результате на установку осушки поступает дисперсная система «жидкость в газе», где жидкой фазой является капли влаги и небольшое количество оставшегося амина. Молекулы жидкостей являются диполями и под действием постоянного магнитного поля способны к более упорядоченному движению [5].

В результате можно сделать заключение о том, что применение кольцевого распределительного устройства ввода газа в адсорбер, снабженного

постоянными магнитами, способствует равномерному распределению потока газа и позволяет практически исключить неактивные зоны в слое адсорбента. Применение данного устройства позволяет увеличить срок службы цеолита, что приводит к увеличению межремонтного пробега и межрегенерационного периода цеолита на блоке адсорбционной осушки газа.

#### Библиографический список

1. Савченков, А. Л. Первичная переработка нефти и газа: учебное пособие / А. Л. Савченков. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2014. – 128 с. – Текст : непосредственный.
2. Тараканов, Г. В. Основы технологии переработки природного газа и конденсата : учебное пособие для вузов / Г. В. Тараканов, А. К. Мановян. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Астрахань : АГТУ, 2010. – 192 с. – Текст : непосредственный.
3. Шевкунов, С. Н. Адсорбционная осушка и низкотемпературная ректификация в процессах промышленной подготовки природного газа / С. Н. Шевкунов. – Текст : непосредственный // Экспозиция нефть газ. – 2016. – № 5 (53). – С. 46-49.
4. Койшыбаев, А. Д. Исследование адсорбционного устройства для осушки попутного нефтяного газа на месторождении Кенлык / А. Д. Койшыбаев, Г. А. Баймаханов. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2015. – № 4 (84). – С. 205–207.
5. Искалиева, С. К. Усовершенствование технологии процесса адсорбционной осушки обессеренного газа / С. К. Искалиева, Н. А. Пивоварова. – Текст : непосредственный // Технологии нефти и газа. – 2010. – № 3. – С. 13-18.

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

#### **Экспериментальное исследование пиролиза углеводородов в свинецсодержащем теплоносителе на примере топочного мазута**

*Кошелев М.М., Ульянов В.В., Харчук С.Е.*

*Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского», г. Обнинск*

Пиролиз на сегодняшний день является перспективным методом утилизации углеводородсодержащего сырья и органических отходов [1]. Технологическая простота оформления сделала пиролиз широко распространенным в нефтехимической отрасли. Однако в ряде случаев, например, в трубчатых печах, твердые продукты пиролиза могут откладываться на теплопередающих поверхностях, снижая эксплуатационный ресурс



оборудования и эффективность процесса [2]. Как следствие, возникает необходимость в повышении эффективности пиролизного оборудования. В АО «ГНЦ РФ – ФЭИ» с участием авторов предложено использование нового физического принципа: пиролиза различного углеводородсодержащего сырья за счёт прямоконтактного теплообмена в свинецсодержащем теплоносителе [3]. Такой метод позволяет не только решить проблему коксообразования на теплопередающих поверхностях, но и поднять эффективность теплообмена, снижая тем самым длительность проведения пиролиза. Для подтверждения работоспособности предложенного принципа была проведена серия экспериментов по пиролизу углеводородного сырья в присутствии свинецсодержащего теплоносителя. В качестве модельного углеводородного сырья был выбран топочный мазут. Такой выбор определяется, с одной стороны, простотой организации экспериментов и анализа результатов, с другой, переработка мазута является актуальной задачей, т.к. позволяет повысить глубину нефтепереработки [4].

Эксперименты проводились на лабораторной установке, схема которой приведена на рисунке 1. Методика проведения экспериментов была следующей: в реакционную камеру (1) загружались эвтектический сплав Рb-Vi и топочный мазут; реакционная камера герметизировалась, газовый объём реакционной камеры заполнялся инертным газом (Аргоном); с помощью устройства поддержания температуры (8) в печи (2) достигался заданный уровень температуры, а для контроля температуры внутри реакционной ёмкости использовалась термопара (7); при достижении необходимой температуры в теплоноситель через сопловой насадок барботировался инертный газ (Аргон), что обеспечивало прямоконтактное перемешивание теплоносителя и перерабатываемой жидкости; в результате такого взаимодействия происходил нагрев топочного мазута и выделение из него лёгких нефтяных фракций. При этом лёгкие фракции находились в паровой фазе, а для их конденсации лёгких нефтяных фракции использовался холодильник (3). После прохождения холодильника лёгкие нефтяные фракции уже в жидкой фазе накапливались в мерной колбе для сбора продуктов (4), а неконденсирующиеся газы сбрасывались через гидрозатвор (5) в атмосферу.

После проведения каждого эксперимента отбирались пробы жидких продуктов, внешний вид которых представлен на рис. 2.

Для измерения объёма загружаемого топочного мазута и объёма накопленных в процессе эксперимента лёгких нефтяных фракций использовались мерные колбы. Выход лёгких фракций определялся как отношение объёма полученных лёгких фракций к объёму загружаемого топочного мазута. Выявлена зависимость выхода лёгких фракций от температуры переработки, которая графически представлена на рисунке 3. Видно, что в результате пиролиза топочного мазута в объёме свинецсодержащего теплоносителя выход лёгких нефтяных фракций составил от 4 до 82 % об.

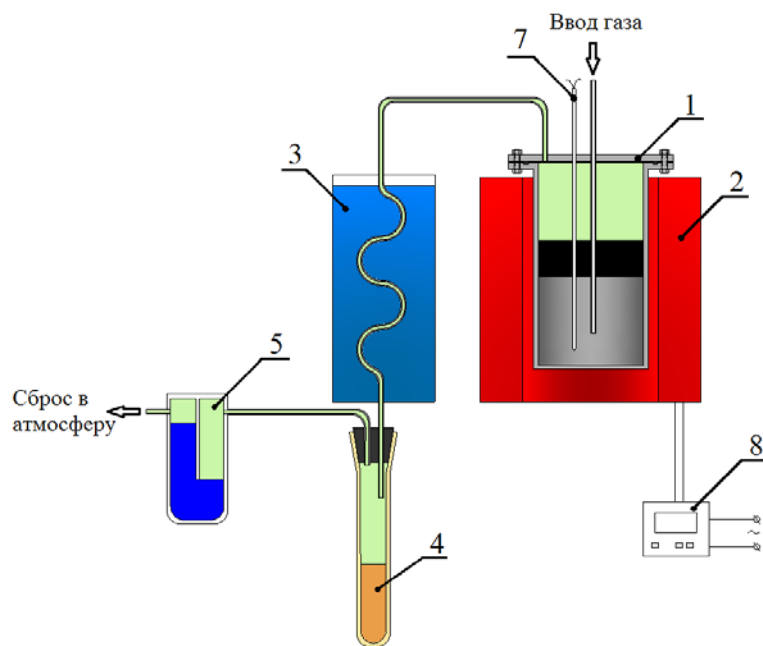


Рисунок 1. Принципиальная схема лабораторной установки

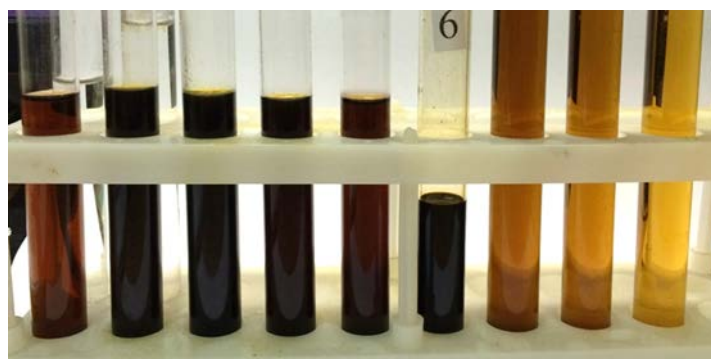


Рисунок 2. Отборы продуктов переработки топочного мазута

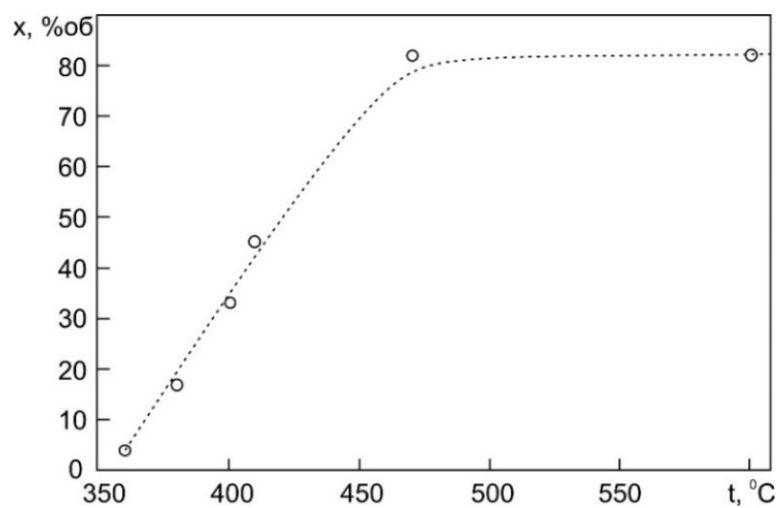


Рисунок 3. Выход жидкости (x) от температуры переработки (t)

В ходе проведения исследований было обнаружено, что выделение лёгких фракций начинается при температуре 210 °С, однако их количество

крайне мало. При повышении температуры процесс выделения лёгких фракций интенсифицировался. При температурах 470 °С и выше наблюдалось максимальное выделение лёгких фракций, при этом мазут разлагался до состояния сухого кокса, который оставался на поверхности теплоносителя. Анализ плотности полученных образцов жидкости показал, что она увеличивается с ростом температуры пиролиза и находится в диапазоне от 810 до 850 кг/м<sup>3</sup>.

#### Библиографический список

1. Исследование закономерностей пиролиза твердых органических полимеров при их нагреве расплавом металла / В. В. Ульянов, М. М. Кошелев, С. Е. Харчук [и др.]. – Текст : непосредственный // Нефтехимия. – 2018. – Т. 58, № 1. – С. 72-79.

2. Бекбасов, Т. Ж. Пути уменьшения коксообразования при пиролизе этана / Т. Ж. Бекбасов, Т. Ж. Таранов. – Текст: непосредственный // Новые технологии – нефтегазовому региону: международная научно-практическая конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 24-28 апр. 2017 г. – Тюмень, 2017. – С. 35.

3. Свинцоводержащие теплоносители в перспективных технологиях переработки твердого, жидкого и газообразного сырья / В. В. Ульянов, Р. Ш. Асхадуллин, В. П. Мельников [и др.]. – Текст : непосредственный // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. – 2019. – № 1. – С. 52-66.

4. Калинин, М. А. Крекинг вакуумного отгона в смеси с мазутом на микросферическом катализаторе ДА-250 / М. А. Калинин, Е. Н. Скворцова. – Текст: непосредственный // Новые технологии – нефтегазовому региону: международная научно-практическая конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 24-28 апр. 2017 г. – Тюмень, 2017. – С. 58.

#### **Основные факторы влияющие на технологический процесс гидроочистки дизельных топлив комбинированных реакторов**

*Лана Н.О., Гуров Ю.П.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Одной из основных проблем при пуске установок гидроочистки дизельных топлив с комбинированными реакторами, состав катализатора которых катализатор депарафинизации и катализатор гидроочистки, являются реакции протекающие на них. При пусках установок, когда катализатор слишком активен, тяжело установить режим, так как протекаемые на катализаторе реакции, вызывают неконтролируемый рост температуры реактора, ввиду их экзотермичности. Для установления должного режима установки и сохранения опытного пробега катализатора учитываются следующие факторы:

– Свойства сырья;

- Активность катализатора;
- Объемная скорость подачи сырья;
- Температура;
- Давление (парциальное давление водорода);
- Кратность циркуляции (отношение водород:сырье).

Сырье должно быть термически стабильным, иметь низкое содержание смол, непредельных соединений, а также общей и меркаптановой серы. Скорость гидрогенизационного обессеривания обратна пропорциональна молекулярному весу очищаемой фракции, это вызвано ростом значения вязкости, а также увеличением тиофеновой серы, которая наиболее тяжело удаляется в процессе гидроочистки. В зависимости от состава сырья варьируется концентрация водорода в водородсодержащем газе, чем больше парафиновых углеводородов в составе, тем большая концентрация водорода должна быть в сырье, но не менее 80%. При наличии высокого содержания серы в составе сырья и непредельных соединений необходим большой объем водорода, подаваемого в качестве квенч-газа, так как реакции начинают протекать с гораздо большим выделением тепла.

В большинстве случаев на установке гидроочистки дизельного топлива применяются алюмокобальтмолибденовые (АКМ) и/или алюмоникельмолибденовые (АНМ) катализаторы. АНМ рекомендован на установках, где сырье изначально с большим содержанием ароматики, так как этот катализатор зарекомендовал себя, как значительно более активного в реакциях гидрирования полициклических аренов и азотистых соединений. АКМ – катализатор, на поверхности которого с высокой скоростью протекают реакции разрыва C-S связей, так же он имеет достаточную активность в реакциях насыщения алкенов, реакциях разрыва C-N и C-O связей. Данный катализатор универсален и пригоден для гидроочистки любых нефтяных фракций. Снижение активности катализатора вызвано в большинстве своих случаев отложением кокса и последующем закупориванием активной поверхности; отравлением тяжелыми металлами и попаданием влаги, в данном случае катализатор просто деактивируется[1].

Объемная скорость подачи сырья зависит от размеров реактора, температуры, давления, состава сырья и высоты каталитического слоя и состояние катализатора, среднее ее значение колеблется от 1 до 4,5 ч<sup>-1</sup>. Данный параметр играет очень важную роль при “первом смачивании” катализатора, когда он имеет высокую активность и реакции сильно экзотермичны, при большой объемной скорости подаваемого сырья есть огромный риск выхода из строя катализатора нижних слоев, ввиду его закоксованности.

Правильно выбранный интервал температуры в реакторе обеспечивает качество получаемого нестабильного гидрогенизата, длительность безрегенерационного пробега катализатора и увеличения общего срока службы катализатора, так как температура имеет прямую зависимость с коксообразованием, если не учитывать другие факторы. Также температу-

ра имеет прямую зависимость со степенью обессеривания, с её ростом при той же активности катализатора, степень обессеривания будет выше. Средний и наиболее благоприятный интервал температур реакторного блока установок гидроочистки 320-420 °С.

Суммарное влияние парциального давления водорода складывается из:

- общего давления;
- концентрации водорода в циркуляционном газе.

В зависимости от состава сырья выбирают необходимую концентрацию водорода, если это прямогонные фракции, то концентрация водорода должна быть не менее 80% объемных, если это фракции крекинговые, то концентрация водорода должна быть не менее 90-95% объемных[2].

В промышленности объемное отношение водород:сырье выражается отношением объема водорода при нормальных условиях к объему сырья. С точки зрения экономичности, данное соотношение целесообразно поддерживать циркуляцией водородсодержащего газа, в данном случае большее влияние приобретает концентрация водорода в циркуляционном газе:

Таблица 1

Зависимость концентрации водорода от отношения водород: сырье

Концентрация водорода, % об.	90	80	70
Отношение “Н : Сырье”, нм <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	220	250	286

Рост отношения циркуляционный газ : сырье определяет энергетические затраты, а заметное возрастание скорости реакций, с ростом кратности циркуляции происходит только до определенного предела.

Решением проблемы саморазгоняемости температуры реактора может послужить предварительное добавление растворов, снижающих активность тех или иных катализаторов. Снизить активность катализаторов депарафинизации в большинстве случаев, способен водный раствор аммиака, в концентрации 25-40%, который необходимо подмешивать в сырье до попадания сырья в контур высокого давления, так как делать врезки и какие либо дополнительные тройники смешения в данном контуре с практической точки зрения является опасным при эксплуатации данных установок.

#### Библиографический список

1. Потехин, В. М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки : учебник для вузов / В. М. Потехин, В. В. Потехин. – Санкт-Петербург : Лань, 2014. – 896 с. – Текст : непосредственный.

2. Капустин, В. М. Химия и технология переработки нефти : учебник для вузов / В. М. Капустин, М. Г. Рудин. – Москва : Химия, 2013. – 495 с. – Текст : непосредственный.

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

## **Модернизация нефтегазоводоразделителя типа «Heater-Treater»**

*Матицева С.И., Шабарчин А.А., Таранова Л.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время нефтяные месторождения достигли высокой степени обводненности. Пластовая вода вызывает коррозию трубопроводов, резервуаров и оборудования, в связи с большими добываемыми объемами пластовой нефти увеличиваются расходы на транспортировку углеводородов до пунктов подготовки нефти. По этой причине необходима организация сброса воды.

Широко распространено применение или внедрение новых энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий. Стадия первичной комплексной подготовки нефти за последнее время существенно изменилась за счет использования многофункциональных блочных установок подготовки нефти (УПН), пришедших на смену комплексам дорогостоящего оборудования.

Основным устройством блока УПН являются установки типа «Heater-Treater», где переработка пластовой нефти осуществляется путем совмещения в одном технологическом устройстве процессов нагрева, сепарации, обезвоживания нефти и очистки воды, что значительно снижает металлоемкость и объем устройств; кроме того, облегчается разработка и исследование автоматизированных систем управления, а также улучшается качество подготовки нефти [1].

За годы эксплуатации нефтегазоводоразделителей выяснилось, что их основная проблема – прогар жаровых труб. Образование нефтяных шламов на поверхности жаровых труб, вызванных неравномерной подачей сырья в нагревательную секцию является причиной прогаров.

Эта проблема является причиной оптимизации секции предварительного нагрева нефти нефтегазоводоразделителя типа «Heater-Treater».

Одна из причин этой проблемы – неравномерный ввод сырья в аппарат. Предлагается усовершенствовать устройство подачи водонефтяной эмульсии для равномерного распределения жидкости в аппарате и увеличения срока службы жаровых труб за счет снижения количества прогаров жаровых труб.

Для предотвращения прогаров и вымывания нефтешламов, а также для увеличения межремонтного периода, предложено изменить конструкцию распределительного устройства аппарата.

В одной работе предлагается установить сверху аппарата трубу, которая служит коллектором (рисунок 1), с помощью которого жидкость будет равномерно распределяться внутри аппарата [2]. Водонефтяная эмульсия будет циркулировать в пространстве между жаровыми трубами, обеспечивая более интенсивный и равномерный нагрев жаровыми трубами.

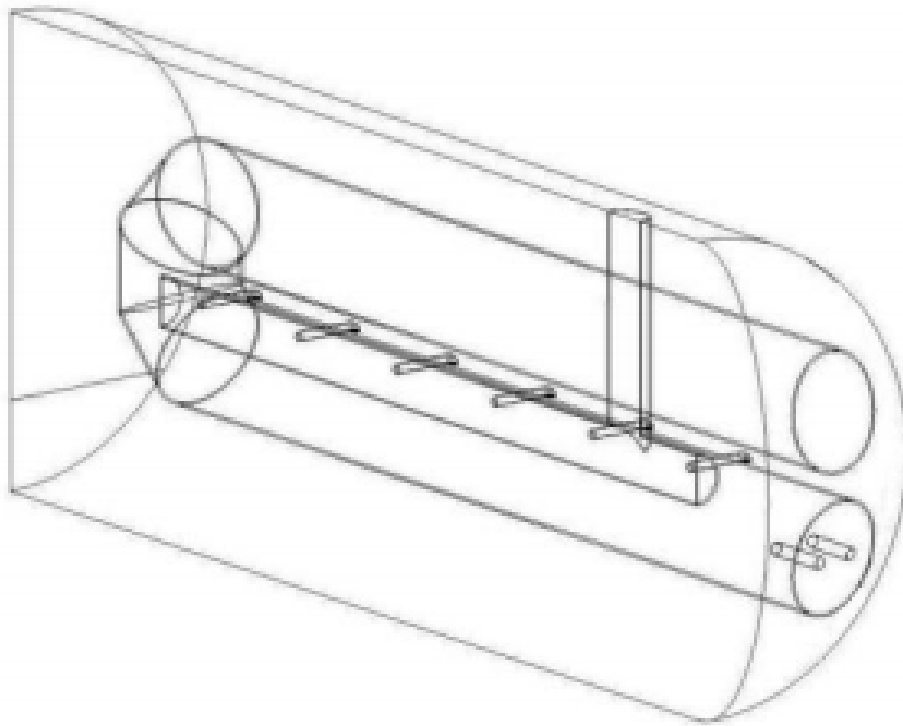


Рисунок 1. Общий вид секции подогрева с предлагаемым распределительным устройством

Поступающая нефтяная эмульсия будет направлена поверхности нижней части жаровых труб, обеспечивая равномерность распределения тепла по поверхности труб.

Таким образом, распределительное устройство данной конструкции позволит избежать деформации жаровых труб, снизить вероятность образования отложений в межтрубном пространстве жаровых труб аппарата и увеличить межремонтный период нефтегазоводоразделителя типа «Heater-Treater», тем самым снизив расходы на ремонтные работы.

#### Библиографический список

1. Кривцов, В. Г. Разработка технологии предварительного сброса воды на объектах добычи нефти / В. Г. Кривцов. – Текст : непосредственный // Изд-во ГУП ИНХП РБ. – Уфа, 2007. – С. 4-10.
2. Усманов, М. Р. Совершенствование секции подогрева трёхфазного сепаратора Heater-Treater / М. Р. Усманов, Е. Ю. Туманова. – Текст : непосредственный // Изд-во ГУП ИНХП РБ. – Уфа, 2018. – С. 45-54.

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

## Совершенствование методов отбензинивания углеводородных газов

*Овчаренко И.Н.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Совершенствование компрессионного метода связано с применением современных эффективных сепарационных устройств; внедрением компрессорных агрегатов с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками.

Современными тенденциями совершенствования абсорбционного метода отбензинивания углеводородных газов являются: теоретическое и экспериментальное обоснование подбора оптимальных значений удельного расхода абсорбента, повышения давления, снижения температуры в абсорбере при изменении состава газа; сохранение проектных значений изомеры испарения хладагента внешних холодильных циклов; разработка методов по поддержанию на необходимом уровне физико-химических характеристик абсорбента, в том числе его молекулярной массы, для предотвращения его уноса с газом; организация процесса абсорбции и десорбции в условиях регулируемого теплосъема по высоте аппарата; предварительное отбензинивание сырого газа до его подачи в абсорбер.

Современными направлениями совершенствования адсорбционного метода отбензинивания углеводородных газов являются: получение новых адсорбентов с необходимыми молекулярно-ситовыми свойствами; совершенствование конструкции адсорберов для обеспечения оптимального режима теплосъема.

Совершенствование метода низкотемпературной сепарации связано с применением современных сепарационных устройств; внедрением эффективных источников холода при уменьшении перепада давления газа.

Современными тенденциями совершенствования метода низкотемпературной конденсации являются: разработка технологических схем процесса с целью извлечения компонентов  $C_{3+}$  на уровне 99 % и выше; применение современного высокоэффективного технологического оборудования для снижения капитальных и эксплуатационных затрат при проектировании новых и модернизации существующих установок; совершенствование технологического оборудования холодильных циклов, аппаратуры массообмена.

Совершенствование метода низкотемпературной ректификации для отбензинивания углеводородных газов основывается на теоретических и экспериментальных исследованиях по поиску оптимальных режимов процесса ректификации для выделения индивидуальных веществ; применении оптимальных схем теплообмена технологических потоков; разработке и применении более эффективной теплообменной, массообменной аппаратуры.

Основные виды технологического оборудования (теплообменная аппаратура, сепараторы, массообменные устройства, компрессорные агрегаты, колонное оборудование) применяются в установках всех типов отбензинивания углеводородных газов.



На основании значительного накопленного опыта использования турбодетандерных агрегатов в технологиях переработки углеводородных газов разработаны схемы, которые возможно использовать для извлечения как этана, так и пропана. Такие установки разработаны и запатентованы ведущими зарубежными фирмами: «Technip», «Lavalin», «Randall».

Например, фирмой «Technip» разработан процесс «CRYOMAXDCP» для двухколонного выделения пропана (рисунок 1).

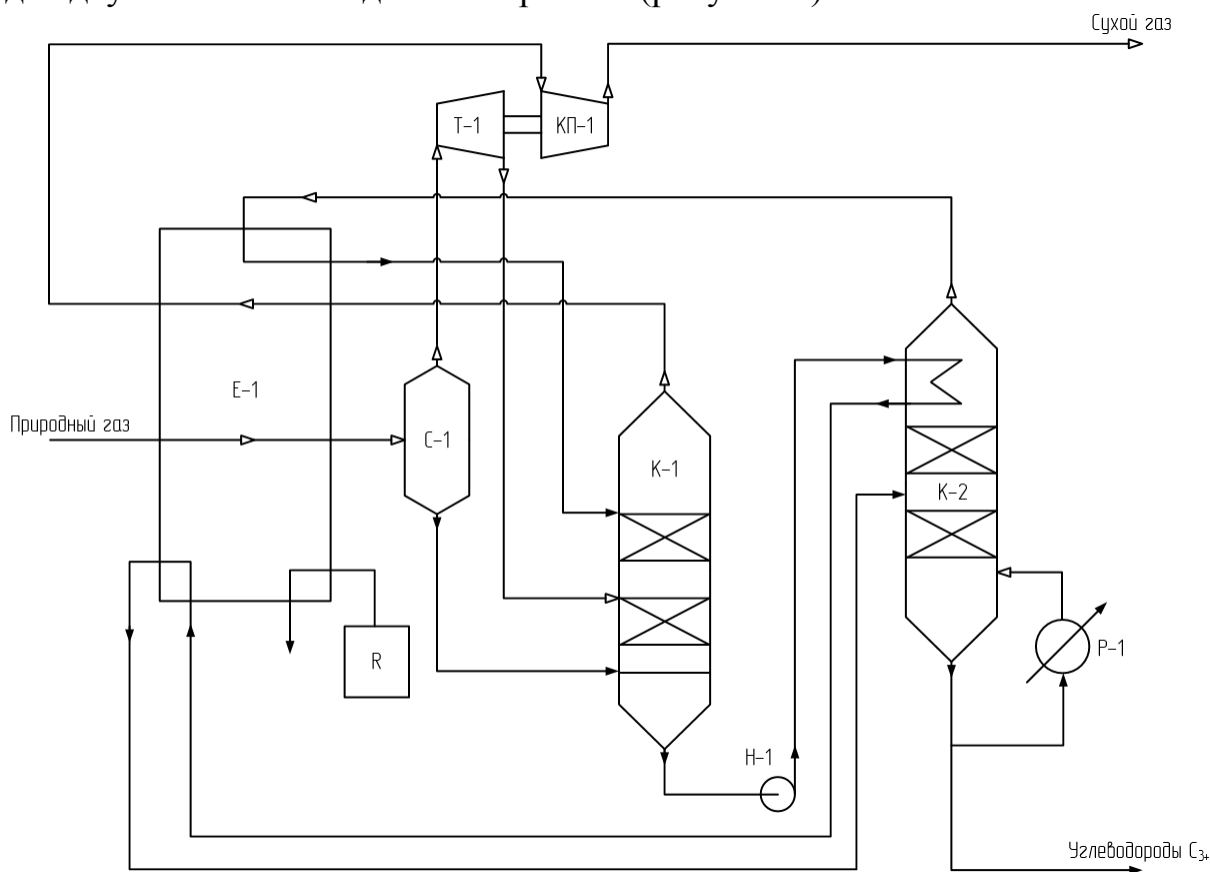


Рисунок 1. Технологическая схема установки «CRYOMAX DCP» для выделения пропана из углеводородного газа: E-1 – теплообменник; C-1 – сепаратор; T-1 – турбодетандер; КП-1 – компрессор; К-1 – колонна деметанизатор; К-2 – колонна дегтанизатор; Н-1 – насос; Р-1 – ребойлер

Криогенный процесс разделения компонентов газа предназначен для выделения углеводородов  $C_{3+}$  из природного газа. Применение этой технологии позволяет извлечь из газа более 98% пропана. Высокая эффективность процесса достигается сочетанием двухколонной ректификации и турбодетандерного охлаждения. Многопоточные теплообменники с ребристыми пластинами обеспечивают эффективный теплообмен потоков.

Осушенный сырьевой газ с температурой  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  и давлением 7 МПа охлаждается в теплообменнике E-1 до температуры минус  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  и вводится в сепаратор C-1, в котором разделяются газовая и жидкая фазы. Холодный газ высокого давления расширяется со снижением давления до 3 МПа

в турбодетандере Т-1, из которого поток направляется в колонну К-1. Жидкость из сепаратора С-1 подается в нижнюю часть колонны К-1. Давление кубового продукта колонны К-1 увеличивается до 3,3 МПа насосом Н-1, температура до 20 °С, продукт подается в деэтанализатор К-2. Верхний паровой продукт колонны К-2, обогащенный этаном, сжижается в теплообменнике Е-1 и направляется в колонну К-1 в качестве флегмы. Газ, из колонны К-1 с давлением 3 МПа подогревается в теплообменнике и дожимается в компрессоре КП-1 до давления товарного газа.

По информации компании «*Technip*» процесс «*CRYOMAX DCP*» обеспечивает снижение до 20 % эксплуатационных затрат на производство пропана в сравнении с традиционными технологиями. В эксплуатации находятся технологические установки в России, Катаре, Ливии и Объединенных Арабских эмиратах.

#### Библиографический список

1. Колокольцев, С. Н. Совершенствование технологий подготовки и переработки углеводородных газов / С. Н. Колокольцев. – Москва : ЛЕНАНД, 2020. – 600 с. – Текст: непосредственный.

2. Процессы переработки газов // Нефтегазовые технологии. – Москва : Топливо и энергетика, 2019. – № 12. – С. 82. – Текст: непосредственный.

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

#### **Причины моделирования нефтехимических процессов с помощью программы Aspen Hysys с целью энергосбережения**

*Проничев Г.М., Мозырев А.Г.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящий момент, когда большинство процессов на производствах оптимизированно необходимо проводить энергосбережение за счёт сохранения потери или избытка энергии материальных потоков. В этом нам помогает анализ самого процесса для поиска узких мест в потере энергии. В исправление этой проблемы нам поможет модель установки в программе Aspen Hysys, которая также предложит путь энергосбережения, помимо того, который будет использован после анализа и поиска узкого места и дальнейшего его исправления.

Причины использования программы Aspen Hysys по сравнению с российскими аналогами видно из таблицы 1.

Сравнение программы Aspen Hysys с российскими аналогами

№ п/п	Наименование модуля	Aspen Hysys	GIBBS	КОМФОРТ
1.	Компоненты	+	+	+
2.	Ректификационные колонны	+	+	+
3.	Перегонные колонны	+	+	+
4.	Трубопроводы	+	+	-
5.	Реакторы	+	+	+
6.	Адсорберы	+	-	-
7.	Теплообменник	+	-	-
8.	Насосы и компрессоры	+	-	-

### Библиографический список

1. Aspentech : Компания проводящая цифровизацию на производствах : [сайт]. – URL : <https://www.aspentech.com/en/about-aspentech> (дата обращения: 18.03.2021). – Текст : электронный.
2. ЛУКОЙЛ : Нефтяная компания : [сайт]. – URL : <http://www.lukoil.ru> (дата обращения: 18.03.2021). – Текст : электронный.
3. Кузнецов, О. А. Основы работы в программе Aspen Hysys / О. А. Кузнецов. – Москва-Берлин : Директ Медиа, 2015 – 153 с. – Текст : непосредственный.

### Повышение эффективности процессов сепарации углеводородных газов

*Савин И.И.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Чтобы повысить эффективность сепарации при процессах подготовки углеводородных газов, необходимо либо использовать более модернизированные сепараторы с усложненной конструкцией, либо дополнить конструкцию уже стоящего сепаратора.

Для начала рассмотрим конструкции некоторых видов сепараторов.

На рисунке 1 изображен газовый сепаратор. Он отличается тем, что сепарационные элементы выполнены в виде лабиринта. Этот лабиринт состоит из заслонок разной высоты с нижними открытыми зонами. Длинные заслонки находятся ниже уровня жидкости, а короткие находятся на уровне хода газа. На выходе из лабиринта стоит каплеуловитель.

ПНГ содержит большое количество нефти и воды. Из-за этого его трудно утилизировать, например, на факеле. Существующие технические решения решают вопрос очистки ПНГ лишь частично. Данное изобретение увеличивает полноту очистки ПНГ от нефти и воды [1].

