

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 III

*Проблемы экологии и техносферная безопасность*

*Машиностроение, материаловедение*

*Транспортные и транспортно-технологические системы*

*Электроэнергетика, электротехника и теплотехника*

*Новые информационные технологии и системы*

Тюмень  
ТИУ  
2019

УДК 622.3+550.8+655.6

ББК 33.36+35.514

Н766

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

Редакционная коллегия:

Д. В. Пяльченков (зам. ответственного редактора),  
О. В. Ударцева, И. М. Ковенский, Н. С. Захаров, Г. А. Хмара, О. Н. Кузяков

**Новые технологии – нефтегазовому региону** : материалы  
Н766 Международной научно-практической конференции : Т. 3 / отв.  
ред. П. В. Евтин. – Тюмень : ТИУ, 2019. – 274 с. – Текст :  
непосредственный.

ISBN 978-5-9961- 2165-6 (*т. 3*)

ISBN 978-5-9961- 2162-5 (*общ.*)

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

В состав третьего тома вошли материалы работы секций: «Проблемы экологии и техносферная безопасность», «Машиностроение, материаловедение», «Транспортные и транспортно-технологические системы», «Электроэнергетика, электротехника и теплотехника», «Новые информационные технологии и системы».

Издание предназначено для научных, социально-гуманитарных и ин-женерно-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- 2165-6 (*т. 3*)

ISBN 978-5-9961- 2162-5 (*общ.*)

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Тюменский индустриальный  
университет», 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «Проблемы экологии и техносферная безопасность».....	12
Электромонтажные работы на высоте на строительных объектах.....	12
<i>Арькова Е.В., Сивков Ю.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
Анализ последствий аварии на опасном производственном предприятии .....	15
<i>Баталова Е.П.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
Актуальные пути сокращения объема выбросов парниковых газов в нефтяной добывающей отрасли .....	18
<i>Брехов П.Я., Чухлатый М.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
Химический состав отходов бурения на углеводородной основе и их влияние на окружающую природную среду.....	20
<i>Быцко А.А., Тарасова С.С., Гаевая Е.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
Анализ аварийности на предприятиях нефтегазового и химического комплексов.....	23
<i>Венгерский Д.О.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
Экологические проблемы участков городских территорий, занятых снежными свалками .....	26
<i>Воронов А.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
Анализ факторов загрязнения природной среды в процессе выработки электрической энергии .....	28
<i>Глебова Н.С., Логачев В.Г.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
Повышение безопасности работ на высоте слесарей ремонтно-технических управлений нефтегазовой отрасли .....	30
<i>Качур А.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
Problems of ecology and technosphere safety.....	32
<i>Kim I.S., Menshchikova E.E.</i>	
Industrial University of Tyumen, Tyumen	
Оценка эффективности электромагнитного экранирования «профнастила» различных марок.....	35
<i>Кирий И.С., Литвинова Н.А., Созонов В.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
Исследования донных диатомовых ценозов в прибрежной зоне восточного Каспия в районе озера Караколь.....	38
<i>Койбакова С.Е.</i>	
Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова, г. Актау, Казахстан	
Анализ программных комплексов в области CFD-технологий.....	41
<i>Короткова Ю.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
Influence of anthropogenic activity on soils of forest biogeocenosis .....	44
<i>Langer N.Y.</i>	
Industrial University of Tyumen, Tyumen	

<b>Оценка световой среды маляра покрасочного цеха.....</b>	<b>46</b>
<i>Литвинова Н.А.<sup>1</sup>, Литвинов Д.О.<sup>2</sup>, Малых И.А.<sup>2</sup></i>	
<sup>1</sup> Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень; <sup>2</sup> Тюменское высшее военное-командное инженерное училище, г. Тюмень.	
<b>Анализ по обеспечению производственной безопасности арматурного цеха на предприятии ОАО «ТДСК».....</b>	<b>48</b>
<i>Миролубова Н.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Система управления промышленной безопасностью на производственном объекте .....</b>	<b>51</b>
<i>Миронова В.В., Сивков Ю.В., Комиссаренко А.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Нефтезагрязнённые участки в табличном и модельном представлении.....</b>	<b>53</b>
<i>Мухаметшина Э.Р.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Нижневартовск	
<b>Пожарная безопасность в лечебных учреждениях .....</b>	<b>56</b>
<i>Неупокоева Т.В., Мишин А.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Апробация рабочего процесса на модели снегоплавильной установки.....</b>	<b>59</b>
<i>Плохов А.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Анализ опасностей и оценка рисков перед началом выполнения работ на производстве.....</b>	<b>62</b>
<i>Почкутова С.В., Асеева А.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Производственный травматизм и аварийность на предприятиях Тюменской области.....</b>	<b>64</b>
<i>Рамазанова Л.Ф.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Безопасность транспортировки углеводородного сырья на территории Западной Сибири.....</b>	<b>67</b>
<i>Казанцева Л.А., Рядинских А.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Озеленение города, как способ решения уменьшения объёмов загрязненного воздуха .....</b>	<b>69</b>
<i>Суменкова О.А, Коломиец А.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Совершенствование метода тушения пожаров ЛВЖ с использованием инертного газа .....</b>	<b>72</b>
<i>Хайретдинов И.А.</i>	
Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа	
<b>Исследование электромагнитных полей на территории электрической подстанции .....</b>	<b>74</b>
<i>Хамидуллина Р.Р., Литвинова Н.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Оценка размещения полигона по переработке нефтесодержащих отходов на Самотлорском месторождении .....</b>	<b>76</b>
<i>Худайбердиев А.Т.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Нижневартовск	

<b>Исследование механических свойств и анализ влияния пониженных температур на поведение конструкционного материала эластичных резервуаров .....</b>	<b>79</b>
<i>Шириева Н.С.<sup>1</sup>, Прохоров А.А.<sup>2</sup>, Щербаков А.В.<sup>1</sup></i>	
<sup>1</sup> Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени, г. Тюмень; <sup>2</sup> Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа	
<b>СЕКЦИЯ «Машиностроение, материаловедение» .....</b>	<b>83</b>
<b>Определение причин повреждения призонного болта.....</b>	<b>83</b>
<i>Белослудцева А.И.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Разработка конструкции системы ориентации солнечных батарей.....</b>	<b>85</b>
<i>Гашева Е.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Системы технического зрения.....</b>	<b>87</b>
<i>Горяинова А.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Разработка самоходного кормосмесителя-раздатчика на производственной базе РФ .....</b>	<b>89</b>
<i>Губенко А.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Окисление моносulfида европия: структурно-спектроскопическое исследование .....</b>	<b>92</b>
<i>Денисенко Ю.Г.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Микроструктура гибкой насосно – компрессорной трубы .....</b>	<b>95</b>
<i>Евтюгина Л.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Повышение прочности резьбовых соединений за счет поверхностно-модифицированного слоя из сплава с памятью формы.....</b>	<b>95</b>
<i>Ефимова К.О.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Неразрушающий контроль механических свойств магнитных материалов по коэрцитивной силе.....</b>	<b>98</b>
<i>Жуков К.А, Кулак С.М.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Лесопильное оборудование 21 века .....</b>	<b>100</b>
<i>Зернина Ю.С., Черняева А.Н., Хабарова Е.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Инновационный подход к совершенствованию логистических систем в регионах Крайнего Севера.....</b>	<b>102</b>
<i>Ильдеркина К.Е., Метлев А.Ю.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Влияние pH водно-солевого раствора на скорость контактной коррозии теплообменного оборудования .....</b>	<b>105</b>
<i>Калимуллина Э.Р., Латыпова Д.Р.</i>	
Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа	
<b>Повышение технологичности альтернативной конструкции узла «труба – трубная решетка» теплообменных аппаратов .....</b>	<b>106</b>
<i>Кареев М.И., Сахаутдинов Р.Р.</i>	
Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа	

<b>Снижение скорости коррозии оборудования теплоснабжения, горячего водоснабжения и котельного оборудования .....</b>	<b>109</b>
<i>Коротков К.Е., Сагадеев А.Г., Латыпов О.Р.</i>	
Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа	
<b>Разработка концепции системы промышленного мониторинга на машиностроительном производстве .....</b>	<b>112</b>
<i>Косогина И.М.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Применение технологии топологической оптимизации на этапе проектирования изделий. ....</b>	<b>114</b>
<i>Кузьмин М.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Влияние длительной эксплуатации на механические свойства стали 09Г2С .....</b>	<b>117</b>
<i>Локшин А.Д., Антонова Д.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Проектирование оптимальной модели ветрогенератора, для электрификации нефтяных месторождений Тюменской области. ....</b>	<b>118</b>
<i>Лосев Д.Я.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Влияние наплавки баббита Б83 на структуру основы из материала той же марки .....</b>	<b>121</b>
<i>Лысова О.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Разработка термического процесса насосной штанги .....</b>	<b>123</b>
<i>Маматуллина М.З.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Моделирование гидродинамики потока при взаимодействии с лопастным ротором.....</b>	<b>124</b>
<i>Муфаздалов Т.Р., Туманова Е.Ю.</i>	
Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа	
<b>Прогнозирование величин оптимальных скоростей резания в зависимости от коэффициента запаса прочности инструмента при точении на станках с ЧПУ ...</b>	<b>127</b>
<i>Никитенко Я.Ф.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Моделирование процесса смещения.....</b>	<b>130</b>
<i>Нуриддинов Б.Б.,<sup>1</sup> Тсига Н.<sup>2</sup></i>	
<sup>1</sup> Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа; <sup>2</sup> Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа	
<b>Расчетная оценка усталостных повреждений нефтегазосепаратора .....</b>	<b>132</b>
<i>Пономарев И.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Структура и свойства материала крестовины карданного вала .....</b>	<b>133</b>
<i>Попова М.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Сравнение качества литья двух производителей .....</b>	<b>135</b>
<i>Поспелов М.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	

<b>Проектирование конструкции протяжки для обработки елочного паза диска турбины.....</b>	<b>137</b>
<i>Салтыков О.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Разработка технологии резки и очистки материала криогенными сверхкритическими струями с низким уровнем экологического воздействия .....</b>	<b>139</b>
<i>Сауков Н. А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Коррозионная стойкость алюминиевого сплава, обработанного методом интенсивной пластической деформации.....</b>	<b>141</b>
<i>Сафрайдер А.И., Латыпов О.Р., Аглиуллин А.Х.</i>	
Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа	
<b>Методика коррекции погрешности обработки на станках с ЧПУ, основанная на математическом и компьютерном моделировании .....</b>	<b>143</b>
<i>Темпель Ю.А., Кухарева Я.М.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Особенности обработки труднообрабатываемых сплавов в процессе резания .....</b>	<b>144</b>
<i>Темпель О.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Исследование свойств соединений из стали 12Х18Н10Т, полученных сваркой трением.....</b>	<b>145</b>
<i>Токарев А.С., Каретников Д.В.</i>	
Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа	
<b>Применение графитовых материалов в качестве уплотнения масляной полости подшипниковых опор газотурбинных двигателей.....</b>	<b>148</b>
<i>Фаслетдинов А.Д.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Роботизация: классификации и тенденции. ....</b>	<b>149</b>
<i>Хамматова Д.Ф., Горячев Н.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Балансирная подвеска для тракторных прицепов.....</b>	<b>152</b>
<i>Шадрин С.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Обеспечение работоспособности узлов ответвления трубопроводов с укрепляющими (накладными) кольцами .....</b>	<b>153</b>
<i>Яковлева Д.Н.</i>	
Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа	
<b>СЕКЦИЯ «Транспортные и транспортно-технологические системы» .....</b>	<b>156</b>
<b>Универсальный транспортный манипулятор.....</b>	<b>156</b>
<i>Андреев Е.О., Мешков Д.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Warehouse Complexes of the Future .....</b>	<b>158</b>
<i>Golubev V.A.</i>	
Industrial University of Tyumen, Tyumen	
<b>Оценка надежности электрооборудования автомобиля.....</b>	<b>160</b>
<i>Калиев Р.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Оценка безопасности городских пассажирских перевозок в г. Тюмени .....</b>	<b>163</b>
<i>Никитин И.Д., Писцов А.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	

<b>Эффективное управление транспортными потоками .....</b>	<b>166</b>
<i>Соколов А.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Модернизация многофакторной зависимости для определения оптимального скоростного режима транспортных потоков .....</b>	<b>168</b>
<i>Тимоховец В.Д., Чичиланова Я.И.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>The research on reliability of electric equipment of the vehicle KAMAZ – 43118.....</b>	<b>171</b>
<i>Tyan R.V.</i>	
Industrial University of Tyumen, s. Tyumen	
<b>Проблемы внедрения технологии каршеринга в систему городского общественного транспорта.....</b>	<b>174</b>
<i>Федотова О.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Использование автобусов, работающих на КПП на примере г. Тюмень .....</b>	<b>176</b>
<i>Черкасов А.Н., Татьяна Н.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>СЕКЦИЯ «Электроэнергетика, электротехника и теплотехника» .....</b>	<b>179</b>
<b>Перспективы развития цифровых технологий в электроэнергетике .....</b>	<b>179</b>
<i>Большаков Д.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень.	
<b>Сравнительный анализ систем возбуждения синхронных двигателей для применения в нефтехимическом производстве .....</b>	<b>180</b>
<i>Воробьев А.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Анализ электрических нагрузок и электропотребления в строящихся объектах гражданского назначения.....</b>	<b>183</b>
<i>Георгиев Е.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Энергосберегающие технологии в гражданском строительстве .....</b>	<b>185</b>
<i>Девятяров С.Н.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Определение эффективности топливных элементов и энергетических систем на их основе.....</b>	<b>188</b>
<i>Ерилин И.С.</i>	
Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа	
<b>Влияние наведенного электромагнитного поля на вторичные измерительные цепи двухцепных ВЛ-110 кВ .....</b>	<b>191</b>
<i>Залетенко П.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень.	
<b>Исследование энергоэффективности электрических двигателей .....</b>	<b>193</b>
<i>Иванов С.С.</i>	
Санкт–Петербургский Горный университет, г. Санкт-Петербург	
<b>Экспериментальное исследование отклонение частоты электрических сетей Зеравшанской долины.....</b>	<b>196</b>
<i>Камолов М.М.</i>	
Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, г. Душанбе.	
<b>Анализ накопителей энергии используемых в активно-адаптивных сетях .....</b>	<b>199</b>
<i>Корчагина А.П.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень.	