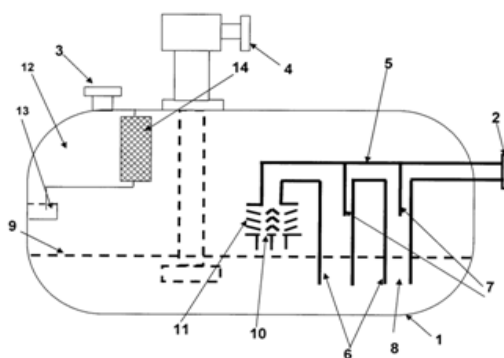


Рисунок 1. Газовый сепаратор:

- 1 – корпус; 2 – патрубок входа газа; 3 – патрубок выхода газа; 4 – штуцер жидкости; 5 – лабиринт; 6,7 – заслонки; 8 – открытая зона;  
 9 – уровень жидкости; 10 – каплеуловитель; 11 – пластины;  
 12 – изолированная секция, 13 – гидрозатвор; 14 – сетка

На рисунке 2 представлен абстрактный сепаратор для отделения жидкости из газового потока после контакта с жидкостью. К центру корпуса данного аппарата зацеплена перфорированная труба, которая содержит заглушку на нижнем конце. К сепарационным элементам относятся свернутая в спираль сетка и сборники влаги. Они в свою очередь образуют блоки сепарации, которые закреплены по высоте перфорированной трубы.

Данный сепаратор повышает эффективность сепарации и обеспечивает высокую степень очистки газа от влаги и масла [2].

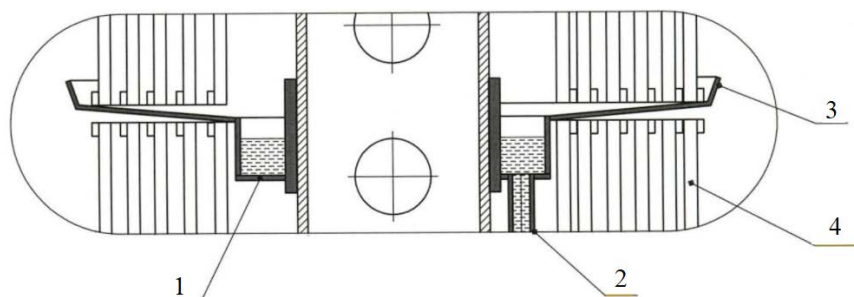


Рисунок 2. Абстрактный сепаратор для осушки газа:

- 1 – емкость для влаги; 2 – дренажная трубка; 3 – блок сепарации; 4 – вертикальные элементы

Примером модернизации простого гравитационного газосепаратора является установка на него сетчатых туманоуловителей Sulzer KnitMesh (рисунок 3). Данные туманоуловители применимы ко многим способам отделения жидкости от газа. Их преимущество заключается в том, что их легко адаптировать под любую форму размер аппарата. KnitMesh может отделять от газа капли, размером от 2 до 3 микрон.

Данные туманоуловители состоят из проволочной сетки, которая в свою очередь скреплена решеткой. Сетка выдерживает высокую нагрузку,

создаваемую большой скоростью потока газожидкостной смеси, и хорошо сохраняет форму и размер ячеек.

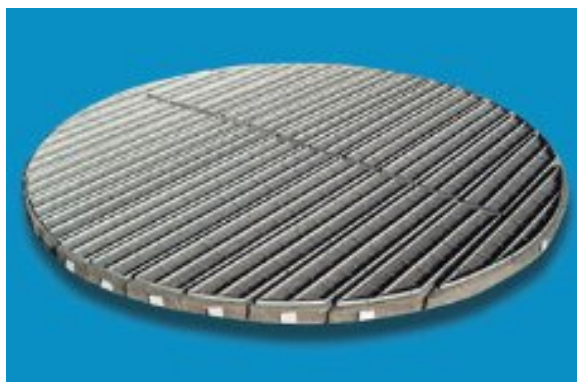


Рисунок 3. Сетчатый туманоуловитель Sulzer KnitMesh

Газ и жидкость разделяются при соударении и захвате капель. Капли, достигнув определенной толщины, стекают вниз. Капли, осевшие на сетке, собираются в более крупные капли в местах пересечения проволок, затем под действие силы тяжести стекают к месту скопления жидкости в аппарате (рисунок 4) [3].

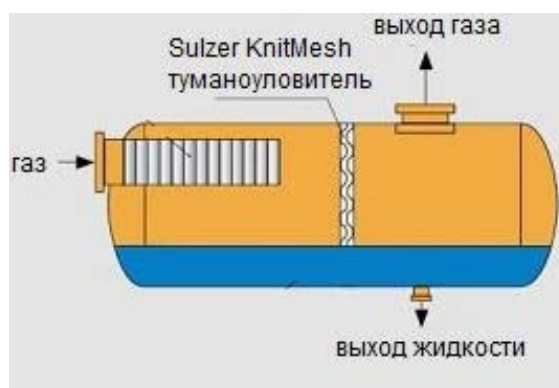


Рисунок 4. Сепаратор с установленным туманоуловителем Sulzer KnitMesh

#### Библиографический список

1. Пат. 2510736 Российская Федерация, МПК F28D 7/16. Газовый сепаратор: № 2012148576; заявл. 15.11.2012; опубл. 10.04.2014 / Ибрагимов Н.Г., Салихов И.М., Ахмадуллин Р.Р.; патентообладатель Открытое акционерное общество "Татнефть" им. В.Д. Шашина. – Текст: непосредственный.

2. Пат. 2446001 Российская Федерация, МПК B01D 53/26. Сепаратор для осушки газа: № 2010143839/05; заявл. 26.10.2010; опубл. 27.03.2012 / Яшин А.В.; патентообладатель Яшин Александр Владимирович. – Текст: непосредственный.

3. Технологии сепарации и фильтрации Sulzer KnitMesh. – Текст : электронный // Компания "ТИ-СИСТЕМС" - инжиниринг и поставка тех-

нологического оборудования в России и странах СНГ: официальный сайт. – 2021. – URL : [https://tisys.ru/services/catalog/filtracionniye\\_siste/filtratsionnye-sistemy-sulzer-chemtech/tekhnologii-separatsii-i-filtratsii-sulzer-chemtech/](https://tisys.ru/services/catalog/filtracionniye_siste/filtratsionnye-sistemy-sulzer-chemtech/tekhnologii-separatsii-i-filtratsii-sulzer-chemtech/) (дата обращения : 16.03.2021).

Научный руководитель: Землянский Е.О., канд. хим. наук, доцент.

## **Перспективные направления использования попутного газа в России**

*Савина А.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Попутный нефтяной газ имеет огромный потенциал для Российской экономики.

Утилизация попутного газа может быть осуществлена по нескольким направлениям, в зависимости от того какие получают товарные продукты. Целесообразнее всего подвергать попутный газ разделению и направлять на дальнейшую переработку с целью получения нефтехимических продуктов. Однако если на месторождении нет возможности транспортировать попутный газ для его переработки, то возможно альтернативное его применение. Так на некоторых газодобывающих и газоперерабатывающих предприятиях газ закачивают обратно в пласт для поддержания пластового давления. Такой газ целесообразнее будет добывать в перспективе, когда станет возможность его транспортирования и переработки. Помимо этого попутный газ применяют на месторождениях на газотурбинных электростанциях, с целью получения электроэнергии для обеспечения собственных нужд производства [1].

В первую очередь заинтересованность утилизацией газа связана с экологической проблемой современности – глобального потепления, которое вызвано действием парниковых газов в атмосфере. Ранее попутный нефтяной газ считался побочным продуктом добычи нефти и сжигался с получением диоксида углерода и водяного пара.

Большие объемы сжигания газа привели к большому выбросу углекислого газа в атмосферу, что повлекло возникновение парникового эффекта.

В связи с экологическими данными в 2012 году принято постановление о снижении утилизации ПНГ методом сжигания до 5% от добытого количества [2]. Таким образом, возникает задача по альтернативным методам утилизации газа.

Одно из самых перспективных направлений применения ПНГ, а также и природного газа, является использование такового в качестве сырья для производства синтетических жидких топлив.

В основе процесса лежит реакция синтеза Фишера-Тропша, которая позволяет получить из синтез-газа (СО и Н<sub>2</sub>) на металлическом катализа-

торе смесь тяжелых углеводородов, которые могут быть использованы в качестве альтернативных видов топлив.

В результате проведения процесса «Gas to liquids» (GTL) получается смесь углеводородов, которая называется «синтетическая нефть». Полученный продукт характеризуется меньшим содержанием тяжелых углеводородов и нежелательных примесей, что означает меньшую плотность смеси и она является достаточно экологичным и безопасным продуктом.

Данный метод позволяет получать такие топлива, как бензин, керосин, дизельное топливо, которые отличаются тем, что не содержат в своем составе серы, азотсодержащих соединений, малое количество ароматики, а иногда и ее полное отсутствие.

Использование процесса Фишера-Тропша в России имеет большие перспективы, потому как в России сосредоточено 24% доказанных мировых запасов газа, большая часть которых не добыта из-за отсутствующей транспортной инфраструктуры. Помимо этого именно в России сжигается большее количество попутного газа, который мог бы стать потенциальным сырьем для процесса GTL [3].

Строительство завода по производству синтетических топлив имел бы большое значение в отдаленных местах, где ведется добыча и переработка для удовлетворения потребности производства в топливных фракциях. Таким образом, можно решить две важные задачи: вовлечение большего объема газа в процессы переработки и производство топлив, для осуществления технологических процессов [4].

Недостатком данной технологии является ее цена. Получение топлив традиционным способом атмосферной перегонки наиболее дешевый и выгодный вариант. В связи с тем, что в России еще имеется достаточный запас нефти, технология GTL не популяризирована в нашей стране. Однако со временем истощения запасов или же ужесточения экологических требований к топливным фракциям, технология получения синтетических топлив получит распространение и в России.

#### Библиографический список

1. Игитханян, И. А. Эффективность методов переработки попутного нефтяного газа в России / И. А. Игитханян, Т. В. Богак. – Текст : непосредственный // Вестник ТГПУ. – 2014. – № 8 (149). – С. 108-112.

2. Карасевич, В. А. Перспективы применения СЖТ технологий в России / В. А. Карасевич, С. В. Спасов. – Текст : непосредственный // Научный журнал Российского газового общества. – 2018. – № 3-4. – С. 49-54.

3. Кузнецов, А. М. Индустрия GTL: состояние и перспективы / А. М. Кузнецов, В. И. Савельев, Н. В. Бахтизина. – Текст : непосредственный // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». – 2012. – № 2 (27). – С. 44-49.

4. Миргаязов, И. И. Индустрия GTL: состояние и перспективы / И. И. Миргаязов, А. И. Абдуллин. – Текст : непосредственный // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 9. – С. 253-257.

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

### **Применение турбодетандерной технологии для выработки электрической энергии**

*Савина А.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Газодобывающая и газоперерабатывающая промышленность напрямую связана с использованием высокого давления при движении газа по магистральным трубопроводам.

Понижение давление газа до уровня, который необходим для безопасного потребления, осуществляется на газораспределительной станции.

С целью понижения излишнего давления потока применяют процесс дросселирования. Данный процесс заключается в следующем: поток газа высокого давления проходит через сужающее устройство, в результате этого газ расширяется, происходит охлаждение потока газа и энергия, которая выделяется при резком охлаждении, безвозвратно теряется [1].

Энергию избыточного давления целесообразно применять для производства электроэнергии, которую возможно получить с применением турбодетандерного агрегата (ТДА).

В настоящее время данный аппарат нашел широкое применение на установках комплексной подготовки газа для охлаждения газового потока, заменяя собой процесс дросселирования. Детандрирование сопровождается большим эффектом охлаждения и перепад температур в этом случае составляет 12-25°C [2].

Предлагается применять на ГРС микротурбодетандерный электрогенератор с расширительными турбинами МДГ-20, представленный на рисунке 1, для получения электроэнергии, которая вырабатывается за счет перепада давлений, что означает отсутствие затрат на топливо и высокую экологичность установки [3].

Газовый поток под высоким давлением поступает через сопловой аппарат на колесо турбины. Газ расширяясь, передает часть своей кинетической энергии на вращение ротора. При вращении ротора внутри статора генератора возникает явление электромагнитной индукции и возникает электрический ток, который передается токопроводящим обмоткам, находящимся в гермовводе.

Наиболее эффективно возможно применять турбодетандерные технологии для выработки электроэнергии на компрессорных станциях, кото-



рые потребляют энергию порядка 4 МВт. Сейчас на КС зачастую для получения электроэнергии применяют дизельные и газотурбинные электростанции, которые работают на органических топливах [4].

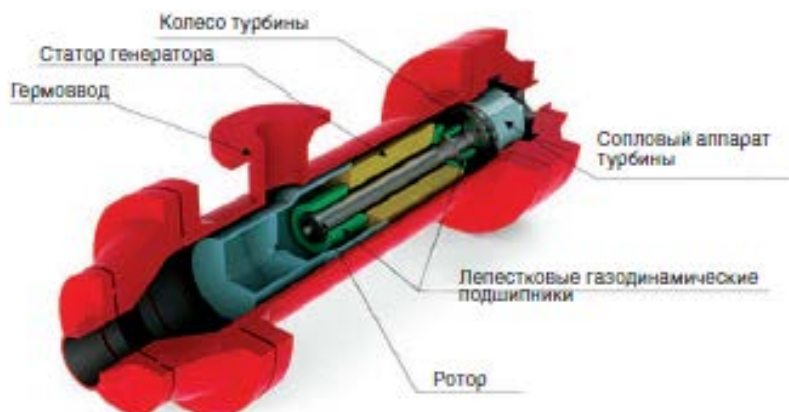


Рисунок 1. Общий вид микротурбодетандерного генератора МДГ-20

Таким образом, применение турбодетандерной технологии позволяет увеличить надежность энергообеспечения ГРС, за счет выработки электроэнергии на собственные нужды, а также является экологически безвредным процессом и обходится без использования органического топлива.

#### Библиографический список

1. Савченков, А. Л. Первичная переработка нефти и газа: учебное пособие / А. Л. Савченков. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2014. – 128 с. – Текст : непосредственный.
2. Моисеев, С. В. Эффективность применения турбодетандерных агрегатов в технологии извлечения СУГ на месторождениях / С. В. Моисеев, В. И. Поливанов. – Текст : непосредственный // Транспорт на альтернативном топливе. – 2008. – № 2 (2). – С. 55-58.
3. Реализация потенциала энергосбережения и повышение энергетической эффективности ПАО «ГАЗПРОМ» на основе применения турбодетандерных технологий / И. А. Яценко, Г. А. Хворов, М. В. Юмашев, Е. В. Юров. – Текст : непосредственный // Газовая промышленность. – 2017. – № 1 (750). – С. 60-63.
4. Седунин, В. А. Особенности проектирования детандер-генераторного агрегата в системе опливнога газа компрессорного цеха / В. А. Седунин, А. С. Шемякинский. – Текст : непосредственный // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2017. – № 5. – С. 105-121.

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

## Модернизация технологического оборудования установок комплексной подготовки и переработки газа

Телегин П.В.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Россия является одной из самых прогрессивных стран по добыче газа и нефти – за 2019 год добыча нефти составила 560,2 млн. тонн, а газа – 738 млрд. м<sup>3</sup>, в том числе попутного нефтяного газа – 94,7 млрд. м<sup>3</sup>. Благодаря нефтегазовой отрасли экономика нашей страны постоянно развивается.

Добываемая в газовых скважинах продукция может содержать механические примеси и влагу, что ухудшает качество и эксплуатационные свойства газа и повышает износ оборудования. Для предотвращения таких проблем вся продукция должна пройти первичную подготовку, в ходе которой газ очищается в сепараторах от загрязнений и влаги [1].

Сепарация (разгазирование) – процесс, заключающийся в извлечении растворённых газов для систем «жидкость-газ», или же для разделения частиц жидкости от газа для систем «газ-жидкость» [2].

Необходимыми этапами подготовки газа для последующего разделения индивидуальных углеводородов или различных фракций являются компримирование, очистка от кислых примесей (H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> и др.) и осушка газа [3].

Газовые сепараторы предназначены для очистки газожидкостной смеси газовых и газоконденсатных скважин, а также для защиты запорорегулирующей арматуры и газоперекачивающего оборудования от капельной влаги, углеводородного конденсата и механических примесей.

В качестве модернизации сепарационного оборудования можно рассмотреть мультикассетное сетчатое устройство *Sulzer MKS Multi Cassette* (рисунок 1), которое состоит из входного патрубка со встроенным лопастным завихрителем и сепарационных кассет.



Рисунок 1. Туманоуловитель *Sulzer KnitMesh*

Принцип работы сепаратора с данным устройством (рисунок 2) заключается в следующем. Поток газа закручивается лопастным завихрителем, что приводит к выпадению части капель на внутренней стенке па-

трубка: в нижней кассете скапливается уловленная жидкость и затем сливается из неё на полотно опорной тарелки.

Пройдя завихритель поток газа, содержащий капли жидкости, разделяется по кассетам, проходя через них изнутри наружу в горизонтальном направлении.

Кассеты имеют несколько слоёв проволочной сетки, которая эффективно удерживает оставшиеся капли как прямым перехватом (барьерный эффект), так и инерционным перехватом. Жидкость скапливается на поддоне каждой кассеты и стекает на нижележащую кассету через систему переливных трубок. В результате вся жидкость собирается на нижнем поддоне, также используется как опора для кассет *MKS Multi Cassette*, после этого жидкость стекает из сепарационного устройства по специальным трубкам [4].

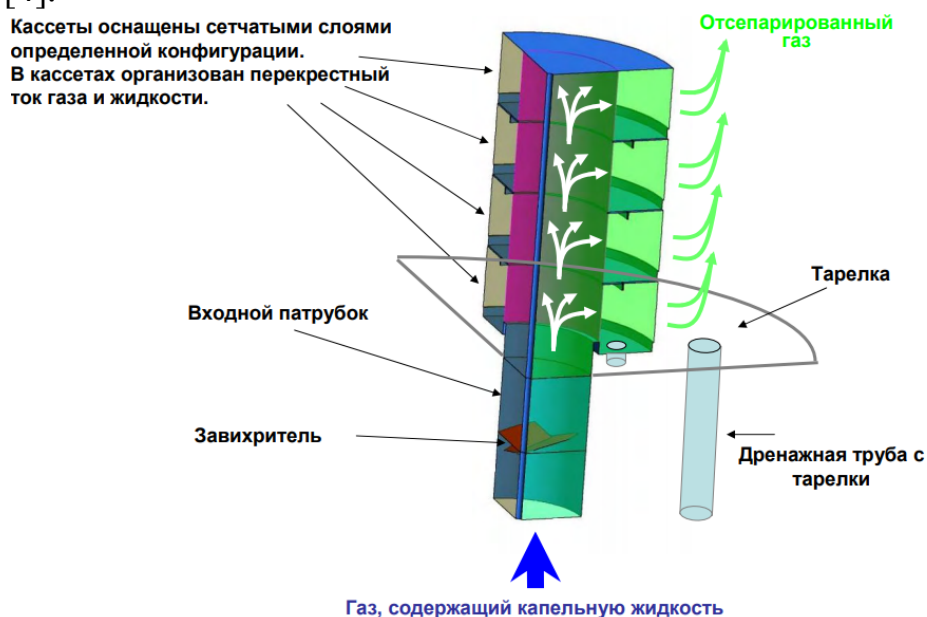


Рисунок 2. Принцип работы сепаратора с туманоуловителем *Sulzer KnitMesh*

Таким образом, рассмотрены основы процесса подготовки газа, был предложен вариант модернизации сепарационного оборудования, что позволит улучшить качество очистки газа от примесей и влаги.

#### Библиографический список

1. Neftegaz.RU : Информационно-аналитический портал : [сайт]. — URL : <https://neftegaz.ru> (дата обращения: 14.03.2021). - Текст : электронный.
2. Арыстанбекова, С. А. Современные методы анализа легкого углеводородного сырья и продуктов его переработки : монография / С. А. Арыстанбекова, М. С. Лапина, А. Б. Волынский. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 340 с. — Текст : непосредственный.
3. Разработка и эксплуатация газовых и газо-конденсатных месторождений : учеб. пособие / А. Ф. Безносиков, М. И. Забоева, И. А. Синцов,

Д. А. Остапчук. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2016. — 80 с. — Текст : непосредственный.

4. Компания Иримэкс : Технологии сепарации : сайт. — URL : <http://www.c-irimex.ru> (дата обращения: 14.03.2021). — Текст : электронный.

Научный руководитель: Землянский Е.О., к.х.н., доцент

## **Термоэлектрические эффекты высших жирных спиртов**

*Трофимова Е.Ю.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Целью работы является: изучение возможности применения диэлектрической спектроскопии для изучения фазовых переходов высших жирных спиртов.

Высшие жирные спирты (ВЖС) – высокотоннажные продукты нефтехимии, используемые в различных отраслях промышленности. Известно, что высшие жирные спирты обладают уникальными свойствами. При кристаллизации и плавлении ВЖС происходит эмиссия электрических зарядов. Такой эффект, обнаруживаемый в ВЖС, в нефтепродуктах и других продуктах нефтехимии называют термодиэлектрическим или термоэлектрическим. Данный эффект позволяет изучать метод диэлектрической спектроскопии. Суть метода сводится к помещению диэлектрика в электрическое поле при некоторой повышенной температуре с последующим охлаждением при этих же условиях.

Метод диэлектрической спектроскопии активно используется для исследования релаксационных процессов, проводимости и проницаемости в высокомолекулярных веществах. Известно, что метод диэлектрической спектроскопии позволяет оценить процессы фазовых переходов внутри различных систем и ряд других параметров *in vivo* при различных режимах парафинизации.

Непосредственно методика заключалась в следующем. Исследуемый ВЖС массой 15 грамм помещался в ячейку. Затем ячейка помещалась в печь при температуре 120°C время нахождения ячейки распределялось следующим образом: первые 30 минут ячейка термостатируется в разобранном состоянии, т. е. внешний и внутренний электрод отдельно друг от друга. По истечению 30 минут разогретые составные части ячейки вынимаются из сушильного шкафа, предварительно собранная центральная часть ячейки плавно помещалась во внешнюю часть, где находится расплавленный ВЖС, а затем закручивалась крышкой сверху и снова помещается на 30 минут при температуре 120°C в сушильный шкаф для равномерного распределения продукта и для окончательного термостатирования. Ячейки не замыкались.

Разогретая до 80°С ячейка помещалась в термостат фирмы «Lauda» предварительно разогретый до 70 °С. Положительная клемма мультиметра подключалась к внешнему электроду измерительной ячейки, а отрицательная к центральному электроду. Пространство стакана термостата выше ячейки заполнялось ватой для стабильного охлаждения измерительной ячейки.

Запись показаний с мультиметра производилось через 1°С, температура измерительной ячейки определялась помещенным в ее центр термометром. Разность потенциалов регистрировалась в интервале температур от 70 до 25°С.

#### Библиографический список

1. Афанасьев, А. А. Совмещенное исполнение электрической машины и магнитного редуктора / А. А. Афанасьев. – Текст : непосредственный // Электротехника. – 2017. – № 1. – С. 34-42.
2. Джужома, Ф. О. Электрометрия высших жирных спиртов / Ф. О. Джужома, А. А. Байда, А. А. Гурова. – Текст: электронный // Новые технологии - нефтегазовому региону. – 2016. – С. 184-188.
3. Фатыхов, М. А. Воздействие электромагнитного поля на процесс кристаллизации парафина / М. А. Фатыхов, Н. Я. Багаутдинов. – Текст: электронный // Нефтегазовое дело. – 2007. – С. 10.
4. Агаев, С. Г. Термоэлектрические эффекты в высших жирных спиртах / С. Г. Агаев, А. А. Столбов. – Текст: электронный // Нефть и газ - 2011. - С. 50-56.

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

#### **Влияние технического углерода на эксплуатационные свойства полиэтилена высокой плотности**

*Халилов М.Г.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Применение технического углерода зависит от направления применения гранул ПЭВП в последующей переработке. Чаще всего чёрные гранулы применяются при производстве труб, автомобильных деталей и различных формованных деталей.

Влияние технического углерода в первую очередь зависит от вида добавки: в виде порошка или в виде гранулированного концентрата. От этого зависит распределение в гранулах полиэтилена. Технологический углерод имеет свойство электропроводности из-за чего его и применяют для повышения проводимости гранул ПЭВП. Но при дозировании порошка данное свойство оказывает негативное влияние на равномерность распре-

деления, т.к. порошок начинает откладываться на стенках бункера дозатора, после чего дозирование происходит не с заданной уставкой производительности. Поэтому дозирование концентрата подходит больше для придания определённых свойств гранулам ПЭВП.

Технологический углерод – антистатик. Механизм действия можно рассмотреть на рисунке 1. Результаты влияния на электрические свойства представлены в таблице 1.

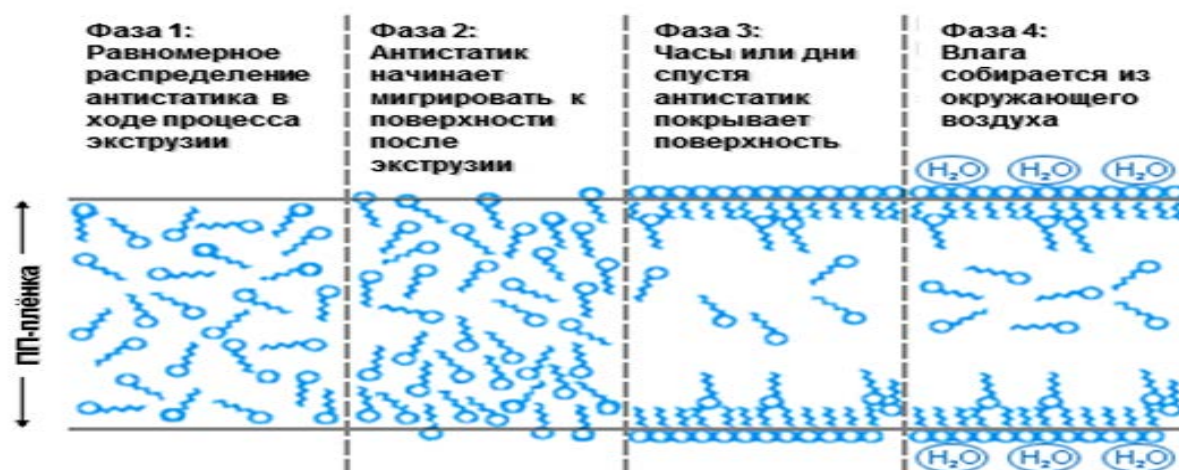


Рисунок 1. Механизм действия антистатика

Таблица 1

Результаты исследования влияния ТУ на электрические свойства

Композиция	$\epsilon'$	$\epsilon''$	Тангенс угла ди- электрических потерь	Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом
ПЭ в исходном состоянии	2,2	0,011	0,001	$10^{15}-10^{16}$
ПЭ+8%ТУ	2,15	0,26	0,12	$10^{14}$

Так же, применение ТУ повышает деформируемость пластика, что позволяет их применять при производстве труб. Введение в полиэтилен 8% (по массе) технического углерода (ТУ) приводит к незначительному снижению прочностных и деформационных свойств относительно ненаполненного полимера. Вероятно, это связано с нарастанием дефектов, микропор на границе «полиэтилен–технический углерод».

При процессе экструзии на узле гидротранспорта из-за применения ТУ возможна частая забивка фильтров по причине повышенной деформированности гранул и сечки ПЭВП.





Рисунок 2. Внешний вид гранул и забитый фильтр гидротранспорта

#### Библиографический список

1. Цвайфель, Х. Добавки к полимерам: справочник / Х. Цвайфель, Р. Д. Маер, М. Шиллер. – Изд. 6-е, перераб. и доп. – Санкт-Петербург : ЦОП Профессия, 2010. – Текст : непосредственный.
2. СИБУР ЗапСибНефтехим: [сайт]. - URL: <https://zsnh.sibur.ru/> (дата обращения: 15.09.2020). - Текст: электронный.

Научный руководитель: Глазунов А.М., канд. техн. наук, доцент.

#### **Получение синтез-газа в процессе взаимодействия газообразных углеводородов с расплавами жидких металлов и их оксидов**

*Харчук С.Е., Ульянов В.В., Кошелев М.М.*

*Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского», г. Обнинск*

На сегодняшний день в мире используются четыре основных углеводородных источника энергии: нефть, газ, уголь и синтетические углеводороды. Они составляют более 85% всех мировых энергетических ресурсов [1]. Получение и использование синтетического углеводородного сырья началось еще в первой половине XX века, а в последние годы получает все

большее распространение. Так, в настоящее время получают разные классы синтетических углеводородных соединений: топлива, масла, смазки и пр. Главным преимуществом синтетических углеводородов является то, что для их производства можно использовать сырье, которое до этого просто утилизировалось. Например, попутные нефтяные газы, которые сжигают в местах добычи нефти, могут служить сырьем для производства синтез-газа. А конверсию синтез-газа в синтетические углеводороды освоили немецкие химики Ф. Фишер и Х. Тропш еще в начале XX века.

Синтез-газ – газ состоящий из водорода и угарного газа, где соотношение  $\text{CO}:\text{H}_2$  составляет от 1:1 до 1:3 и меняется в зависимости от способа его получения. Также, помимо основных компонент, может содержаться метан и углекислый газ [2].

Основными промышленно освоенными технологиями получения синтез газа на сегодняшний день являются следующие [3]: паровая конверсия метана (ПКМ); автотермический риформинг метана (кислородная или воздушная конверсия); крекинг метана; частичное окисление метана; комбинации вышеперечисленных процессов.

Наибольший интерес среди перечисленных процессов представляет частичное окисление метана, т.к. реакции, реализующие этот процесс, протекают с выделением тепла, а значит есть возможность создать модуль для производства синтез-газа, который не будет требовать внешнего источника тепла (обогрева).

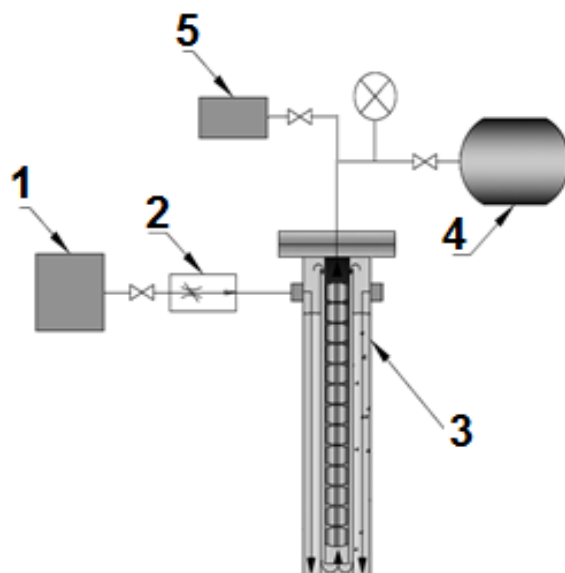
В 90-х годах прошлого столетия исследовательские центры России и США начали проводить совместную работу по обоснованию технологии производства синтез-газа из природного газа при его окислительной конверсии в контакте с расплавами металлов [4, 5]. В результате выполнения комплекса расчетных и экспериментальных исследований подтверждена перспективность рассматриваемой технологии при использовании расплава свинца или эвтектического сплава свинец-висмут. Были определены принципиальные технологические схемы реализации технологии и возможные направления дальнейших работ. Проведенные к настоящему времени дополнительные исследования указывают также и на возможность снижения температур проведения процесса конверсии.

Для исследования процессов получения синтез-газа из метана, в соответствии с запатентованным решением [6], была разработана и изготовлена экспериментальная установка, принципиальная схема которой приведена на рисунке 1.

Для определения состава синтез-газа использовался лабораторный хроматограф с разделительной колонкой на основе материала «Порапак».

Анализ полученного синтез газа показал, что, в основном, он состоит из монооксида углерода и водорода. Состав полученного синтез-газа приведен в таблице 1, а на рисунке 2 приведена характерная хроматограмма, получавшаяся при анализе синтез-газа.