<b>Аспекты использования возобновляемых источников энергии в российской Арктике .....</b>	<b>201</b>
<i>Лаврик А.Ю.</i>	
Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург	
<b>Повышение устойчивости системы электроснабжения непрерывных производств .....</b>	<b>204</b>
<i>Прокопчук И.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Разработка устройства регистрации, идентификации перенапряжений и оценки остаточного ресурса изоляции погружных электродвигателей.....</b>	<b>206</b>
<i>Сухачев И.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Проблема повышения энергоэффективности в глубинно-насосной добыче нефти .....</b>	<b>208</b>
<i>Трошкин С.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Применение симметрирующих трансформаторов для повышения качества электроснабжения .....</b>	<b>211</b>
<i>Ушаков И.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>СЕКЦИЯ «Новые информационные технологии и системы».....</b>	<b>213</b>
<b>Модернизация технологического процесса на установке предварительного сброса воды.....</b>	<b>213</b>
<i>Абдуллаев Д.М.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Разработка системы мониторинга климатических условий в производственных помещениях с особыми условиями.....</b>	<b>215</b>
<i>Авдеева А.А., Коваль М.Н., Ляш Е.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Визуальное программирование. Преимущества его использования в проектировании.....</b>	<b>216</b>
<i>Андреев И.И.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Особенности системы ПАЗ для приёмно-сдаточных пунктов нефти .....</b>	<b>218</b>
<i>Безродный К.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Система управления инженерными данными с элементами искусственного интеллекта и трехмерной модели производства.....</b>	<b>221</b>
<i>Бичевина Е.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Виртуальная и дополненная реальность как инструменты повышения эффективности персонала на нефтегазодобывающих предприятиях .....</b>	<b>222</b>
<i>Вдовин К.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Вариант использования имитационного моделирования, как инструмент определения процесса эффективной работы гардероба .....</b>	<b>225</b>
<i>Гостева В.И., Татунова К.К.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	

<b>3D metal printing process</b> .....	228
<i>Egorenko K.A.</i>	
Industrial University of Tyumen, Tyumen.	
<b>Дупано. Создание пользовательского нода</b> .....	230
<i>Ерошкова Е.Н.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Методы и средства измерения расхода на приёмо-сдаточном пункте: перспективы применения массовых расходомеров</b> .....	232
<i>Жиренбаев А.И., Черний А.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Повышение энергоэффективности насосных агрегатов путем использования нейронных сетей</b> .....	234
<i>Иванов М.В., Мысина Н.А.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Изучение возможности использования новых источников пространственных данных для ИАС WellInfo</b> .....	237
<i>Калинин А.А.</i>	
Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть», г. Тюмень	
<b>Enhancement data security in cloud computing</b> .....	240
<i>Kotsur D.I.</i>	
Industrial University of Tyumen, Tyumen	
<b>Применение метода термодиагностики для идентификации утечек нефтегазопровода</b> .....	243
<i>Кочеткова Л.И.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Использование дополненной реальности на производственных объектах</b> .....	246
<i>Макарова Д.В., Родин А.К.</i>	
Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург	
<b>Development of a software module for the formation of area development documentation using geo-information technologies</b> .....	248
<i>Rayvina D.D.</i>	
Industrial University of Tyumen, Tyumen	
<b>Анализ перспективных направлений развития системы синхронизированных векторных измерений в России</b> .....	251
<i>Полкова Е.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>3D Metal Printing</b> .....	253
<i>Poplutin S.E</i>	
Industrial University of Tyumen, Tyumen.	
<b>Разработка модуля обработки и визуализации геологических данных</b> .....	256
<i>Романов Е.В., Ахмадулин Р.К.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Перспективы развития программной составляющей системы мониторинга переходных режимов ЕЭС России</b> .....	258
<i>Сабитов М.А., Гилязетдинов А.О.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Перспективы применения кондуктометрического метода измерения солеотложений в автоматизированных ингибиторных установках</b> .....	261
<i>Самохвалов Н.С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	

<b>Уменьшение затрат при строительстве куста скважин. ....</b>	<b>264</b>
<i>Сурель М.А., Милевская А.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>О математической интерпретации бизнес-процесса разработки локальной сметы в нефтегазовой промышленности .....</b>	<b>266</b>
<i>Хамидуллин Р.И.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>К вопросу об использовании попутного нефтяного газа .....</b>	<b>268</b>
<i>Цыденова Э.Ю., Слюсаренко А.В.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	
<b>Технология Интернет вещей - будущее нефтегазовой отрасли .....</b>	<b>271</b>
<i>Шарара С.</i>	
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень	

## СЕКЦИЯ «Проблемы экологии и техносферная безопасность»

### Электромонтажные работы на высоте на строительных объектах

*Арькова Е.В., Сивков Ю.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время активно разрабатываются и применяются правила по безопасным работам во всех сферах деятельности, не исключение – электромонтажные работы на высоте на строительных объектах. Данный тип работ несет в себе риск получения травм различной степени тяжести как работниками, так и лицами, оказавшимися рядом. Однако, несмотря на действия по охране труда, статистика несчастных случаев показывает необходимость ужесточения мер безопасности.

Электромонтажные работы на высоте на строительных объектах относятся к разряду работ повышенной опасности. Несомненно, приоритетным аспектом при выполнении работ является жизнь и здоровье всех участников процесса.

Целью данной статьи является указать необходимые требования для обеспечения безопасности при выполнении работ.

Из поставленной цели вытекают следующие задачи:

- классификация факторов риска при выполнении электромонтажных работ на высоте на строительных объектах и правила по технике безопасности;
- анализ статистических данных несчастных случаев при проведении работ;
- усовершенствование мер по охране труда для рабочих.

Классификация факторов риска.

1. Поражение электрическим током. Чтобы не произошло поражения током во время электромонтажных работ, следует соблюдать следующие правила [1]:

- ни при каких обстоятельствах нельзя касаться токонесущих элементов, есть вероятность, что они под напряжением;
- не отступать от электрических схем подключения используемого оборудования и инструментов;
- строго придерживаться схем внешних и внутренних соединений при электромонтажных работах.

Работая с напряжением до 1 кВ, обязательно использование диэлектрической спецодежды оборудования. Сюда входят:

- диэлектрический инструмент;
- диэлектрические коврики;
- диэлектрические перчатки и ботинки
- указатели напряжения.

2. Падение с большой высоты. Для обеспечения безопасности работ на высоте должны применяться средства ограждения опасных зон (СООЗ), средства индивидуальной защиты (СИЗ) и средства коллективной защиты (СКЗ), разработанные и введенные в производство в установленном порядке.

Рабочие места на перекрытиях, покрытиях, рабочих площадках, расположенные в опасной зоне - на расстоянии менее двух метров от границы перепада по высоте 1,8 м должны быть оснащены страховочными ограждениями, или защитноулавливающими сетками, а при расстоянии более двух метров сигнальными или защитными ограждениями. При невозможности или экономической нецелесообразности использования страховочных ограждений допускается производить работы в опасной зоне с использованием страховочных систем, включающих предохранительные строительные пояса, страховочные канаты, удлинители стропа и другие необходимые приспособления, обеспечивающие возможность надежного и удобного закрепления карабином пояса

3. Травмирование рабочим инструментом. Помимо проверки инструментов на исправность, проводимый после каждой смены, необходимо ознакомить работников с правилами безопасной эксплуатации ручных и электрических инструментов. Немаловажное значение имеет спецодежда работника. Если манжеты рукава плотно застегнуты, руки в перчатках, нет болтающихся частей одежды, ботинки на жесткой подошве, волосы коротко подстрижены и спрятаны под каской, в ушах беруши и защитные очки на глазах, эксплуатация инструмента будет максимально безопасной [2].

4. Повреждение слизистых оболочек мелкой пылью. В закрытых помещениях, электромонтажные работы всегда сопровождаются большим количеством промышленной пыли, причем ее концентрация бывает такой высокой, что видимость вокруг сокращается до одного метра. Конечно, в таких условиях зрение и дыхательные пути работника неизбежно страдают. Чтобы сократить концентрацию пыли в помещении можно сделать следующее: во время штробирования стен, к патрубку штробореза присоединяется рукав промышленного пылесоса. Также необходимо пользоваться специальными респираторами, предназначенными для бетонной, кирпичной и цементной пыли. Важно выбрать правильный респиратор, поскольку их существует большое количество, смотря из каких материалов будет пыль. Так вот для электромонтажников предусмотрен респиратор, защищающий от мелкой пыли бетона и кирпича [2].

Анализ статистических данных несчастных случаев при проведении работ. Основными причинами несчастных случаев в строительстве являются: неудовлетворительная организация производства работ; эксплуатация неисправных машин и механизмов; неудовлетворительное содержание и недостатки в организации рабочих мест.

Статистические данные за 2018 год, произошедшие на строительных объектах города представлены на рисунке 1.



Рисунок 1. Статистика несчастных случаев, чел.

Особое внимание для предотвращения несчастных случаев и соблюдения техники безопасности следует обратить на:

- запрет допуска работников к работам на высоте без прохождения обучения безопасным методам и приемам выполнения работ на высоте в установленном порядке;

- установку защитных ограждений на границах зон с постоянным присутствием опасных производственных факторов или сигнальных ограждений и знаков безопасности на границах зон с возможным воздействием опасных производственных факторов;

- выявление причин, вызывающих производственный травматизм, установлении виновных в нарушениях законодательства и иных нормативных актов, а также на разработку работодателями комплексных мероприятий по устранению и профилактике данных нарушений.

Соблюдение правил безопасного производства на высоте, ответственное выполнение работодателем норм охраны труда, а также строгий контроль за исполнением правил работниками непременно приведет к уменьшению нарушений требований охраны труда и, как следствие, к сокращению несчастных случаев на производстве, обеспечит сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности.

#### Библиографический список

1. Зыга, А. В. Электробезопасность на предприятии ОАО «Сибирско - Уральская Энергетическая компания» / А. В. Зыга, Ю. В. Сивков // Нефть и газ Западной Сибири : материалы Международной научно-технической конференции. – Т. 3. – Тюмень, 2013. – С. 86-89.

2. Чекулаев, В. Е. Охрана труда и электробезопасность / В. Е. Чекулаев, Е. Н. Горожанкина, В. В. Лепеха. – Москва: ФГБОУ, 2012. – 304 с.

## Анализ последствий аварии на опасном производственном предприятии

Баталова Е.П.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Исследуемое предприятие – крупнейший в Уральском федеральном округе завод, основным видом деятельности, которого является выпуск труб и соединительных деталей из полиэтилена для обеспечения нефтяной отрасли, программ газификации и ЖКХ.

В составе производственных участков предприятия идентифицировано 2 опасных производственных объекта, вследствие чего присвоен III класс опасности:

1. Сеть газопотребления;
2. Площадка погрузо-разгрузочных работ.

Опасность аварийных ситуаций на территории предприятия связана, со свойствами природного газа (метана) используемого для отопления, наличием мостового крана, а также возможностью распространения пожаров на большие территории.

В связи с этим, сценариев аварий на данном предприятии несколько. Наиболее опасными для человека, гипотетическими авариями могут быть аварии, связанные с разгерметизацией подземного газопровода и пожары в помещениях. Так как по сценарию разгерметизации подземного газопровода образуется наибольшая разрушительная сила, данный вариант рассмотрим более детально [1].

Разгерметизация оборудования с образованием облака ГВС и взрывом смеси в открытом пространстве – сценарий №1. Поражающие факторы аварии – термическое поражение, избыточное давление, воздействие ударной волны на людей, объекты, здания и сооружения. Дерево событий представлено на рисунке 1 [3].



Рисунок 1. Дерево событий при реализации сценария №1

Для оценки уровня воздействия взрыва применяется тротиловый эквивалент ( $W_T$ ), определяемый по условиям адекватности характера и степени разрушения при взрывах парогазовых облаков [2].

При сценарии №1 тротилловый эквивалент  $W_T=164,1\text{кг}$  по следующим условиям: вещество – метан, количество – 67 кг.

В зону полных разрушений (R1) попадает участок выхода подземного провода из земли перед отключающим устройством. Зона разрушения составит 7,6 м в радиусе. Персонал находящийся в данной зоне может получить крайне тяжелые травмы, которые характеризуются широким диапазоном поражений (повреждение внутренних органов, переломы костей, шок, контузии, кровоизлияния в мозг) [2].

В зону сильных разрушений (R2) попадает участок выхода подземного газопровода из земли. Границей зоны сильного разрушения будет контур окружности 11,2 м в радиусе. Персонал может получить поражения 3-ей степени и контузии.

В зону средних разрушений (R3) попадает весь участок выхода подземного газопровода из земли. Зоной средних разрушений является территория между зоной сильных разрушений и зоной слабых разрушений. Границей зоны среднего разрушения будет контур окружности 19,2 м в радиусе. Персонал может получить поражения первой степени.

Границей зоны слабого разрушения (R4) будет контур окружности 56 м в радиусе. В зону слабого разрушения частично попадает помещение санитарно-бытового назначения.

В зону расстекления попадает территория после зоны слабы разрушений шириной до 56 м. Границей зоны будет контур окружности 112 м. В зону расстекления попадает внутриобъектовый проезд [2].

При рассматриваемом сценарии основные здания и сооружения не попадают в зоны разрушений, наглядно представлено на плане рисунок 2.

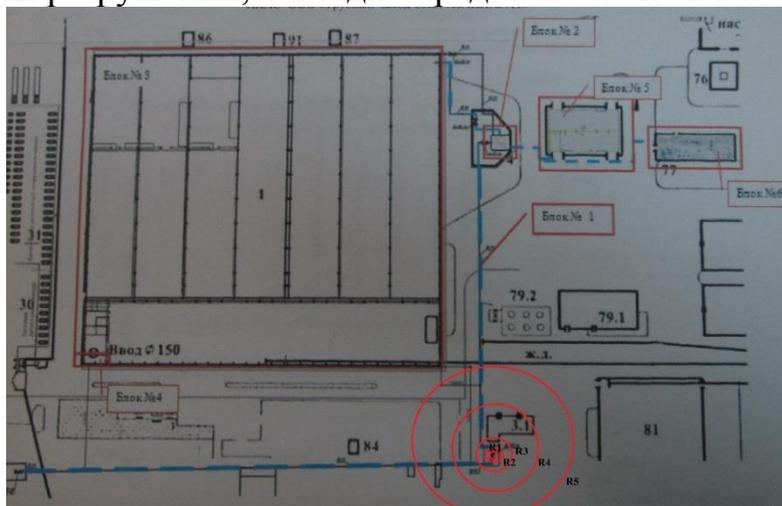


Рисунок 2. Ситуационный план аварии по сценарию №1.

При разрушении газопровода на других участках выхода из земли, в зону поражения могут попасть частично здания основного производственного цеха, гаража, ГРП.

Увеличение зон разрушений и разрушение ограждающих конструкций возможно, только при выделении большого количества газа и образо-

вания высококонцентрированного ТВО. Такой вариант развития аварии может быть только при отказе и не срабатывании системы автоматики безопасности и систем вентиляции.

Для обеспечения безопасности персонала, а также в целях снижения масштабов аварии, необходимо разработать ряд мероприятий:

Первая группа мероприятий направлена на предупреждение аварии:

- Межблочная запорная арматура;
- Мероприятия по технологическому осмотру и подготовке к эксплуатации газопровода;
- Заземление металлического оборудования и трубопроводов;
- Контроль за техникой безопасности на рабочих местах.

Первая группа мероприятий направлена на своевременное выявление повреждений трубопровода, снижения риска аварии.

Вторая группа мероприятий:

- Регулярное обучение персонала порядку действия при аварийных ситуациях;
- Наличие пожарных извещателей;
- Оснащение средствами сигнализации, связи и пожаротушения

Данная группа мероприятий обеспечивает наличие первых средств ликвидации и локализации возможной аварийной ситуации и направлена на снижение последствий аварии.

На каждом предприятии существует риск аварийной ситуации, для его уменьшения и снижения последствий, необходимо рассмотреть все возможные варианты и сценарии, исходя из этого разработать ряд противоаварийных мероприятий индивидуально для каждого.

#### Библиографический список

1. Раздорожный, А. А. Охрана труда и производственная безопасность: учебник / А. А. Раздорожный. – Москва: Экзамен, 2006. – 512 с.
2. Руководство по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей». Серия 27. Выпуск 15. – Москва: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2016. – 44 с.
3. Ударцева, О. В. Методика анализа и оценки рисков аварийных ситуаций на химически опасных объектах / О. В. Ударцева, С. А. Гальцев // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2018. – № 1 (36). – С. 36-43.

Научный руководитель: Ударцева О.В. док. техн. наук, профессор

## **Актуальные пути сокращения объема выбросов парниковых газов в нефтедобывающей отрасли**

*Брехов П.Я., Чухлатый М.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Изменение климата, как следствие выброса парниковых газов в атмосферу окружающей среды, является одной из самых значимых проблем в настоящее время во всем мире. В нефтедобывающей отрасли промышленности наибольшая часть выбросов приходится на попутный нефтяной газ (ПНГ). ПНГ, в свою очередь, представляет собой вторичный продукт нефтедобычи. Горючими компонентами попутных нефтяных газов являются: балласт в составе, которого есть азот, углекислый газ, гелий, аргон. Помимо этого, также включаются в состав горючих веществ углеводороды от метана до гексана, включая изомеры и в небольших концентрациях водород и сероводород.

Основными направлениями современного использования попутного нефтяного газа являются:

- сжигание в энергетических установках для выработки энергии, как тепловой, так и электрической;

- переработка на ГПЗ, которая включает в себя отбор гомологов метана и создание на их базе различных продуктов нефтехимической промышленности, в последствии уже отбензиненный сухой газ доставляется и применяется в энергетической сфере. Так же могут быть получены жидкое топливо или СПГ из отбензиненного газа;

- закачка в пласт (ППД), скайлинг-процесс.

В настоящих реалиях в развитых странах таких как: США, Канада, Норвегия показатели утилизации ПНГ крайне высоки и составляют 99-100%, в то же время в России, а также в странах ближнего востока большая часть попутного газа сжигается в факелах [1].

К 2016 году предписанный показатель эффективной утилизации ПНГ 95% в России достигли многие ведущие нефтедобывающие компании, в числе лидеров по данному показателю компании: «Газпром нефть», «Сургутнефтегаз», «Роснефть». Хотя по состоянию на начало 2012 года установленный уровень эксплуатации ПНГ достигли только две компании. А «Газпром Нефть» и «Роснефть» были в числе аутсайдеров.

В 2018 году объем получения ПНГ в России составил 85,4 млрд м<sup>3</sup> 5млрд м<sup>3</sup> – сожжено на факелах, что составляет всего 4.3% от всего объема полученного газа. Остальной объем ПНГ был использован на газоперерабатывающих заводах (ГПЗ) либо пущен на собственные нужды нефтяных компании для выработки электроэнергии или закачки в пласт [2].

В России одной из важнейших причин роста показателя утилизации ПНГ является развитие технологий, которые даёт возможность эффективно разрабатывать ПНГ, учитывая отличительные признаки месторождений

– количества добытого сырья, удаленности относительно имеющийся общехозяйственной и транспортной инфраструктуры, и других не менее важных факторов.

В компании «Газпром нефть» ведется активная политика развития технологий по утилизации ПНГ. На Восточно-Мессинском месторождении с лета 2016 года ведется эксплуатация газотурбинная электростанция. Данная электростанция является самой северной на территории России. При строительстве ГТЭС была построена на сваях с системой термостабилизации на высоте двух метров. Мощность электростанции – 84 МВт.

На месторождении Новый порт, разрабатываемое на полуострове Ямал в Заполярье, идет подготовка эксплуатации установки комплексной подготовки газа (УКПГ). УКПГ эксплуатируется в целях переработки ПНГ с закачкой в подземные горизонты в последующем. При работе в полную мощность, после прохождения пусконаладочных работ, способна утилизировать более 95% от объема попутного нефтяного газа. Система закачки газа в пласт включает в себя УКПГ, которая состоит из четырех газоперекачивающих агрегатов (ГПА) каждая мощностью 32 МВт, пары кустов поглощающих газовых скважин и системы газопроводов. Помимо этого, комплекс включает в себя осушку сырья с автоматизированной операторной, в которой работники осуществляют контроль состояния оборудования и параметры работы, в круглосуточном режиме. Газотурбинная электростанция также работает на очищенном попутном газе, вырабатываемая мощность равняется 96 МВт с потенциалом увеличения до 144 МВт. После полномасштабного ввода объекта в эксплуатацию будут снабжены электричеством социально-бытовые и производственные объекты Новопортовского месторождения.

В ЯНАО в Ноябрьском регионе главный объект утилизации ПНГ – Еты-Пуровская компрессорная станция (КС) которая эксплуатируется с конца 2016 года. ПНГ через КС мощностью 1,2 млрд м<sup>3</sup> газа в год поступает в газосбросную систему и далее – через Вынгайхинскую установку комплексной подготовки газа. Показатель полезного применения ПНГ на месторождениях «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз» за 2017 год достиг 96%, «Газпромнефть-Муравленко» - 98% [3].

В 2016-2017 годах для утилизации попутного газа с нескольких активов «Газпромнефть-Восток» на Шингинском месторождении был создан газоэнергетический хаб с производящими и газотранспортными мощностями. Данная ГТЭС номинальной мощности в 24 МВт эксплуатируется с 2016 года. Около 70 млн кубометров ПНГ применяется в качестве топлива на электростанции, с Шингинского, Западно-Лугенцкого и Нижнелугенцкого месторождений. После запуска электростанций увеличил уровень утилизации ПНГ до 95 %.

Экологический мониторинг. Методы мониторинга экологической ситуации, открывают доступ к информации о состоянии дел на объектах

производства контролирующим органам и жителям территории. В настоящее время внедряются системы мониторинга, одним из основных элементов которой стала АСМВ (автоматизированная система контроля воздействия) на атмосферу. Как правило данные датчики устанавливаются на ключевые установки завода, информация с них передается в операторные месторождения компании, а также в государственным контролирующим органом. Подобные датчики установлены и применяются на Московском НПЗ. Полученные данные экологического контроля передаются на сайт МНПЗ, также данные транслируются на экране – «Экоинформере», установленном в непосредственной близости от МНПЗ [4].

#### Библиографический список

1. Атангулов, А. А. Состояние добычи нефти и разработки нефтяных месторождений в 2001 году // О состоянии природной среды Ханты-Мансийского автономного округа в 2001 году. НПЦ «Мониторинг», – Ханты-Мансийск, 2002. – С. 65-69.

2. Башмаков, И. А. Муниципальное энергетическое планирование / В. А. Папушкин // Экологические системы. – 2010. – № 3. – С. 54-63.

3. Атмосфера, НТЦ «Газпром нефть» [Электронный ресурс] // Научно-технический журнал «Газпром нефть» - «ПРОНЕФТЬ». – Режим доступа: <https://ntc.gazprom-neft.ru/research-and-development/proneft/>.

4. Куриленко, Н. И. Автоматизация систем газового инфракрасного обогрева / Р. Р. Давлятчин, А. Н. Ермолаев // Актуальные проблемы архитектуры, строительства, экологии и энергосбережения в условиях Западной Сибири: сборник материалов международной научно-практической конференции: в 2 томах. Тюменский государственный архитектурно-строительный университет. – 2015. – Т. 1. – С. 163-169.

Научный руководитель: Чухлатый М.С., канд. техн. наук.

#### **Химический состав отходов бурения на углеводородной основе и их влияние на окружающую природную среду**

*Быцко А.А., Тарасова С.С., Гаевая Е.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

При бурении скважин наибольший ущерб окружающей среде, поверхностным, грунтовым и подземным водам, почвенному покрову наносят химические реагенты, отработанные растворы, нефтепродукты, высокоминерализованные пластовые воды, в результате происходит разрушение почвенно-растительного покрова и снижение его микробиологической активности, особенно в условиях Севера [1].

Успех бурения скважин в значительной степени зависит от состава и свойств буровых растворов, которые должны обеспечивать безопасность и

безаварийность ведения работ при высокой скорости бурения и качественном вскрытии продуктивного пласта. Важнейшей функцией бурового раствора является удаление частиц выбуренной и обвалившейся породы из скважины на поверхность [2].

Свойства образующегося бурового шлама обусловлены минералогическим составом выбуренной породы, пластовых флюидов и остатками бурового раствора [3]. Буровой шлам, образованный в процессе бурения скважин с использованием бурового раствора на углеводородной основе, представляет собой мягкопластичную пастообразную массу черного цвета, с явным запахом нефтепродуктов [4]. Буровые шламы обладают отрицательными водно-физическими свойствами: полная бесструктурность, низкая аэрация, слабая фильтрационная способность и др. [5].

Цель исследований – изучение химического состава отходов бурения на углеводородной основе и экологическая оценка их влияния на состояние окружающей природной среды.

Испытания проб отходов бурения проводились на базе аккредитованной испытательной лаборатории, в соответствии с методиками, внесенными в государственный реестр методик количественного химического анализа.

Результаты исследования химического состава отходов бурения представлены на рисунке 1.

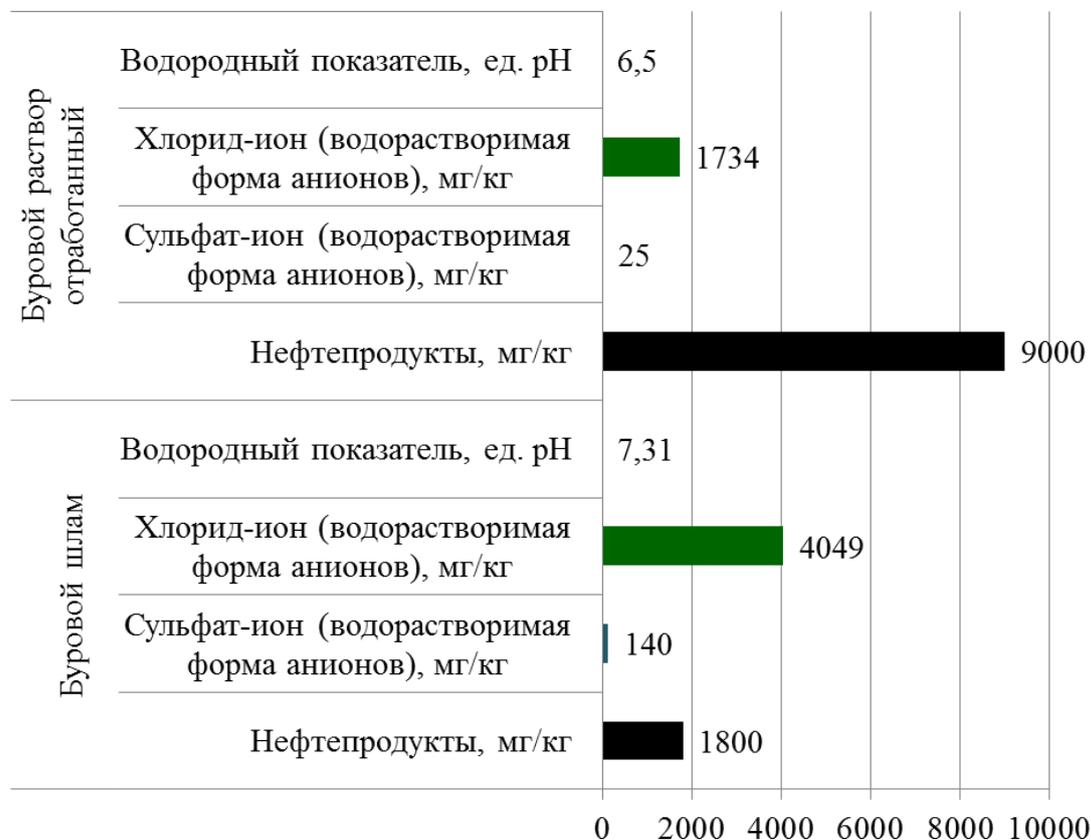


Рисунок 1. Результаты исследования химического состава отходов бурения

Содержание нефтепродуктов в буровом растворе отработанном составило 9000 мг/кг, в буровом шламе – находилось на уровне 1800 мг/кг. Одним из показателей, определяемых в отходах бурения в качестве химической составляющей – химизм засоления по анионному составу, который по полученным значениям относится к хлоридному типу засоления. Водородный показатель бурового раствора отработанного и бурового шлама составил 6,5 ед. рН, и 7,31 ед. рН, соответственно, что позволяет отнести его к нейтральной среде.

Степень токсического воздействия буровых отходов на компоненты окружающей природной среды в таблице 1.

Таблица 1

Оценка токсичности отходов бурения

Объект исследования	Кратность разбавления, раз	Оценка тестируемой пробы	Класс опасности для окружающей природной среды
Буровой шлам	12,53	Оказывает острое токсическое действие	IV
Буровой раствор отработанный	31,60 (БКР)	Оказывает острое токсическое действие	IV

При оценке влияния бурового шлама и отработанного бурового раствора на состояние окружающей среды проводилось определение степени негативного воздействия на тест-объекты – *Daphnia magna Staraus* и *Chlorella vulgaris Beijer*. Кратность разведения водной вытяжки из отхода – шлама буровые, при которой вредное воздействие на тест-объекты отсутствует – 12,53 раз, в буровом растворе отработанном – 31,60 раз. В соответствии с Приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 4 декабря 2014 г. № 536 «Об утверждении Критериев отнесения отходов к I-V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду» исследуемые пробы отходов бурения относятся к IV классу опасности для окружающей природной среды.