1 – источник сырья; 2 – дозатор сырья; 3 – модуль получения синтез-газа; 4 – накопитель синтез-газа; 5 – хроматограф

Рисунок 1. Принципиальная схема установки для исследования процессов получения синтез-газа из метана

Таблица 1

Состав синтез-газа

	CO	H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O
% об	28	54	1	16	1,5

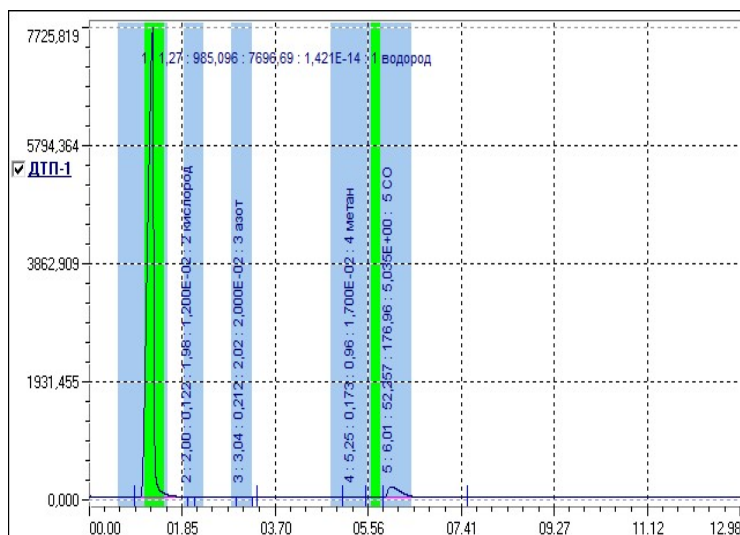


Рисунок 2. Анализ синтез-газа на содержание водорода, кислорода, азота, метана и монооксида углерода

### Библиографический список

1. Мировая энергетика. Часть I : [сайт]. – URL : [https://22century.ru/popular-science-publications/world\\_energy](https://22century.ru/popular-science-publications/world_energy) (дата обращения 12.03.2021). – Текст: электронный. // Информационно-аналитический

журнал «Топливный рынок». – 2014. – URL: <http://www.top-r.ru/stat/35285.html>.

2. Influence of mixed molten carbonate composition on hydrogen formation by steam gasification / T. Kamo, B. Wu, Yu. Egami [and other]. – Direct text // Journal of Material Cycles and Waste Management. – 2013. – № 13. – P. 50-55.

3. Столяревский, А. Я. Технология получения синтез-газа для водородной энергетики / А. Я. Столяревский. – Текст : непосредственный // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». – 2005. – № 2 (22). – С. 26-32.

4. Инновационные технологии, развиваемые в ГНЦ РФ – ФЭИ / В. И. Рачков, П. Н. Мартынов, В. В. Ульянов [и др.]. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Ядерная энергетика – 2014. – № 1. – С. 16-38.

5. Свинцоводержащие теплоносители в перспективных технологиях переработки твердого, жидкого и газообразного сырья / В. В. Ульянов, Р. Ш. Асхадуллин, В. П. Мельников [и др.]. – Текст : непосредственный // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. – 2019. – № 1. – С. 52-66.

6. Пат. 2616082 Российская Федерация, МПК С01В 31/20. Способ получения диоксида углерода : № 2015156532: заявл. 29.12.2015 опубл. 12.04.2017 / Мартынов П. Н., Гулевский В. А., Ульянов В. В., Фомин А. С.; Патентообладатель: Акционерное общество "Государственный научный центр Российской Федерации; Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского". – Текст : непосредственный.

### **Применение трубы Вентури, как способ снижения скорости жидкостных пробок**

*Христинченко С.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В процессе транспортировки попутного нефтяного газа по сырьевым трубопроводам, на газоперерабатывающие заводы, периодически образуются жидкостные пробки, для приема которых устанавливаются входные сепараторы. Жидкость движется с высокой скоростью, и приводит к тому, что пробка ведет себя, как квазитвердое тело и в сепараторе не разделяется, приводя к разрушению внутренних устройств сепарационного оборудования. Поступление жидкости в газовую трубу после сепаратора приведет не только к нарушению всего технологического режима ГПЗ, но и к выходу из строя дорогостоящего оборудования, таких как компрессоры. Также большие объемы жидкости образуются при чистке трубопроводов с помощью поршней, что приводит к необходимости установки большего числа сепараторов.

Решением проблемы может послужить установка трубы Вентури, для уменьшения скорости жидкостной пробки за счет кавитационного разрыва струи в горловине сопла.

Принципиальная технологическая схема входного сепарационного узла с применением трубы Вентури изображена на рисунке 1.

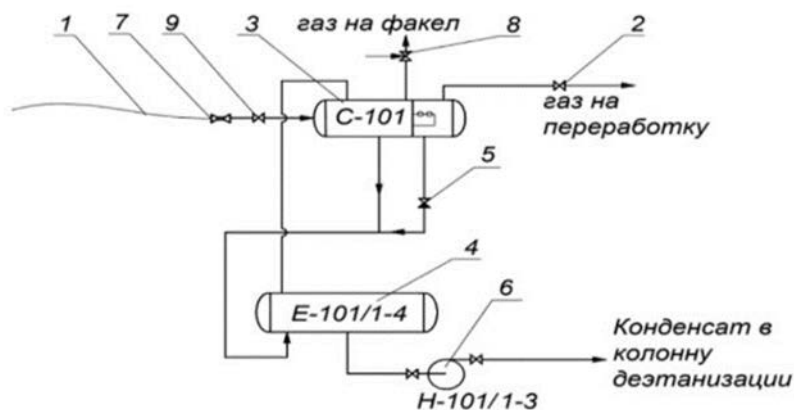


Рисунок 1. Входной сепарационный узел

1 – подводящий газопровод; 2,5,8,9 – арматура; 3 – нефтеконденсатонакопитель; 4 – накопительная емкость; 6 – насос; 7 – труба Вентури

Входной сепарационный узел работает следующим образом. Кинетическая энергия жидкостной пробки гасится в трубе Вентури 7 установленной на значительном расстоянии от С-101, далее жидкость поступает в сепаратор С-101, который напрямую соединен по нижней образующей с емкостью Е-101. Жидкость, не накапливаясь в сепараторе поступает в Е-101 и далее отводится из емкости через соответствующей патрубков.

В случае поступления пробки, превышающей объем сепаратора, на газоотводящей линии срабатывает клапан-отсекатель, что предотвращает попадание жидкости в рабочие органы компрессоров, теплообменников и другого технологического оборудования.

Эффективное торможение движения жидкости трубой Вентури обусловлено кавитационным разрывом струи в горловине сопла.

На рисунке 2 представлена принципиальная схема продольного разреза трубы Вентури.

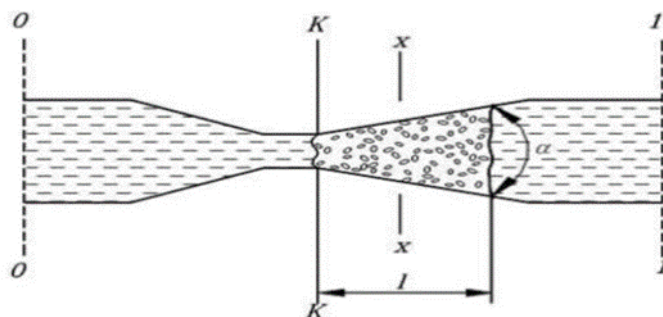


Рисунок 2. Принципиальная схема продольного разреза трубы Вентури

Применение данной технологии позволит избежать затрат на ремонт оборудования, а также установку большого количества сепараторов, для приема жидкостных пробок после чистки сырьевых трубопроводов.

#### Библиографический список

1. Аджиев, А. Ю. Подготовка и переработка попутного нефтяного газа в России, ч.1 : учебное пособие / А. Ю. Аджиев, О. Г. Пуртов. – Краснодар: ЭДВИ, 2014. – 776 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Глазунов А.М., канд. техн. наук, доцент.

### **Основные механизмы протекания коррозионных процессов в оборудовании нефтегазовой отрасли**

*Чащина К.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Коррозией металлов [1] называется самопроизвольное разрушение металлов, сопровождающееся потерей их характерных свойств, в результате агрессивного воздействия на них окружающей среды. Коррозия металлов является одной из наиболее частых причин выхода из строя оборудования нефтегазовой отрасли, что влечет за собой возникновение аварийных ситуаций. Аварии могут нести не только огромные материальные убытки, но и представляют серьезную угрозу жизни и здоровью персонала, работающего на объектах нефтегазовой отрасли. В связи с этим вопрос защиты оборудования от коррозии остается актуальным и по сей день. Для принятия антикоррозионных мер необходимо, в первую очередь, определить причину возникновения разрушений и представлять принцип их развития.

В зависимости от механизма протекания коррозионного процесса классифицируют химический и электрохимический типы коррозии [2].

В случае химической коррозии при взаимодействии металла и коррозионной среды процессы окисления металла и восстановления коррозионной среды происходят одновременно; возникновение электрического тока исключено.

В процессе химической коррозии на границе контакта металла и атмосферы образовывается окисная пленка, которая может пассивировать металл, замедляя протекание коррозионного процесса. Для этого она должна быть сплошной, твердой, износостойкой, химически инертной к окружающей среде, иметь прочную адгезионную связь с металлом.

Процесс химической коррозии, помимо оксидной пленки, зависит от следующих факторов:

- температуры – ее увеличение ускоряет протекание коррозионных процессов;

- состава сплава – добавки могут замедлять коррозию, ускорять ее или не оказывать влияния в зависимости от основного металла и непосредственно добавок;

- характера поверхности – неоднородная поверхность металла быстрее подвергается процессу окисления, чем гладкая.

В зависимости от окружающей среды, в которой происходит процесс химической коррозии, различают газовую и жидкостную коррозии.

Газовая коррозия происходит в условиях высоких температур в газах, содержащих кислород или серу. Кислородсодержащие газы способствуют уменьшению содержания в стали углерода, который обеспечивает высокую прочность материала. Вследствие этого металл теряет свою прочность. В свою очередь серосодержащие газы обеспечивают образование на поверхности некоторых металлов (железо, сталь) защитной оксидной пленки. С другой стороны, в случае некоторых металлов (никель) возникает вероятность преобразования химической коррозии в электрохимическую.

Жидкостная коррозия имеет место в жидкостях, не проводящих электрический ток. При условии наличия в жидкостях примесей скорость коррозионных разрушений увеличивается. Если в жидкостях находится вода, то в данном случае процесс коррозии будет происходить по электрохимическому механизму.

В процессе электрохимической коррозии при взаимодействии металла и токопроводящей среды процессы анодного окисления и катодного восстановления происходят отдельно, образуется гальванический элемент [3]. Участки, имеющие меньший редокс-потенциал, постепенно растворяются, другие участки не претерпевают изменения.

На процесс электрохимической коррозии оказывают влияние следующие факторы:

- неоднородность поверхности металла (сплава) – чем ярче она выражена, тем интенсивнее протекает и распространяется коррозия;

- механические воздействия – приводят к уменьшению прочностных свойств металла;

- температура – если металл помещен в нейтральную среду, то повышение температуры ускоряет коррозионный процесс, если металл или сплав находится в кислой среде, то с увеличением температуры коррозия замедляется; значительная разница температур между разными участками металла усиливает быстроту распределения коррозии.

Как правило, электрохимическая коррозия является локальной. По характеру коррозионных разрушений различают межкристаллитную (разрушения сосредоточены на границе зерен металла), щелевую (повреждения проявляются в трещинах, зазорах) и точечную (коррозия на отдельных небольших участках, диаметр которых составляет несколько миллиметров) коррозии.

Невозможно дать однозначный ответ на вопрос о том, какой из видов коррозии представляет наибольшую опасность для нефтегазовой отрасли. Каждый случай необходимо рассматривать индивидуально с учетом условий эксплуатации, конкретного вида оборудования, свойств применяемых материалов.

#### Библиографический список

1. Основы электрохимической коррозии металлов и сплавов : учеб. пособие / Л. Г. Петрова, Г. Ю. Тимофеева, П. Е. Демин, А. В. Косачев. – Москва : МАДИ, 2016. – 148 с. – Текст : непосредственный.

2. Перелыгин, Ю. П. Коррозия и защита металлов от коррозии : учебное пособие для студентов технических специальностей / Ю. П. Перелыгин, И. С. Лось, С. Ю. Киреева. – 2-е изд., доп. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2015. – 88 с. – Текст : непосредственный.

3. Музипов, Х. Н. Антикоррозионная защита нефтяного оборудования / Х. Н. Музипов. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. – 92 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Музипов Х. Н., канд. техн. наук, доцент.

## СЕКЦИЯ «Машиностроение, материаловедение»

### Исследование причины разрушения рабочей лопатки турбины высокого давления

*Алферов В.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Рабочая лопатка является сложной и дорогостоящей деталью газотурбинного двигателя. Они предназначены для того, чтобы под воздействием потока газовой смеси преобразовывать кинетическую энергию в механическую работу ротора. Рабочие лопатки турбины высокого давления подвергается воздействию центробежных сил, из-за чего они становятся более чувствительными к вибрационным нагрузкам [1]. Также они находятся в зоне высоких температур, поэтому в конструкции лопатки предусмотрены внутренние каналы для охлаждения. Изготавливают лопатки турбин методом литья.

На рисунке 1,2 представлена рабочая лопатка турбины высокого давления, у которой наблюдается обрыв части пера со стороны бандажной полки. Лопатка изготовлена из материала ЧС88У-ВИ, который удовлетворяет основным требованиям, предъявляемым к материалам таких изделий: имеет повышенные свойства жаропрочности и коррозионной стойкости [2].

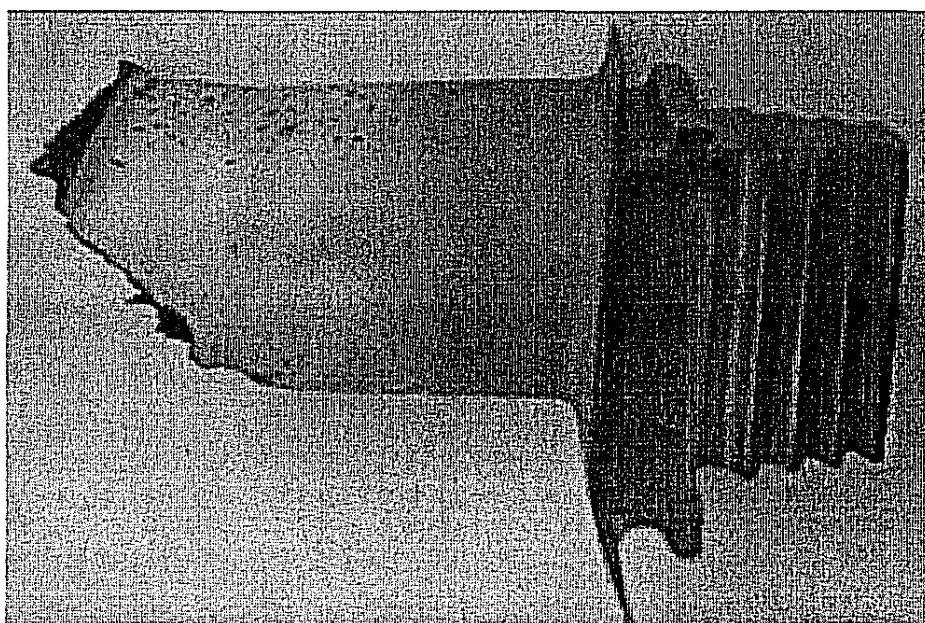


Рисунок 1. Внешний вид лопатки со стороны спинки

На входной кромке лопатки, вблизи места обрыва бандажной полки имеется участок сквозного растрескивания, от которого исходят параллельные трещины, а также просматриваются множественные параллельно расположенные трещины, представленные на рисунке 3.

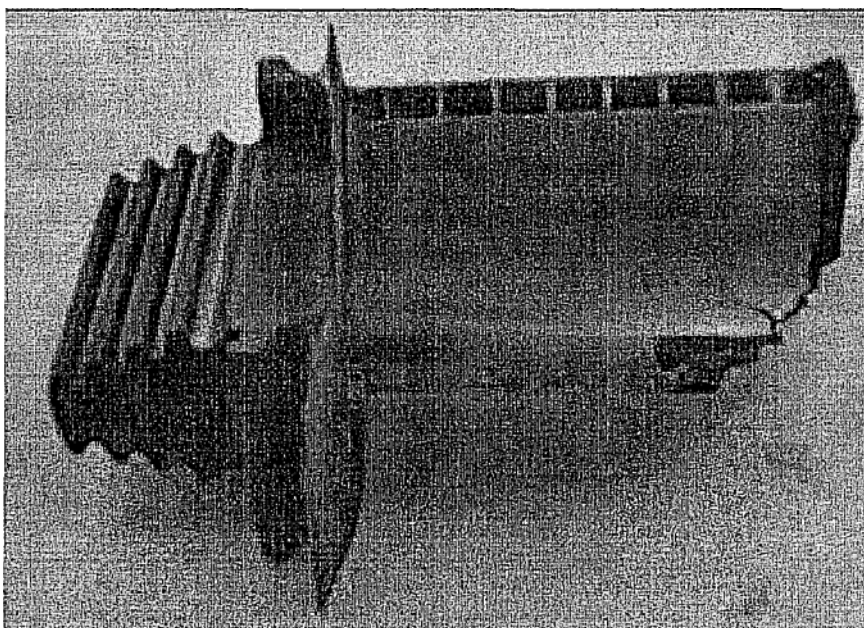


Рисунок 2. Внешний вид лопатки со стороны корыта

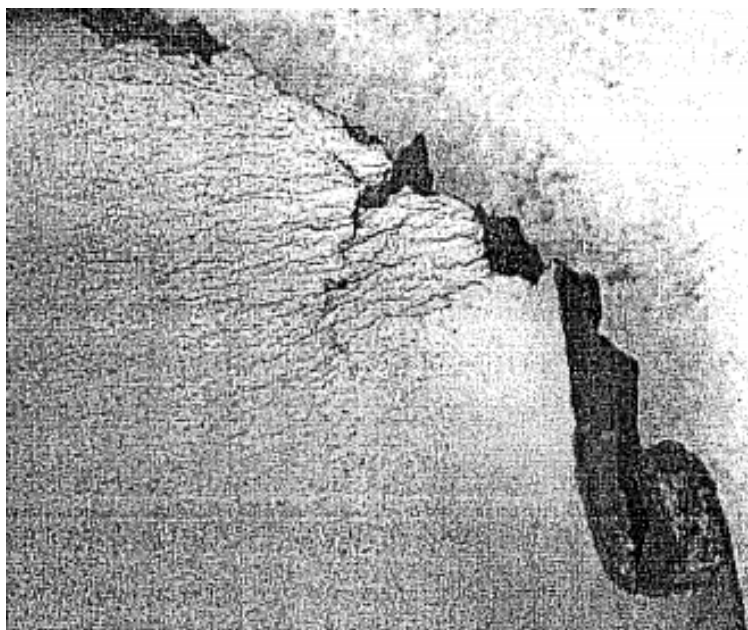


Рисунок 3. Внешний вид входной кромки лопатки близи излома

При просмотре микроструктуры с выходом на излом наблюдается поверхностное окисление, изменение микроструктуры наружного покрытия, обеднение основного материала по краю излома и под покрытием, что свидетельствует о разогреве материала до температур, превышающих рабочие.

Исследование показало, что разрушение рабочей лопатки турбины высокого давления произошло вследствие значительного повышения температуры во внутренней полости, из-за недостаточного охлаждения в процессе работы. Причиной является дефект литья при изготовлении.



## Библиографический список

1. Иноземцев, А. А. Газотурбинные двигатели / А. А. Иноземцев, В. Л. Сандрацкий. – Пермь : ОАО «Авиадвигатель», 2006. – 470 с. – Текст : непосредственный.
2. Монастырская, Е. В. Структура, фазовый состав и свойства коррозионностойкого жаропрочного сплава ЧС88У / Е. В. Монастырская, Г. И. Морозова, Ю. Б. Власов. – Текст : непосредственный // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2006. – № 8. – С. 5-6.

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

### **Анализ причин разрушения и разработка 3D прототипа ручки швейной машины**

*Будникова Е.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Объект исследования: бытовая швейная машина марки «Концерн Подольск» 1950 года выпуска. Активно эксплуатировалась около 20 лет для пошива в домашних условиях. Произошла поломка детали: в процессе эксплуатации ручка швейной машинки отломилась. Деталь в рабочем виде указана на рисунке 1 [1]. Так как оборудование довольно старое, купить ручку не представляется возможным. Поэтому предлагается изготовить данное изделие на 3D принтере. С этой целью необходимо изучить материал ручки и причины повреждения, а также разработать 3D модель и подобрать пластик для печати.

Назначение машины: бытовая швейная машина предназначена для пошива изделий из хлопчатобумажных, льняных, синтетических и шёлковых тканей прямой или зигзагообразной строчкой одной или двумя (двух-стержневыми) иглами, для выполнения декоративных и специальных строчек, а также для вышивания и штопки.

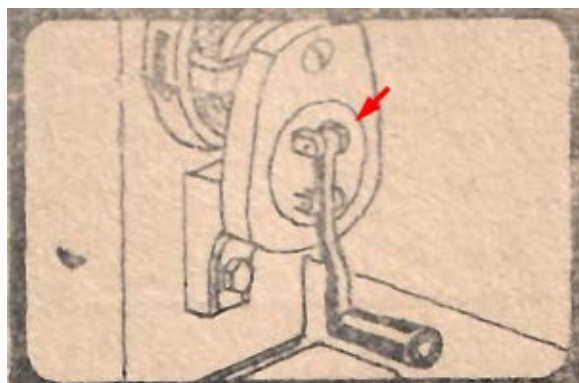


Рисунок 1. Изображение ручки в рабочем положении. Излом ручки произошел в месте направления стрелки

Для определения марки материала и установления причин разрушения провели макроскопический и микроскопический анализы излома. Определение химического состава материала при помощи растрового электронного микроскопа JEOL JSM-6510A. Определение твердости проводили на твердомере Роквелла по шкале В.

Макроскопический анализ.

На поверхности излома усталостного разрушения наблюдаются блестящие плоские фасетки. Вывод: это хрупкое разрушение. Низкие затраты энергии на излом и блеск тому подтверждение. Так как хрупкий излом происходит быстро, скорее всего, произошло накопление энергии вследствие постоянных динамических нагрузок, вдобавок образовалась трещина. Из-за этого появился излом.

Микроскопический анализ с помощью РЭМ.

По площади излома преобладают признаки хрупкого транскристаллитного разрушения, однако ближе к краю увеличивается количество случаев вязкого транскристаллитного разрушения. Для снимков под увеличением и распознавания химического состава на рисунке 2 указаны выбранные точки.

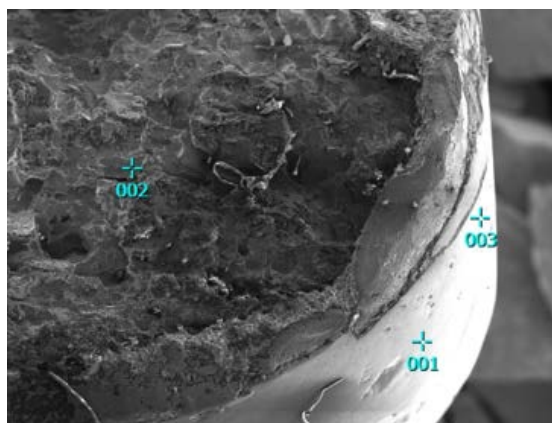


Рисунок 2. Выбранные точки для химического анализа

Таблица 1.

Результаты анализа трёх точек образца на химический состав

	C	O	Al	P	Fe	Total
001		7.80	17.62	2.90	71.68	100.00
002	3.46				96.54	100.00
003	3.63	6.88	11.61	2.98	74.90	100.00

Замеры твердости проводили на изделии с покрытием и после удаления нанесенного покрытия. Были получены следующие результаты.

Замеры в трёх точках по покрытию. Среднее значение 88,7.

Замеры в двух точках после снятия покрытия. Среднее значение 78,5.

По итогам проведенного исследования было установлено:

1. Изменения прочности оказали. На основе исследовательских данных можно сделать следующий вывод: при подборе пластика для печати на 3D п сь не слишком значимыми. Покрытие данной детали несёт скорее декоративный характер.

2. Сопоставление химического состава (указанного в таблице 1) и марок металлов показало: деталь изготовлена методом литья чугуна ВЧ40 (что дополнительно подтверждается наличием хрупкого разрушения). Покрытие оказалось алюминиевым с примесями кислорода и фосфора.

3. ВЧ40 применяется для изделий с высокой прочностью и удовлетворительной пластичностью.

4. ринтере основной характеристикой будет прочность, так как пластичность при изготовлении из полимеров нам не столь требуется, как при изготовлении детали из металла. Рекомендован PETG.

#### Библиографический список

1. ГОСТ 9013-59 (ИСО 6508-86) Металлы. Метод измерения твёрдости по Роквеллу = Metals. Method of measuring Rockwell hardness : межгосударственный стандарт : утверждён и введён в действие Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР от 4 февраля 1959 г. : введён впервые : дата введения 1969-01-01 / разработан и внесён Центральным научно-исследовательским институтом черных металлов Министерства черной металлургии СССР, 1959. – 3 с. – Текст : непосредственный.

2. МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ ПОРТАЛ : Центральный металлический портал РФ : [сайт]. – URL : [http://metallichekiy-portal.ru/marki\\_metallov/chu/VCH40](http://metallichekiy-portal.ru/marki_metallov/chu/VCH40) (дата обращения 10.03.2021). – Текст : электронный.

Научный руководитель: Кулемина А.А., старший преподаватель.

#### **Выбор параметра и датчика для системы управления процессом токарной обработки металлов**

*Воронин В.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время наиболее актуальной темой является интеллектуализация производства, то есть обеспечение промышленного оборудования специальными системами, которые помогают добиться наиболее рациональных условий технологического процесса.

В первую очередь необходимо решить задачу по выбору ключевого параметра, на основе которого будет построена система управления. В рамках данного исследования рассмотрим силу резания и вибрацию.

Сила резания возникает в результате сопротивления срезаемого слоя деформации сжатия, трения стружки о режущий инструмент и некоторых других факторов. Равнодействующую силу резания представляют в виде трех проекций – сила подачи  $P_x$ , радиальная  $P_y$  и касательная  $P_z$ , которую еще называют главной составляющей силы резания. Касательная сила является наибольшей по величине и создает крутящий момент на шпинделе, следовательно, нагружает главный привод. В качестве диагностического параметра в данном случае может использоваться именно касательная составляющая силы резания, поскольку она несет информацию о характере нагрузки на резец и, косвенно, о механических свойствах обрабатываемого материала. С ростом температуры в зоне резания характер изменения силы, действующей на инструмент, изменяется в зависимости от класса стали.

О величине силы резания судят по деформациям, пропорциональным действующей силе, которые возникают в упругих элементах, являющихся основной частью приборов для ее измерения – динамометров. Другой необходимой частью динамометров является измерительный преобразователь, преобразующий деформацию упругого элемента в сигнал, подаваемый на регистрирующее устройство. В зависимости от принципа действия используемых измерительных преобразователей различают виды динамометров: механические, гидравлические, пневматические, электрические и оптические.

В настоящее время, наибольшее применение получили электрические динамометры на основе тензорезисторов, принцип действия которых заключается в преобразовании механической деформации упругого элемента в сопротивление, а затем, в напряжение (рисунок 1).

Рассмотрим критические недостатки тензометрического динамометра типа УДМ в применении его в качестве первичного преобразователя автоматической системы.

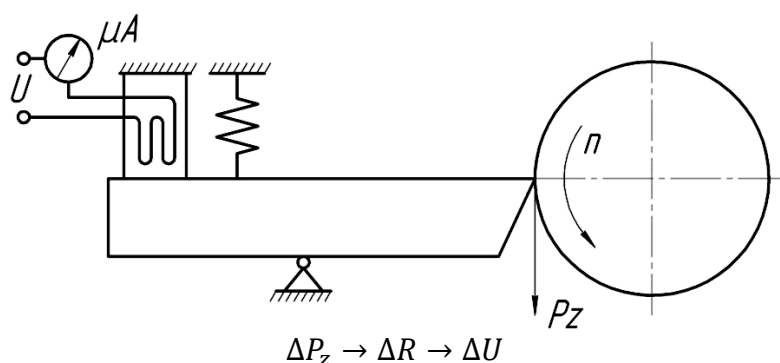


Рисунок 1. Схема электрического динамометра с тензодатчиком

Динамометр – упругая система, которая устанавливается вместо резцедержателя для закрепления режущего инструмента, что уменьшает жёсткость конструкции станка. Тензодатчик закреплен на упругом элементе с помощью клея, деформирующегося под нагрузкой, что вносит суще-

ственные погрешности, также клеевой слой имеет определённую ползучесть под нагрузкой, в результате чего с течением времени показания изменяются из-за его релаксации. На основании изложенного выше, применение динамометров в системах автоматизированного управления нецелесообразно.

Контроль параметров вибрации широко применяется в промышленности для оценки состояния машин и оборудования. Вибродиагностика – метод неразрушающего контроля, в основе которого лежит анализ параметров колебаний конструктивных частей оборудования. Получение информации о контролируемом объекте осуществляется с помощью первичных преобразователей, разделяемых по принципу преобразования на три группы: проксиметры, велосиметры и акселерометры. На современном этапе развития вибродиагностики в основном используются акселерометры, поскольку их выходной сигнал отражает ускорение системы. Процесс преобразования смещения в скорость или скорости в ускорение эквивалентен математической операции дифференцирования. Обратное преобразование ускорения в скорость и скорости в смещение называется интегрированием. Сегодня можно проводить эти операции внутри измерительных приборов и легко переходить от одних параметров измерения к другим. На практике, однако, дифференцирование приводит к росту шумовой составляющей сигнала, и поэтому редко применяется. Интегрирование, напротив, может быть осуществлено с высокой точностью с помощью простых электрических цепей.

На рисунке 2 показано расположение акселерометра, при котором выходной сигнал будет инвертирован относительно колебаний главной составляющей силы резания  $P_z$ , однако, это никак не повлияет на качественные и количественные параметры спектра мощности виброускорения. Такое расположение датчика выбрано с целью обезопасить его от стружки.

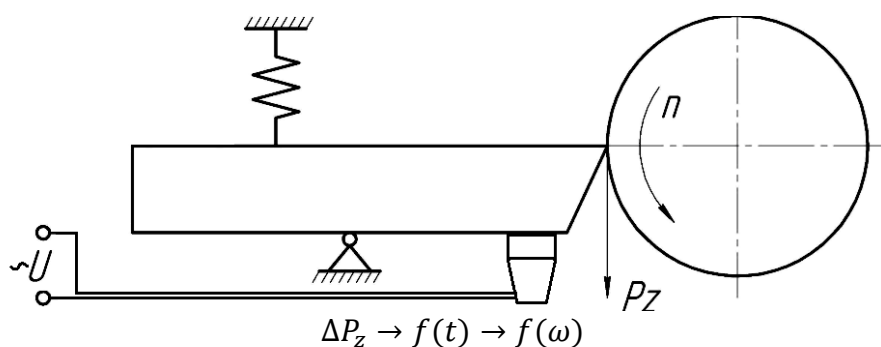


Рисунок 2. Схема расположения акселерометра на режущем инструменте

Использование вибродатчика в качестве первичного преобразователя в системе контроля процесса резания более предпочтительно, чем применение динамометра, поскольку лишено недостатков последнего. Преимуществами вибропреобразователя являются высокая чувствительность, от-

сутствие инерционности и ползучести, малые размеры, отсутствие необходимости внесения изменений в конструкцию станка.

#### Библиографический список

1. Артамонов, Е. В. Формирование условий максимальной обрабатываемости жаропрочных материалов путем высокотемпературного охрупчивания при резании / Е. В. Артамонов, Д. В. Васильев, М. Х. Утешев. – Текст : непосредственный // СТИН. – 2016. – № 9. – С. 21-24.

2. Розенберг, Г. Ш. Вибродиагностика : монография / Г. Ш. Розенберг, Е. З. Мадорский ; Министерство энергетики Российской Федерации, петербургский энергетический институт повышения квалификации. – Санкт-Петербург : ПЭИПК, 2003. – 284 с. – Текст : непосредственный.

3. Григорьев, С. Н. Диагностика автоматизированного производства / С. Н. Григорьев, М. П. Козочкин, Ф. С. Сабиров. – Москва : Машиностроение, 2011. – 600 с. – Текст : непосредственный.

4. Козочкин, М. П. Особенности вибраций при резании материалов / М. П. Козочкин. – Текст : непосредственный // СТИН. – 2009. – № 1. – С. 29-35.

Научный руководитель: Артамонов Е.В., доктор техн. наук, профессор.

Благодарность Золотухину И. С. за помощь в планировании и организации экспериментов.

#### **Оптимизация прочностных и массовых характеристик детали с использованием алгоритмов генеративного дизайна**

*Губенко А.С., Старикова Ю.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

На данный момент в области компьютерного инженерного анализа существует тенденция на развитие систем автоматизированного проектирования способных оперировать алгоритмами генеративного дизайна, которые позволяют делегировать часть процессов по проектированию, расчетам и разработке основных узлов изделия компьютерным системам и искусственному интеллекту. Алгоритмы генеративного дизайна позволяют существенно упростить рутинную конструкторскую работу и сконцентрироваться на решении более сложных конструкторских задач. При этом достигается оптимизация прочностных и массовых характеристик детали благодаря вводу входных данных и моделирования различных нагрузок. Идеей данной работы является оптимизация существующей модели детали в соответствии с техническими требованиями, предъявляемыми к ней, с помощью алгоритмов генеративного дизайна.