Библиографический список

1. Рязанов, А. Я. Энциклопедия по буровым растворам / А. Я. Рязанов. – Оренбург : Летопись, 2005. – 664 с.
2. Книга инженера по растворам / В. Н. Губанов, Д. В. Лопатин, В. С. Сычев, А. А. Толстоухов. – Москва : Гарусс, 2006. – 551 с.
3. Боровский, Н. А. Изменение гидрохимических показателей воды при попадании буровых компонентов / Н. А. Боровский // Газовая промышленность. – № 6. – 1990. – С. 30-38.
4. Характеристика бурового раствора на углеводородной основе и его влияние на свойства выбуренной породы / С. С. Тарасова, А. А. Быцко, Д. П.

Друзь // Энергосбережение и инновационные технологии в топливноэнергетическом комплексе: материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов, посвященной 10-летию создания Института промышленных технологий и инжиниринга. – Тюмень : ТИУ, 2018. – С. 326-329.

5. Изменение водно-физических свойств бурового шлама в процессе его утилизации в техногенный грунт / С. С. Тарасова, Е. В. Гаевая, Я. Э. Богайчук, А. Е. Турнаева // Проблемы управления речными бассейнами при освоении Сибири и Арктики в контексте глобального изменения климата планеты в XXI веке: сборник докладов XIX Международной научно-практической конференции. – Тюмень : ТИУ, 2017. – Т. 3. – С. 270-274.

### **Анализ аварийности на предприятиях нефтегазового и химического комплексов**

*Венгерский Д.О.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Предприятия нефтегазового и химического комплекса играют важную роль как в политической, так и в экономической ситуациях для Российской Федерации. На долю России приходится 5,1% мировых запасов нефти и 31% объема мирового запаса природного газа, что является лидирующим положением в мире по добыче природных ресурсов. [1,2]

Вместе с ростом нефтеперерабатывающих предприятий и усложнением технологических процессов и производств встает вопрос обеспечения пожаробезопасной обстановки и исключения техногенных катастроф на территории опасных объектов.

Для выявления причин аварий Ростехнадзор производит проверку объектов нефтегазового и химического комплексов и осуществление Федерального государственного надзора в области промышленной безопасности, основной целью которых является обеспечение безопасности при эксплуатации опасных производственных объектов и, как следствие, защита жизни и здоровья работников.

Автором приводится статистика чрезвычайных происшествий за 2017 год на опасных производственных объектах, а также предлагается ряд мероприятий, направленных на предотвращение аварийных ситуаций и обеспечение безопасности на объектах нефтегазового и химического комплексов.

На 2017 год Ростехнадзором было проведено 46894 проверки в отношении 7575 опасных производственных объектов, по итогам которых выявлен ряд правонарушений, из них:

- I класса опасности – 436 нарушений;
- II класса опасности – 1047;
- III класса опасности – 4095;

- IV класса опасности – 1997.

По данным статистики, на объектах нефтегазодобывающей промышленности за 2017 год произошло 16 аварий, по сравнению с аналогичным периодом 2016 года (8 случаев), превышение составило 100%. В результате несчастных случаев в 2017 году пострадал 21 человек, из них со смертельным исходом – 6, против 14 пострадавших в 2016 году, из них со смертельным исходом – 9. [3]. Подробная информация по типам аварий и несчастным случаям приведена в табл.1 и табл.2.

Таблица 1

Распределение по видам аварий на опасных производственных объектах

Виды аварий	Число аварий				
	За 9 мес. 2016 года		За 9 мес. 2017 года		+/-
	Кол-во	%	Кол-во	%	
Открытые фонтаны и выбросы	2	25	9	56	+7
Взрывы и пожары на объектах	2	25	3	19	+1
Падение буровых вышек, разрушение их частей	1	13	0	0	-1
Прочие факторы (разрушение технических устройств, разливы нефти)	3	37	4	25	+1
Всего	8	100	16	100	+8

Таблица 2

Распределение несчастных случаев со смертельным исходом на объектах нефтегазодобывающей промышленности по травмирующим факторам

Травмирующие факторы	Количество несчастных случаев со смертельным исходом				
	За 9 мес. 2016 года		За 9 мес. 2017 года		+/-
	Кол-во	%	Кол-во	%	
Термическое воздействие	1	12	2	33	1
Падение с высоты	2	22	22	33	0
Токсичные вещества					
Недостаток кислорода					
Взрывная волна	3	33			-3
Разрушенные технические устройства			1	17	1
Поражение электрическим током					
Прочие	3	33	1	17	-2
Всего	9	100	6	100	-3

Анализ приведенных в таблице 1 и таблице 2 данных показал, что основными причинами возникновения аварий являются: в 9 случаях (56%) ошибки персонала, связанные с нарушением требований организации и производства работ; в 7 случаях (44%) конструктивные недостатки, которые привели к отказам и разгерметизации технических устройств.

Для устранения выявленных нарушений нужно провести ряд мероприятий на объекте повышенной опасности, направленных на снижение риска возникновения аварийных ситуаций и повышение общего уровня промышленной безопасности за счет:

- совершенствования надзорной, контрольной и разрешительной деятельности с сочетанием различных подходов и качественными оценками результативности; [4]
- усилить ведомственный контроль за объектами III и IV класса опасности;
- использование высокопроизводительного оборудования, используемого без участия человека на наиболее опасных участках производственного объекта; сертифицированных приборов и средств индивидуальной защиты;
- разработка новых решений систем управления промышленной безопасности, а также систем управлений охраной труда;
- внедрение средств противоаварийной защиты, поддержание их работоспособного состояния путем контроля, регулярного проведения испытаний, технических освидетельствований.

Динамика снижения общего количества аварийных ситуаций на опасных объектах нефтегазового и химического комплексов не утешительна. Необходимо уделить огромное внимание предотвращению техногенных угроз, что также положительно повлияет на снижение материальных убытков и улучшение экономической ситуации страны в целом.

#### Библиографический список

1. Пермяков, В. Н. Безопасность хранения широких фракций легких углеводородов / В. Н. Пермяков, М. В. Омельчук // Известия ВУЗов. Нефть и газ. – 2015. – № 6. – С. 89-92.
2. Солодовников, А. В. Анализ опасностей при разработке технологических процессов на объектах химической, нефтехимической и нефтегазодобывающей промышленности / А. В. Солодовников // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2016. – № 3. – С. 20-21.
3. Об утверждении доклада о правоприменительной практике контрольно-надзорной деятельности в Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору при осуществлении федерального государственного надзора в области промышленной безопасности за 9 месяцев 2017 года: утв. Ростехнадзором 24.12.18: – Москва: ЗАО НТЦ ПБ, 2018. – 420 с.

4. Короткова, Ю. С. Анализ аварийности на предприятиях нефтегазового и химического комплексов / Ю. С. Короткова // Энергия науки: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. – Ханты-Мансийск, 2017. – С. 1187-1190.

### **Экологические проблемы участков городских территорий, занятых снежными свалками**

*Воронов А.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В зимний период в большинстве городов Российской Федерации возникает проблема расчистки территорий от снега и дальнейшего его складирования. Снег, вывозимый с городской территории на снежные полигоны, очень загрязнен. При работе снегоуборочной техники в снежные массы попадают мелкий щебень, песок, бытовой мусор. Щебень с размерами частиц 2-5 мм может являться составной частью антигололедных реагентов. Вода, образующаяся при таянии снега на полигоне, по сути является городским талым стоком. Однако состав такой воды отличается от талых вод, образующихся на урбанизированных территориях в весенний период. Иным будет и режим ее отвода.

В настоящее время методика выбора мест для снежных свалок и требования к их инженерному оборудованию не регламентируются действующими нормативными документами.

Поступление снеговых масс на полигоны начинается со середины ноября и заканчивается в начале апреля. Далее наступает следующая фаза в функционировании снежного полигона – таяние накопленного снега.

Для городов РФ, относящихся к умеренному поясу, таяние снега на снежных полигонах заканчивается в июле. Это связано с более плотной структурой снега полигонов ( $700-900 \text{ кг/м}^3$ ). Во время снегопада плотность снега составляет  $80 \text{ кг/м}^3$ , при слеживании на городских газонах –  $260 \text{ кг/м}^3$  [1]. Есть примеры сохранения ледяного ядра на полигоне с образованием участков многолетнемерзлых пород [1].

Основными загрязнениями городских талых вод являются взвешенные вещества, нефтепродукты, органические вещества [2].

Проведенные ранее исследования показали, что содержание взвешенных веществ в талом стоке может достигать значений до  $9170 \text{ мг/л}$ , нефтепродуктов – до  $2,5 \text{ мг/л}$ , ХПК – до  $2100 \text{ мг/л}$  [3].

В таблице 1 приведен состав снежной массы, собираемой с дорог города снегоуборочной техникой с дальнейшей транспортировкой ее на полигоны. Проба 1 взята с участка дороги по улице Институтской, проба 2 – с участка дороги по улице Аккумуляторной, проба 3 – с участка дороги по улице Провинциальная. Высокие значения сухого осадка в отобранных

пробах связаны с практикой применения противогололедных реагентов, в состав которых входят хлориды кальция, натрия и калия.

По сложившейся практике при эксплуатации объектов дорожного хозяйства в зимний период используются противогололедные реагенты, которые воздействуют на ледяные и снежные образования на городских дорогах, тем самым обеспечивая нормальную работу городской инфраструктуры. Следует также обращать внимание на величину рН применяемых антигололедных реагентов [4].

Таблица 1

Концентрации загрязняющих веществ в снеге (талая вода), поступающем на снежные полигоны города Тюмени

Показатель	Единицы измерения	Проба 1	Проба 2	Проба 3
рН	-	8,98	8,25	8,92
Взвешенные вещества	мг/л	5260	1110	3100
Нефтепродукты	мг/л	3,5	6,1	5,05
ХПК	мг/л	1012	537	832
Медь	мг/л	0,0009	0,0025	0,0012
Свинец	мг/л	0,003	0,0122	0,0028
Хром	мг/л	0,003	0,008	0,002
Хлориды	мг/л	7454	1262	4240
Сульфаты	мг/л	78,61	10,89	38,15
Сухой остаток	г/л	17,233	4,6	11,0

Отличия в концентрациях загрязняющих веществ в снежной массе, поступающей с разных участков городских дорог связаны с разным режимом обработки дорожного полотна противогололедными реагентами, с разным покрытием дорог.

Концентрация хлоридов выше в талой воде, полученной из снежной массы с дорог города, чем в весенней талой воде, так как в весенний поверхностный сток попадают талые воды не только с дорог, но и с газонов, крыш зданий, которые антигололедными реагентами не обрабатываются [3].

В большинстве городов РФ снежные полигоны представляют собой спланированные площадки, не имеющие специального водонепроницаемого основания, дренажной системы, систем очистки талой воды, поступающей с полигона [1, 5]. Это приводит к тому, что талые воды просачиваются в грунт или стекают в близлежащие водоемы, загрязняя их. При фильтрации в почву повышается уровень грунтовых вод и без того достаточно высокий для города Тюмени. Это процессы могут привести к общему изменению инженерно-геологических условий участков, прилегающих к снежным полигонам.

Таким образом, следует проводить тщательный выбор площадок, предназначенных под снежные свалки. Необходимо предусматривать специальную подготовку оснований и очистку талой воды снежных полигонов.

#### Библиографический список

1. Лобкина, В. А. Геоэкологические проблемы участков, занятых снежными полигонами в городах (на примере г. Южно-Сахалинск) / В. А. Лобкина, Ю. В. Генсиоровский, Н. Н. Ухова // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2016. – № 6. – С. 510-520.

2. ИТС 10-2015. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов. – Москва: Бюро НДТ, 2015. – 377 с.

3. Совершенствование рациональных городских инженерных систем очистки поверхностных сточных вод / А. А. Воронов, Е. С. Малышкина, Е. И. Вялкова, С. В. Максимова // Градостроительство и архитектура. – 2018. – Т. 8 – № 3. – С. 43-50.

4. Примин О. Г. Экологическая оценка использования противогололедных реагентов в зимний период в г. Москве / О. Г. Примин, А. Э. Тен // Экология и промышленность России. – 2018. – № 22 (4). – С.11-15.

5. Городские снежные свалки как источник загрязнения поверхностных вод / О. Ю. Тарасов, Р. Р. Шагидуллин, Р. Ч. Юранец-Лужаева, Н. Ю. Крапивина // Георесурсы. – 2011. – № 2 (38). – С. 31-33.

Научный руководитель: Максимова С.В., канд. техн. наук, доцент

#### **Анализ факторов загрязнения природной среды в процессе выработки электрической энергии**

*Глебова Н.С., Логачев В.Г.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Загрязнение атмосферы – одна из основных причин роста числа острых и хронических заболеваний.

В крупных городах существует такое явление, как смог. Он снижает видимость на дорогах, из-за этого повышается количество ДТП. Вещества, находящиеся в смоге, усиливают коррозию металлических конструкций, негативно влияют на природную среду.

Из-за насыщения воздуха оксидами серы и азота происходит образование кислотных дождей. Они обедняют почву, выщелачивают питательные вещества, ослабляют растения, сокращается видовой и числовой состав популяций в водоемах. Также кислотные дожди разъедают машины, фасады зданий и другие сооружения.

Из-за повышения температуры нижних слоев атмосферы Земли происходит парниковый эффект, следствием которого является повышение температуры окружающей среды.

Так называемые «озоновые дыры» образуются под воздействием брома, хлора, атомов кислорода и водорода. Молекулы озона могут разрушать органические и неорганические соединения. Происходит ослабление щита Земли, вследствие этого увеличивается солнечная активность.

В выбросах ТЭЦ содержатся различные примеси, оказывающие отрицательное воздействие на природную среду. Диоксид азота снижает прозрачность атмосферы, способствует образованию смога, оказывает раздражающее действие на слизистую оболочку глаз и дыхательные пути. Пентаксид ванадия (находится в составе золы) имеет высокую токсичность. Он нарушает обмен веществ, деятельность нервной системы и кровообращение. Диоксид серы разрушает хлорофилл, находящийся в растениях. В выбросах ТЭЦ присутствуют и тяжелые металлы, способствующие вызывать отравления. Например, мышьяк, никель, хром при долговременном воздействии могут проявлять канцерогенные свойства.