Современные системы автоматизированного проектирования способны с помощью генеративного проектирования, которое также называют порождающим проектированием, модифицировать 3D-модель таким образом, что она будет полностью соответствовать своим техническим требованиям, но с видоизменной конструкцией без изменения габаритных размеров. Для корректной работы алгоритмов необходимо правильно задать входные нагрузки на деталь, а также максимально допустимые напряжения во время ее эксплуатации. После генерации оптимизированной модели ее можно подвергнуть более глубокому инженерному анализу.

САПР системы, которые возможно использовать для достижения вышеперечисленного поставляют компании Autodesk и Siemens, а именно их программные решения Fusion 360 и Solid Edge.

Для успешной реализации этого исследования было принято решение использовать для 3D-моделирования, компьютерного инженерного анализа, а также порождающего проектирования программу Siemens Solid Edge.

В данной работе рассмотрена деталь типа «ступица» в ее традиционном исполнении, а также вариант, оптимизированный алгоритмами генеративного дизайна.

С целью улучшения прочностных и массовых характеристик ступицы была разработана ее 3D-модель, представленная на рисунке ниже.

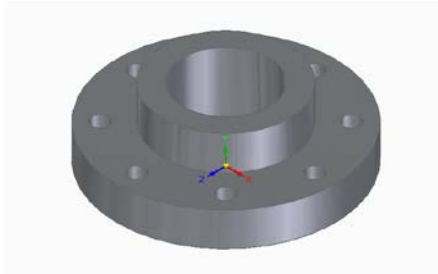


Рисунок 1. Деталь типа «ступица» в традиционном исполнении

Далее проводилась работа по подготовке модели к оптимизации алгоритмами порождающего проектирования. В качестве материала детали использовалась Сталь 45, которая соответствует техническим требованиям, в соответствии с которыми изготавливаются ступицы.

В результате после фиксации модели, задачи областей, подвергаемых оптимизации проектирования, а также областей, заблокированных для оптимизации таких, как отверстия и симуляции нагрузки удалось привести модели с помощью с алгоритмов к виду, представленному на рисунке ниже.

После применения порождающего проектирования удалось добиться снижения массы детали в 2 раза, сохранив при этом прочностные характеристики.



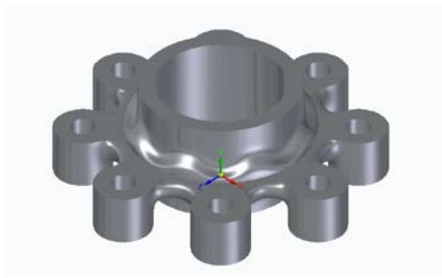


Рисунок 2. Деталь типа «ступица» после генеративного дизайна

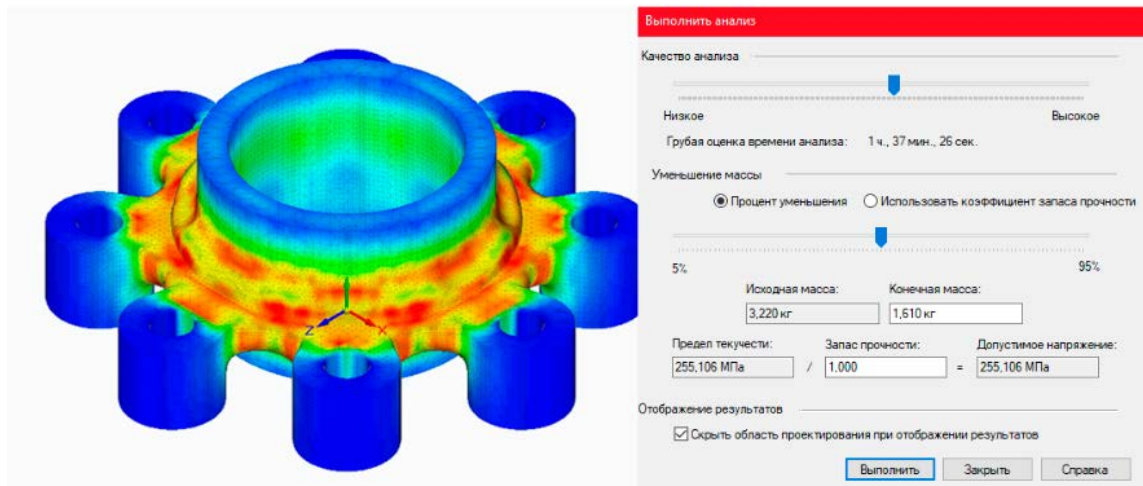


Рисунок 3. Анализ напряжений детали и ее масса

Далее для реализации данной работы планируется изготовление двух моделей ступицы, до и после оптимизации, с применением аддитивных технологий для дальнейших прочностных исследований готовых изделий.

Модели деталей после постпроцессирования для 3D-оборудования представлены на рисунке ниже.

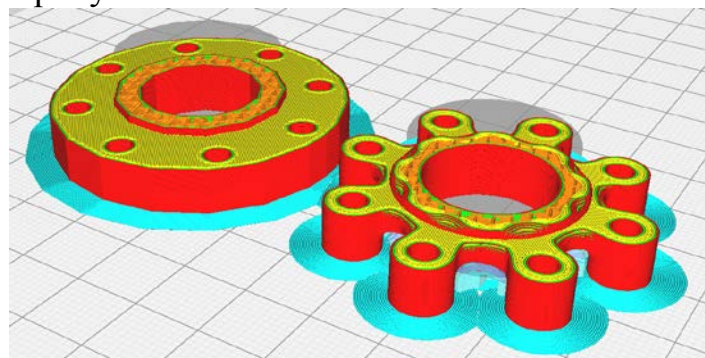


Рисунок 4. Постпроцессированные детали

### Библиографический список

1. Губенко, А. С. Оптимизация 3d-модели конического редуктора с использованием алгоритмов генеративного дизайна / А. С. Губенко, Ю. А.



Старикова, А. И. Стариков. – Текст : непосредственный // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, ученых и специалистов, посвященной 20-летию создания кафедры электроэнергетики: в 2-х томах / Ответственный редактор: А. Н. Халин. – Тюмень, 2019. – С. 262-264.

2. Левицкий, В. С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей / В. С. Левицкий. - Москва : Высшая школа, 2003. - 428 с. – Текст : непосредственный.

3. Леонова, В. А. Альбом сборочных чертежей для детализирования и чтения : учебное пособие для вузов / В. А. Леонова, О. П. Галанина. - Москва : Машиностроение, 1975. - 52 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Стариков А.И., старший преподаватель.

### **Изменение параметров акустической эмиссии при нагружении стали 09Г2С**

*Ельцова С.М.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время метод акустической эмиссии (АЭ) находит все более широкое применение в практике неразрушающего контроля потенциально опасного оборудования.

Суть метода АЭ состоит в анализе параметров слабого ультразвукового излучения, сопровождающего любое изменение структуры металлов, композиционных материалов [1]. Акустическая эмиссия зависит от структуры материала и процесса деформирования, поэтому разные материалы отличаются друг от друга по своему акустико-эмиссионному отклику.

В настоящей работе изучалась связь механических свойств конструкционной стали (пределы упругости, текучести, прочности) и параметрами сигнала акустической эмиссии.

Объектом исследования являлись стандартные плоские образцы стали марки 09Г2С в состоянии поставки. Эксперимент проводился при помощи разрывной машины и станции АЭ UNISCOPE. После установки датчика проводили испытание на растяжение с постоянной скоростью удлинения 15 мм/мин. Одновременно с растяжением регистрировали данные сигнала акустической эмиссии до разрыва образцов.

На рисунке 2.7 видно, что предел текучести для стали 09Г2С составляет 275 - 285 МПа, предел упругости - 270 МПа, предел прочности - 420 МПа, относительное удлинение 20 - 21%.

Кроме того, было проведено сравнение таких параметров АЭ как Средняя амплитуда, активность и сумма импульсов.

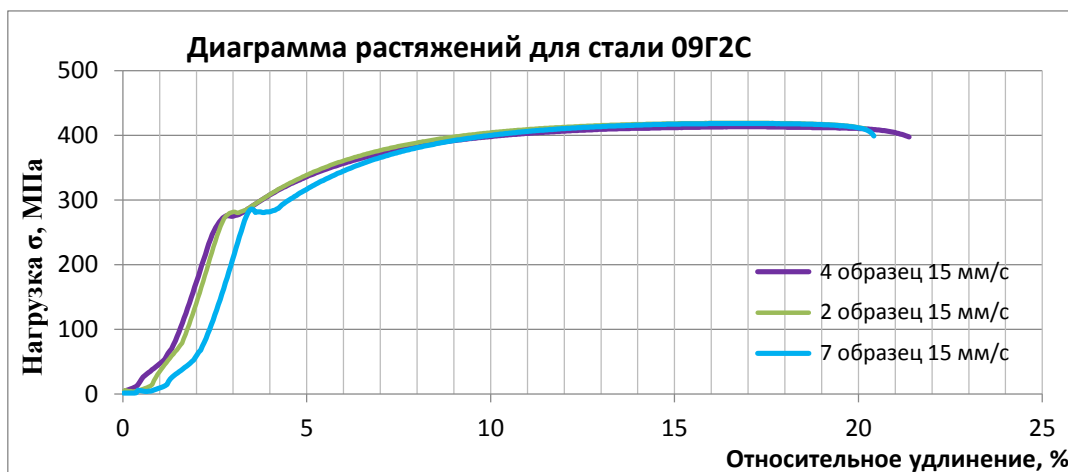


Рисунок 1. Диаграмма растяжения изучаемых образцов

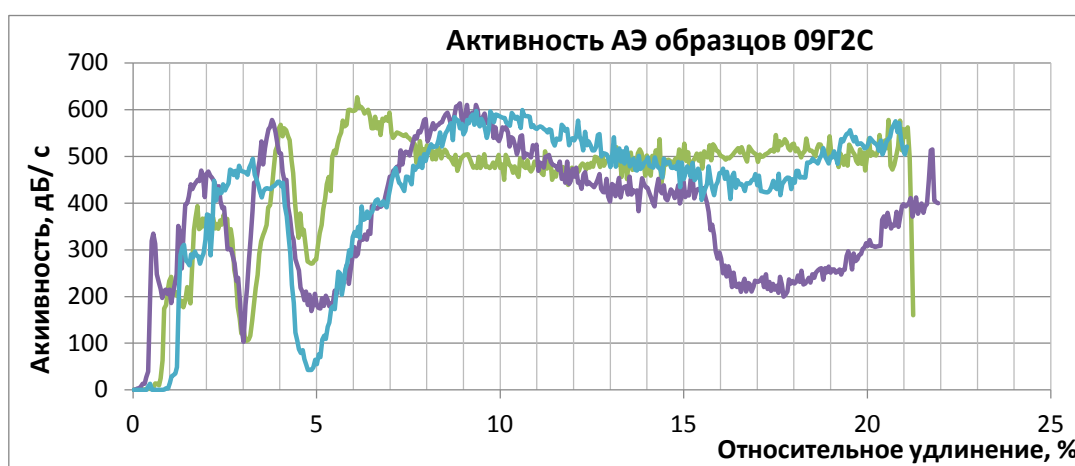


Рисунок 2. Зависимость активности АЭ (дБ/с) от относительного удлинения (%) образцов 09Г2С

На рисунке 2 показана зависимость активности АЭ (дБ/с) от относительного удлинения (%) трех образцов 09Г2С. Активность АЭ в диапазоне от 0 до 2 % увеличивается, затем при относительном удлинении от 2 до 3 % наблюдается спад, после чего в промежутке от 3% до 4% активность растет, от 4 – 5% падает и снова возрастает.

Значительный рост активности сигнала АЭ наблюдаемый при 2 % и 4 %, отражают структурные изменения кристаллической решетки. Первый пик соответствует переходу из упругой зоны деформации в пластичную зону, а второй концу площадки текучести.

Таким образом, выявленные закономерности изменения параметров сигнала АЭ указывают на приближение к критическим точкам (предел упругости, предел прочности, предел текучести), соответствующих значениям, предшествующим деформации или разрушению.

## Библиографический список

1. Буйло, С. И. Физико-механические, химические и статистические аспекты акустической эмиссии / С. И. Буйло. – Текст : непосредственный // Известия Алтайского государственного университета. – 2019. – № 1. – С. 11.

Научный руководитель: Проботюк В.В., к.т.н., доцент

### **Изучение сигнала магнитоакустической эмиссии при перемагничивании конструкционных сталей**

*Ельцова С.М.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время большое внимание уделяется вопросам контроля напряженно-деформированных состояний и деградации структуры конструкционных материалов, что связано с необходимостью увеличения сроков и повышением надежности эксплуатации объектов.

Изучение эффекта Баркгаузена и сопутствующих ему магнитных и акустических шумов показало возможность применения его для диагностики и исследования состояния ферромагнитных материалов, поскольку параметры сигналов напрямую зависят от физико-механических свойств. Эффект Баркгаузена заключается в скачкообразном изменении намагниченности ферромагнетика при медленном изменении внешнего магнитного поля [1]. Технически зафиксировать ЭБ можно двумя сигналами: сигналом магнитного шума Баркгаузена (МШБ) и акустическим шумом Баркгаузена (АШБ) [2].

Целью данной работы является проверка возможности регистрации сигнала АШБ при помощи пьезоэлектрического преобразователя GT200 и станции акустической эмиссии UNISCOPE.

Исследование проводилось на плоских образцах низкоуглеродистых конструкционных сталей с размерами 70x40x10мм. Перед проведением основного эксперимента была измерена коэрцитивная сила образцов.

При помощи мобильной аппаратно-программной системы магнитной структуроскопии DIUS-1.15M происходило перемагничивание образцов по полной симметричной петле гистерезиса. Напряженность магнитного поля изменялась линейно. Работа устройства осуществлялась с помощью специальной программы, управляющей режимами работы, визуализацией и сохранением результатов измерений. Одновременно с перемагничиванием осуществлялась регистрация параметров сигнала магнитоакустической эмиссии при помощи пьезоэлектрического преобразователя GT200 и станции акустической эмиссии. За время эксперимента, составляющего примерно 120с, каждый образец перемагничивали шесть раз.

Опыт показал, что сигнал АЭ изменяется в процессе перемагничивания всех сталей и больше всего влияет на такие параметры акустической эмиссии, как активность, скорость счета, среднее время нарастания, средняя энергия и средняя длительность.

На рис.1 показана зависимость активности и скорости счета АЭ от времени. На графиках видно 6 пиков сигнала АЭ, совпадающих с циклами перемагничивания образцов сталей. Этот факт демонстрирует возможность регистрации сигнала магнитоакустической эмиссии при помощи пьезоэлектрического преобразователя GT200 и станции акустической эмиссии UNISCOPE.

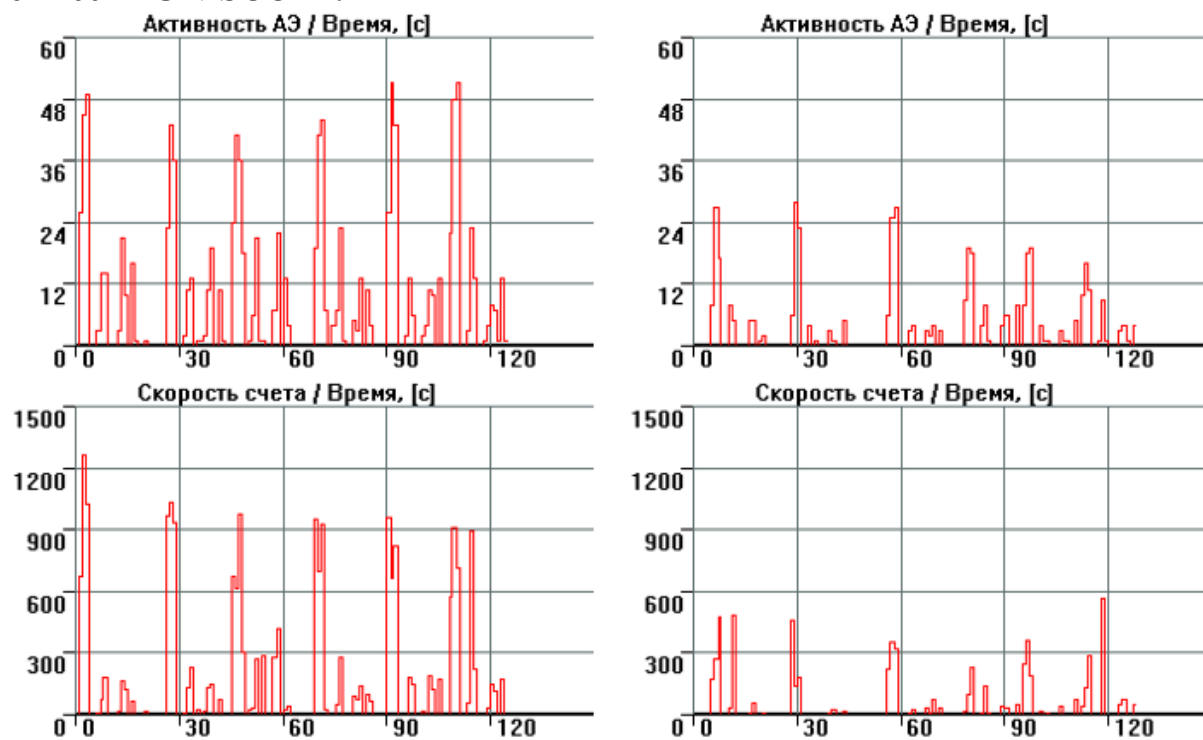


Рисунок 1. Зависимость параметров сигнала АЭ от времени

Эксперимент показал, что все параметры акустической эмиссии для сталей, имеющих большую коэрцитивную силу, а соответственно и более широкую петлю гистерезиса, имеют большие значения.

#### Библиографический список

1. Семашко, Н. А. Акустическая эмиссия в экспериментальном материаловедении : учеб. пособие для вузов / Н. А. Семашко, В. И. Шпорт, Б. Н. Марьин. – Москва, 2017. – 176 с. – Текст : непосредственный.
2. Особенности возбуждения и регистрации магнитоакустической эмиссии в ферромагнитных объектах / В. Н. Костин, Д. Ю. Филатенков, Ю. А. Чекалина, О. Н. Василенко. – Текст : непосредственный // Акустический журнал. – 2017. – Вып. 63. – С. 209.

Научный руководитель: Нассонов В.В., к.т.н., доцент

## Анализ применения системы плунжерного лифта как способа увеличения дебита газовой скважины

Ергулович И.Н.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Большинство залежей природного газа, в частности крупные месторождения на севере Западной Сибири, разрабатываются в условиях водонапорного режима. Процесс добычи газа осложняется: по мере перемещения газовойодяного контакта, происходит естественное обводнение газовых скважин, что приводит, главным образом, к падению пластового давления и разрушению продуктивного коллектора. В свою очередь, данные процессы повышают общее количество скважин, эксплуатация которых осложнена высоким содержанием жидкости на забое, что резко сокращает производительность скважин вплоть до самозадавливания и понижает рентабельность. В силу этих причин в последнее время особой актуальностью обладают поиск способов повышения дебита и перспективного решения проблем самозадавливающихся скважин.

На данный момент известны следующие технико-технологические способы увеличения дебита: плунжерный лифт, газлифт, различные виды продувок, обработка забоя твердыми и жидкими поверхностно-активными веществами (ПАВ) [1].

Наибольший интерес вызывает решение данной проблемы посредством применения плунжерного лифта, принцип действия которого показан на рисунке 1 [2].

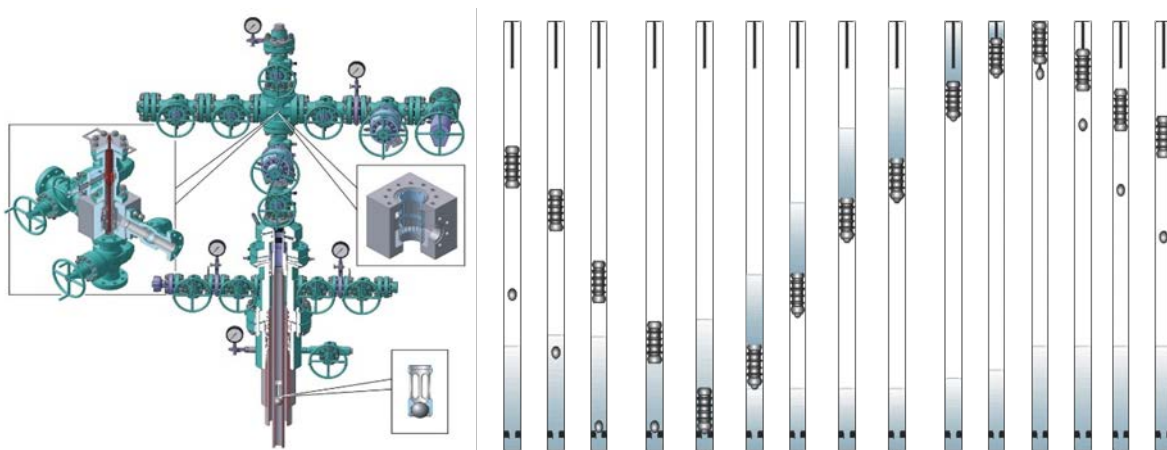


Рисунок 1. Принцип работы плунжерного лифта

При подтвержденной эффективности использования этой технологии эксплуатации самозадавливающихся скважин, у «летающего клапана» отмечается ряд недостатков, главным из которых является маленький ресурс работы на скважинах с лифтовой колонной диаметром 168 мм.

Проблема рассматривалась в диссертации Медко В.В., в процессе испытаний выявлены технологические несовершенства конструкции: из-

нос наружной поверхности плунжеров, испытанных в скважине 623, отслоение от резинового корпуса закладных ограничителей хода шара, кессонные вздутия поверхности шара из маслонефтебензостойкой резины. Плунжеры из уретановых резин СКУ-50, литьевого полиуретана оказались стойкими к воздействию газовой среды на стенде и в скважине [3].

По результатам исследования Медко В.В, за время испытаний плунжерного лифта не выявлено значительной разницы в работе плунжеров, изготовленных из разных материалов, за исключением интенсивности износа. Плунжеры из полиуретана и дюрала изнашиваются в 5-7 раз быстрее, чем стальные [3]. Это дает основание для поиска других видов материалов, включающих в состав иные легирующие компоненты.

В свою очередь, изучение конструктивных особенностей изделия выявило недостатки устройства с точки зрения аэродинамики. Исходя из этого, следует рассмотреть варианты оптимизации конструкции плунжера с целью улучшения его аэродинамических характеристик.

Кроме того, результаты испытаний подтвердили, что поверхность плунжера подвержена повышенному износу. В связи с этим, следует произвести упрочнение поверхностного слоя изделия для повышения его стойкости.

#### Библиографический список

1. Вальцев, С. В. Вопросы науки и образования / С. В. Вальцев, Е. М. Сизова. – Текст : непосредственный // Причины обводнения газовых скважин. – 2017. – № 1 (2). – С. 23-24.

2. Плунжерный лифт / Yandex. – Изображение : электронное // Ru.wikipedia.org = Плунжерный лифт : [сайт]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Плунжерный\\_лифт](https://ru.wikipedia.org/wiki/Плунжерный_лифт) (дата обращения: 27.01.2021).

3. Медко, В. В. Технология удаления жидкости из газовых скважин с лифтовыми колоннами больших диаметров : 25.00.17 : автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. В. Медко ; ВНИИГАЗ. – Москва, 2017. – 21 с. – Текст : непосредственный.

4. Тагиров, К. М. Эксплуатация нефтяных и газовых скважин : учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / К. М. Тагиров. – Москва : Академия, 2012. – 336 с. – Текст : непосредственный

Научный руководитель: Кокорин И.Н., ассистент кафедры ТМ.

## Исследование структуры и свойств сталей 20 и 45

Катайцева М.С.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Целью работы является изучение структуры и механических свойств сталей марки 20 и 45. Была поставлена задача выявить влияние содержания углерода на механические свойства и микроструктуру углеродистых сталей. Для исследований был представлен горячекатаный металлопрокат Ø30 мм стали марок 20 и 45.

Химический состав материала (табл.1) определяли при помощи оптико-эмиссионного спектрометра. По содержанию углерода сталь 20 (C=0,176%) относится к низкоуглеродистым сталям, а сталь 45 (C=0,448%) – к среднеуглеродистым [1].

Таблица 1

Химический состав сталей 20 и 45

Марка стали	Профиль / размер	Элементы									
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	N
20	кр. 30	0,17 6	0,43 9	0,21 5	0,01 04	0,00 88	0,11 3	0,12 8	0,01 3	0,22 1	0,00 93
45	кр. 30	0,44 8	0,53	0,18 3	0,01 12	0,01 17	0,12 8	0,12 7	0,01 2	0,24 3	0,01 19

Далее были проведены механические испытания: измерена твердость (НВ), определены показатели прочности ( $\sigma_T, \sigma_{0.2}, \sigma_B$ ), пластичности ( $\delta, \psi$ ). Значения полученных результатов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Механические свойства сталей 20 и 45

Марка стали	НВ	$\sigma_T, \text{Н/мм}^2$	$\sigma_{0.2}, \text{Н/мм}^2$	$\sigma_B, \text{Н/мм}^2$	$\delta, \%$	$\psi, \%$
20	143	333	337	485	36,8	67
45	207	410	412	660	23,6	45

Измерения твердости проводились при помощи твердомера ТШ-2М и отсчётного микроскопа МПБ-3 по методу Бринелля [2].

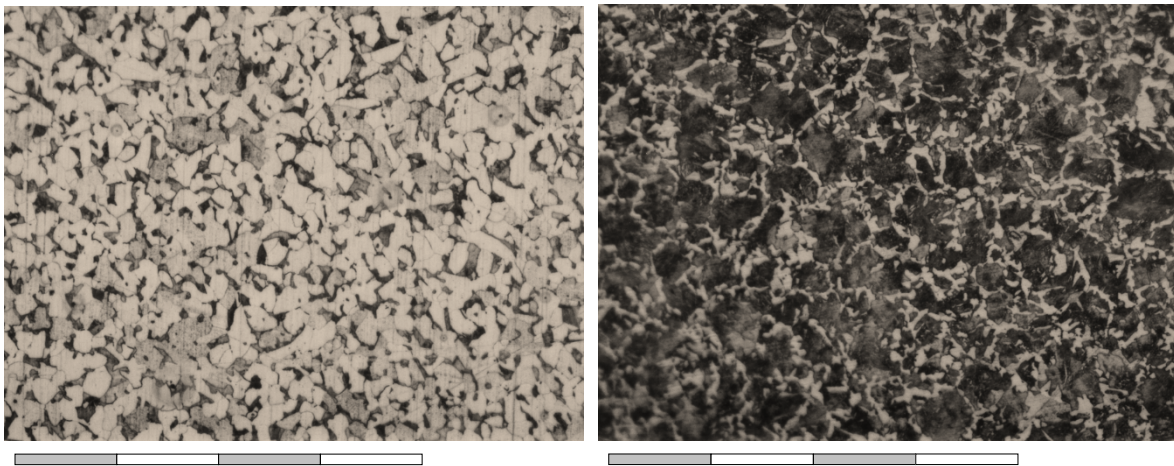
Испытания на растяжение проводились на стандартных пятикратных образцах [3], на разрывной машине 1Р-20 (И1185М).

Значения твердости и показатели прочности стали 45 оказались выше, чем у стали. Однако, показатели пластичности больше у стали 20.

Микроанализ структуры проводился с использованием светового микроскопа Olimpus GX51F с программным комплексом.

Микроструктура образца из стали 20 феррито-перлитная (рисунок 1а). Соотношение перлита и феррита: 20/80%. Микроструктура образца из стали 45 перлитно-ферритная, соотношение структурных составляющих: перлита – 85%, феррита – 15% (рисунок 1а). [4].





а) б)  
Рисунок 1. Микроструктура стали 20(а), 45(б) (х 200)

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы:

- С повышением содержания углерода в стали повышаются показатели прочности и твердости, но снижаются показатели пластичности.
- Низкоуглеродистые стали лучше подвергаются механической обработке за счет хорошей пластичности и низкой твердости, но их нельзя использовать для деталей, испытывающих большие нагрузки в процессе эксплуатации. Поэтому при выборе марки стали необходимо обращать внимание на то, какую механическую обработку нужно применить для получения данной детали и какие нагрузки будет испытывать деталь в процессе эксплуатации.

#### Библиографический список

1. ГОСТ 1050-2013.Metalloпродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 44 с. – Текст : непосредственный.
2. ГОСТ 9012-59. Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5). – Москва: Стандартинформ, 2007. – 39 с. – Текст : непосредственный.
3. ГОСТ 1497-84. Металлы. Методы испытаний на растяжение. – Москва: Стандартинформ, 2008. – 22 с. – Текст : непосредственный.
4. ГОСТ 8233-56. Сталь. Эталонны микроструктуры. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 12 с. – Текст : непосредственный.



## Исследование распределения температуры в режущей пластине при использовании системы внутреннего охлаждения

Кокорин И.Н., Некрасов Р.Ю.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В современном мире в области машиностроения ведется поиск методов финишной (токарной) обработки различных труднообрабатываемых материалов. Надежность режущих пластин и регламентируемый период стойкости является ключевым фактором, который повышает эффективность чистовой обработки с обеспечением необходимой точности поверхности и чистоты поверхностного слоя.

При токарной обработке труднообрабатываемых материалов повышается доля тепла, генерирующаяся в режущем клине инструмента, что способствует повышенному износу режущего клина инструмента (пластины).

В данной статье исследован тепломассоперенос внутри режущей пластины круглой формы из кубического нитрида бора. Расчеты проводились в программной среде для конечно-элементного анализа Solidworks simulation. Результаты расчетов без охлаждения представлен на рисунке 1.

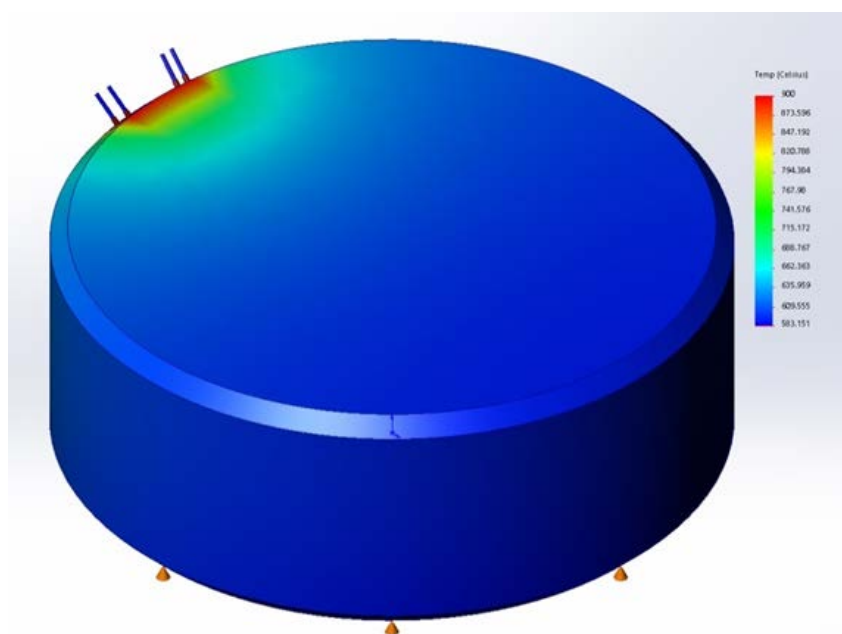


Рисунок 1. Эпюра температуры без использования системы

Результат расчетов с использованием системы внутреннего охлаждения представлен на рисунке 2.

Температура при обычном сухом тчении отрицательно влияет на эффективность обработки, но использование внутреннего охлаждения в замкнутом контуре снижает этот отрицательный эффект.

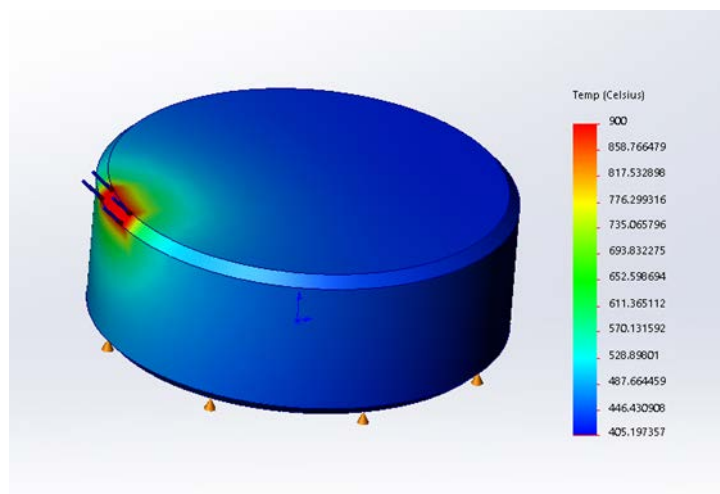


Рисунок 2. Эпюра температуры с использованием системы

На основании проведенных расчетов можно сделать вывод, что при использовании данной системы охлаждения температура в режущей пластине меньше чем при обычной обработке без использования охлаждения.

#### Библиографический список

1. Diagnostics of cut-layer deformation and rational tool loading in numerically controlled lathes / R.Y. Nekrasov, U. S. Putilova, A. I. Starikov, D. A. Kharitonov. – Direct text. // Russian engineering research. - 2014. - Vol. 34. - № 12. - P. 826-828.
2. Nekrasov, R.Y. Laser interferometry method of stress determination in loaded cutting tool parts / R.Y. Nekrasov, U.S. Putilova, I.V. Soloviev. – Direct text // Applied Mechanics and Materials. - 2014. - Vol. 698. - P. 537-541.
3. Nekrasov, R.Y. Entering the operative correction machining processes CNC / R.Y. Nekrasov, A. I. Starikov, A. A. Lasukov. – Direct text // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 91. – 2015. – P. 1-6.
4. Nekrasov, R.Y. Diagnosis of the computer-controlled milling machine, definition of the working errors and input corrections on the basis of mathematical / R.Y. Nekrasov, A. I. Starikov, A. A. Lasukov. – Direct text // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. - Vol. 154. – 2016. – P. 1-7.

Научный руководитель: Некрасов Р.Ю., канд. техн. наук, доцент.

#### **Цирконий как легирующий элемент в производстве алюминия. Экономика и экология данного производства**

*Конева А.С., Кожухметова С.А., Буглак А.Г., Перескокова О.Д.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Технология производства алюминия включает в себя следующие стадии:

1. Получить глинозем можно при помощи кислотного, щелочного и электролитического способа.

2. В вакуумных фильтрах и циклонах происходит выделение окиси алюминия.

3. Наиболее эффективным по удалению примесей является метод трехслойного рафинирования, по сути это повторный электролиз. Этим методом возможно получить алюминий чистотой до 99,99%

Производство алюминия представляет собой сложный процесс, требующий необходимого оборудования, знания технологии, соблюдения особых условий и трудовых затрат.

Мы хотим предложить экологичный метод по производству глинозема из золошлаковых отходов.

Плюсы данного производства:

- Работа над извлечением оксида алюминия из золоотвалов позволит уменьшить экологическое давление на окружающую среду со стороны ТЭС, так как уменьшится запыление, вызываемое золой и территория под золоотвалами. При переработке нефелиновой руды с малым содержанием оксида алюминия образуется большое количество отходов, с применением золы эти отходы можно уменьшить.

- Необходимость уменьшения экологических рисков позволит переработать в ценные продукты отходы тепловых электростанций – золу и шлак.

- Получение соединений алюминия из местного сырья, являющегося отходом другого производства позволит уменьшить неблагоприятное влияние шлакозолоотвалов на окружающую среду.

- Переработка золы и шлака с целью извлечения из них алюминия, позволит создать дополнительные рабочие места. [1]

Выбранный нами объект исследования является сплав Al-Zr-B. В таблице приведены основные свойства легирующих элементов данного сплава.

Таблица 1

Свойства легирующих элементов [2]

Zr	B
Повышает прочность	Повышает электропроводность
Высокая коррозионная стойкость	Устойчив к действию растворов щелочей
Высокая пластичность	Устойчив к высоким температурам

В таблице 2 приведён химический состав выбранного нами сплава.

Таблица 2

Химический состав сплава

Al	Zr	B
99,5 %	0,4 %	0,1 %

Для исследования мы рассмотрели массу и цену получившегося сплава. Сплав Al-Zr-B мы сравнивали со сплавом Al-Cu-Mg, который широко распространён на предприятии «РУСАЛ».

Таблица 3

Плотность элементов

Элемент	Плотность, г/см <sup>3</sup>
Al	2,7
Zr	6,45
B	2,34
Cu	8,92
Mg	7,87

Расчеты:

$$m = \rho \cdot V = 2,7 \cdot 99,5 + 6,45 \cdot 0,4 + 2,34 \cdot 0,1 = 271,464 \text{ г/см}^3$$

$$m = \rho \cdot V = 2,7 \cdot 95 + 8,92 \cdot 4,5 + 7,87 \cdot 0,5 = 300,575 \text{ г/см}^3$$

$$271,464 < 300,575$$

Вывод: сплав Al-Zr-B по массе меньше, чем сплав Al-Cu-Mg.

Таблица 4

Стоимость элементов

Элемент	Цена, р/кг
Al	150
Zr	6800
B	6600
Cu	500
Mg	240

Расчеты:

$$150 \cdot 0,995 + 6600 \cdot 0,004 + 6800 \cdot 0,001 = 183,05 \text{ р/кг}$$

$$150 \cdot 0,95 + 500 \cdot 0,045 + 240 \cdot 0,005 = 166,2 \text{ р/кг}$$

$$183,05 - 166,2 = 18,89 \text{ р/кг}$$

Вывод: сплав Al-Zr-B дороже, чем сплав Al-Cu-Mg.

#### Экономика проекта

Для уменьшения себестоимости при производстве сплава Al-Zr-B можно создать монополию предприятия «РУСАЛ» и предприятия по изготовлению циркония, то есть вложиться в строительство «ООО Циркон» - завода по добыче циркония.

Текущие потребности в цирконии на территории России зависят от зарубежных поставок, хотя Россия занимает 3 место по залежам циркония. Поэтому мы можем заняться добычей этого ценного металла и экспортировать его в другие страны и за счёт получения прибыли вкладываться в производство деталей на основе данного металла. [3]

#### Экология процесса

При производстве сплавов алюминия с медью в атмосферу выделяется большое количество вредных выбросов, которые очень опасны для организма человека и для окружающей среды.

Поэтому чтобы уменьшить выбросы в атмосферу мы предлагаем заменить медь на цирконий и бор.

Цирконий и бор не оказывают абсолютно никакого вредного воздействия на организм человека или животных. У циркония нет известных токсичных эффектов при его производстве. [4]

Итоги и результаты внедрения:

1. Производство глинозема из золошлаковых отходов снизит количество отходов к минимуму
2. Цирконий не оказывает вредного влияния на живые организмы
3. Сотрудничество с предприятием по добыче циркония – меньше затрат
4. Развитие по производству и добыче циркония в России – мировой экспорт
5. Снижение выбросов вредных газов в атмосферу
6. Цена незначительно выше, но свойства гораздо лучше

#### Библиографический список

1. Разработка мер по уменьшению экологического давления на окружающую среду при производстве алюминия: [сайт]. – URL: <https://pandia.ru/text/78/018/23574.php>. – Текст: электронный.
2. Алюминиевые сплавы. Применение алюминиевых сплавов: справочник. / М. Б. Альтман, Ю. П. Арбузов, Б. И. Бабичев [и др.] – Москва: Металлургия, 1985. – 344 с. – Текст : непосредственный.
3. Строится завод ООО «Циркон»: [сайт]. – URL: <https://magnitogorsk.bezformata.com/listnews/stroitsya-zavod-ooo-tcirkon/68468919/>. – Текст: электронный.
4. Влияние циркония на организм человека: [сайт]. – URL: <http://ekobalans.ru/harmful-substances/vliyanie-tsirkoniya-na-organizm-cheloveka>. – Текст: электронный.

## Оптимизация бизнес-процессов машиностроительных предприятий при внедрении инновационной технологии

Курцев В.С.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Бизнес-процесс – это последовательность иерархических функциональных действий, конечной целью которого, применимо для машиностроительных предприятий, является выпуск готовой продукции [1].

Работу бизнес-процесса обеспечивают ресурсы предприятия: рабочие, технические устройства, производственные помещения, программное обеспечение, системы автоматизации производства, патенты и другие материальные и нематериальные ресурсы.

Вопрос оптимизации бизнес-процессов актуален для любого предприятия машиностроительной отрасли. Основной целью любой коммерческой компании является извлечение прибыли. Состояние экономических показателей предприятия можно оценить, изучив бухгалтерский учет за определенный период. Методы оптимизации бизнес-процессов представлены в таблице 1[2].

Таблица 1

Методы оптимизации бизнес-процессов

Метод	Описание
1. Быстрый анализ решения	Группа экспертов применяет метод теории изобретательский задач «мозговой штурм». Происходит оперативный анализ ситуации и генерация идей по оптимизации.
2. Бенчмаркинг	Производится анализ бизнес-процессов фирм конкурентов в отрасли, основываясь на результаты анализа формируется синхронизированный бизнес-процесс.
3 Перепроектирование	Корректируется схема процесса, путем сокращения действий и их исполнителей, производится стремление к унификации производства.
4 Инжиниринг	Точное описание производственных операций, определение пути их совершенствования, применяя процессный подход.
5 Реинжиниринг	Радикальное изменения процессов управления предприятием в различных рыночных ситуациях.

Одной из причин оптимизации бизнес-процессов является внедрение новой технологии. Для оптимального подхода к реинжинирингу бизнес-процессов необходимо произвести следующие исследования:

- Определить тип инновации;
- Произвести экономические расчеты эффективности внедрения инновации;
- Определить и изучить проблемы существующего бизнес-процесса;

- Выявить причины неэффективности бизнес-процесса машиностроительного предприятия;
- Определить критерии оптимизации процессов;
- Применить инструменты реинжиниринга для эффективной работы предприятия.

Технологической инновацией для машиностроительного предприятия является результат инновационной деятельности, позволяющий выпускать новую продукцию, снижающий затраты на производство единицы продукции, увеличивающий производительность как предприятия в целом, так и отдельных его сборочных линий. В современных условиях наиболее распространенной технологической инновацией является автоматизация производственных процессов и компьютеризация рабочего процесса.

К оптимизации бизнес-процессов машиностроительного предприятия применим принцип Парето «Правило 80/20». Из этого правила следует, что 20% усилий дают 80% результата, а в свою очередь 80% процентов усилий дают 20% результата. Правильно отразив этот принцип на бизнес-процесс можно выделить приоритетные направления его совершенствования. На практике эксперты применяют данный принцип для выявления наиболее важного процесса в деятельности предприятия, поиска неэффективных процессов. По результатам анализа создается подробный отчет хозяйственной деятельности фирмы, в котором отражаются наиболее сильные и слабые стороны бизнес процесса.

В завершение исследования эффективности бизнес-процессов предприятия часто применяется SWOT-анализ, матрица которого представлена на рисунке 1.

Сильные стороны	Возможности
Слабые стороны	Угрозы

Рисунок 1. Матрица SWOT-анализа

Возможности по матрице SWOT-анализа показывают направления в который сильные стороны существующего бизнес-процесс используются неэффективно. Угрозы указывают на возможные риски, которые грозят предприятию в случае некорректной оптимизации бизнес-процессов [3].

Итак, в процессе оптимизации бизнес-процессов машиностроительного предприятия при внедрении инновационной

технологии применяются типовые методики анализа эффективности бизнеса, все изменения подчиняются законам рынка и их можно отследить по экономическим показателям предприятия.

#### Библиографический список

1. Основные понятия реинжиниринга бизнес-процессов : [сайт]. – URL : <https://analytics.infozone.pro> (дата обращения: 13.03.2021). – Текст : электронный.

2. Архангельский, Г. А. Организация времени от личной эффективности к развитию фирмы / Г. А. Архангельский. – 2-е изд. – Санкт-Петербург, 2006. – 448 с. – Текст : непосредственный.

3. Успаленко, В. И. Управление проблемным предприятием / В. И. Успаленко, В. М. Куклин, А. С. Захарченков. – Харьков: Бурун-книга, 2009. – 334 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Венедиктов А.Н., кандидат технических наук, доцент.

### **Причины снижения уровня успеваемости обучающихся направления подготовки «Машиностроение» при реализации дистанционной формы обучения**

*Кухарева Я.М.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Дистанционная форма обучения не является новой, новыми являются технологии коммуникаций, которые используются при ее реализации. Дистанционное обучение представляет собой метод обучения, при котором обучающийся физически отделен от преподавателя и учебного заведения.

Дистанционная форма обучения имеет ряд положительных особенностей:

- получение образования без отрыва от профессиональной трудовой деятельности [1];
- сокращение затрат на обучение, так как нет необходимости выезжать в учебное заведение;
- возможность получения образования людям с ограниченными физическими возможностями;
- свободный выбор времени и места для работы с учебным материалом;
- возможность охватить большое количество студентов.

Вопрос о перспективах использования дистанционного обучения в высшем образовании вызывает сегодня активные дискуссии в профессорско-преподавательской среде [2].



Сторонники данного способа обучения в качестве главного аргумента приводят возможность обучения в ведущих вузах страны и у лучших преподавателей.

Противники считают, что он формалистичен и не подходит в преподавании ряда дисциплин, при изучении которых необходим доступ к различного рода оборудованию или программному обеспечению.

Важно отметить то, что дистанционный формат обучения подходит далеко не всем обучающимся. Одной из причин проблем восприятия знаний при помощи дистанционных образовательных технологий является то, что обучающиеся испытывают трудности с восприятием информации и спецификой предлагаемого задания, кроме этого некоторые не могут сфокусировать свое внимание на требуемой информации в большом потоке информации.

Кроме этого, велик риск того, что студенты незаинтересованные в освоении новых компетенций и получении новых знаний, а заинтересованные лишь в получении оценки по дисциплине, будут прибегать к таким способам, как списывание и плагиат.

Из-за низкого мотивационного уровня обучающихся так же у некоторых обучающихся могут возникать трудности в индивидуальных оценочных суждениях, которые гораздо проще было решить в период очного образования.

Так же дистанционная форма обучения обезличивает обучающегося, так как преподавателю в онлайн-потоке все труднее улавливать наиболее одаренных студентов для дальнейшей работы с ними, с целью привлечения их к научной работе и дальнейшему поступлению на другие ступени обучения.

В связи с этим, безусловно, занятия в очном режиме для многих обучающихся выглядят гораздо привлекательнее, понятнее и проще, ведь на поставленный вопрос можно получить быстрый ответ от преподавателя, а не тратить время на его поиски, можно использовать дискуссию, незаменимую в решении поставленных задач.

Формы контроля полученных знаний при дистанционном режиме работы университета довольно ограничены. Например, проведение электронных тестирований не способствует умению решать поставленные задачи самостоятельно, а лишь натаскивает на поиск и запоминание правильных вариантов ответа, тем самым ограничивая кругозор обучающегося.

Возможность проведения работы в команде в режиме дистанционного обучения также ограничена, а даже если и возможна, то не приносит желаемых результатов.

Сегодня многие образовательные программы полагаются на методы поощрений и наказаний, например, на систему баллов. Необходимо понять, что новые подходы в высшем образовании должны ориентироваться на внутреннюю мотивацию студента.

Для эффективной и качественной самостоятельной работы обучающийся должен занять позицию автора, а не исполнителя. В таком случае под самореализацией обучающегося должно пониматься развитие навыков мастерства и обязательное наличие цели, которую он поставил.

У дистанционного обучения есть приоритеты, оно незаменимо в период удаленной работы, в период эпидемий. Формат дистанционного обучения не заменит полностью классическое образование, но может стать серьезным дополнением к нему, позволяющим расширить доступ к информации.

#### Библиографический список

1. Дополнительное профессиональное образование в социальном пространстве современной России / Д. А. Гусев, О. В. Флёров. – Текст : непосредственный // Наука и школа. – 2016. – № 5. – С. 44–55.
2. Кузнецова О. В. Дистанционное обучение: За и Против / О. В. Кузнецова. – Текст : непосредственный // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 8-2. – С. 362–364.

Научный руководитель: Чернышов М.О., канд. техн. наук, доцент

#### Синтез и люминесцентные свойства сферических частиц $\text{Lu}_2\text{O}_2\text{SO}_4:\text{Eu}^{3+}$

*Ларионова К.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В данной работе исследована возможность создания ряда твердых растворов  $\text{Lu}_2\text{O}_2\text{SO}_4:\text{Eu}^{3+}$  (1,3,5,7 мол. %) методом соосаждения, изучены их оптические свойства.

Оксисульфат лютеция обладает рентгеноконтрастными свойствами. Ионы  $\text{Lu}^{3+}$  имеют большую массу, они могут обеспечить более высокую эффективность поглощения рентгеновских лучей [1-2]. Легирование европием позволяет определять соединение оптическими методами. Ион  $\text{Eu}^{3+}$  показывает очень сильную люминесценцию в красной области (610-620 и 690-710 нм) [3]. Это излучение попадает в “окно прозрачности” человеческого тела (от 600 до 1200 нм) [4].

Метод соосаждения [5] позволяет получить микронаноразмерные частицы сферической формы. Что, в совокупности с оптическими свойствами материала предполагает возможность использования его в качестве контрастных веществ многофункциональной медицинской визуализации.

Была проведена серия экспериментов, результатом которой стал синтез соединений  $\text{Lu}_2\text{O}_2\text{SO}_4:\text{Eu}$  с различным содержанием иона  $\text{Eu}^{3+}$  (1, 3, 5 и 7 мол.%). Состав был подтвержден методами рентгенофазового анализа.

Установлено, что параметры и объем элементарной ячейки соединения, монотонно увеличиваются с увеличением содержания иона  $\text{Eu}^{3+}$ , что свидетельствует об образовании непрерывного ряда твердых растворов замещения в указанном диапазоне концентраций.

Исследование люминесцентных свойств ряда образцов с увеличивающимся содержанием иона  $\text{Eu}^{3+}$  показало, что на спектрах излучения образцов (рисунок 1), присутствуют сильные пики в области 618 нм, которые являются типичными эмиссионными пиками ионов  $\text{Eu}^{3+}$  в оксисульфатной матрице, и обеспечивают яркое красное свечение образцов в ультрафиолетовом диапазоне. С увеличением концентрации ионов  $\text{Eu}^{3+}$  интенсивность этого пика сначала возрастает, но после концентрации в 5 мол.%, уменьшается.

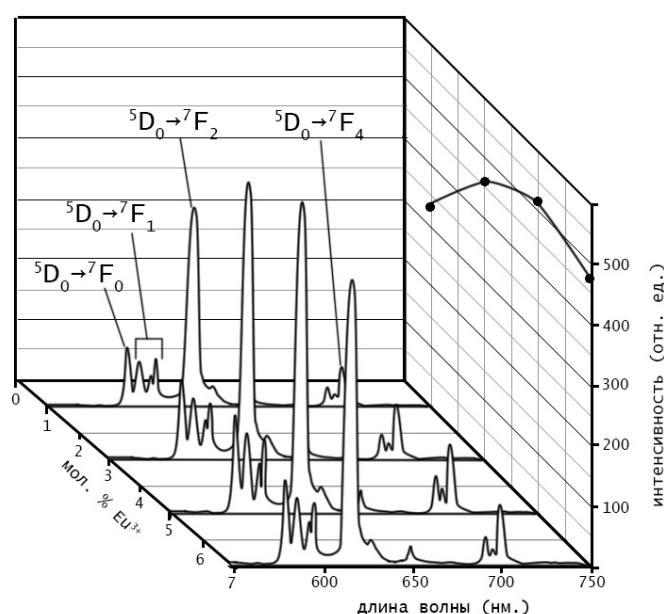


Рисунок 1 Спектры испускания образцов  $\text{Lu}_2\text{O}_2\text{SO}_4:\text{Eu}^{3+}$  (1,3,5,7 мол. %) при 270 нм.

Продолжительность синтеза влияет на размер частиц. Было установлено, что частицы, отобранные непосредственно после начала процесса образования осадка, имели средние размеры от 300 до 350 нм, а распределение частиц по размерам отвечало распределению Гаусса. После 30 минут, средние размеры составили 650-700 нм. После 90 минут с начала образования осадка частицы отличались большим разбросом размеров (от 900 до 2500 нм), а средние линейные размеры колебались в диапазоне от 1300 до 1700 нм. Также в последнем образце было замечено снижение сферичности частиц.

В ходе работы доказано, что соединение  $\text{Lu}_2\text{O}_2\text{SO}_4:\text{Eu}^{3+}$  обладает как люминесцентными, так и рентгеноконтрастными свойствами. В совокупности со сферической формой частиц, и способностью к люминесценции в

области «окна прозрачности» биологических тканей, можно сделать вывод о возможности применения частиц  $\text{Lu}_2\text{O}_2\text{SO}_4:\text{Eu}^{3+}$  в качестве контрастных веществ многофункциональной медицинской визуализации.

#### Библиографический список:

1. Mayer, F. Microwave-Assisted Seeded Growth of Lanthanide-Based Nanoparticles for Imaging and Therapy / F. Mayer, J. A. Peters, K. Djanashvili – Direct text // Chemistry–A European Journal. – 2012. – Т. 18. – № 26. – С. 8004-8007.

2. Zych, E. Homogeneously precipitated  $\text{Lu}_2\text{O}_3:\text{Eu}$  nanocrystalline phosphor for X-ray detection / E. Zych, J. Trojan-Piegza, L. Kępiński. – Direct text // Sensors and Actuators B: Chemical. – 2005. – Т. 109. – №. 1. – С. 112-118.

3. Сульфаты и окисульфиды редкоземельных элементов : монография / О. В. Андреев, Ю. Г. Денисенко, С. А. Оссени [и др.]. – Тюмень : ТюмГУ, 2017. — 288 с. - Текст : непосредственный.

4. Распространение оптического излучения в биологических тканях / И. В. Красников, В. Е. Привалов, А. Ю. Сетейкин [и др.]. – Текст : непосредственный // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 11. Медицина. – 2013. – № 4.

5. Matijević, E. Preparation and properties of monodispersed colloidal particles of lanthanide compounds: I. Gadolinium, europium, terbium, samarium, and cerium (III) / E. Matijević, W. P. Hsu – Direct text // Journal of Colloid and Interface Science. – 1987. – V. 118. – Is. 2. – P. 506-523.

### **Формирование потребности в утилизации автомобилей**

*Лебедев Д.Н.*

*Тюменский индустриальный университет. г. Тюмень*

В России по состоянию на 1 января 2020 года насчитывалось 52,9 миллиона автомобилей по данным ГИБДД [1], 21 миллион из них старше 15 лет, еще 10 миллионов старше десяти. Об этом сообщает аналитическое агентство «Автостат» [2]. Это несомненно приводит к проблеме утилизации аварийных и пришедших в негодность автотранспортных средств (АТС), а количество бесхозно оставленных на улицах автомашин каждый день увеличивается. Брошенные АТС мешают комфортному проживанию людей, портят внешний облик города и загрязняют окружающую среду. Постоянное увеличение автотранспорта так же ведет и к существенному повышению потребления материальных ресурсов при производстве. Обязательно нужно организовать с самого начала разработки прототипов автомобилей и до последней стадии его жизненного цикла, как и где его утилизировать с минимальными затратами, а также как можно использовать вторсырье, сохраняя полезные ископаемые страны.

Начало в нашей стране уже положено. Так на территории России с 2012 года действует закон о введении утилизационного сбора (налога) на все выпускаемые автомобили и на ввозимые из-за рубежа. Уплата данного налога с момента приобретения автомобиля гарантирует его владельцу, что утилизация в дальнейшем для него будет бесплатная, но самое главное, что этот сбор идет на создание новых шредерных заводов и на модернизацию старых. [3]

Так, чем больше будет продаваться новых автомобилей, тем больше будет сбор в бюджет, тем быстрее в нашей стране будет развиваться отрасль по утилизации.

Сегодня в России больше всего применяется шредерная утилизация. Официально насчитывают четырнадцать крупных шредерных предприятий, еще несколько находятся в стадии строительства и модернизации. Основная их часть находится в центральной России, остальные на достаточно большом и удаленном расстоянии от центральной части страны [4]. Учитывая изложенное, предлагаем определять не только место расположение и мощность утилизационных центров, но учитывать при организации процессов как формируется потребность и как целесообразнее организовать процессы с большей эффективностью и ресурсосбережением.

Это возможно при организации интеграции всех предприятий участвующих в процессе сбора, сортировки, доставки и переработки автомобилей подлежащих утилизации. Таких центров можно построить много, но очень важно, чтобы они работали с высоким процентом получения вторичного сырья, и максимально удобно для каждого региона. Для этого, необходимо определить каким образом формируется потребность [5] в утилизации автомобилей, схема представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. Схема формирования потребности в утилизации

Формирование потребности в утилизации определяется следующими состояниями. Автомобили после аварии не подлежащие восстановлению целесообразнее направить на утилизацию, но учитывая, что в таких автомобилях есть пригодные к эксплуатации узлы и агрегаты предварительно необходимо провести разбор и дефектовку автомобиля. Пригодные узлы и

агрегаты используются в качестве контрактных запасных частей. Такой же подход можно применить и к автомобилям срок эксплуатации которых превышает нормативный. По аналогии может быть организована утилизация автомобилей не отвечающих требованиям к техническому состоянию и соответственно не отвечающих новым потребительским свойствам.

Подводя итог к выше сказанному, утилизация АТС должна производиться так, чтобы, после переработки, все или большая часть переработанных материалов, могли использоваться повторно, так как природные ресурсы не безграничны.

#### Библиографический список

1. ГОСАВТОИНСПЕКЦИЯ : [сайт]. – URL :гибдд.рф (дата обращения: 15.03.2021). – Текст: электронный.

2. Эксперты назвали число автомобилей в России :[сайт]. – URL : <https://iz.ru/978962/2020-02-21/eksperty-nazvali-chislo-avtomobilei-v-rossii> (дата обращения: 15.03.2021). – Текст: электронный.

3. Утилизационный сбор ждет ставок [сайт]. – URL : <https://rg.ru/2012/07/14/sbor-site.html> (дата обращения: 15.03.2021). – Текст: электронный.

4. Шредерные установки в России – текущее состояние и перспективы. - URL : <https://infolom.su/shred100518/> (дата обращения: 15.03.2021). – Текст: электронный.

5. Ишкина, Е. Г. Варианты классификации утилизации автотранспортных средств / Е. Г. Ишкина. – Текст : непосредственный // Проблемы функционирования систем транспорта : международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых (с международным участием), 20-22 дек. 2016 г. – Тюмень, 2016. – С. 8-9.

Научный руководитель: Ишкина Е.Г., канд. техн. наук, доцент.

#### **Использование ультразвуковой фазированной решетки для получения дисперсно-упрочненного композиционного материала**

*Мухамедьяров Б.Т., Проскуряков Н.А., Холмурзоев Р.Д.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

С целью повышения эффективности обработки металлов резанием на токарных станках, специалисты кафедры «Технология машиностроения» ТИУ рассмотрели возможность применение в конструкции чистового сборного металлорежущего инструмента принципиально нового композиционного материала, обладающего низким коэффициентом температурного расширения и высокими демпфирующими свойствами: дисперсно-упрочненного композиционного материала из дерева, металла и керамики.

Метод получения композита предусматривает пропитку цельной древесины модифицирующей суспензией с последующим отверждением. Проведенный литературный обзор и патентный поиск показал, что в настоящее время разработано большое количество способов модифицирования древесины, однако их анализ говорит о том, что все рассмотренные способы в основном относятся к пропитке древесины растворами и не позволяют пропитывать древесину суспензиями. Можно предположить, что это связано со структурными особенностями строения древесины. Древесина лиственных пород имеет сложное капиллярно-сосудистое строение, характеризующееся наличием сосудов различного размера и большого количества микро и макрополостей, соединенных между собой системами мелких пор. При пропитке древесины лиственных пород суспензией жидкая фаза распространяется в основном только по крупным сосудам. При этом мелкие сосуды непроницаемы для суспензии, так как их размеры меньше размеров суспендированных частиц [1]. Однако в научной работе [1] показано, что комплексное воздействие ультразвука и ударного давления вызывает значительную радиальную деформацию и (или) разрушение мелких сосудов древесины, обеспечивая тем самым исчерпывающую пропитку древесины лиственных пород суспензиями. В соответствии с этим разработана технология сквозной автоклавной пропитки древесины с торца под давлением и устройство для ее осуществления [2]. Устройство (см. рисунок 1) содержит сварную раму 1, с закрепленной на ней металлической трубой 2, левую конусную насадку 3, правую конусную насадку 4, ультразвуковой излучатель 5, емкость с пропиточной жидкостью 6, гидравлический насос 7, манометр 8, пневмогидравлический аккумулятор давления 9, гидропульсатор 10 с обратным клапаном, вспомогательный трубопровод 11, емкость для сбора воды 12, горизонтальный гидроцилиндр 13 [2]. Устройство обеспечивает пропитку цилиндрической заготовки труднопропитываемых пород древесины суспензией с торца под статическим давлением, включающим одновременное воздействие на заготовку ультразвука и импульсов переменного давления. Безусловно, устройство [2] позволяет обеспечить исчерпывающую пропитку труднопропитываемых пород древесины суспензиями, однако, очевидно, что конструктивно установка обладает и рядом недостатков.

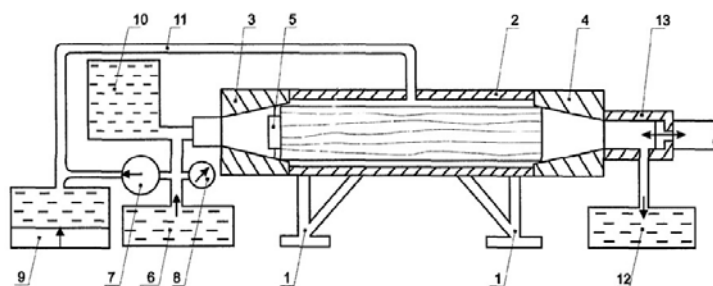


Рисунок 1. Устройство пропитки древесины: пат. 2646612

Во-первых, в устройстве применяется одиночный несфокусированный ультразвуковой преобразователь, акустическое поле которого имеет значительный градиент звукового давления, как в поперечном, так и в осевом направлении. Это означает, что акустическое воздействие на заготовку будет неравномерным: в ближней зоне оно будет максимальным, в дальней зоне, по мере увеличения диаметра ультразвукового луча и рассеяния его энергии, акустическое воздействие будет постепенно уменьшаться до нуля. Во-вторых, корпус ультразвукового преобразователя блокирует часть торцевой поверхности заготовки, тем самым в значительной степени снижая эффективность всего технологического процесса. Значительно большие возможности для повышения эффективности акустического воздействия на заготовку дает применение активной ультразвуковой фазированной решетки (ФР) [3].



Рисунок 2. К методу ультразвуковой фазированной решетки: а – линейная одномерная решетка; б – принцип линейного сканирования

Технология ультразвуковой ФР – это способность управлять формой и направлением перемещения ультразвукового луча электронным способом. Ультразвуковая ФР представляет собой набор пьезоэлектрических элементов, расположенных на одном основании и развязанных между собой электрически и акустически [4]. Наиболее широко применяется линейная одномерная решетка, в которой акустическое поле формируется в одной плоскости (рисунок. 2 а). Такая технология обеспечивает, во-первых, локальность воздействия ультразвукового луча на заготовку, мощность и фокусировку которого можно менять размером активной апертуры  $A$  (рисунок. 2 а), во-вторых, позволяет обеспечить различные законы сканирования заготовки ультразвуковым лучом, в том числе метод линейного сканирования (рисунок. 2 б). При этом перемещение активной апертуры вдоль заготовки может осуществляться, например, со скоростью движения переднего фронта ударного давления жидкой фазы модифицирующей суспензии в заготовке.

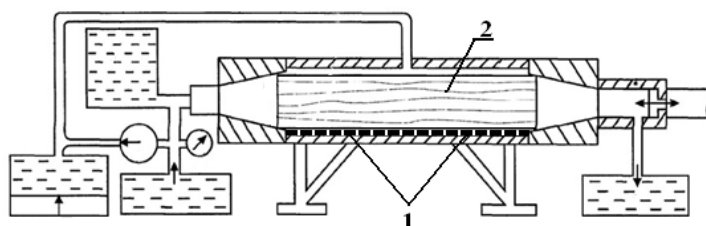


Рисунок 3. Модернизированное устройство пропитки древесины: 1 – ультразвуковая фазированная решетка; 2 – заготовка



Размещение линейной ультразвуковой ФР 1 по отношению к расположению заготовки 2 в модернизированном устройстве пропитки древесины представлено на рисунке 3. Использование ультразвуковой ФР в технологическом процессе пропитки труднопропитываемых пород древесины суспензиями позволяет значительно повысить эффективность технологического процесса, и, безусловно, позволит разрабатывать новые виды дисперсно-упрочненного композиционного материала с матрицей на основе древесины.