На теплоэлектростанциях используют большое количество воды. Это приводит к образованию различного вида сточных вод, которые попадают в водоемы и водотоки. Эти примеси сточных вод могут менять температуру воды, солевой состав, рН и другие показатели воды [1].

В результате деятельности ТЭЦ происходит увеличение в воздухе газовых примесей (в 5-25 раз), увеличение количества облаков (на 5-10%), увеличение количества осадков (на 5-10%), повышение температуры воздуха (на 1-2° С), уменьшение относительной влажности, рост скорости ветра (на 5-30%), уменьшение солнечного излучения на 3-20% [2].

Чтобы сделать чище воздух, необходимо внедрить на производстве технологии, снижающие объём выбросов. В сфере теплоэнергетики использовать альтернативные источники электрической энергии: строить ветряные, солнечные, геотермальные, приливные и волновые электростанции.

В настоящее время доступна технология очистки газо-воздушных смесей в специальных установках, называемыми скрубберами [4]. Существуют следующие типы скрубберов: скруббер Вентури, барботажный скруббер, орошаемый циклон. Использование жидкостей, многоступенчатый процесс очистки связан с использованием аппаратов больших габаритов и, следовательно, большой металлоемкостью.

Особый интерес вызывают скрубберы, которые отличаются относительной простотой конструкции и приемлемыми ценами [4]. Например, разработан вихревой аппарат для очистки попутного нефтяного газа от сероводорода [3]. Проведен сравнительный анализ для очистки попутного нефтяного газа, результаты которых свидетельствуют о преимуществе данного вида скруббера перед насадочной колонной.

Применение вихревых аппаратов позволяет реализовать принцип агрегатирования, т. е. создание абсорбера, являющегося многофункциональ-

ным агрегатом и включающим в себя: – секцию предварительной очистки газа от жидкости; – секцию массообмена, отделенную от секции предварительной очистки и состоящую из нескольких ступеней контакта, каждая из которых включает вихревое контактное устройство; – секцию окончательной очистки газа от жидкого поглотителя.

#### Библиографический список

1. Петров, А. С. Исследование влияния объектов теплоэнергетики на окружающую среду [Текст] / А. С. Петров, А. Н. Самаркина // Новая наука: Теоретический и практический взгляд. – 2016. – № 6-2 (87). – С. 152-154.

2. Сахарова, Ю. Н. Влияние теплоэнергетики на окружающую среду [Текст] / Ю. Н. Сахарова // Экология России: на пути к инновациям. – 2013. – № 7. – С. 99-102.

3. Ильин, В. В. Обоснование оптимальных параметров вихревых аппаратов для очистки попутного нефтяного газа от сероводорода: автореф. дис. ...канд. техн. Наук: 05.02.13 / Владимир Владиславович Ильин; УГТУ. – Ухта, 2013. – 24 с.

4. Скруббер, общие сведения, типы и принцип действия [Электронный ресурс] // ПЗГО – Режим доступа: <https://gas-cleaning.ru/article/scrubber>.

#### **Повышение безопасности работ на высоте слесарей ремонтно-технических управлений нефтегазовой отрасли**

*Качур А.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Каждое предприятие создает для своих работников безопасные условия для работы, создают условия безопасного труда, в соответствии с требованиями федеральных законодательных документов РФ.

В России по данным статистики получение травм от падения с высоты составляет 30% от всех несчастных случаев на предприятиях, большее количество падений происходит с 2-3 метровой высоты [1].

Работники ремонтно-технических управлений (РТУ) нефтегазовой отрасли часто проводят работы на высоте, забираясь на магистральные нефтеперекачивающие насосы для замены роторов. При замене или ремонте роторов необходимо открутить болты, до которых с земной поверхности не дотянутся, поэтому слесарю приходится забираться на магистральный насос. Обычно при подъеме на высоту, работники не используют даже лестницы, занимаются промышленным альпинизмом, во время таких работ происходят несчастные случаи вследствие недостаточно надежной опоры, скольжения обуви по объекту или скольжения рук, недостаточного профессионального опыта работника, игнорирования страховок и многих других факторов.

Одним из условий снижения травматизма на предприятии является обеспечение работника средствами коллективной защиты, что позволит сократить несчастные случаи на производстве и экономические затраты по восстановлению здоровья, лечению и реабилитации работников.

Применение обычной лестницы не эффективно при выполнении данных работ, так как опора не устойчивая, поэтому предлагается на предприятиях внедрить телескопические подъемники. С помощью телескопических подъемников улучшатся условия труда работников РТУ на высоте, внедрение таких позволит сократить число несчастных случаев.

Высотными работами считаются работы, которые проводятся над машинным оборудованием или механизмом на высоте 1,8 м и более. Слесари РТУ поднимаются примерно на высоту 5 м, если используется лестница, то она устанавливается под наклоном, а место выполнения работы располагается на расстоянии, до которого работнику приходится тянуться. Места выполнения таких работ не имеют ограждений [2].

Применение телескопических подъемников повысят безопасность труда слесарей, дадут возможность проводить работы на различной высоте, в местах до которых трудно добраться. Использование телескопических подъемников с ограждающей площадкой, предотвратит падение. Движение на площадке ограничено, но руки свободны. При срыве с площадки подъемника работает страховочная система, которая затормозит падение.[3]

Приведем расчет экономических затрат при возникновении несчастных случаев на предприятии «В», примем число работников на предприятии «В» 1000 человек. За 2017 год зафиксировано 82 несчастных случаев, в результате падения, средняя стоимость каждого случая составила 52 тыс. руб. Условно возьмём, что ежегодно фиксируются последствия травм в результате падения из 82 случаев: 50 - 52 микротравмы; 25 - 26 инциденты средней тяжести; 1 - 2 случая с тяжёлыми последствиями. Средние расходы на выплаты по которым соответственно 11 тыс. руб., 21 тыс. руб., 26 тыс. руб.

Определим ежегодные минимальные и максимальные затраты на несчастные случаи, используя формулы (1, 2).

$$Q_{\min} = (N_1 \cdot C_1 + N_{2\min} \cdot C_2 + N_{3\min} \cdot C_3); \quad (1)$$

$$Q_{\max} = (N_1 \cdot C_1 + N_{2\max} \cdot C_2 + N_{3\max} \cdot C_3), \quad (2)$$

где,

$Q_{\min}$  и  $Q_{\max}$  - минимальные и максимальные прогнозируемые ежегодные затраты предприятия на несчастные случаи, руб.;

$N_1$  - ежегодное количество микротравм, ед.;

$N_2$  - ежегодное количество несчастных случаев со средней степенью тяжести (с оформлением листа временной нетрудоспособности), ед.;

$N_3$  - ежегодное количество инцидентов с тяжёлыми последствиями, ед.;

$C_1, C_2, C_3$  - средние затраты на соответствующие происшествия, руб.

Минимальные затраты от несчастных случаев на предприятии по прогнозу составят:

$$Q_{\min} = 50 \cdot 11\,000 \text{ руб.} + 25 \cdot 21\,000 \text{ руб.} + 1 \cdot 26\,000 \text{ руб.} = 1\,101\,000 \text{ руб.}$$

Максимальные затраты от несчастных случаев на предприятии по прогнозу составят:

$$Q_{\max} = 52 \cdot 11\,000 \text{ руб.} + 26 \cdot 21\,000 \text{ руб.} + 2 \cdot 26\,000 \text{ руб.} = 1\,170\,000 \text{ руб.}$$

Найдем среднее значение затрат, которые составят:

$$(1\,101\,000 + 1\,170\,000) / 2 = 1\,135\,500 \text{ руб.}$$

Вывод: ежегодно предприятие «В» в среднем имеет ущерб от несчастных случаев более миллиона рублей, что намного больше чем затраты на приобретение телескопических подъемников. Повышение безопасности условий труда слесарей РТУ нефтегазовой отрасли возможно при применении новых, современных, ориентированных на работника средств защиты, что приведет к снижению количества падений с высоты, профессиональных рисков.

#### Библиографический список

1. Доклад о результатах мониторинга условий и охраны труда в Российской Федерации в 2017 году [Электронный ресурс] // Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. – Режим доступа: [https://www.vcot.info/assets/files/researches/results\\_2017.pdf](https://www.vcot.info/assets/files/researches/results_2017.pdf)
2. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 28.03.2014 №155н «Об утверждении Правил по охране труда при работах на высоте» [Электронный ресурс] // Консультант Плюс – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_156555/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156555/)
3. Родин, В. Е. Средства защиты от падения с высоты: учебно-практическое пособие / В. Е. Родин. – Екатеринбург: НИИОТ, 2011. – 91с

Научный руководитель: Казанцева Л. А., канд. геолого-минералог. наук.

#### **Problems of ecology and technosphere safety**

*Kim I.S., Menshchikova E.E.*

*Industrial University of Tyumen, Tyumen*

The idea of rethinking of the relations between Man and Nature, their harmonious interaction and a caring natural resource usage have become the most topical subject for the discussion. The necessity of changing the role of a human being in the physical world, forming environmental friendly conscious-

ness is caused, on the one hand, by significant deterioration of the ecological situation in the world and the increasing number of apocalyptic forecasts of the mankind development[1]. Floods, fires, drought, tsunamis- these are the phenomena and processes that have had an especially negative impact on human society and natural systems recently. On the other hand, humanity has faced the new environmental challenges that were not comprehended before. The threats to the environment, such as the risk of global warfare, mass migration, climate change, are beyond the means accumulated in the progressive states.

At present the need for harmonization of relations between society and nature is quite realized.

Besides, there is the understanding of the fact that the mankind should follow in one direction as a single whole while seeking for solutions of environmental problems. Different types of science and intellectual activity are actively engaged in the process of finding the most effective ways to solve environmental problems. In general, however, environmental problems are not solved effectively in practice, and do not figure prominently in the minds of the nationals' elites, especially in raw materials producing countries like Russian Federation.

The problem of rethinking of the role of scientific and technological advance concerns speeding up the machinery development. Joining the efforts of different countries in this area is very slow, and concerted actions of different states are still insufficient. The advancement of eco-humanism in society greatly influences the development of new approaches to understanding the importance of environmental problems solution. The relation of human being to nature is always mediated by relationships between members of society and its structures, especially the political system and economic relations. Any social system needs to be in harmony with the natural environment, and adapt its instrument of labor, production, consumption, and ways of using nature.

Nature acts as a postulate and a condition of society development. The problem "Society-Nature" is the problem of relationship of a biologically social creature, human being, with the world around him.

Currently the threat to the environment has become global in nature, it has created a precrisis situation, that may escalate into a crisis under certain conditions and become dangerous to people and the world community as a whole. Many thinkers see the reason of ecological disasters in world himself, in his ability to create and use technologies destroying life in nature; in his unlimited desire for consumerism and enrichment at the expense of nature. However, there are those who believe that the source of environmental disasters is the man himself, his ability to create and use technologies that can be destructive to nature. The main environmental task is to understand the model of future society as an environment information culture, able to be in a harmonious relationship with the natural environment. Ensuring human security is becoming more important than ongoing technological progress. We should move from increasing to modifying production processes with special attention to environmental requirements.

It is important to make the transition to a more "natural", less parasitic lifestyle. Moreover, economy should take into account the need for revival and protection of nature.

Another fundamental task is to refocus social consciousness from a parasitical to a sensible relationship to nature thus balancing the system "Society-Nature". As the main reason for current environmental problems results from man, it is he who needs changing.

Being both a biological and social creature, human being is simultaneously connected with two mutually intersecting ecological systems-natural and social ecology[2]. Due to developed ecological consciousness the future society will be able to admit the inevitability of the influence of scientific and technological progress and innovative technologies on the environment as well as to use them for developing resource-saving and waste-free technologies which do not harm nature.

While studying global environmental problems humans should also focus on wars as a special kind of armed conflict resolution. At the moment, the major nations have nuclear bombs, missiles that can reach any point on the Earth. The existence of various types of bacteriological and chemical weapons, as well as constantly increasing power of conventional weapons make it possible to assert that the third world war-nuclear missile war-may become the last one. The strong increase of radioactivity will quickly lead to the death of all living things. Most major cities, scientific and industrial centers will be eliminated. The entire biosphere will be contaminated by radiation. To prevent a nuclear war it is necessary to reduce or even better to stop local and regional armed conflicts. This is the idea that gives the ground for new political thinking.

The current environmental problems have resulted in deeper and multidimensional understanding of the world, humanity, and universal values. It requires reconstructing society and production, as well as developing environmental education as a new morality and forming ecological consciousness as a set of opinions, knowledge and beliefs, reflecting the system "Society-Nature" and aiming at treating it reasonably.

The time of carelessness passed, the era of environmental ethics has come. Human beings should feel the necessity to change the role of conqueror of nature to the role of its ordinary member. Briefly, Technosphere Safety exists to protect the environment from the human impact.

The modern era is characterized by rapid industrial development and as a result, manufacturing plants widely interact with the natural environment. People have been facing environmental issues, and the more humanity has developed, the bigger has negative impact been on the environment.

As the level of urbanization rises every year, the amount of waste, energy and resource consumption, emissions, discharges, electromagnetic, radioactive pollution and the total environmental burden increase too.

High population growth rates, a huge increase in consumption, a sharp increase in the demand for energy resources, intensive development of industrial and agricultural production lead to the emergence of permanent foci of heavy pollution of the biosphere with global irreversible effect[1].

In this regard, the "Technosphere Safety" program is becoming increasingly relevant and popular on the market of educational services.

Aims and objectives[2]:

- Ensuring a sustainable level of natural resource management;
- Reduce environmental pollution;
- Developing measures for the preservation and restoration of the natural environment;
- Developing a system where the state effectively controls environmental protection and nature management;
- Monitoring normative legal support and administration of the law in the field of urban environmental safety;
- Utilizing economic and financial mechanisms for urban environmental safety;
- Monitoring the environment;
- Providing trainings in the field of ecology and urban environmental safety.

#### References

1. Huesemann, M. H. Technofix: Why Technology Won't Save Us or the Environment / M. H. Huesemann, J. A. Huesemann. – Washington: New Society Publishers, 2011. – 388 p.

2. Foltz, B. V. Rethinking Nature / B. V. Foltz, R. Frodeman. – Indiana University Press: Bloomington North Morton Street, 2001. – 601 p.

Scientific supervisor: Zaichko M. V., interpreter of the chair of foreign languages.

#### **Оценка эффективности электромагнитного экранирования «профнастила» различных марок**

*Кирий И.С., Литвинова Н.А., Созонов В.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Измерение напряженности электрического поля осуществлялось прибором ПЗ – 50 в 3-х осях (X,Y,Z), в каждой точке не менее 20 измерений [1]. Был выбран участок земли, прилегающий к линии электропередач напряжением 500 кВ. Точки для замеров расположены по мере удаления от действующей воздушной линии 500 кВ на расстояниях: 0,10,20 метров. В намеченных точках произведен замер напряженности электрического поля на высотах: 0,5; 1; 1,8 и 3,0 м от поверхности земли.

Для проведения исследования выбран «профнастил» следующих марок:

1. Профнастил «Н-60-902» – несущий стальной гнутый профиль, используемый для настила кровли зданий и производственных помещений различного рода, высота гофры составляет 60 мм, изготовлен из высококачественного рулонного проката (таблица 1).

2. Профнастил «С-8-1200» – изготовлен из рулонной холоднокатанной стали согласно требованиям ГОСТ Р 52246-2004. Поверхность профнастила марки С8 представляет собой гофрированный рельеф с трапециями высотой 8 мм, при этом ширина основания трапеции составляет 62,5 мм (таблица 2).

Таблица 1

Значения модуля вектора напряженности электрического поля (Е) при использовании в качестве экранирующего материала- «профнастила Н-60-902»

Расстояние от токоведущих частей ЛЭП 500 кВ, (м)	Высота от поверхности земли, (м)	Е,(кВ/м)	ПДУ ЭП ПЧ (на территории зоны жилой застройки), (кВ/м)
0	1,5	0,91	1
	1,8	1,08	1
	3	1,99	1
10	1,5	0,85	1
	1,8	1,01	1
	3	1,89	1
20	1,5	0,70	1
	1,8	0,89	1
	3	0,91	1

Таблица 2

Значения модуля вектора напряженности электрического поля (Е) при использовании в качестве экранирующего материала – «профнастила С-8-1200»

Расстояние от токоведущих частей ЛЭП, (м)	Высота от поверхности земли, (м)	Е,(кВ/м)	ПДУ ЭП ПЧ (на территории зоны жилой застройки), (кВ/м)
0	1,5	1,14	1
	1,8	1,36	1
	3	2,49	1
10	1,5	1,11	1
	1,8	1,24	1
	3	2,21	1
20	1,5	0,98	1
	1,8	1,09	1
	3	1,67	1

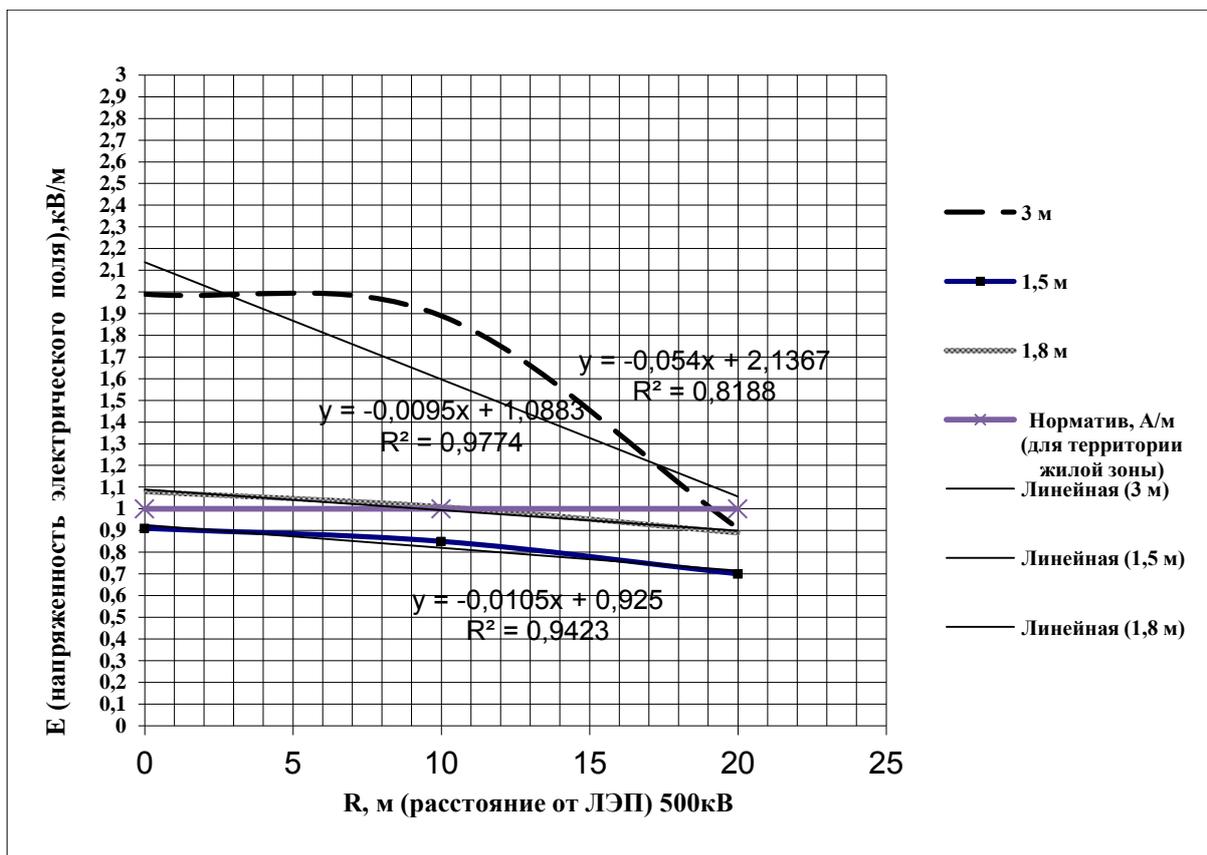


Рисунок 1. Зависимости напряженности электрического поля от расстояния и высоты от поверхности земли с применением профнастила «Н-60-902»

При использовании в качестве экранирующего материала - профнастила «Н-60-902» на расстоянии 20 метров и высоте от поверхности земли 3 метра (в границах СЗЗ) напряженность электрического поля составляет 0,91 кВ/м, что укладывается в установленный норматив равный 1 кВ/м.

При использовании в качестве экранирующего материала - профнастила «С-8-1200» на расстоянии 20 метров и высоте от поверхности земли 3 метра (в границах СЗЗ) напряженность электрического поля составляет 1,67 кВ/м (рисунок 2).

По результатам проведенных исследований отмечена высокая экранирующая способность «профнастила», поскольку без использования данного материала, в качестве экранирующего, показатели напряженности электрического поля увеличиваются в 3-4 раза, несмотря на это значения напряженности при использовании «профнастила» различных марок также разнятся. Исходя из вышесказанного, для достижения максимальных показателей экранирования следует учитывать не только параметры материала в целом, но и отдельные характеристики его определенных марок, такие как: толщина и вид стали, высота гофры, трапециевидных ребер и т.п.

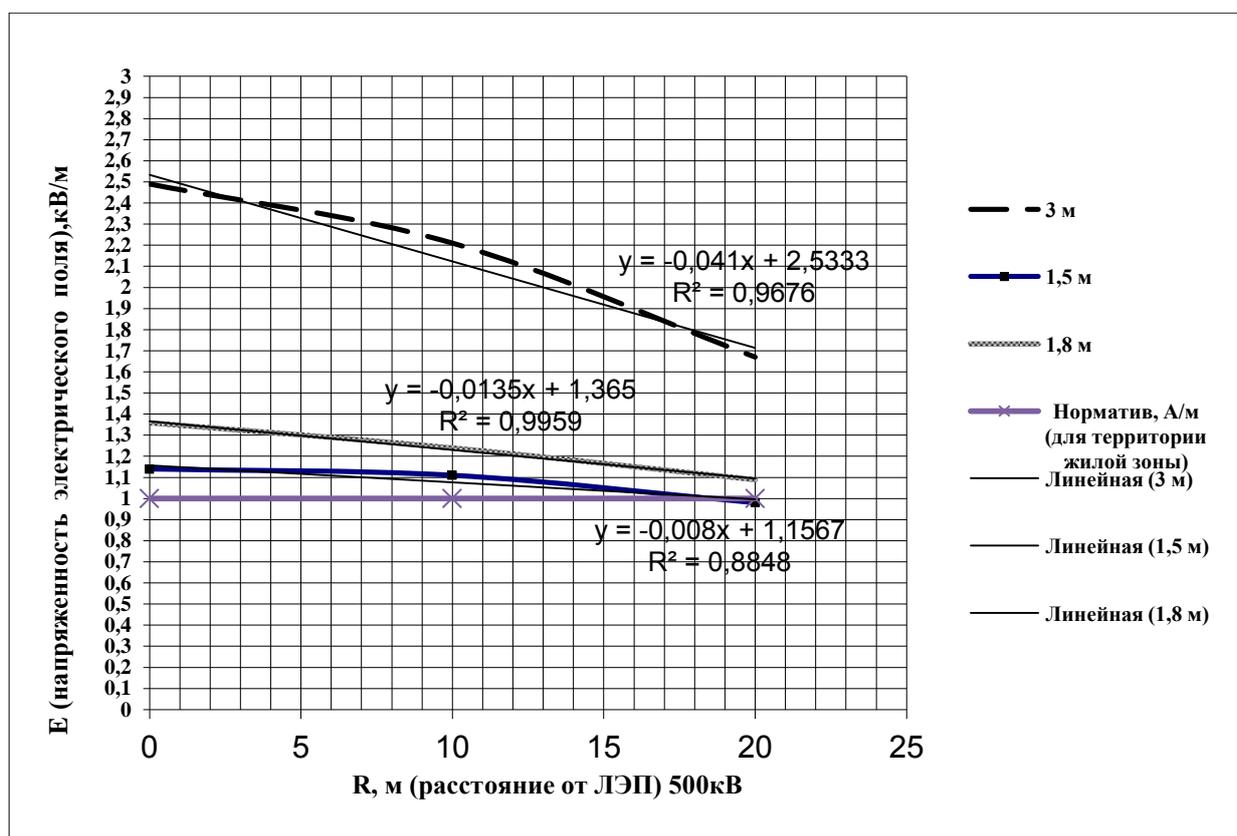


Рисунок 2. Зависимости напряженности электрического поля от расстояния и высоты от поверхности земли с применением профнастила «С-8-1200»

### Библиографический список

1. Литвинова, Н. А. Электромагнитная экология и расчет электромагнитных величин: учебное пособие [Текст] / Н. А. Литвинова. – Тюмень: РИО ФГБОУ ВПО «ТюмГАСУ», 2015. – 131 с.

### Исследования донных диатомовых ценозов в прибрежной зоне восточного Каспия в районе озера Караколь

Койбакова С.Е.

Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова, г. Актау, Казахстан

Море является естественной и в то же время специфической средой обитания микрофитобентоса и микроэпифитона. Характерный солевой состав, низкие температуры, высокое давление, малые концентрации органических веществ составляют главные экологические особенности моря и для жизнедеятельности флоры и фауны.

Гидробиологические исследования донных диатомовых ценозов различных местообитаний в прибрежной зоне Каспия необходимы, актуальны

и своевременны для выявления признаков антропогенного воздействия на донную экосистему [1].

**Материалы и методы исследований.** Основным источником фактической информации – материалы исследований весной с 23 по 27 апреля 2018 года на полигоне близ г. Актау, Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН в сотрудничестве с Каспийским государственным университетом технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова.

**Результаты.** Диатомовая флора микрофитобентоса и микроэпифитона изученных участков сублиторали Восточного Каспия в районе г. Актау включала, в общей сложности, 144 вида и подвида.

Из них только два вида – эпифитные *Licmophora ehrenbergii* и *Grammatophora oceanica* – были распространены исключительно на талломах нитчатых макрофитов *Ceramium diaphanum* и *Polysiphonia sertularioides*. Эти багрянковые макроводоросли покрывали поверхность скал и окатанных камней на глубинах до 15-16 м и являлись эдификаторами макроводорослевых ценозов дна в изученном районе.

Остальные 142 вида были отмечены как на макрофитах, так и непосредственно на грунте. Для отдельно взятого участка сублиторальной зоны водоёма морского типа, с учётом интервала глубин 4,2-21 м и трёх типов поверхности грунта (скалы, ракушняк и песчано-ракушечный грунт ракушечного происхождения), этот показатель суммарного видового богатства донной диатомовой флоры является высоким – почти полторы сотни видов, без учёта осевших на дно истинно планктонных форм.

Локально по станциям число видов варьировало от 95 (на глубине 4,2 м, ст. 9) до 48 (на глубине 21 м, ст. 2). Было отмечено общее плавное снижение видового богатства таксоценов на фоне роста глубины расположения местообитаний. Среднее число видов на станцию составило 67,44. На одной станции одновременно жили представители 17-25 размерно-экологических групп – это говорит о широком разнообразии адаптивных форм диатомей, из которых состоял микрофитобентос.

Особенно высокими показателями среднего числа видов (в пересчёте на станцию полигона) по изученному участку отличались интросаммические подвижные крупные навикулоиды, эпипсаммические малоподвижные крупные амфороиды, а также интросаммические подвижные крупные ницшиоиды и среднеразмерные навикулоиды. Упомянутые крупные амфороиды населяли поверхность ракушек и песчинок, образовавшихся вследствие дробления ракушки, а навикулоиды и ницшиоиды – интерстициальные пространства между песчинками и раковинками. Среди наиболее характерных для полигона видов – из числа обитавших на поверхности ракушек и песчинок – были *Amphora eximia*, *A. pediculus*, *A. helenensis*, *A. staurophora*, *A. aff. marina* и *A. ovalis*, а также *Halamphora luciae*, *H. abuensis*, *H. exigua*, *H. eunotia* и *H. turgida*.

На рисунке 1 представлены живые диатомей, колонизировавшие поверхность раковин и песчинок.

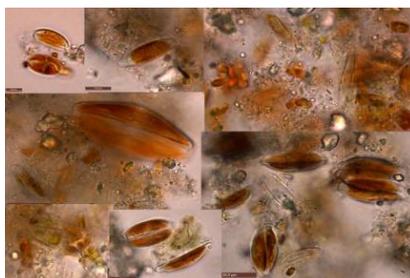


Рисунок 1. Эпипсаммические виды диатомей, колонизировавшие поверхности ракушек и песчинок из верхнего слоя сублиторальных донных отложений в районе г. Актау.

Из числа населявших интерстициальные ходы между частицами верхнего слоя осадка здесь были наиболее обычны *Nitzschia* aff. *semirobusta*, *N. distans*, а также *Navicula broetzii*, *N. longa*, *N. margalithii*, *N. rusticescens*, *N. perminuta* и *N. subrhynchocéphala*.