#### Библиографический список

1. Шамаев, В. А. Модифицирование древесины: монография / В. А. Шамаев, Н. С. Никулина, И. Н. Медведев. – Москва : ФЛИНТА, 2013. – 448 с. – Текст: непосредственный
2. Пат. 2646612 Российская Федерация, МПК В27К3/02. Способ пропитки древесины: №2378106: опубл. 10.01.2010 / Шамаев В. А., Паринов Д. А.; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова». – Текст: электронный
3. Lay, L. Design and manufacture of a high-frequency annular array ultrasound system for medical imaging / L. Lay, H. Susan – Kingston: Queen's University, 2011. – 158 p. – Direct text.
4. Михайлов, И. И. Применение ультразвуковых фазированных решеток в автоматизированных и механизированных системах НК / И. И. Михайлов. – В мире НК. – Сентябрь 2006 г. – № 3 (33). – С. 13-16. – Текст: непосредственный.

Научный руководитель Проскураков Н.А., доцент, к.т.н.

#### Контроль качества емкостного оборудования

*Присяжная А.Е.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

На сегодняшний день емкостное оборудование используется во многих отраслях промышленности, значимость которого трудно переоценить. Оно используется под различные производственные цели, такие как, хранение технической воды, нефтепродуктов, газов, кислот и прочего.

Выбор материала для изготовления емкостного оборудования делается исходя из цели его использования и предъявляемых требований. Выбор учитывается в зависимости от того с какими средами будет контактировать емкость, какое давление будет действовать на стенки сосуда и днище, какие технологические процессы будут в ней протекать, а также климатических

условий установки оборудования. Например, емкостное оборудование, применяемое в холодном климате, обязательно выполняются их специализированных сталей, с определенным режимом термообработки.

Согласно Федеральному закону №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (Приложение 1) емкостное оборудование попадает под классификацию опасных производственных объектов, при соответствии нижеуказанным признакам:

- использование, переработка, образование, хранение, транспортировка воспламеняющихся газов и горючих веществ;
- работа под избыточным давлением более 0,07 мегапаскаля [1].

Так как емкостное оборудование выполняет серьезную задачу, то постоянно должен проводиться контроль его качества и прочностных характеристик. Основными показателями качества емкостного оборудования являются: рабочее или номинальное давление, расчетное давление, рабочая температура среды, расчетная температура стенки, вместимость рабочего пространства, материальное исполнение корпуса, назначенный срок службы, качество сварных соединений, герметичность сосуда, наличие маркировки, качество лакокрасочного покрытия и другое [2].

Повышение качества продукции связано с повышением конкурентоспособности продукции и доходностью предприятия. В связи с этим необходимо постоянно оценивать и анализировать качество выпускаемых емкостей, в том числе несоответствия, возникающие в процессе разработки, производства и эксплуатации, а также эффективность разрабатываемых и применяемых методов корректирующих и предупреждающих действий [3].

Повышение уровня качества емкостного оборудования – комплексная задача деятельности предприятия, основанная на управлении качеством на всех этапах жизненного цикла продукции.

#### Библиографический список

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов : федеральный закон № 116-ФЗ : принят Государственной думой 20 июня 1997 года. – Москва: Центрмат, 2021. 44 с. – Текст: непосредственный.

2. ГОСТ 34347-2017. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия : издание официальное : утв. и введ. в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14 декабря 2017 г. № 2002-ст : введ. впервые : дата введ. 2018-08-01 / разработан МТК 523 «Техника и технологии добычи и переработки нефти и газа», ЗАО «ПХИ», АО «ВНИИНЕФТЕМАШ», ООО «НТП ЦЕНТРХИММАШ», АО «НИИХИММАШ». – Москва: Стандартинформ, 2018. – 99 с. – Текст: непосредственный.

3. Макарова, Л. В. Оценка результативности корректирующих и предупреждающих действий при производстве емкостного оборудования /

Л. В. Макарова, Р. В. Тарасов, Н.С. Баукова. – Текст: непосредственный // Региональная архитектура и строительство. – Пенза, 2020. – С. 46-55.

4. О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением : технический регламент ТР ТС 032/2013 : принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 2 июля 2013 года № 41. – Москва: МОРКНИГА, 2018. - 72 с. – Текст: непосредственный.

Научный руководитель: Балина О.В., канд. техн. наук, доцент.

### **Исследование точности 3-d сканера**

*Рамазанов Д.Ф., Яковлев М.Г.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время существует проблема моделирования сложных объектов, которые требуют большое количество времени.

Сегодня уже имеются сканеры, которые используются в медицине, производстве, дизайне, киноиндустрии и др. Также получили определенное распространение ультразвуковые сканеры, который благодаря своим свойствам используется в медицине. Перечисленные выше сканеры позволяют сканировать объекты в разных отраслях с минимальной погрешностью.

Недостатком 3-D сканеров является погрешность, которую они выдают, на данную неточность влияет окружающий фактор, технические характеристики сканера, и конечно же основным фактором погрешности сканера является сам человек.

Идеей данной работы является исследование точности 3-Дсканера. А также выявления погрешности сканера по сравнению с реальным объектом.

Сканируемый объект, общий вид которого показан на рис. 1, так же на рисунке представлены основные размеры детали, благодаря которым мы узнаем точность 3-Дсканера.

Результат сканирования можно увидеть на рисунке 2. Сканировав несколько раз для более точной модели и обработав в специальном программном обеспечении ScanCenterNG мы рассчитаем погрешность равную 0,2 мм. Данную погрешность можно обосновать окружающей средой (температура кабинета), настройкой сканера, сканируемой поверхностью образца и много другое. Для данного образца, погрешность сканера можно снизить до 0,1 мм.

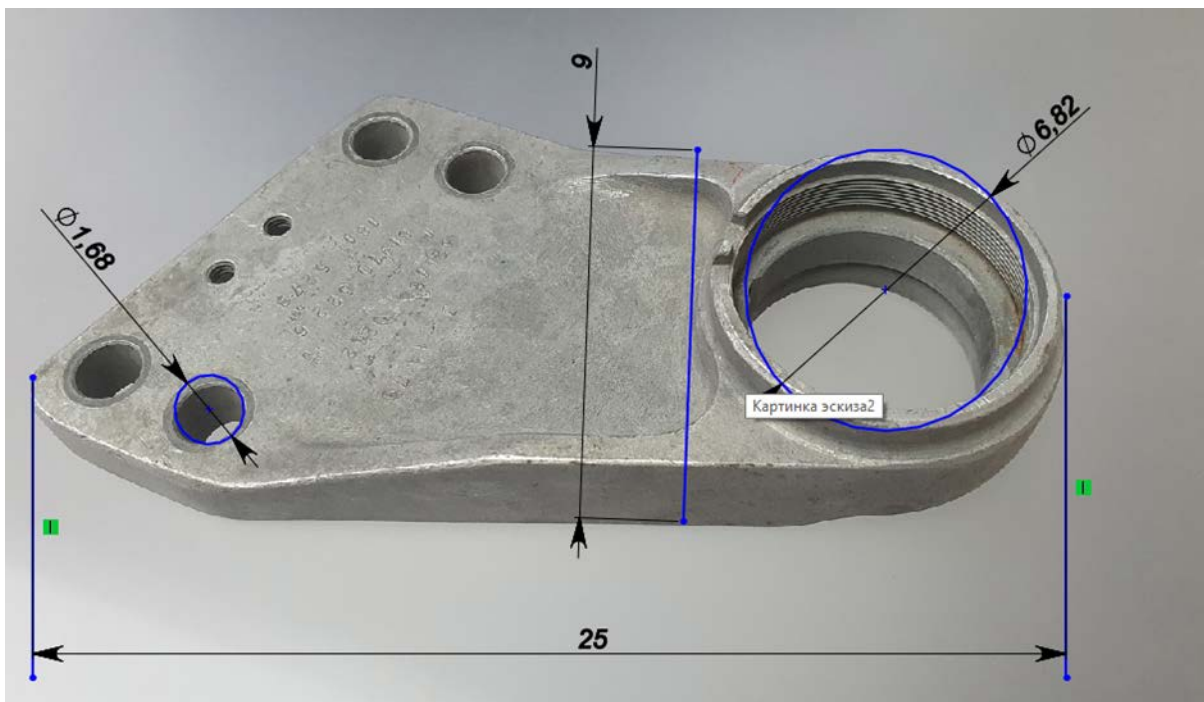


Рисунок 1. Сканируемый образец

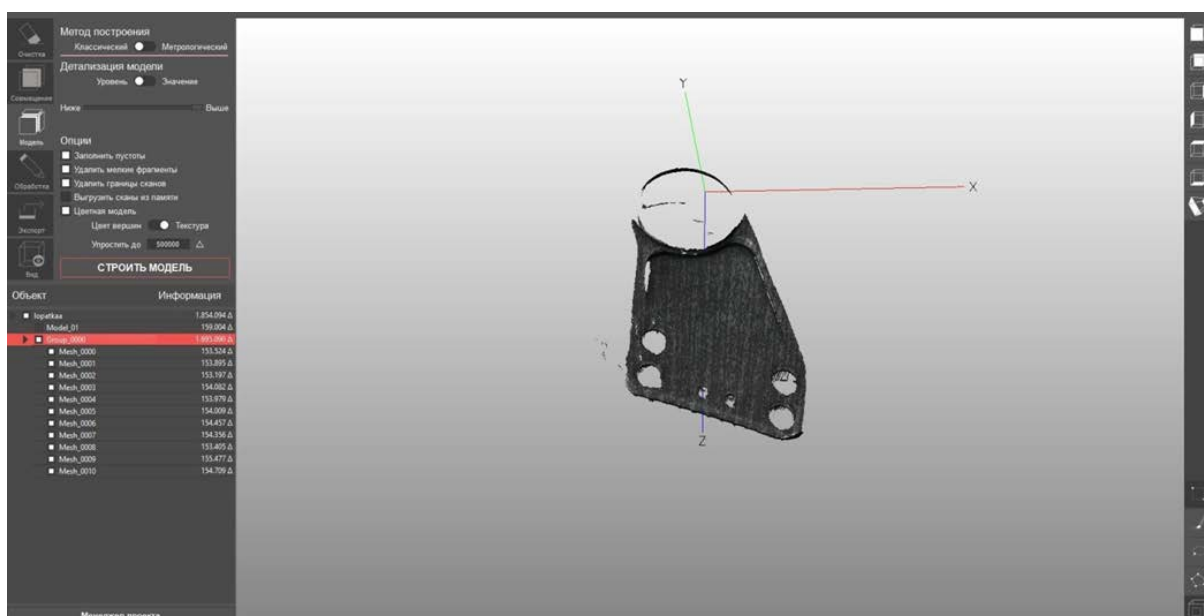


Рисунок 2. Полученная 3-Dмодель

На данный момент уже ведутся работы по уменьшению погрешности 3-D сканера.

### Библиографический список

1. Гэд, Т. 4D брэнддинг: Взламывая корпоративный код экономики / Томас Гэд. - Москва: Санкт-Петербург, 2005. - 230 с.
2. Осипа, Д. 3D-моделирование и анимация лица. Методики для профессионалов / Д. Осипа. - Москва: Диалектика, 2008. - 400 с.

3. Полевой, Р. 3D Studio MAX 3 для профессионалов / Р. Полевой. - Москва: Санкт-Петербург, 2001. - 848 с.

Научный руководитель: Некрасов Р.Ю., к.т.н., доцент.

### **Разработка методики комплексной диагностики мотор-колес легких транспортных средств**

*Рамазанов Д.Ф., Губенко А.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время существует проблема больших расходов топлива и выбросов вредных веществ в атмосферу во время процесса работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС), а также низкой эффективности ДВС в сравнении с электродвигателем. В связи с этим на дорогах общего пользования, в частности на тротуарах большую популярность набирают транспортные средства с мотор-колесами (электросамокаты, моноколеса, гироскутеры, электрические мотоциклы и др.).

Также на сегодняшний день имеются средства передвижения, использующие мотор-колесо как основную установку, приводящую транспортное средство в движение. Из-за этого количество аварий с участием электротранспортных средств на дорогах стало постепенно возрастать, что значительно повлияло на безопасность дорожного движения.

Данная тенденция развития средств передвижения выявила проблему невозможности диагностирования электрических силовых установок на мощностные и тормозные характеристики, что замедляет разработку новых усовершенствованных силовых установок на основе мотор-колес, а также разработку регламентирующих стандартов для них.

Идеей данной работы является разработка динамометрического стенда для диагностирования мотор-колес. Разрабатываемый стенд позволит преодолеть технические ограничения традиционных стендов диагностики и предоставит необходимый объем информации для целесообразных конструкторских и технологических изысканий, а также предоставит возможность проводить технические осмотры транспортных средств, что в данный момент невозможно ввиду особенностей мотор-колес.

Динамометрический стенд, общий вид которого показан на рис. 1, представляет собой стойку со встроенной системой управления, которая показывает полную картину диагностируемого мотор-колеса, который вращается благодаря барабану. Датчики данного стенда считывают мощностные и тормозные характеристики, рекуперативные свойства мотор-колеса, жесткость подвески, биение и многое другое.

В настоящее время стенды для мотор-колес не распространены, применяются только в ограниченных областях автомобилестроения. А имею-

щие на сегодняшний день стенды для ДВС не могут предоставить всю полноту картины, ввиду особенностей силовых электрических установок.



Рисунок 1. Упрощенная модель динамометрического стенда

Планируется, что данный стенд будет использоваться преимущественно в крупных станциях технического обслуживания и в отраслях автомобилестроения. Также планируется усовершенствовать динамометрический стенд для симуляции дорожного покрытия, как показано на рисунке 2.

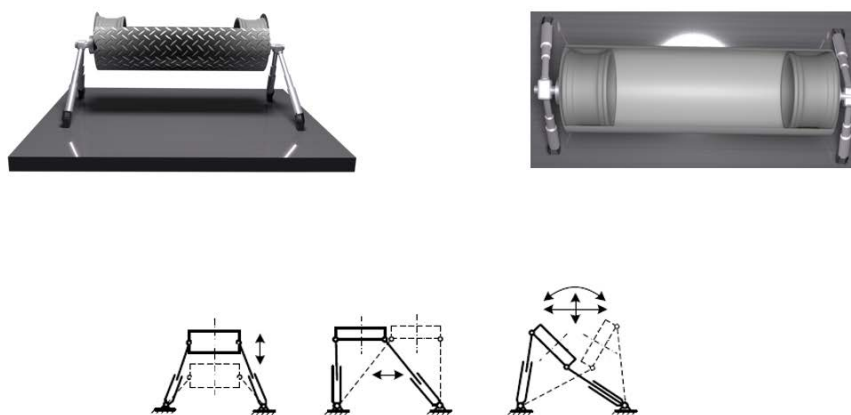


Рисунок 2. Планируемая модель динамометрического стенда

На данный момент уже ведутся работы по созданию моделей компонентов динамометрического стенда и планируется дальнейшее прототипирование с целью создания полезной модели.

#### Библиографический список

1. Ишлинский, А. Ю. Политехнический словарь / А. Ю. Ишлинский. – Москва: Советская энциклопедия, 1989. – 656 с.

2. Ставров, О. А. Перспективы создания эффективного электромобиля / О. А. Ставров. – Москва: Наука, 1984. – 88 с.

3. Яковлев, А. И. Конструкция и расчет электромотор-колес / А. И. Яковлев. – Москва: Машиностроение, 1970. – 238 с.

4. Ключев, В. И. Теория электропривода / В. И. Ключев. – Москва: Энергоатомиздат, 1985. – 560 с.

Научный руководитель: Проскуряков Н.А., к.т.н., доцент.

### **Автономная система беспроводных датчиков для контроля параметров в сложных условиях**

*Стырский А.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Созданное устройство предназначено для мониторинга и контроля процессов, происходящих на промышленных предприятиях и в местах, которые требуют определенные условия работы. И в данной статье будут рассмотрены зоны применения и использования датчиков, а также его образное устройство и принцип действия.

#### **Главные требования к устройству:**

- Автономность работы более **10 лет**;
- Взрывозащищенный корпус;
- Модульность системы;
- Беспроводная передача данных по защищенному протоколу;
- Малая стоимость конечного продукта;
- Степень защиты - IP67

Казалось бы, на рынке есть датчики с удаленным доступом, но все они домашнего типа и они никоим образом не могут быть применены в местах с риском для окружающих и имущества, а тем более беззащитны перед высокими температурами.

Моя разработка вполне может применяться на нефтехимических предприятиях, в сфере ЖКХ и т.д., где требуется стойкость к окружающей среде и безопасность использования электротехники. Ведь есть участки, где любая искра или электрический разряд может привести к происшествию (взрыв горючих газов или веществ той-же категории).

Устройство способно измерять ряд параметров: температура (наиболее значимый), влажность, загазованность, давление и т.д. Представляет собой модульную конструкцию, дающая свободно выбирать тип датчика, тип питающего генератора, а также упрощает ремонт заменой отдельного компонента, а не демонтажем конструкции полностью.

Основным модулем является отдел обрабатывающий сигнал с датчика и отправляющий его на сервер, где производится мониторинг показаний. (рис.1)



Рисунок 1. Схема работы системы

#### Принцип работы и устройство системы

Для литий-железо-фосфатных аккумуляторов ( $\text{LiFePO}_4$ ) создан герметичный, взрывозащищенный бокс (рис.2), который имеет теплозащиту при монтаже на трубопроводной линии. Собирается из листовой нержавеющей стали (12x18н10т), с предусмотренными газоотводами.

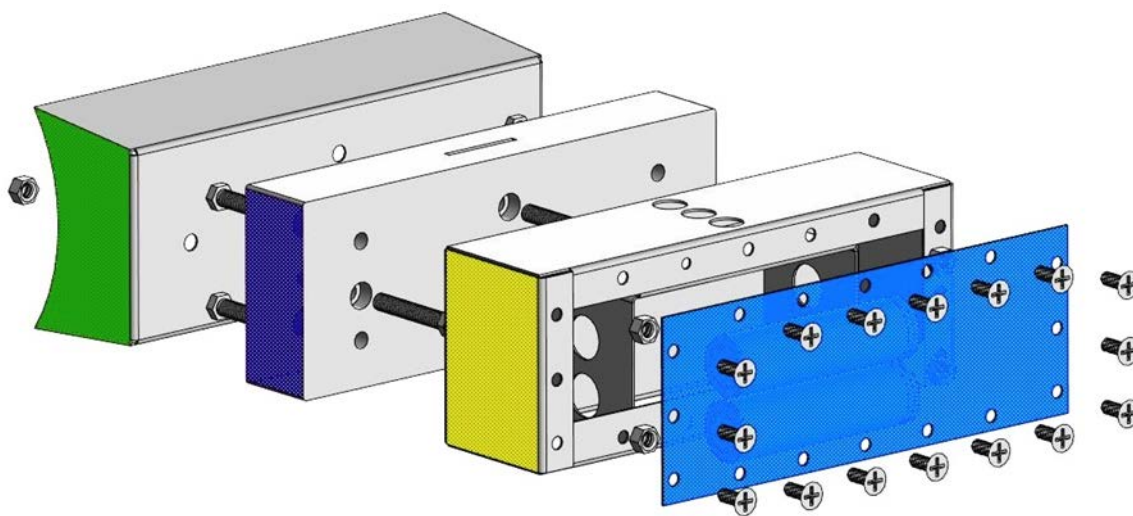


Рисунок 2. Основной модуль под плату заряда и аккумуляторов



Для долгосрочного срока службы без подзарядке применен модуль термоэлектрогенератора, основа которого элементы пельтье между горячим и холодным радиаторами. Применимо на горячих участках.

1)Фиксатор; 2)Радиатор на охлаждение от окружающей среды; 3)Пара элементов пельтье; 4)Радиатор на нагрев от горячей зоны трубопровода.

Сами по себе аккумуляторы на одном заряде способны проработать в лучшем случае 3,2 года. И для увеличения срока автономной работы как раз и необходим данным модуль. (рис.3)

Таким образом этот датчик отлично подходит для мест с потенциальными местами работы термоэлектрогенератора и тогда он способен работать без вмешательства более 10 лет.

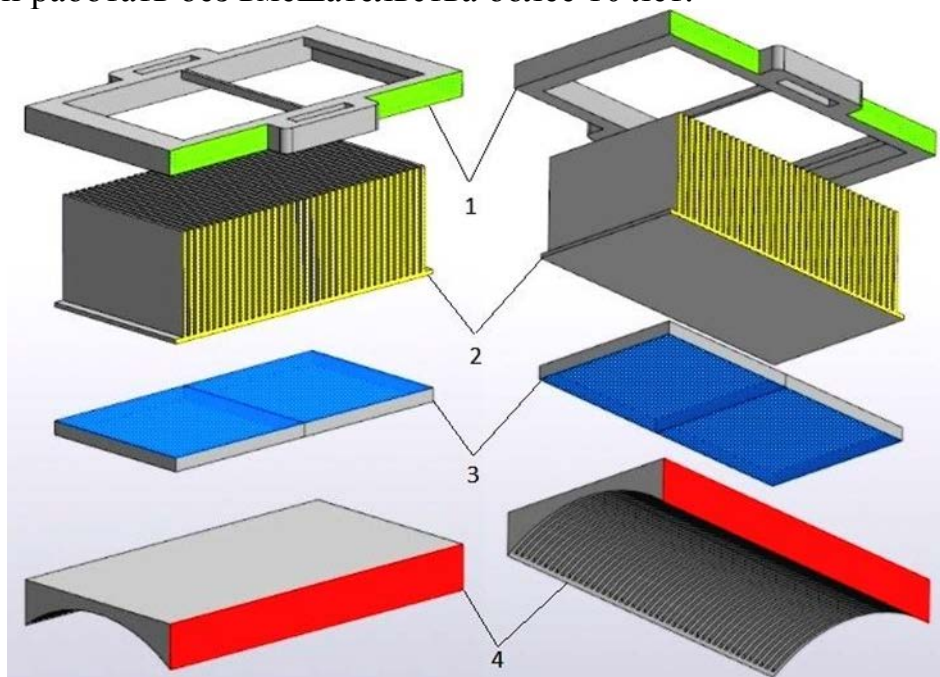


Рисунок 3. Основа термоэлектрогенератор на элементах пельтье

### Библиографический список

1. ГОСТ 30852.0-2002 (МЭК 60079-0:1998). Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования: дата введ. 15.02.2014. – Текст : непосредственный.

2. ГОСТ 12.1.019-2017. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты: дата введ. 01.01.2019. – Текст : непосредственный.

3. ГОСТ 30852.1-2002 (МЭК 60079-1:1998) Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 1. Взрывозащита вида "взрывонепроницаемая оболочка. дата введ. 15.02.2014. – Текст : непосредственный.

4. Литий-железо-фосфатные аккумуляторы LiFePo4:  
Характеристики и виды. – URL:

<https://istochnikipitaniy.ru/akkumulyatory/batarei/lifepo4.html> (дата обращения: 23.01.2020). – Текст: электронный.

5. Приборы для измерения температуры в промышленности. – URL: <https://izmerkon.ru/podderzhka/publikaczii/pribory-izmereniya-temperatury-promyshlennosti.html> (дата обращения: 20.01.2020). – Текст: электронный.

Научный руководитель: Никитин С.В., старший преподаватель

## **Применение труднообрабатываемых материалов для восстановления работоспособности деталей**

*Темпель О.А., Темпель Ю.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Для повышения работоспособности объектов машиностроения сложной конфигурации с целью сохранения всех видов ресурсов (материальных и трудовых) применяют труднообрабатываемые материалы в виде наплавки на изношенные элементы.

Наплавку для восстановления осуществляют для таких объектов, как лопатки турбин, колес роторов, деталей шламовых насосов, деталей запорной арматуры, штампов, режущего инструмента и другое.

В настоящее время всё чаще используется в качестве наплавляемого материала для повышения износостойкости – стеллит.

Стеллит – является твердым сплавом на кобальтовой основе и используется в виде круглых электродов диаметром 3-7 мм и длиной 300-400мм, как правило, общая толщина наплавляемого слоя может колебаться в пределах 0,5-5мм[1].

При механической обработке детали с наплавленным слоем существует ряд таких проблем, как высокие температуры в зоне резания, износ режущего инструмента, затруднение в достижении заданной точности.

Поэтому для повышения обрабатываемости деталей из труднообрабатываемого материаланеобходимо:

- применение смазочно-охлаждающих сред;
- повышение жесткости механизмов для восприятия больших сил резания с незначительными деформациями;
- обеспечение воздействия на структуру и механические параметры материалов с помощью специальной термической обработки.

Несмотря на сложность в обработке труднообрабатываемых материалов, а именно стеллита, срок службы деталей увеличивается в среднем в 3 раза.

Поэтому существует необходимость в применении новых методов и технологий для обработки данного вида сплава.

## Библиографический список

1. Наплавка стеллитом и сормайтотом : [сайт]. – URL : <https://www.metacutting.ru/content/naplavka-stellitom-i-sormaytom> (дата обращения: 08.03.2021). – Текст : электронный.

### **Герметизация внутритрубных ремонтных муфт с использованием 3D технологий**

*Торопов Е.С., Пуртов К.О., Мезенцева Т.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Нарушение герметичности трубопроводов приводит к утечкам транспортируемого продукта и загрязнению окружающей среды. Быстрое обнаружение нарушений герметичности и оперативное ее восстановление позволяют существенно снизить ущерб от повреждений трубопровода. Количество потерянного продукта может оказаться значительным даже при относительно небольшом повреждении, если оно остается незамеченным в течение длительного времени или в силу технологических факторов не может быть вовремя устранено.

Дефекты трубопроводов можно классифицировать по трем основным видам:

1. Конструктивные дефекты – возникающие в процессе изготовления комплектующих элементов (металла труб, покрытий и т.д.) и определяющие качество материалов и конструкций.

2. Технологические дефекты - возникающие в результате строительно-монтажных и ремонтных работ, а также транспортировки комплектующих к местам производства работ.

3. Эксплуатационные дефекты - возникающие в процессе эксплуатации трубопроводов.

Как показывает опыт эксплуатации трубопроводов, основными причинами нарушения герметичности являются коррозионные процессы, поражающие внутреннюю поверхность трубы. На их долю приходится более половины аварий трубопроводов. Предлагаемая в данной работе технология и конструктивные решения позволяют в рамках текущего ремонта предотвратить развитие дефектов, приводящих к потере герметичности трубопроводов и потере их работоспособности.

Внедрение в промышленности, а также в системах ЖКХ и нефтегазовом секторе, 3D технологий позволило разрабатывать с их помощью новые инновационные технические решения и технологии, значительно повышающие работоспособность и эффективность функционирования трубопроводов.

Одним из таких направлений является технология герметизации дефектных участков трубопроводов установкой ремонтных гильз, при работе

на труднодоступных участках, где невозможно проведение вскрышных работ и использование типовых технологий ремонта трубопроводов (рис.1).

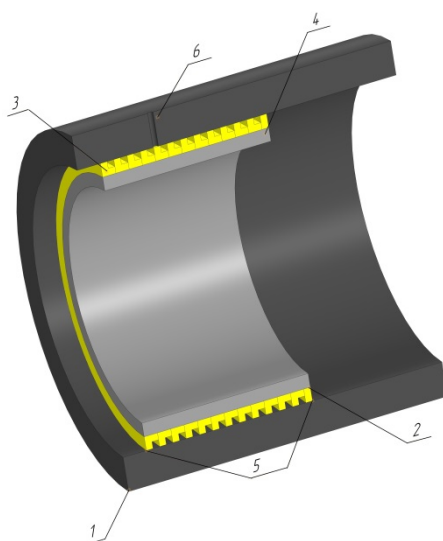


Рисунок 1. Общий вид  
1) трубопровод, 2) ремонтная гильза, 3) 3D слой, 4) тело гильзы,  
5) зона контакта, 6) дефект

Целью данной разработки является разработка обеспечения герметичного сопряжения внутренней поверхности трубы, с заданной степенью шероховатости, и внешней поверхностью ремонтной гильзы, посредством создания на её поверхности специальных микро профилей на основе 3D технологий.

3D поверхность изготавливается из легко деформируемых пластиков и при нагрузке, соответствующей  $G_m$ , деформируясь «принимает» профиль шероховатости трубы, заполняя при этом впадины поверхности трубопровода. Для этого поверхность выполняется из отдельных элементов с размерами и шагом, соответствующим объёмам необходимым для заполнения шероховатости трубы (рис.2). Существующие технологии 3D-печати, такие как стерео литография, позволяют печатать с разрешением 20 мкм, что позволяет изготавливать поверхности гильзы для работы с 5 классом шероховатости, что значительно выше реальных показателей для внутренних поверхностей эксплуатируемых труб.

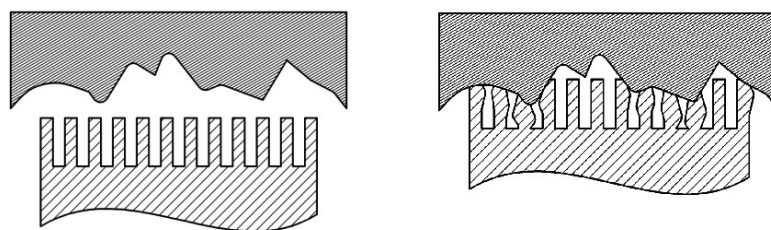


Рисунок 2. Работа деформирующегося пластика

Разработаны основные требования к данным 3D-поверхностям, а именно:

- сопрягаемые поверхности (внутренняя стенка трубопровода и 3D-поверхность) должны контактировать по всей внешней поверхности гильзы, включая макронеровности;

- элементы 3D-поверхности должны иметь такие размеры (объём), чтобы при распределённой нагрузке на внутреннюю поверхность гильзы, при её установке в рабочее положение, частично или полностью заполнить объёмы впадин шероховатости внутренней поверхности трубы;

- размеры (суммарное сечение) элементов 3D-поверхности должны приводить к пластической деформации части элементов при установке гильзы в рабочее положение.

На основе проведенного анализа для исследования были выбраны два типа 3D-поверхности:

- «щёточная» поверхность с высотой элемент сопоставимой по масштабу с  $R_z$ ;

- оребрённая поверхность в виде дисков с высотой и толщиной, соответствующих масштабу  $R_z$ .

Плотная пригонка несущей внутренней оболочки достигается с использованием UPЕХ-системы, разработанной компанией Uropog совместно с ВГ.

В этой системе используется специальный полиэтилен, обладающий свойствами молекулярной памяти формы. Это позволяет, пропустив трубу сквозь специальную матрицу, уменьшить ее диаметр на 25%. Уменьшение размера позволяет преодолеть все конструктивные препятствия и плохо прилегающие стыки.

Затем труба нагревается теплым воздухом, что активизирует механизм молекулярной памяти формы и заставляет оболочку достичь первоначального размера диаметра. Оболочка расширяется до полного и плотного прилегания к стенкам восстанавливаемой трубы, заполняя внешней 3D поверхностью все микронеровности.

#### Библиографический список

1. Бобылев, Л. М. Современное оборудование для бестраншейного ремонта трубопроводов / Л. М. Бобылев, А. Л. Бобылев. – Текст: непосредственный // РОБТ. – 1996. – № 2. – С. 17-21.

2. Каган, Д. Ф. Трубопроводы из пластмасс / Д. Ф. Каган. – Москва : Химия, 1980. – 324 с. – Текст: непосредственный.

3. Левитин, Ю. И. Бестраншейный ремонт местных повреждений подземных трубопроводов / Ю. И. Левитин. - Текст: – непосредственный // РОБТ. – 1997. – № 8. – С. 37-39-21.

Научный руководитель: Торопов С. Ю., профессор, д.т.н.

## **Дисперсно-упрочненный композиционный материал в конструкции сборного режущего инструмента**

*Холмурзоев Р.Д., Проскуряков Н.А., Мухамедьяров Б.Т.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Требования современного рынка машиностроительной продукции – нанометрическая точность металлообработки (порядка  $10^{-4}$  мм) и сверхнизкая шероховатость (менее 100 нм). В этих условиях одними из основных источников погрешностей при токарной обработке становятся температурное линейное расширение и вибрация корпуса сборного режущего инструмента [1].

Поскольку основным материалом корпуса сборного режущего инструмента является конструкционная сталь, обладающая высоким коэффициентом температурного расширения и низкими демпфирующими свойствами, учет и компенсация этих погрешностей при высокоточной обработке металлов резанием возможна только с использованием в технологическом процессе дорогостоящего прецизионного металлообрабатывающего оборудования.

С целью повышения эффективности обработки на токарных станках с ЧПУ учеными и аспирантами кафедры «Технология машиностроения» ТИУ разработан ряд конструкций прецизионного сборного режущего инструмента повышенной прочности и работоспособности. Однако, как показали последующие исследования, дальнейшее повышение точности и качества при обработке металлов резанием невозможно без использования в конструкции корпуса сборного режущего инструмента принципиально новых конструкционных материалов, обладающих низким коэффициентом температурного расширения и высокими демпфирующими свойствами.

Безусловно, корпус сборного режущего инструмента в процессе точения воспринимает на себя всю нагрузку, все составляющие силы резания. Однако в процессе токарной обработки деталей следует различать операции черновой и чистовой обработки.

На операциях черновой обработки детали наблюдаются самые высокие нагрузки на корпус режущего инструмента. Поэтому операции черновой обработки выполняются специально для этого назначенным черновым инструментом с повышенными прочностными характеристиками.

Задача чистовой обработки – формообразование детали. При этом, поскольку чистовая обработка – ответственная финишная операция, она выполняется специально для этого назначенным чистовым инструментом. На этой операции формируются лимитирующие характеристики детали: точность и необходимое качество поверхностного слоя (шероховатость, степень наклепа и т. д.). Поскольку припуск под чистовую обработку назначается небольшой (0,3 ÷ 0,6 мм), то и силы резания в процессе чистовой обработки тоже минимальные. Исходя из особенностей чистовой об-

работки деталей на токарных станках, специалисты кафедры «Технология машиностроения» ТИУ, проанализировав физико-механических свойств таких материалов, как древесина, керамика и металл, рассмотрели возможность применение в конструкции корпуса чистового сборного режущего инструмента дисперсно-упрочненного композиционного материала, обладающего совокупными свойствами всех перечисленных компонентов (таблица 1), в том числе низким коэффициентом температурного расширения и высокой виброустойчивостью.

Таблица 1

Физико-механические свойства материалов

Требования к материалу корпуса сборного режущего инструмента	Материалы, обладающие соответствующими физико-механическими свойствами
Низкий коэффициент температурного расширения; Высокая ударная вязкость.	Древесина
Высокая прочность; Высокая твёрдость; Высокая износостойкость.	Керамика
Высокая теплопроводность.	Металл

Древесина – материал, который по приведенной прочности (прочности, отнесенной к единице плотности) превосходит керамику, углестеклопластик, легированную сталь. Поэтому, выбрав в качестве матрицы композиционного материала древесину и заполнив пустоты в ее структуре жидким модификатором (мономером, олигомером) с последующим отверждением, можно значительно повысить плотность древесины, а значит и ее прочность, вплоть до прочности стали Ст3, то есть до предела прочности при сжатии волокон 200÷220 МПа [2].

В качестве жидкой фазы при получении дисперсно-упрочненного композиционного материала предполагается модифицирующая суспензия: мелкодисперсная смесь диоксида кремния и алюминиевой (бронзовой) пудры в терморезактивном кремнийорганическом связующем (этилгидридсилоксан, тетраэтоксисилан). Выбор в качестве связующего модифицирующей суспензии кремнийорганических соединений (КОС) связан с тем, что они являются эффективными гидрофобизаторами древесно-целлюлозных материалов, и, обладая высокой проникающей способностью, имеют свойство полностью заполнять межклеточное пространство и капиллярно-пористую структуру древесины [4]. Кроме того, кремнийорганические соединения за счет взаимодействия функциональных групп КОС с ОН-группами целлюлозы (образования ковалентных связей целлюлозы с модификатором), являются эффективными стабилизаторами древесины. При этом содержание химически связанного *Si* достигает 10÷25% [4].

Можно предположить, что такая глубина химических превращений значительно повлияет на физико-механические свойства древесины и изменит состав ее компонентов.

Поскольку основным технологическим приемом получения композиционного материала является пропитка цельного образца древесины модифицирующей суспензией, проведенный литературный обзор, патентный поиск и анализ существующих методов пропитки древесины показал, что исчерпывающую пропитку древесины суспензиями наиболее полно обеспечивает технология сквозной автоклавной пропитки древесины с торца под давлением [3].

Использование предлагаемого высоконаполненного дисперсно-упрочненного композиционного материала в конструкции корпуса сборного режущего инструмента позволит обеспечить значительное повышение точности, качества, стойкости режущего инструмента и необходимой производительности при токарной обработке деталей.

#### Библиографический список

1. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник. В 3-х т. Т. 2. Расчет и конструирование узлов и элементов станков / А. С. Проников, Е. И. Борисов, В. В. Бушуев [и др.]; Под общ. ред. А. С. Проникова. – Москва: Изд-во МГТУ им. Баумана: Машиностроение, 1995. – 320 с. – Текст: непосредственный.

2. Шамаев, В. А. Модифицирование древесины: монография / В. А. Шамаев, Н. С. Никулина, И. Н. Медведев. – Москва: ФЛИНТА, 2013. – 448 с. – Текст: непосредственный.

3. Пат. 2646612 Российская Федерация, МПК В27К3/02. Способ пропитки древесины: №2378106: опубл. 10.01.2010 / Шамаев В. А., Паринов Д. А.; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова». – Текст: электронный.

4. Покровская, Е. Н. Исследование процесса гидрофобизации древесины фосфор- и кремнийорганическими соединениями / Е. Н. Покровская, И. Н. Мельникова // Химия древесины. - 1990. – № 1. – С. 90-96. – Текст: непосредственный.

Научный руководитель Проскуряков Н.А., доцент, к.т.н.



## Характер и причины повреждения детали «Чашка» нефтегазового оборудования

Хызов А.А., Чаугарова Л.З.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Различные элементы, детали нефтегазового оборудования в процессе эксплуатации сильно подвержены воздействию коррозионных и эрозионных процессов в результате прямого их контакта с агрессивными средами и большими механическими нагрузками.

Так, известно, что влияние таких факторов, как сероводород углекислоты, парафин, высокое давление, абразивное воздействие, высокая минерализация, высокие температуры, продолжительные нагрузки и другие факторы оказывают негативное воздействие на многие детали нефтегазового оборудования. Было проведено исследование преждевременного разрушения детали «Чашка», которая представляет собой фланец и служит для крепления деталей посадочной муфты, которая в свою очередь является соединительной деталью насосно-компрессорных труб.

Для выяснения причин разрушения были использованы следующие методы анализа: химический анализ материала, дюрометрия (измерение твердости), макроанализ; световая и растровая электронная микроскопия.

Определение химического состава проводилось методом эмиссионного спектрального анализа на спектрометре ДФС-71. Результаты анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1

Массовая доля элементов, %

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu
0,423	0,247	0,55	0,018	0,015	0,50	1,05	0,213

По химическому составу материал детали соответствует стали марки 40ХН по ГОСТ 4543-71.

Измерения твердости материала детали проводилось методом Роквелла и составила 44 единицы HRC.

Макроанализ показал, что поверхность состоит из двух зон:

1) основная доля поверхности имеет темно-бурый цвет, покрытая слоем окалины, под которым зернистость не обнаруживается. Небольшие поперечные выступы в этой зоне являются, видимо, следствием предыдущей пластической деформации заготовки.

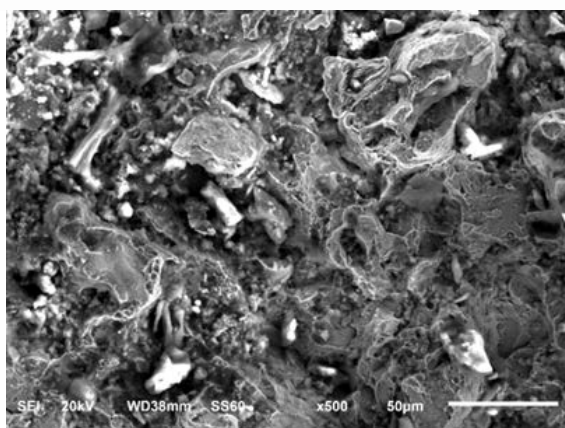
2) по краю поверхности разрушения располагается неокисленная полоса серебристого цвета шириной 0,5-1,5 мм с хорошо различимой зернистостью.

Растровые микрофотографии окисленной зоны поверхности разрушения (рисунок 2а) показывают структуру слоя оксидов и гидроксидов железа, под которым металлическая зернистая поверхность почти не про-

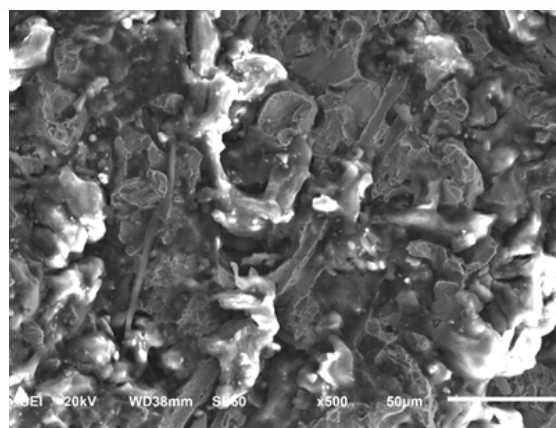
сматривается. На неокисленной зернистой поверхности (рисунок 2б) обнаруживаются многочисленные поверхности скола и ямочные структуры, которые характерны для хрупко-вязкого излома.



Рисунок 1. Макроснимок поверхности



*а*



*б*

Рисунок 2. Растровые микрофотографии при увеличении x500

*а* - окисленной зоны поверхности разрушения

*б* - неокисленной зернистой поверхности разрушения

Анализ полированных и протравленных шлифов показал, что структура металла в центре и вблизи поверхности разрушения представляет собой нижний бейнит, характерный для температур отпуска этой стали 250-350°C (рисунок 3а, б, в). Металл с такими структурными составляющими обладает высокой твердостью (до 44 HRC) и низкой пластичностью [1], что, вероятно, явилось причиной появления закалочной трещины.

Таким образом, по результатам анализа микро и макроструктуры детали «Чашка» можно предположить, что трещина зародилась в результате ускорения охлаждения при закалке, при последующем отпуске закалочная трещина окислилась и окончательное разрушение детали (долом) произошло в самом начале эксплуатации при наложении нагрузки.

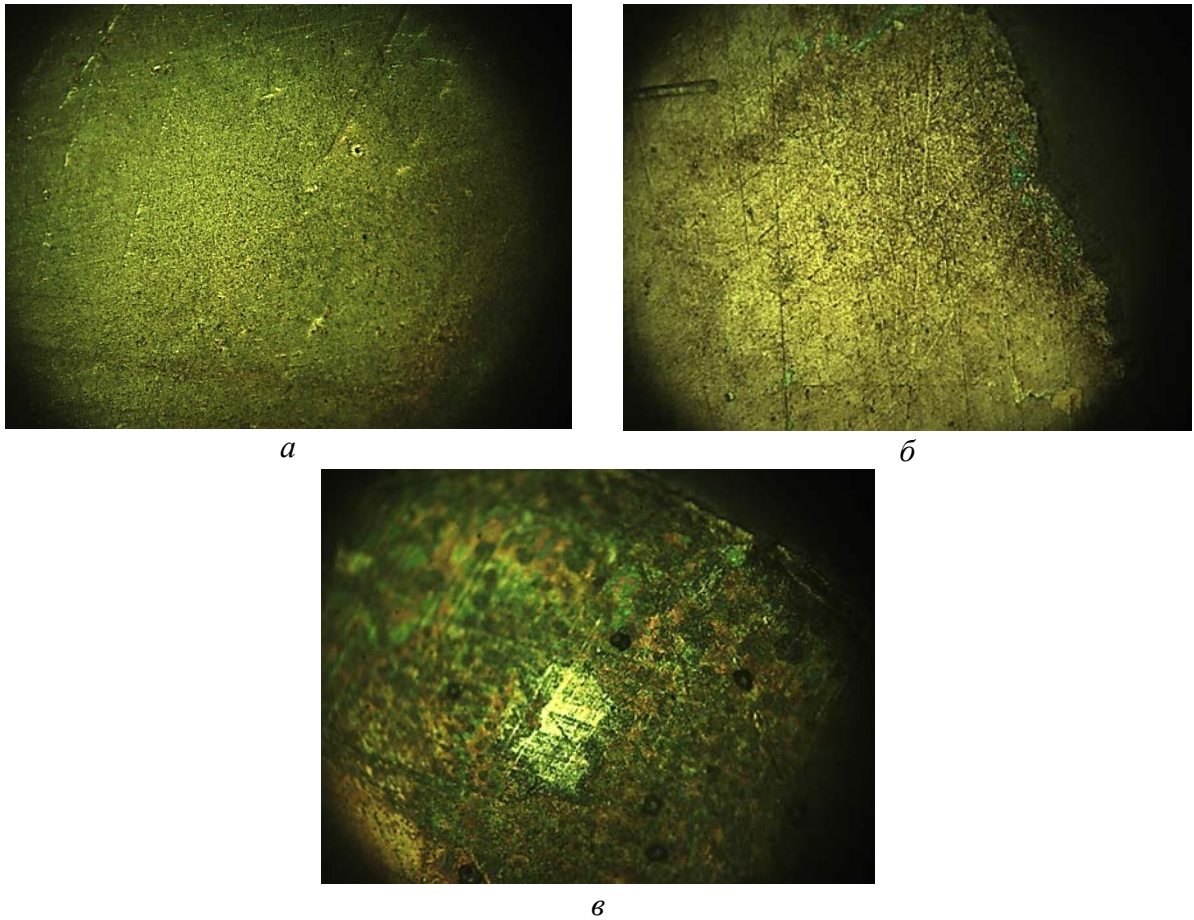


Рисунок 3. Микрофотографии полированных и протравленных шлифов (x500):  
*а* - структура металла в центре поверхности;  
*б* - структура металла вблизи поверхности разрушения;  
*в* - структура металла вблизи окисленной поверхности

#### Библиографический список

1. Лахтин, Ю. М. Основы металловедения / Ю. М. Лахтин. – Москва : Металлургия, 1988. – 320 с. – Текст : непосредственный.

#### **Цементация электролитических железо-хромистых покрытий, осажденных на углеродистых сталях**

*Чаугарова Л.З.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Одним из главных показателей долговечности и надежности конструкционных деталей является прочность материалов, из которых они изготовлены. Каждая деталь подвергается в определенных условиях изнашиванию, в зависимости от окружающей среды – коррозионным воздействиям, усталостным процессам. Соответственно, такие показатели эксплуата-

ционных свойств как износостойкость, коррозионная стойкость, сопротивление усталости и другие характеристики изделий определяются свойствами поверхности. Одним из распространенных способов повышения конструктивной прочности изделий является электроосаждение. Данный метод позволяет защитить материал основы от внешних агрессивных факторов, повысить срок эксплуатации изделий и снизить экономические затраты на ремонт изделий. Но процесс электроосаждения имеет минусы: электролитические покрытия имеют высокую дефектность и внутренние напряжения. Одним из методов устранения таких недостатков может являться химико-термическая обработка (ХТО) электролитических покрытий, в основе которой происходят диффузионные процессы, изменяющие в нужном направлении химический состав, структуру и строение поверхностных слоев электроосажденного покрытия. Все это приводит к увеличению износостойкости и улучшению многих эксплуатационных характеристик. На сегодняшний день существуют нерезализованные ресурсы в области ХТО электролитических покрытий, которые обусловлены неизученностью процессов, влиянием состава насыщающей среды, температуры, времени обработки и других факторов [1].

В литературе рассматриваются процессы железнения и хромирования сталей. Электроосаждение железом используется для восстановления изношенных деталей и для повышения сопротивления поверхности механическому износу. Электроосаждение хромом используется также для повышения износостойкости и создания красивой блестящей поверхности. Каждый из этих методов рассматривается отдельно, но результат их совместного осаждения в литературных источниках наблюдается мало.

В данной статье рассматриваются возможности влияния химико-термической обработки на эксплуатационные свойства электролитического железо-хромистого покрытия. Целью данного технологического процесса является получение эффективного упрочнения восстановленных деталей, обеспечение высокой твердости и износостойкости. Для этого необходимо получить диффузионный слой с большим количеством высокотвердых карбидных включений. Можно предположить, что данная задача будет решена при образовании высокодисперсных карбидов, образующихся при цементации. Решающее влияние в данном случае принадлежит хрому. Согласно [2], выяснено, что оптимальным содержанием хрома, приводящим к образованию карбидных включений, является около 2 %. При большем или меньшем содержании хрома процесс цементации будет затруднен, так как образуется, либо плотный слой мелкодисперсных карбидов (при концентрации хрома более 3 %), либо тонкая прослойка карбидов на поверхности и по границам зерен (при концентрации хрома около 1 %), соответственно в данных случаях процесс диффундирования углерода в глубь металла будет затруднен. Таким образом, для получения глубокого диффузионного слоя на железо-хромистых покрытиях, содержание хро-

ма должно быть 2 %. При большем содержании хрома и соответственно получении большего количества карбидов, приведет к ухудшению показателей ударной вязкости.

Цементация не является заключительной операцией. После данного вида ХТО проводятся закалка с низким отпуском, данные операции придают поверхностному слою повышенные эксплуатационные свойства: износостойкость, высокую твердость, повышенный предел контактной выносливости, а также предел выносливости при изгибе и кручении [3].

Таким образом, для восстановления изношенных деталей из углеродистой стали, повышения ее эксплуатационных и механических свойств можно применить следующие комбинированные виды обработок: на основной металл электроосаждается железо-хромистое покрытие, затем проводится цементация, закалка и низкий отпуск. В дальнейшем необходимо проведение исследований влияния режимов электроосаждения, температуры, времени выдержки при цементации, закалки и отпуска на различные свойства изделий. Исходя из базовых знаний, можно предположить, что данный комплекс обработок приведет к значимым показателям твердости, износостойкости и прочностных свойств.

#### Библиографический список

1. Ковенский, И. М. Электролитические сплавы / И. М. Ковенский, В. В. Поветкин. – Москва : Интермет Инжиниринг, 2003. – 288 с. – Текст : непосредственный.
2. Реновация машиностроительной и сельскохозяйственной техники гальваническими железохромистыми покрытиями с применением цементации / В. Н. Гадалов, С. В. Сафонов, В. И. Серебровский [и др.]. – Текст : электронный // Вестник ВГТУ. – 2013. – № 4. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/renovatsiya-mashinostroitelnoy-i-selskohozyaystvennoy-tehniki-galvanicheskimi-zhelezohromistymi-pokrytiyami-s-primeneniem> (дата обращения: 14.03.2021).
3. Лахтин, Ю. М. Материаловедение : учебник для вузов / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва : Альянс, 2009. – 527 с. – Текст : непосредственный.

Научный руководитель: Ковенский И.М., доктор технических наук, профессор

## Печать сложных мастер-моделей с помощью воска с применением растворимых поддержек

Яковлев М.Г., Рамазанов Д.Ф

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В настоящее время существует проблема изготовления мастер-моделей для выплавляемых изделий, а также удаление поддержек со сложных фигур, напечатанные на 3-Дпринтере.

На сегодняшний день мастер-модели для выплавляемых моделей изготавливаются вручную, недостатком данного метода является сложность и дороговизна создаваемой формы для литья.

Идеей данной работы заключается в создании форм для литья из воска с помощью 3-D принтера. Такая методика создания позволит сэкономить время, а также деньги для создания мастер-моделей и получить преимущества, по сравнению с ручным способом создания форм для литья.

Многоструйное моделирование, общий вид которого показан на рисунке 1, представляет собой 3-D принтер с 2 экструдерами, в один из них поступает основной материал, а в другой вспомогательный (например: пластик HIPS используется в виде поддержек). Пластик HIPS используется в качестве вспомогательного пластика, так как он хорошо растворяется в d-лимонене, что позволяет без особого труда убрать поддержки. Данный материал хорошо подходит в виде вспомогательного пластика по сравнению с ABS, PLAи т.д., которые требуют удаление поддержек с помощью абразивных инструментов.

В настоящее время отливки с помощью мастер-моделей из воска не распространены, применяются только в ограниченных областях 3-Дпечати.

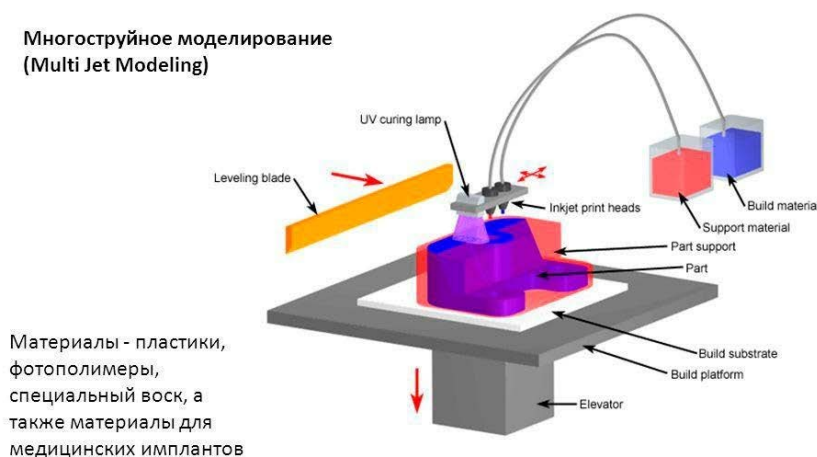


Рисунок 1. Схема многоструйного моделирования

Планируется, что пластик HIPS будет использоваться в качестве поддержек, которые можно будет убрать в d-лимонене, как показано на



рисунке 2. Такое решение позволит качественно печатать 3-D модели, а также сэкономить время в удалении вспомогательного пластика. Так как обычный пластик по типу ABS или PLA требуют механической обработки и удаление поддержек с помощью абразивного материала. Также пластик HIPS безвреден и не токсичен, благодаря чему его можно использовать в пищевой промышленности.



Рисунок 2. Удаление поддержек в d-лимонене

Благодаря особенностям воска, печать формы для литья будет эффективным как с экономической точки зрения, так и с качественной. Воск из форм выплавляется и вместо воска заливается расплавленный металл. Так создаются ювелирные украшения очень высокого качества, стоматологические изделия для протезирования и прототипы металлических деталей различной техники.

На данный момент уже ведутся работы по созданию мастер-моделей, которые планируются в дальнейшем напечатать из воска на 3-D принтере Zenit, с целью создания полезной модели.

#### Библиографический список

1. Ким, В. С. Теория и практика экструзии полимеров / В. С. Ким. – Москва: Наука, 2005. – 88 с.
2. Кэнесс, Э. Доступная 3D печать для науки, образования и устойчивого развития / Э. Кэнесс. – Москва: Наука, 2013 – 134 с.
3. Горьков, Д. 3D печать с нуля / Д. Горьков. – Москва: Наука, 2015. – 38 с.

Научный руководитель: Стариков А.И., старший преподаватель.

## СЕКЦИЯ «Электроэнергетика, электро- и теплотехника»

### Методика совместной оптимизации схемы расположения ветроустановок и системы сбора мощности ветроэлектростанций морского базирования

Давыдов Д.Ю.

Томский политехнический университет, г. Томск

Одним из перспективных направлений развития ветроэнергетики в России может быть применение морских ветроэлектростанций (ВЭС) для электроснабжения нефтяных и газоконденсатных шельфовых месторождений в районах Крайнего Севера [1]. Важной задачей построения эффективной ВЭС является выбор оптимальной схемы расположения ветроустановок (ВЭУ), обеспечивающей минимизацию влияния эффекта аэродинамического затенения. При слишком плотном размещении ВЭУ данный фактор приводит к значительному снижению выработки мощности, которое может превышать 10% [1]. С другой стороны, чрезмерное увеличение дистанций между ними влечет за собой повышение затрат на кабели сбора мощности. Для решения поставленной оптимизационной проблемы используется комплексный подход, который предполагает совместное решение задачи оптимизации компоновки ВЭС и оптимизации системы сбора мощности, что включает в себя определение места расположения подстанции и построение кабельной сети сбора мощности минимальной стоимости. Предложенная методика оптимизации реализована на основе эволюционного (генетического) алгоритма и алгоритма Исау-Вильямса [2], который используется для синтеза схемы прокладки кабелей с учетом ограничения проводимости. Упрощенная блок-схема методики оптимизации показана на рисунке 1-а.

Схема компоновки ветроустановок может быть задана в виде системы уравнений, определяющих координаты точек мест их расположения:

$$\begin{aligned}x_i &= D(n_{c(i)} \cdot m_x + n_{r(i)} \cdot m_y \cdot \operatorname{tga}_x) \\y_i &= D(n_{r(i)} \cdot m_y + n_{c(i)} \cdot m_x \cdot \operatorname{tga}_y)\end{aligned}$$

где  $D$  – диаметр ротора ВЭУ, м;  $n_{c(i)}$ ,  $n_{r(i)}$  – порядковые номера ряда и места расположения  $i$ -ой ВЭУ в массиве;  $m_x$ ,  $m_y$  – параметры масштабирования расстояний между ВЭУ;  $a_x$ ,  $a_y$  – углы параллельного сдвига, рад.

Поиск оптимального решения выполняется путем подбора параметров ( $m_x$ ,  $m_y$ ,  $a_x$ ,  $a_y$ ), которыми задаются продольное и поперечное расстояния между ВЭУ (рисунок 1-б). При этом проверяется ограничение на минимально допустимую дистанцию, которая принята равной 5 диаметрам ветроколеса турбин.



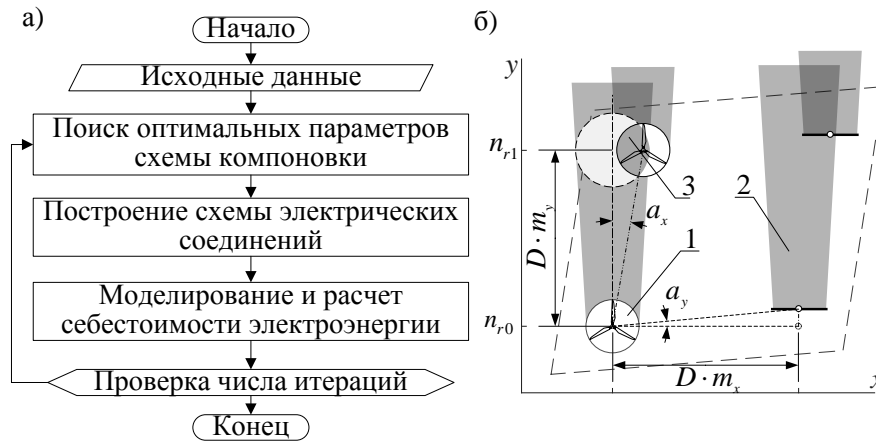


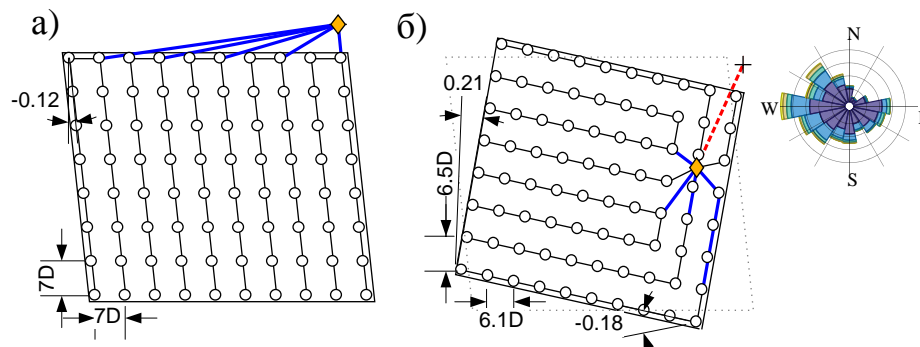
Рисунок 1. Алгоритм оптимизации (а) и схема компоновки ВЭС (б): 1 – ВЭУ; 2 – аэродинамический след; 3 – область затенения

В процессе оптимизации выполняется оценка потерь мощности от затенения и расчет годовой выработки электроэнергии по методике [3]. Параллельно с этим производится поиск оптимального места расположения подстанции, синтез схемы прокладки кабельных линий и выполняется расчет капитальных затрат [4]. В качестве целевой функции используется показатель себестоимости электроэнергии, рассчитанный от доли затрат на кабели:

$$\min COE = \frac{C_{inv}}{AEP_{net}},$$

где  $C_{inv}$  – капитальные затраты на кабели, у.е.;  $AEP_{net}$  – среднегодовая выработка электроэнергии с учетом потерь мощности, кВтч.

Анализ эффективности предложенной методики выполнен на примере оптимизации схемы существующей ВЭС «Horns Rev 1» [4]. Фактическая и оптимизированная схемы показаны на рисунке 2.



Условные обозначения:

○ ВЭУ    ♦ ПС    — 150 мм<sup>2</sup>    — 400 мм<sup>2</sup>    - - - 600 мм<sup>2</sup>

Рисунок 2. Фактическая (а) и оптимизированная (б) схемы ВЭС

Оценка полученных решений проведена путем сравнения суммарных годовых потерь электроэнергии ( $\Delta W$ ), затрат на кабели, среднегодовой выработки и себестоимости электроэнергии. Результаты сведены в таблице 1.

Технико-экономические показатели схем

Схема	$AEP_{net}$ , ГВтч/год	$\Delta W$ , ГВтч/год	$C_{inv}$ , млн. у.е.	COE, у.е./кВтч
Фактическая	486,3	30,62	202,8	3,020
Оптимизированная	497,6	19,24	178,3	2,902

Расчетная себестоимость энергии оптимизированного решения на 4% ниже по сравнению с расчетным показателем существующей схемы компоновки ВЭС. Это достигается снижением потерь электроэнергии на 37% за счет более эффективного выравнивания массива ВЭУ относительно преобладающего направления ветра и уменьшения протяженности кабельной сети, что позволяет сократить стоимость системы сбора мощности на 12%. Полученный результат демонстрирует эффективность предложенного подхода к решению поставленной оптимизационной задачи. Методика может найти применение на практике для упрощения выбора оптимальных вариантов проектных решений ВЭС и их технико-экономического обоснования.

#### Библиографический список

1. Горюнов, О. А. Перспективы применения ветроэнергетических установок для энергообеспечения объектов газовой промышленности в районах Крайнего Севера / О. А. Горюнов, Ю. А. Назарова. – Текст : непосредственный // Территория «НЕФТЕГАЗ». – 2015. – № 12. – С. 146-150.
2. Modelling and measuring flow and wind turbine wakes in large wind farms offshore / R. J. Barthelmie, K. Hansen, S. T. Frandsen [et al.]. – Direct text // Wind Energy. – 2009. – V. 12. – № 5. – P. 431-444.
3. Esau, L. R. On teleprocessing system design: part II a method for approximating the optimal network / L. R. Esau, K. C. Williams. – Direct text // IBM Systems Journal. – 1966. – V. 5. – № 3. – P. 142-147.
4. Feng, J. Solving the wind farm layout optimization problem using random search algorithm / J. Feng, W. Z. Shen. – Direct text // Renewable Energy. – 2015. – V. 78. – P. 182-192.
5. Lundberg, S. Performance comparison of wind park configurations: Technical Report / S. Lundberg. – Göteborg: Chalmers University of technology, Sweden, 2003. – 202 p. – Direct text.
6. The Kingfisher Information Service : Offshore Renewable & Cable Awareness project : [site]. – URL: <https://kis-orca.org/> (date of the application 10.01.2021). – Text : electronic.

Научный руководитель: Обухов С.Г., д-р техн. наук, профессор.

## Определение совокупной стоимости владения погружной установкой с внутрискважинным компенсатором реактивной мощности

Копырин В.А., Логунов А.В., Маркова А.А.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

В настоящее время владение погружным оборудованием для добычи нефти, как правило, осуществляется приобретением нефтяной компанией требуемого оборудования или обслуживанием по схеме «сутко-прокат».

В первом случае компания приобретает погружную установку. Во втором случае оборудование принадлежит сервисной компании и передается во временное владение и пользование нефтяной компании.

Величина совокупной стоимости владения погружной установкой, приобретенной предприятием и обслуживаемой сервисным подразделением, складывается из затрат на закупку оборудования, затрат на обслуживание, мобилизацию и проведение спускоподъемных операций, вызванных отказами оборудования. Также в совокупную стоимость владения входят затраты на электроэнергию, потребляемую оборудованием. Совокупная стоимость владения УЭЦН за расчетный период в первом случае определяется по выражению [1, 2]:

$$ССВ_3 = Z_{\text{закуп}} + Z_{\text{обсл}} + Z_{\text{моб}} + Z_{\text{э/э}} + Z_{\text{СПО}}, \quad (1)$$

где  $Z_{\text{закуп}}$  – стоимость оборудования, тыс. руб.;  $Z_{\text{обсл}}$  – затраты на обслуживание оборудования, тыс. руб.;  $Z_{\text{моб}}$  – затраты на мобилизацию оборудования, тыс. руб.;  $Z_{\text{э/э}}$  – затраты на электроэнергию, тыс. руб.;  $Z_{\text{СПО}}$  – затраты на спускоподъемные операции, тыс. руб.