В структуре микроэпифитных таксоценов наиболее характерными по полигону видами были *Cocconeis scutellum*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Rh. linearis*, *Tabularia fasciculata*, *T. tabulata* и *Achnanthes longipes*. Элементы характерного облика микроэпифитона на поверхности *Ceramium diaphanum* представлены на рисунке 2.



Рисунок 2. Фрагменты микроэпифитона на поверхности нитчатой багрянки *Ceramium diaphanum*, наиболее характерные для большинства станций полигона, где обитала эта макроводоросль.

Разнообразие таксоценов, оцененное с помощью индекса Шеннона-Уивера ( $H'$ ) колебалось на полигоне в пределах от 3,552 до 3,983, в среднем составляя 3,802 – все эти показатели соответствуют высокому уровню разнообразия диатомей в структуре сообществ. Выравненность обилий видов (эквидивальность видовой структуры, демонстрирующая роль доминантов на фоне обилий прочих видов) была рассчитана по индексам Пилоу ( $J'$ ) и вероятности межвидовых встреч (PIE). Значения  $J'$  менялись в пределах 0,861-0,947, при среднем 0,892; значения PIE – от 0,958 до 0,973, при среднем 0,968. В обоих случаях показатели выравненности свидетельствовали в пользу отсутствия в сообществах ярко выраженных доминантов, что также, как и высокие значения индекса разнообразия, свидетельствует об устойчивости изученных микрофитных ценозов.

В популяции *Cocconeis scutellum* была отмечена устойчивая однотипная деформация панциря представлены на рисунке 3.



Рисунок 3. Форма деформации панциря диатомей *Cocconeis scutellum*, часто встречающаяся в составе микроэпифитона.

**Выводы.** Вклад особей с деформированными панцирями в общую численность этого вида варьировал на станциях от 3-4,46% до 8-9,34%. Деформации панциря диатомей по указанному типу, дают возможность полагать, о наличии в среде ионов тяжёлых металлов [2].

Гидробиологические исследования донных диатомовых ценозов различных местообитаний в прибрежной зоне Каспия необходимо продолжить для возможности оперативно реагировать на возникающие изменения биоты.

#### Библиографический список

1. Отчет по экспедиции «Каспийское море – 2018» / Начальник экспедиции д.г.н., чл. корр. РАН П.О. Завьялов. – Актау : Казахстан, г. Актау, 23-27 апреля 2018.: 2018. – 55 с.
2. Falasco, E. Morphological abnormalities of diatom silica walls in relation to heavy metal contamination and artificial growth conditions / E. Falasco, F. Bona, M. Ginepro, D. Hlúbiková, L. Hoffmann, L. Ector // *Water SA*. – 2009. – № 35. – P. 595-606.

Научный руководитель: Кенжетаев Г.Ж., док.тех.наук, профессор.

Зарубежный руководитель: Пермяков В.Н., док.тех.наук, профессор.

Научный консультант: Макавеев П.Н., док.геогр.наук, профессор.

#### **Анализ программных комплексов в области CFD-технологий**

*Короткова Ю.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В последнее время в качестве альтернативы консервативным методикам, используемых для оценки аварийных ситуаций, все чаще применяются CFD-технологии, которые позволяют относительно быстро и эффективно проанализировать результаты расчетов и получить необходимые данные. В настоящее время существует множество российских и зарубежных программных комплексов, реализующих данные технологии. Рассмотрим преимущества и недостатки наиболее известных из них, а именно: ABAQUS, ANSYS, FLACS, CFdesign, Gas Dynamics Tool, PHOENICS, STAR-CCM+, FlowVision.

Программный комплекс ABAQUS создан американской компанией Abaqus Inc. Он активно используется во многих областях, в том числе в металлургии, нефтедобычи и переработке, энергетике, авиастроении и др. Достоинствами считаются возможность проведения анализа аварийных столкновений и осуществления тестов на падение, анализа воздействия воздушных взрывных волн, расчета линейных сооружений с учетом сейсмических воздействий, моделирования гидродинамических воздействий и сверхпластических формирований с учетом контактного взаимодействия большого количества тел, моделирования воздушных потоков с учетом сложной геометрии, позволяя рассчитывать вероятные зоны застоя, то есть участки территории, где скорость ветра не превышает 0,5 м/с [1]. Немаловажным преимуществом является надежность программного комплекса, а также строгий контроль над сходимостью решений изучаемых процессов, возможность автоматического выбора шага интегрирования, мониторинга задач на всех этапах расчета. Существенным недостатком является высокая стоимость и отсутствие возможности расчета параметров вентиляции и кондиционирования помещений, а также прогнозирования распространения пожаров и задымлений.

Программа ANSYS разработана американской компанией Ansys Inc. Преимуществом является возможность строить 3D модель в самой программе без применения дополнительных систем автоматизированного проектирования. Данная программа позволяет решать многие сложные задачи, в том числе распространение газовых выбросов в атмосфере, моделирование разлива нефтепродуктов в водных и грунтовых условиях, оценка факторов ветрового комфорта в условиях застройки, моделирование процессов развития пожаров и пожаротушения, моделирование распространения облака топливно-воздушной смеси (ТВС). Есть возможность получения результатов расчета в виде видеофайлов с динамикой моделирования. Недостатками являются высокая стоимость, сложность освоения.

Программный комплекс FLACS разработан норвежской фирмой GEXCON [2]. Преимуществами данного программного комплекса является точная оценка зон распространения поражающих факторов с учетом геометрии окружающего пространства, в том числе для взрывов в помещениях [3]. Однако программа не позволяет вводить исходные технологические данные (давление, температуру, размер дефектного отверстия) для требуемого оборудования. В качестве исходных данных здесь используются начальные данные (расход вещества, вероятностные параметры), которые вычисляются с применением других программных продуктов. Также важно отметить, что недостатком является трудоемкость подготовки исходных данных геометрии окружающего пространства (параметры помещений, зданий, сооружений, рельеф местности), а для работы в программе требуется высокая квалификация пользователя.

Программа CFdesign создана американской компанией Blue Ridge Numerics Inc. Достоинствами являются возможность моделирования ламинарных и турбулентных течений жидкости и газа с расчетом процессов теплообмена, результаты расчета получаются в виде полей давлений и температур, коэффициентов теплопередачи, нагружающих факторов и граничных условий, которые могут быть использованы в качестве входных данных для расчетных кодов в программных комплексах ABAQUS, ANSYS, FlowVision и др. [4]. Также есть возможность получения расчетов ветровой нагрузки сооружения, оценки нагрева от солнечной радиации, разработки эффективной системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в помещении. Однако важным недостатком является отсутствие возможности моделирования распространения облака ТВС.

Gas Dynamics Tool является отечественным программным комплексом, преимуществами которого выступают минимальные системные требования, гибкость визуализации полученных данных в разных форматах, а особенностью - использование нестационарных уравнений Эйлера в качестве базовых. Однако программа не позволяет учитывать факторы турбулентности и излучения, задавать адаптацию расчетной сетки и нерегулярную структуру ячеек.

Английская программа PHOENICS, принадлежащая компании Concentration, Heat & Momentum Limited, позволяет изучать процессы тепло- и массообмена в разных областях, конструировать воздушный транспорт и оборудование, здания и сооружения, прогнозировать загрязнения окружающей среды в различных средах, решать задачи, связанные с вентиляционными системами и системами кондиционирования воздуха, а также прогнозировать поведение воздушных потоков на территории. Однако программа не позволяет прогнозировать распространение облака ТВС [5].

Программа STAR-CCM+ принадлежит немецкой компании SIEMENS. Достоинствами являются наличие подходов, которые позволяют осуществлять численное интегрирование по времени с большими временными шагами для моделирования воздушных потоков, что дает возможность получения кратного преимущества в производительности [6]. Недостатками являются большие вычислительные затраты для детального моделирования динамики процесса, высокая стоимость, отсутствие возможности моделирования облака ТВС.

Программный комплекс FlowVision создан российскими разработчиками и принадлежит компании ООО «ТЕСИС». Основными достоинствами являются возможность моделирования распространения облака ТВС, расчёта ветровой нагрузки и внешнего обтекания зданий и сооружений, прогнозирования распространения загрязняющих веществ в водных объектах, расчета параметров вентиляции и кондиционирования помещений, прогнозирование распространения пожаров и задымлений.

Таким образом, каждый программный комплекс имеет свои преимущества и недостатки, но после анализа функциональных их возможностей можно выделить FlowVision, который благодаря относительной простоте использования, наличию полной документации, хорошей достоверности получаемых результатов, надежной поддержки российских пользователей позволяет решать сложные задачи в области безопасности и охраны окружающей среды на предприятиях. Необходимо отметить, что данный программный комплекс имеет относительно малую стоимость и является доступным для расчетов инженерных задач в учебных заведениях.

#### Библиографический список

1. Евсеев, Д. П. Использование программного комплекса ABAQUS для расчета строительных сооружений / Д. П. Евсеев // Тенденции развития науки и образования. – 2017. – № 23-3. – С. 26-28.
2. Российско-норвежский проект «Баренц-2020»: гармонизация стандартов в области анализа риска / Б. Пааске [и др.] // Безопасность труда в промышленности. – 2011. – № 4. – С. 10-14.
3. Сравнительный анализ российских и зарубежных методик и компьютерных программ по моделированию аварийных выбросов и оценке риска / Е. А. Агапова [и др.] // Безопасность труда в промышленности. – 2015. – № 9. – С. 71-78.
4. Короткова, Ю. С. Программные комплексы инженерного анализа, используемые в области безопасности и экологии / Ю. С. Короткова // Кристаллы творчества: материалы докладов студенческой академии наук: под общ. ред. Т. В. Семеновой. – Тюмень: ТИУ, 2016. – Т. 1. – С. 283-286.
5. Пушкарева, К. Г. Компьютерное моделирование с помощью пакета программного обеспечения PHOENICS / К. Г. Пушкарева // Инновации в технологиях и образовании: сборник статей XI международной научно-практической конференции. – Кемерово: КузГТУ, 2018. – Т. 2. – С. 334-336.
6. Носков, А. С. Верификация и применение STAR-CCM+ для анализа гидродинамики в активной зоне / А. С. Носков, А. А. Фальков, Д. Л. Шипов // Ядерные технологии: от исследований к внедрению: сборник материалов научно-практической конференции. – Нижний Новгород: НГТУ, 2018. – С. 34-35.

#### **Influence of anthropogenic activity on soils of forest biogeocenosis**

*Langer N.Y.*

*Industrial University of Tyumen, Tyumen*

Soils carry out different functions, appear in a variety of ways in the forest plantation (biogeocoenosis):

- as a substrate for the manifestation of vital functions of plants and their vital functions. It is generally known that the soil contains the bulk of roots;

- as a mechanical support for trees and other forest plants, the main mechanical component of a particular habitat;
- as habitat of microorganisms and numerous species of animals, with a distinctive set of environmental qualities;
- as a kind of "pantry" of nutrients for animals and forest plants;
- as a storehouse of spores, seeds of certain plant species and their source;
- as a bolster against harmful substances that enter the biogeocenosis;
- as a storehouse and source of moisture, the most important conveyor of a material migrating in an ecosystem, a coolant, a carrier of information of numerous processes;
- as a regulator of the thermal, air humidity regime of the lower layers of the surface atmosphere [1].

As a result of felling, spatial heterogeneity of soil properties can arise. Research of V.N. Gorbachev, R.M. Babintseva, E.P. Popova, N.D. Sorokin showed that the content of carbon and nitrogen in the soil is almost halved on fresh cuttings, the number of compounds of mobile phosphorus is reduced by a factor of 1.5.

It was found that the activity of a variety of ecologically-trophic groups of microorganisms and enzymes decreases. The vital activity of spore bacteria is reduced to three times.

There is a change in the water regime on felling. So, due to the decrease in the amount of water that previously participates in the cycle in the tree stage, temporary bogging of the soils can occur, or there is an increase in surface runoff, which can cause erosion processes.

The dynamics of the properties of soils on felling is reduced to the fact that a gradual increase in acidity occurs along with a decrease in the number of saturated bases. This phenomenon can be accompanied by an increase in the humus horizon, the formation of the turf horizon. The formation of the sod horizon is ambiguous: on the one hand, an increase in the humus layer occurs, on the other hand, it can prevent the renewal of coniferous species.

There are losses elements caused by destruction, changes in litter composition, and by a violation of the number of species composition [2].

A number of factors characterizing the biogeocenosis depend on the pyrogenic effect on soils. The distinctive features and nature of the land cover, the state of the litter, the type of water regime, relief and bioclimatic conditions contribute to the degree of influence on soil horizons.

The nature of the impact on the soil environment depends on the type of fires. There are three types of forest fires: top, bottom and underground [3]. Worldwide, about 80 percent of all fires are grassroots. In such a fire, the litter, the lower layers of the forest, the humus completely burn out, the lower tiers of the forest are damaged.

In the post-fire period, a number of changes occur, among which an increase in ash content and a quantitative change in a number of elements.

Destruction of the stand by fire can cause temporary bogging, caused by changes in the water regime of soils. As a result, the process of reducing acid hydrolysis begins, as in the first years the growth of small-leaved trees and herbaceous plants intensifies.

And as a result, there are serious changes in the properties of the soil profile. There is a loss of humus, the spread of combustion products, soils become more alkaline [3; 4].

#### References

1. Tsvetkov, V. F. Forest Biogeocenosis / V. F. Tsvetkov. – Arkhangel'sk, 2004. – 267 p.
2. Assessment of the state of forest soils on fresh cuttings: a collection of scientific articles / V. N. Gorbachev [et al.] – Moscow : Science, 1991. – 281 p.
3. Tarasov, P. A. Evaluation of pyrogenic effects on the soils of the Altai boric belt / P. A. Tarasov, A. S. Mikhno, A. F. Sisin // Bulletin of the State University of Civil Aviation. – 2011. – P. 26-31.
4. Dobrovolsky, G. V. Soil degradation and protection / G. V. Dobrovolsky [et al.]. – Moscow: Moscow State University, 2002. – 654 p.

#### Оценка световой среды маляра покрасочного цеха

*Литвинова Н.А.<sup>1</sup>, Литвинов Д.О.<sup>2</sup>, Малых И.А.<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup>Тюменское высшее военно-командное инженерное училище, г. Тюмень.

Измерения искусственного освещения проведены с помощью люксметра «ТКА-ПКМ» в помещении со следующими характеристиками, которые отражены в таблице 1.

Таблица 1

#### Характеристика помещения

№ п/п	Ширина, м	Длина, м	Высота, м	напряжение сети, В
1	19,3	19,6	8	220

В цехе используют стандартные источники освещения типа ДРЛ, все лампы находятся в исправном состоянии.