Во втором случае вместо затрат на закупку и обслуживание оборудования учитываются затраты на его прокат:

$$ССВ_{\text{п}} = Z_{\text{прокат}} + Z_{\text{моб}} + Z_{\text{э/э}} + Z_{\text{СПО}}, \quad (2)$$

где  $Z_{\text{прокат}}$  – затраты на прокат оборудования, тыс. руб.

Затраты на закупку оборудования, определяются по выражению:

$$Z_{\text{закуп}} = (Z_{\text{ПУ}} \cdot N_a + Z_{\text{СУ}} \cdot N_a) \cdot t_p, \quad (3)$$

где  $Z_{\text{ПУ}}$ ,  $Z_{\text{СУ}}$  – стоимость комплекта погружной установки и станции управления соответственно, тыс. руб.;  $N_a$ ,  $N_a$  – норма амортизации погружной установки и станции управления соответственно, год<sup>-1</sup>;  $t_p$  – расчетный период использования оборудования, лет.

Затраты на обслуживание оборудования определяются по выражению:

$$Z_{\text{обсл}} = 365 \cdot Z_{\text{обсл.сут}} \cdot t_p, \quad (4)$$

где  $Z_{\text{обсл.сут}}$  – стоимость затрат на промышленное обслуживание за одни сутки, тыс. руб./сут.

Затраты на владение погружной установкой по схеме «сутко-прокат» определяются по выражению:

$$Z_{\text{прокат}} = 365 \cdot Z_{\text{прокат.сут}} \cdot t_p, \quad (5)$$

где  $Z_{\text{прокат.сут}}$  – стоимость «сутко-проката» за одни сутки, тыс. руб./сут.

Затраты на мобилизацию оборудования определяются по выражению:

$$Z_{\text{моб}} = 365 \cdot \frac{Z_{\text{ед.моб}}}{\text{ННО}}, \quad (6)$$

где  $Z_{\text{ед.моб}}$  – средняя стоимость мобилизации оборудования конкретного производителя, тыс. руб.; ННО – наработка на отказ оборудования, сут.

Если затраты на мобилизацию учтены в стоимости закупки, проката или обслуживания оборудования, то их можно не учитывать в выражениях (1) и (2).

Затраты на электроэнергию за расчетный период определяются по выражению:

$$Z_{\text{э/э}} = P_{\Sigma} \cdot c \cdot N \cdot t_p, \quad (7)$$

где  $P_{\Sigma}$  – активная мощность, потребляемая погружной установкой, кВт;  $c$  – тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч;  $N$  – количество рабочих часов в году,  $N = 8760$  ч.

Затраты на спускоподъемные операции определяются средними затратами данной операции и количеством отказов оборудования:

$$Z_{\text{СПО}} = \frac{365 \cdot Z_{\text{раб}} \cdot t_{\text{СПО}} \cdot t_p}{\text{ННО}}, \quad (8)$$

где  $Z_{\text{раб}}$  – средняя стоимость часа работы бригады текущего и капитального ремонта скважин, тыс. руб./ч;  $t_{\text{СПО}}$  – продолжительность спускоподъемных операции, час.

Существуют различные методики определения наработки на отказ скважинного насосного оборудования. Согласно рекомендациям Экспертного совета по механизированной добыче нефти расчет наработки на отказ производится за скользящий год, а также за текущий месяц (за 30 или 31 день с начала анализируемого периода), и определяется по выражению:

$$\text{ННО} = \frac{T_{\text{ННО}}}{n}, \quad (9)$$

где  $T_{\text{ННО}}$  – суммарное отработанное время скважинного насосного оборудования, сут.;  $n$  – количество отказов скважинного насосного оборудования за отчетный период, ед.

Применение внутрискважинных компенсаторов реактивной мощности позволяет снизить затраты на электроэнергию за счет уменьшения потерь мощности в токопроводящих элементах погружной установки [3]. В тоже время увеличиваются затраты на закупку или обслуживание погруж-

ной установки. Необходимо учитывать данный факт при оценке экономической эффективности внедрения внутрискважинных компенсаторов на нефтедобывающих объектах.

Стоит отметить, что при использовании внутрискважинных компенсаторов отсутствует необходимость в установке и подключении компенсирующих устройств к шинам комплектной трансформаторной подстанции. Дополнительный экономический эффект определяется по выражению:

$$Z_{КУ} = Z_{КУ.закуп} + Z_{КУ.обсл} + Z_{КУ.моб}, \quad (10)$$

где  $Z_{КУ.закуп}$  – затраты на закупку компенсирующих устройств, тыс. руб.;  
 $Z_{КУ.обсл}$  – затраты на обслуживание компенсирующих устройств, тыс. руб.;  
 $Z_{КУ.моб}$  – затраты на мобилизацию компенсирующих устройств, тыс. руб.

Исследование выполнено в рамках гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых (СП-1082.2019.1).

#### Библиографический список

1. Оценка совокупной стоимости владения установкой электроцентробежного насоса с внутрискважинным компенсатором / В. А. Копырин, Р. Н. Хамитов, А. С. Глазырин [и др.]. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332, № 2. – С. 166-175.
2. Лозенко, В. К. Оценка совокупной стоимости владения энерго-технологического оборудования с учетом нормативно-правовых актов РФ в области повышения энергоэффективности / В. К. Лозенко. – Текст : непосредственный // Экономика топливно-энергетического комплекса. – 2015. – № 3. – С. 21-30.
3. Копырин, В. А. Определение оптимальной мощности внутрискважинного компенсатора с учетом длины и сечения кабельной линии / В. А. Копырин, Р. Н. Хамитов. – Текст : непосредственный // Динамика систем, механизмов и машин. – 2020. – Т. 8, № 3. – С. 46-51.

#### **Разработка основных технических решений для перевода на микропроцессорную технику системы гарантийного питания Жигулёвской ГЭС**

*Осадчий А.Н.*

*Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти*

Технологическая структура и описание процесса деятельности:

Система гарантийного питания (СГП) представляет собой структуру, обеспечивающую электропитание трехфазным переменным током

оборудования АСУ ТП, устройств связи, телемеханики, управления, видеонаблюдения и охранной сигнализации Жигулевской ГЭС.

Структура построения и состав узлов СГП ППУ-500 и водосливной плотины выполнены на основе Руководящих указаний по проектированию электропитания технических средств диспетчерского и технологического управления.

В рамках проекта по модернизации СГП предполагается установка двух комплектов АБП и шкафов АВР для питания оборудования АСУ ТП на ППУ-500кВ, а также установку шкафа АВР на ТП «Северная», расположенной на водосливной плотине (ВСП) [1].

В шкафах АВР предусмотрена установка контроллеров для сбора диагностической информации от оборудования СГП и передачи её в САУ СГП и АСУ ТП.

Структура СГП состоит из десяти независимых узлов:

- Агрегат бесперебойного питания (СГП СТСУ);
- Агрегат бесперебойного питания (СГП ППУ-110кВ);
- Агрегат бесперебойного питания (СГП ППУ-220кВ);
- Агрегат бесперебойного питания (СГП ППУ-500кВ);
- Агрегат бесперебойного питания (СГП ППУ-КДО);
- Агрегат бесперебойного питания (СГП ППУ-ВОХР);
- Агрегат бесперебойного питания (СГП зд. ГЭС);
- Агрегат бесперебойного питания (СГП ВСП) [2];
- Сервер (САУ СГП).

Модернизации коснутся следующие узлы:

- СГП ППУ-500кВ;
- СГП водосливной плотины.

Кроме того, на остальных узлах СГП необходимо предусмотреть:

- замену аккумуляторных батарей, исчерпавшие свой ресурс с момента установки более 10 лет и предусмотреть ЗИП.

Каждый узел СГП представляет собой независимую часть общей системы и отвечает за электропитание устройств, объединенных территориальным признаком.

По проекту модернизации узел СГП оборудования АСУ ТП Жигулевской ГЭС предусматривается:

1) комплекты бесперебойного питания мощностью 20 кВА, выполненные на двух АБП типа Enertronic I 3-3 20 производства компании Venning. Оба комплекта образуют резервируемую между собой систему гарантированного питания оборудования, относящегося к данному узлу. При выходе из строя одного из комплектов электропитание потребителей продолжает осуществляться от другого комплекта.

Каждый предусматриваемый настоящим проектом, агрегат бесперебойного питания Benning Enertronic, представляет собой моноблочные полупроводниковые преобразователи со звеном постоянного тока и имеет:

- трехфазный вход с диапазоном входного напряжения 290..480В;
- трехфазный выход с номинальным напряжением 380В;
- ввод внешней АБ с номинальным напряжением 185-295В;
- номинальную выходную мощность 40кВА.

2) шкаф автоматического включения резерва и распределительный шкаф (АВР и РШ)

- для узла ППУ-500кВ и шкаф АВР для ТП «Северная».

Шкафы АВР и РШ состоят из:

- оболочки Prisma P;
- автоматических выключателей типа NSX компании Schneider Electric;
- автоматических выключателей типа IC60 из линейки Acti9 компании Schneider Electric;

- комплектов ступенчатых распределительных блоков медных шин;
- комплектов САУ СГП на базе ПЛК типа ET200S фирмы Siemens.

Электропитание шкафа АВР и РШ ППУ 500 организовано от двух источников переменного трехфазного тока напряжением 380 В. Шкаф АВР будет иметь две секции с секционным выключателем. С каждой секции запитан АБП, схема АВР организована на ПЛК САУ СГП типа ET200S фирмы Siemens. Шкаф АВР предназначается для организации бесперебойного питания АБП.

Комплекты бесперебойного питания мощностью 20 кВА, выполненные на двух АБП типа Enertronic I 3-3 20 производства компании Benning предназначены для:

- организации безударного перехода питания в случае работы схемы АВР;
- перехода питания потребителей от АБ в случае пропадания питания от СН 0,4 КВ;
- улучшения качества электропитания потребителей по напряжению и частоте.

От выходов комплектов АБП будут запитаны две секции распределительного устройства потребителей (РШ1, РШ2). Оборудование АСУ ТП, имеющее два независимых резервируемых блока питания, подключаются к разным секциям данного распределительного устройства. Границами СГП являются контакты отходящих выключателей в ЩСН, а также клеммные зажимы от автоматических выключателей на выходе из шкафов АВР и РШ.

Диагностическая информация от Benning Enertronic передается в САУ СГП и АСУ ТП по протоколу SNMP по сети Ethernet через узлы доступа к ТСПД.

Отображение информации производится на автоматизированных рабочих местах АРМ оперативного персонала. В качестве АРМ-ов специалистов используются компьютеры на основных рабочих местах.

Для организации передачи данных о состоянии и режимах работы оборудования каждого модернизируемого узла СГП в шкафах АВР и РШ устанавливаются станции распределенной периферии ET-200S, которым организовывается выход в ТСПД.

Аналоговые параметры (напряжения, токи и мощность) на выходе от АБП поступают в САУ СГП от ИП Satec PM135P по протоколу Modbus TCP.

СГП рассчитана на круглосуточный непрерывный режим функционирования, предусмотрены меры обеспечения работоспособности системы даже в случае отказов отдельных её компонентов.

Выход из строя любого из компонентов системы не влияет на работоспособность системы в целом.

#### Библиографический список

1. Система гарантийного электроснабжения : [сайт]. – URL : <http://dialog-e.ru/solutions/storage-center/guaranteed-power-systems> (дата обращения 25.12.2020). – Текст: электронный.
2. Источники бесперебойного питания (ИБП) Riello : [сайт]. – URL : <https://www.ros-energy.ru/oborudovanie/ibp.html> (дата обращения 21.12.2020). – Текст: электронный.

Научный руководитель: Романов А.А., канд. тех. наук, профессор.

### **Применение алгоритма функционирования ДКИН для оптимального управления режимами электропотребления**

*Петухова Н.Н.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Установка компенсирующего устройства у потребителя является эффективным способом снижения потерь напряжения в электрических сетях предприятия и применяется в системах оптимального управления компенсацией искажения напряжения. Одним из таких устройств является динамический компенсатор искажения напряжений, который устраняет провалы напряжения и перенапряжения. [1]

Алгоритм функционирования ДКИН состоит из следующих этапов:



1. Определение разности между заданными значениями напряжения и параметрами напряжения на нагрузке.

2. Формирование с помощью инвертора сигнала добавки напряжения. На данном этапе обеспечивается заданное значение напряжение на нагрузке.

3. Определяется мгновенное значение основных составляющих линейных значений напряжений источника питания и нагрузки.

4. Привязка посредством значения фазного угла одноименного линейного напряжения источника питания к одному из линейных напряжений нагрузки.

5. Формируется сигнал рассогласования между значениями фазных углов нагрузки и источника питания.

6. Формируется задание для ПИД - регулирования, которое реализуется посредством линейной импульсной модуляции. Для этого используются полученные сигналы и сигналы рассогласования между амплитудными значениями линейного напряжения нагрузки и заданного амплитудного значения напряжения.

Для устранения рассогласование между значениями фазных углов нагрузки и источника питания, формируется сигнал напряжения рассогласования, под управлением которого приводят величины углов между линейными напряжениями к значениям, близким к  $120^\circ$ . Регулирование напряжения во внутреннем контуре устройства компенсации напряжения с помощью ограничения тока инвертора проводят при искажениях питающего напряжения более 30%.

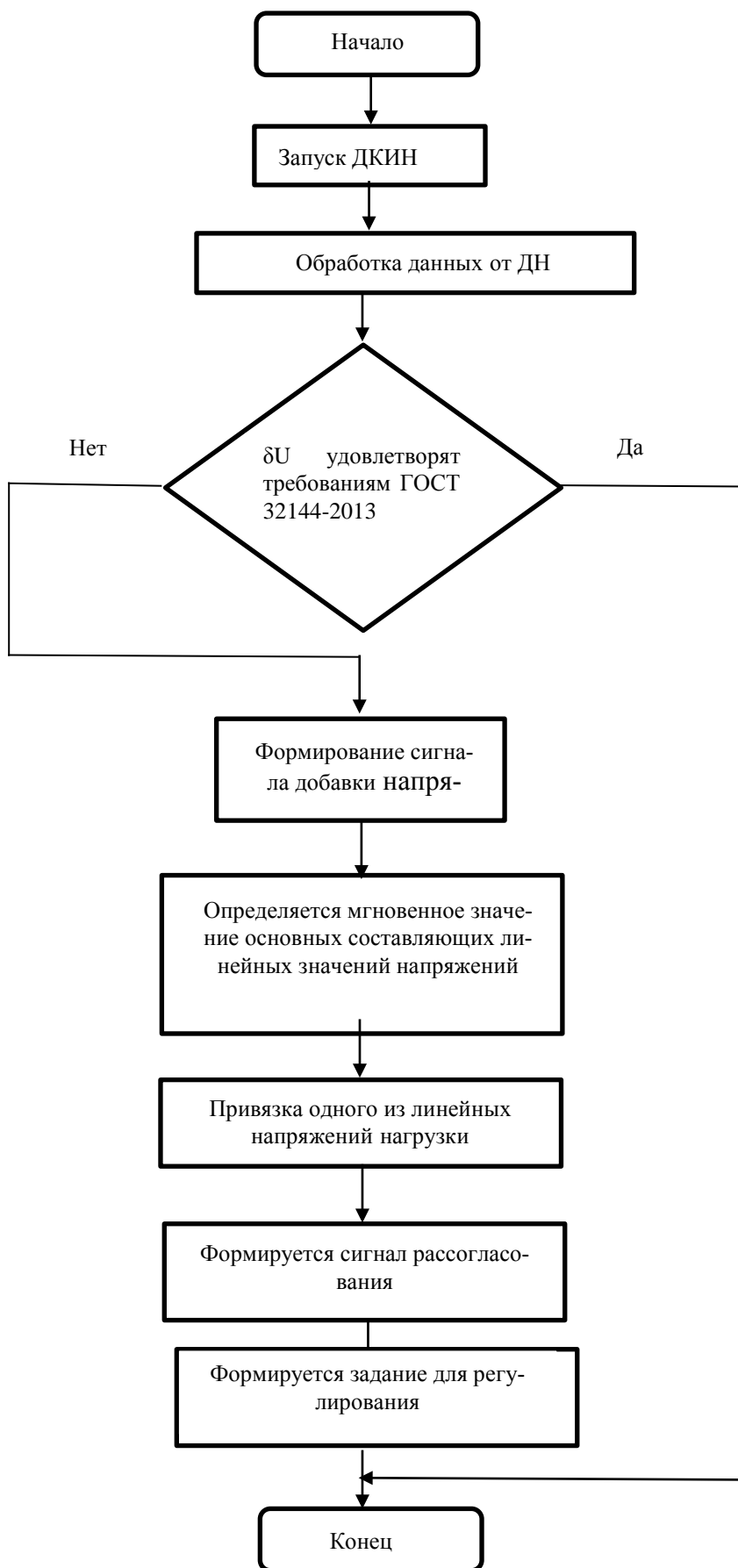


Рисунок 1. Алгоритм функционирования ДКИН

Данный алгоритм функционирования позволяет увеличить точность регулирования сигнала с помощью ПИД регулирования. Также учитывается ограничение по граничной длине электропередачи, в случае коротких замыканий во внешней электрической цепи данное КУ используется при продолжительности времени отключения до 0,2 секунд.[3]

#### Библиографический список

1. Ковалев, И. Н. Выбор компенсирующих устройств при проектировании электрических сетей: учеб. пособие для вузов / И. Н. Ковалев. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 200 с.

2. Кузнецов, Р. В. Применение динамических компенсаторов искажений напряжения для повышения надежности системы электроснабжения / Р. В. Кузнецов, Е. А. Федотов. – Текст: непосредственный // Проблемы энергетики. - 2013. – № 3-4 - С. 82-88

3. Сушков В. В. Управление режимами компенсации реактивных нагрузок при использовании ДКИН / В. В. Сушков, Н. Н. Петухова. – Текст: непосредственный // Научные междисциплинарные исследования: IX междунар. науч.-практ. конф. – 12 янв. 2021. – Саратов, 2021. - С. 56-59.

Научный руководитель: Сушков В.В., доктор техн. наук, профессор

### **К вопросу повышения эффективности, надежности и устойчивости при нарушениях нормального режима электропитания потребителей на примере нефтяных промыслов**

*Сухачев И.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Существенным фактором развития и функционирования электротехнических комплексов является эксплуатационная надежность, проблема повышения которой связана с низким уровнем достоверности и ограниченностью статистических данных эксплуатации электрооборудования в нормальных и аварийных режимах работы вследствие случайных вариаций параметров электрооборудования, защитных устройств и систем управления режимами [1-3]. В результате, накопленная ошибка массивов больших эмпирических данных, игнорирование специфики размещения и эксплуатации электрооборудования приводят к значительной методической погрешности при комплексной оценке технического ресурса электрооборудования и ошибкам в процессе разработки систем защиты этого оборудования от электромагнитных воздействий. Значительный вклад в формирование валового внутреннего продукта Российской Федерации вносит топливно-энергетический комплекс, в частности, предприятия добычи нефти месторождений Западной Сибири, при этом основная часть оборудования

эксплуатируется в районах с особыми природно-климатическими условиями: с большим удельным сопротивлением грунтов, интенсивным гололедообразованием, высокой интенсивностью грозовой деятельности, значительным среднегодовым перепадом температуры окружающей среды.

В настоящее время в электротехнических комплексах нефтедобывающих предприятий имеет место высокая аварийность, обусловленная воздействием на изоляцию электрооборудования внешних (атмосферных) и внутренних перенапряжений. Отказ погружного электрооборудования добычи нефти влечет за собой ущерб, связанный с недоотпуском нефти, затратами на восстановление технологического процесса и ремонт оборудования. Таким образом, существует потребность в новых подходах к анализу статистических данных эксплуатации электрооборудования в нормальных и аварийных режимах работы и разработке новых способов оценки остаточного ресурса погружного электрооборудования, учитывающих влияние процессов возникновения и развития импульсного перенапряжения на электрически связанное электрооборудование с применением методов искусственного интеллекта [2, 3]. В своих работах мировые ученые в области электроэнергетики и электротехники (Metwally I.A., Gastli A., Бёк В., Гольдштейн В.Г., Дьяков А.Ф., Халилов Ф.Х.) отмечают ряд проблем в применяемых системных подходах к оценке эксплуатационной надежности и остаточного ресурса электрооборудования, обусловленных прежде всего ограниченностью технической информации в условиях неполноты исходных данных, малой изученностью процессов возникновения и протекания, а также комплексного влияния импульсных перенапряжений на электрически связанное электрооборудование. В Национальной программе «Цифровая экономика Российской Федерации» предусмотрен ряд мероприятий, направленных, в том числе, на создание математических моделей и систем анализа больших данных.

Современное развитие цифровых технологий, методов искусственного интеллекта, способов обработки массивов больших данных позволяет создавать новые системы поддержки принятия решений в области эксплуатационной надежности электротехнических комплексов на основе технической информации, полученной в ходе эксплуатации электрооборудования в режиме реального времени.

В основу исследования таких вопросов может быть заложена концепция "Интеллектуальная сеть" (Smart Grid), которая предусматривает увеличение доли используемых цифровых и контролирующих технологий для обеспечения надежности, безопасности и эффективности электротехнического комплекса добычи нефти; использование интеллектуальных технологий мониторинга состояния электрооборудования и управления его режимными параметрами; насыщение питающей сети активными защитными устройствами, позволяющими изменять ее топологические параметры. Для защиты электрооборудования электротехнического комплекса до-

бычи нефти от воздействия импульсных перенапряжений, характеризующих кратностью, длительностью, количеством импульсов и способствующих снижению ресурса электрооборудования, требуется разработка системы защиты от импульсных перенапряжений и способа оценки остаточного ресурса погружного электрооборудования добычи нефти. Управление системой в целом будет осуществляться на основе искусственного интеллекта и предиктивных моделей, анализ данных будет проводиться на базе искусственной нейронной сети. Новизна заключается в формировании и накоплении массива эксплуатационных параметров погружного электрооборудования, разработке системы защиты от импульсных перенапряжений электрооборудования и способа оценки его остаточного ресурса; выявлении факторов и критериев взаимного влияния параметров электрооборудования электротехнического комплекса, режимов его работы, технического состояния, надежности функционирования, а также в формировании и накоплении базы знаний об эффективных условиях функционирования и эксплуатации защитных устройств от импульсных перенапряжений. Дефицит активной мощности в энергосистеме приводит к снижению частоты питающей сети, что требует введение режима ограничения электропотребления, следствием которого является массовое отключение потребителей, что приводит к нарушению технологии добычи нефти и попутного нефтяного газа. С целью минимизации потерь в нефтедобыче следует исключить бессистемное отключение нефтепромысловых потребителей [4]. Для этого необходимо упорядочить процесс работы противоаварийной автоматики и систем на основе цифровых технологий в электрических сетях, а также комплексного подхода для обоснования числа и состава отключаемых потребителей, которые учитывают влияние окружающей среды на работоспособность оборудования, технологию, техническое состояние технологического и электрооборудования, устойчивость электротехнической системы при резком сбросе и наборе мощности.

Таким образом, предложен подход по повышению эффективности, надежности и устойчивости при нарушениях нормального режима электропитания потребителей на примере нефтяных промыслов.

*Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук (Конкурс - МК-988.2021.4).*

#### Библиографический список

1. Романов, В. С. К вопросу о повреждаемости, обслуживании и ремонтах погружного электрооборудования нефтедобычи / В. С. Романов, В. Г. Гольдштейн. – Текст : непосредственный // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2020. – Т. 28. – № 2 (66). – С. 111-123.

2. Сидоров, С. В. Оценка влияния различных способов и аппаратов защиты от импульсных перенапряжений в электрической сети напряжением 6-10 кВ нефтяных промыслов / С. В. Сидоров, В. В. Сушков, И. С. Сухачев. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – № 6. – С. 50-58.

3. Сухачев, И. С. Методика оценки энергии, воздействующей на изоляцию электрооборудования нефтяной скважины при импульсных перенапряжениях / И. С. Сухачев, С. В. Сидоров, В. В. Сушков. – Текст : непосредственный // Омский научный вестник. – 2017. – № 6 (156). – С. 87-91.

4. Сушков, В. В. Оценка устойчивости технологических систем добычи нефти при нарушениях электроснабжения / В. В. Сушков, А. А. Пухальский, В. П. Фрайштетер. – Текст : непосредственный // Промышленная энергетика. – 2002. – № 6. – С. 44.

### **Системы накопления электроэнергии в изолированных энергосистемах**

*Чертков А.Ю., Новоселова М.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В соответствии с Энергетической стратегией РФ на период до 2035 г одной из задач регионального развития энергетики, является повышение эффективности энергоснабжения удаленных и изолированных территорий, в т.ч. модернизация дизельной (мазутной, угольной) генерации на удаленных и изолированных территориях, а также повышение эффективности генерации, основанной на использовании возобновляемых источников [1].

В России основная часть территорий, не подключенных к Единой энергетической системе (ЕЭС), расположена в районах Крайнего Севера и приравненных к нему территориях, которые территории характеризуются:

- географической рассредоточенностью населения;
- сезонными и территориальными ограничениями логистики;
- экстремальными климатическими условиями (низкие температуры, полярные ночи, высокие ветровые нагрузки и др.), что в свою очередь влечет за собой продолжительный отопительный сезон.

Объекты электроснабжения изолированных территорий модернизируются редко, а строительство электрических сетей для подключения к ЕЭС России является экономически нецелесообразным. Как правило, электроснабжение населенных пунктов и промышленных предприятий, находящихся вне зоны централизованного энергоснабжения, осуществляется в основном дизельными и газовыми электростанциями.

Эксплуатация данного генерирующего оборудования сопровождается рядом особенностей. Так, например, оптимальным для дизель-генераторных установок (ДГУ) является режим, при котором нагрузка со-

ставляет 40-60%. Мощность ДГУ при этом выбирается по «пиковой» мощности нагрузки, что приводит к низким значениям коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) и, как следствие, росту стоимости производства электроэнергии (ЭЭ) из-за повышенного расхода топлива. Кроме того, для изолированных энергосистем характерны неравномерные графики нагрузок. На некоторых электростанциях предусматривается не круглосуточный режим работы (20-22 часа) для предотвращения работы генераторных установок с нагрузкой менее 30%. Данная мера позволяет повысить эффективность использования энергоресурса ДГУ, однако при этом не обеспечивается бесперебойное гарантированное электроснабжение, нарушаются комфортные условия для проживания, развития инфраструктуры.

Повысить энергоэффективность систем электроснабжения изолированных территорий, основой которых являются дизельные и газопоршневые электростанции, может внедрение систем накопления электроэнергии (СНЭ). Всестороннее развитие систем накопления электроэнергии, – производство, вывод российских компаний на мировой рынок СНЭ, опытная и промышленная эксплуатация, формирование и накопление научно-технического опыта – является одной из значимых задач электроэнергетики РФ. [2]

К основным задачам, решаемым путем внедрения систем накопления электрической энергии в системы электроснабжения изолированных энергоузлов относят:

#### 1. Управление суточным графиком нагрузок

Суточные графики нагрузок в изолированных энергосистемах имеют сильно выраженный неравномерный характер. Необходимость выхода генераторного оборудования на различные мощностные режимы сопровождается ростом удельного расхода топлива. СНЭ способствуют выравниванию суточного графика нагрузок путем накопления электроэнергии в ночной период, когда стоимость выработки ЭЭ и нагрузка на ДЭС минимальны и выдачи ЭЭ в сеть, когда уровень нагрузки максимален и цены на ЭЭ наиболее высокие. Этот подход позволяет приблизить мощность дизельной электростанции к среднему значению нагрузки. По результатам технико-экономического сравнения может стать целесообразным замена ДГУ на установку меньшей мощности.

#### 2. Повышение КИУМ источников генерации

Включение СНЭ в состав системы электроснабжения на основе дизель-генераторных установок позволяет эксплуатировать последние по одному из двух сценариев. Первый предполагает эксплуатацию ДГУ в режиме, близком к номинальному, когда топливная эффективность максимальна. Второй состоит в снижении времени работы генераторных установок до 50% путем вывода агрегатов из работы в наименее эффективные часы, что снизит скорость выработки моторесурса [3]. Применение любого из

вышеописанных сценариев позволит увеличить сервисные и межремонтные интервалы.

### 3. Повышение качества электроэнергии

Неравномерный и несимметричный характер нагрузки может повлечь за собой скачкообразные изменения величины и фазы напряжения, неизбежно влекущие за собой проблему обеспечения качества электроэнергии. СНЭ, при наличии адаптивной системы управления, способна поддерживать заданный уровень напряжения, подавлять высшие гармоники.

### 4. Повышение КИУМ гибридных источников генерации

Все чаще в вопросе электроснабжения удаленных территорий заходит речь о применении гибридных электростанций: ДГУ в совокупности с источниками возобновляемой энергетики (ВИЭ) – ветровыми (ВЭС), солнечными электростанциями (СЭС). Включение систем накопления в состав гибридных электростанций позволяет существенно повысить КИУМ агрегатов как за счет более стабильной нагрузки на дизельные генераторы, так и за счет «сглаживания» стохастического характера генерации от ВИЭ (в зависимости от солнечной активности, скорости ветра). [4]

В настоящее время на территории РФ развернута активная исследовательская и производственная деятельность по применению СНЭ в качестве источников бесперебойного питания (ПС «Восход» (г. Омск), ПС «Спортивная (п. Красная поляна), для оптимизации работы СЭС и ДЭС (Республика Тыва, Забайкальский край), для регулирования частоты и компенсации пиковой мощности (ПС «Псоу» (г. Сочи) [5]. Эффект применения систем накопления электроэнергии в изолированных энергосистемах носит комплексный характер, способствующий достижению одной из стратегических целей развития отечественной энергетики – повышению эффективности использования энергоресурсов при электроснабжении изолированных территориях.

### Библиографический список

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года. – Текст : электронный // Министерство энергетики Российской Федерации : официальный сайт. – 2020. – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/18038> (дата обращения: 10.01.2021).

2. Концепция развития рынка систем хранения электроэнергии. – Текст : электронный // Министерство энергетики Российской Федерации : официальный сайт. – 2017. – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/9029> (дата обращения: 10.01.2021).

3. Мельников, В. Д. Системы накопления электрической энергии для повышения технических и экономических характеристик газопоршневых электростанций / В. Д. Мельников, В. М. Зырянов, Г. Б. Нестеренко. – Текст : непосредственный // Энергоэксперт. – 2020. – № 3. – С. 40-43.



4. Применение систем накопления энергии в России: возможности и барьеры. Экспертно-аналитический отчет. – Текст : электронный // Центр стратегических разработок : официальный сайт. – 2018. – URL: <https://www.csr.ru/ru/publications/rossijskij-rynok-nakopitelej-elektroenergii-mozhet-vyrasti-do-3-mlrd-dollarov-v-god/> (дата обращения: 10.01.2021);

5. Зырянов, В. М. Системы накопления энергии: российский и зарубежный опыт / В. М. Зырянов Н. Г. Кирьянова И. Ю. Коротков [и др.]. – Текст : электронный // Энергетическая политика. – 2020. – URL: <https://energypolicy.ru/sistemy-nakopleniya-energii-rossijsk/energetika/2020/16/18> (дата обращения: 10.01.2021).

Научный руководитель: Хмара Г.А., канд. техн. наук, доцент

ФЗ № 436-ФЗ	Издание не подлежит маркировке в соответствии с п. 1 ч. 4 ст. 11
----------------	---

Научное издание

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ –  
НЕФТЕГАЗОВОМУ РЕГИОНУ**

*Материалы*

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

Том I

*Геология, поиски и разведка нефтяных, газовых  
и других месторождений полезных ископаемых, гидрогеология,  
геокриология и инженерная геология. Кадастр природных ресурсов*

*Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений*

*Транспортные и транспортно-технологические системы*

*Проблемы экологии и техносферная безопасность*

*Нефтехимия и технология переработки нефти и газа*

*Машиностроение, материаловедение*

*Электроэнергетика, электро- и теплотехника*

Составитель А. В. Куликов

*В авторской редакции*

Подписано в печать 02.06.2021. Формат 60х90 1/16. Усл. печ. л. 16,87.

Тираж 500 экз. Заказ № 2154.

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.