Таблица 2

#### Параметры средств освещения

Точка измерения	Система освещения	Тип средств освещения	Длина шнура светильников	Мощность ламп, Вт	Кол-во не работ ламп, %
цех покраски металла	Общее	ДРЛ	5,8	400	0

В покрасочном боксе освещение реализуется посредством естественного света через окна и искусственного, с помощью средств освещения.

Измеряемые значения и нормируемые данные занесены в таблице 3.

Таблица 3

Характеристика условий труда с учетом освещенности

Результаты измерений искусственной освещенности						
характеристика			при системе общего освещения, лк		коэффициент пульсации, %	
плоскость измерения	класс условий труда	измеренное значение, лк	с учетом погрешности прибора	нормированное значение	измеренное значение	нормированное значение
горизонтальная	3,1	250	230-270	200	20,0	20,0

В результате проведенного эксперимента мы видим, что наблюдается занижение освещенности от нормы в 70 лк. Условия труда маляра устанавливаются как вредные, что обозначается классом 3.1.

Чтобы улучшить параметры световой среды, прежде всего необходимо добавить количество светильников и разместить их равномерно по всей площади рабочей поверхности [1,2].

Для решения задачи воспользуемся методом светового потока, отраженного в таблице 4.

Таблица 4

Результаты расчета освещения методом светового потока

Площадь поверхности, м <sup>2</sup>	Индекс помещения	Высота подъема светильника, м	Требуемый световой поток, лк	Количество светильников, шт.
378,28	1,57	6,2	124,832	6

Таким образом, для снижения вредности освещения на рабочем месте необходимо равномерно разместить 6 светильников.

Библиографический список

1. Феоктистова, Т. Г. Производственная санитария и гигиена труда [Текст]: учебное пособие / Т. Г. Феоктистова, О. Г. Феоктистова, Т. В. Наумова. – М.: ИНФРА- М, 2013. – 382 с.

2. Челноков, А. А. Охрана труда [Текст] : учебник для вузов, технологическим специальностям / А. А. Челноков, И. Н. Жмыхов, В. Н. Цап ; под общ. ред. А. А. Челнокова .– 2-е изд., испр. и доп. – Минск : Высшая школа, 2013 .– 655 с.

## **Анализ по обеспечению производственной безопасности арматурного цеха на предприятии ОАО «ТДСК»**

*Миролюбова Н.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

ОАО «Тюменская домостроительная компания» — старейшее строительное предприятие города Тюмени – обладает всеми современными техническими достижениями. Компания полностью обеспечивает строительные площадки материалами собственного производства. Прежде чем попасть в производство, любые закупаемые материалы, проходят жесткую систему входного контроля. В компании существует действующая лаборатория, аттестованная на соответствие лабораторных измерений нормативным требованиям, и отдела технического контроля для проведения операционного и приемочного контроля выпускаемой продукции[1].

Изготовление арматуры в Тюменской Домостроительной компании осуществляется в двух арматурных цехах на поточных технологических линиях, которые оборудованы высокопроизводительными сварочными и другими машинами. Процесс изготовления строится по принципу единого технологического потока без промежуточных операций и межоперационного хранения заготовок и полуфабрикатов, если это возможно. Такой принцип позволяет значительно снизить затраты труда работника на вспомогательные операции.

Изготовление арматурных изделий подразумевает, и хранение арматурной стали на складах. Склады с арматурной сталью крытые и оборудованы крановыми эстакадами, примыкающие к арматурному цеху. Высокопрочную проволоку и изделия из неё хранят в закрытых помещениях, а арматурную сталь базируют на складе по маркам, профилям, диаметрам и партиям[2].

Так же, как и любое современное масштабированное производство, процесс производства арматурных изделий сопровождается определенными вредными и опасными факторами.

В ходе прохождения производственной практики на данном предприятии в арматурных цехах, был проведен анализ по обеспечению производственной безопасности.

Были рассмотрены карты специальной оценки условий труда:

- электросварщика ручной сварки 4 разряда цех № 1;
- электросварщика ручной сварки 4 разряда цех № 2;
- арматурщика 3 разряда цех № 1;
- арматурщика 3 разряда цех № 2.

Для сравнения результатов карт специальной оценки условий труда приведена таблица 1 – Результаты СОУТ.

Таблица 1

## Результаты СОУТ

Должность Условия работы	Электросварщик ручной сварки 4 разряда цех № 1	Электросварщик ручной сварки 4 разряда цех № 2	Арматур- щик 3 раз- ряда цех № 1	Арматурщик 3 разряда цех № 2
Влияние вредных факторов, класс опасности	Вредный 3.2	Вредный 3.2	Вредный 3.1	Вредный 3.1
Наличие средств индивидуальной защиты	Есть	Есть	Есть	Есть
Исследование химических веществ в воздухе рабочей зоны	ПДК = 1.6; класс условий вредный 3.1	ПДК = 1.1; класс условий вредный 3.1	ПДК = 1.1; класс усло- вий вред- ный 3.1	ПДК = 0.0; класс усло- вий допу- стимый 2
Уровень шума, дБА	78 дБА; класс условий 2 допу- стимый	78 дБА; класс условий 2 допу- стимый	76 дБА; класс усло- вий 2 допу- стимый	76 дБА; класс усло- вий 2 допу- стимый
Уровень освеще- ния	класс условий 2 допустимый	класс условий 2 допустимый	класс усло- вий 2 допу- стимый	класс усло- вий 2 допу- стимый
Тяжесть трудово- го процесса	класс условий вредный 3.1	класс условий вредный 3.1	класс усло- вий вред- ный 3.1	класс усло- вий вредный 3.1
Ультрафиолетовое излучение	класс условий вредный 3.1	класс условий вредный 3.1	класс усло- вий 2 допу- стимый	класс усло- вий 2 допу- стимый

Таким образом, при оценке фактического состояния условий труда по степени вредности и опасности в соответствии руководством «Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда», на основе сопоставления результатов измерений всех опасных и вредных производственных факторов тяжести и напряженности трудового процесса можно сделать вывод о том, что они являются вредными (3.1 класс)[3].

Для того чтобы снизить влияние вредных факторов на работников необходимо создать общеобменную и местную вентиляцию. Она позволяет удалять вредные газы и пыль, а также обеспечивает подачу чистого воздуха на рабочее место. Местная вентиляция может выполняться с помощью вытяжного зонта.

Для индивидуальной защиты органов дыхания от пыли и аэрозолей применяют респираторы. Индивидуально защитить органы зрения можно,

применяя различного вида очки. Акустическая обработка помещений необходима для хорошего звукопоглощения. Средства звукопоглощения применяют для снижения уровня шума на рабочих местах.

В течение рабочего дня следует соблюдать режим рационального чередования труда и отдыха в целях снижения тяжести трудового процесса. В соответствии с методическими рекомендациями 2.2.9.2128-06 «Комплексная профилактика развития перенапряжения и профессиональных заболеваний спины у работников физического труда» предлагается организация перерывов через 1,5-2,0 ч работы, продолжительностью не менее 10 мин каждый.

Для нормальной безопасной работы на производстве требуется немало знаний принципов, методов и средств обеспечения безопасности. В концепции обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе их трудовой деятельности основная роль принадлежит нормативно-правовым документам по охране труда и технике безопасности.

Обязанностью работодателя по трудовому договору является обеспечение безопасных условий труда работника. Предусмотрена она статьей 212 ТК РФ. От того к какой категории будут отнесены рабочие места по результатам специальной оценки, зависят тарифы страховых взносов за работников. Чем выше риск профессиональных заболеваний или травматизма на производстве, тем большую сумму должен будет платить работодатель работнику.

Основным нормативным документом в области промышленной безопасности является Федеральный закон № 116-ФЗ от 21 июля 1997 г. "О промышленной безопасности опасных производственных объектов". Данный закон распространяется на все организации независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, осуществляющие деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов на территории Российской Федерации.

#### Библиографический список

1. ОАО «ТДСК» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.t-dsk.ru/>.
2. Мадатян, С. А. Арматура железобетонных конструкций / С. А. Мадатян. – Москва: Воентехлит, 2000. – 256 с.
3. ГОСТ 12.0.003 – 2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – Введ. 2017-03-01. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 16 с.

Научный руководитель: Митриковский А.Я., канд. с.-х. наук, доцент.

## **Система управления промышленной безопасностью на производственном объекте**

*Миронова В.В., Сивков Ю.В., Комиссаренко А.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В целях создания и обеспечения эффективного функционирования системы управления промышленной безопасностью на опасных производственных объектах первого и второго классов опасности, на промышленном предприятии разрабатывается положение о системе управления промышленной безопасностью (СУПБ), которое утверждается и вводится в действие приказом генерального директора.

Положение СУПБ при эксплуатации опасных производственных объектов первого и второго классов опасности разрабатывается в целях реализации мероприятий по предупреждению аварий и инцидентов на опасных производственных объектах, локализации и ликвидации последствий таких аварий в соответствии с Федеральным законом от 21.07.1997 г. № 116 – ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [1].

СУПБ является составной частью общей системы административного управления и функционирует в соответствии с его организационной структурой. Производственный контроль является составной частью СУПБ и осуществляется путем проведения комплекса мероприятий, направленных на обеспечение безопасного функционирования опасных производственных объектов на предприятии, а также на предупреждение инцидентов и аварий на этих объектах и обеспечение готовности к локализации аварий и ликвидации их последствий.

В соответствии со статьей 11 Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [1], «Правилами организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте» [2], утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации № 263 от 10.03.1999 г. на предприятии, эксплуатирующем опасный производственный объект, разрабатывается «Положение о производственном контроле за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах».

Основными задачами производственного контроля являются:

- обеспечение соблюдения требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах;
- анализ состояния промышленной безопасности на опасных производственных объектах, в том числе путем организации проведения соответствующих экспертиз;
- разработка мер, направленных на улучшение состояния промышленной безопасности, предотвращение ущерба окружающей среде;

- контроль за соблюдением требований промышленной безопасности, установленных федеральными законами и иными нормативными правовыми актами, а также нормативными техническими документами;
- координация работ, направленных на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности к локализации аварий и ликвидации их последствий;
- контроль за своевременным проведением необходимых испытаний и технических освидетельствований технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах, ремонтом и проверкой контрольных средств измерений;
- контроль за соблюдением технологической дисциплины.

Порядок проведения производственного контроля на опасных производственных объектах [3]:

1. Первый этап производственного контроля: непосредственный руководитель работ (мастер цеха, участка, механик) ежедневно в начале смены самостоятельно проверяет техническое состояние оборудования, инструментов, приспособлений и принимает оперативные меры по устранению выявленных недостатков и отступлений.

2. Второй этап производственного контроля: начальник цеха (участка, объекта) не реже двух раз в месяц самостоятельно или совместно с членами цеховой комиссии (постояннодействующей комиссии) проверяет состояние промышленной безопасности на объектах, рабочих местах, а также работу мастеров цеха (участка) по проведению первого этапа контроля, а также состояние промышленной безопасности, охраны труда и охраны окружающей среды и принимает оперативные меры по устранению выявленных нарушений и недостатков.

3. Третий этап производственного контроля: третий этап производственного контроля осуществляется комиссией производственного контроля укрупненного нефтепромысла, руководителями и специалистами аппарата управления, которые проводят производственный контроль лично или в составе комиссии производственного контроля. График проверок формируется таким образом, чтобы каждое производственное подразделение (цех, участок) было проверено не реже один раз в три месяца.

4. Четвертый этап производственного контроля проводится постоянно действующей комиссией, руководителями и специалистами ответственными за осуществление производственного контроля.

График проверок формируется таким образом, чтобы каждый цех был проверен не реже один раз в год. Руководители ответственные за осуществления производственного контроля обеспечивают производственный контроль по направлениям, определенных приказом, с периодичностью не реже одного раза в год на каждом подконтрольном опасном производственном объекте. Допускается привлекать к осуществлению производственного контроля профильных специалистов.

5. Пятый этап производственного контроля, за соблюдением требований промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды осуществляется комиссией производственного контроля или отдельными руководителями, главными и/или ведущими специалистами в порядке проведения комплексных и целевых проверок производственных подразделений. Комплексные и целевые проверки проводятся в соответствии с утвержденным графиком.

Информация об организации производственного контроля в подготавливается работниками, ответственными за осуществление производственного контроля по направлениям их производственной деятельности и видам курируемых опасных производственных объектов. На основании предоставленных данных составляется сводная форма предоставления сведений об организации производственного контроля, согласно требованиям Ростехнадзора.

#### Библиографический список

1. О промышленной безопасности производственных объектов: федеральный закон Рос. Федерации от 21 июля 1997 г № 116 – ФЗ // Российская газета. – 1997. – 30 июля.

2. Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте: постановление Правительства Рос. Федерации от 10 марта 1999 г. № 263 // Собр. Законодательства Рос. Федерации. – 1999. – № 11. – Ст. 3.

3. Производственный контроль в сфере безопасности: методические указания / ТИУ; сост. В. Г. Парфенов [и др.]. – Тюмень: ТИУ, 2016. – 23 с.

#### **Нефтезагрязнённые участки в табличном и модельном представлении**

*Мухаметшина Э.Р.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Нижневартовск*

На нефтедобывающих предприятиях очень часто происходит загрязнение почво-грунтов нефтепродуктами, хлоридами и кислотностью, вследствие разлива нефти и нефтесодержащих жидкостей. Для того чтобы восстановить плодородие таких земельных участков, необходимо проводить качественные рекультивационные работы. Однако рекультивация, которую осуществляют нефтедобывающие компании после добычи нефти, оказывается недостаточно эффективной, т.к. затем долго не удаётся сдать участки природоохранным службам. Поэтому для проведения качественной рекультивации нефтезагрязнённых участков необходима адекватная и точная оценка его состояния и информация о том, где и как распределены загрязнения, каковы объемы частей участков, требующих различных видов рекультивации. Для этих целей мы предлагаем методику по построению и

использованию 3D-моделей нефтезагрязнённых участков, а также таблицы, с помощью которых можно рассчитать и определить качественные и количественные данные, необходимые для проведения рекультивационных работ.

Применение разработанных нами моделей и таблиц покажем на примере одного из нефтезагрязнённых земельных участков Самотлорского месторождения под условным регистрационным номером 2.7.2598.

Известно, что, чем глубже от дневной поверхности, тем инертнее протекают многие процессы и равномернее распределяются вещества в почво-грунте. Глубина отбора проб обусловлена во многом проникающей способностью нефти. Установлено, что нефть при разливах может проникать в грунт ниже 1 метра, в некоторых случаях до 2 м [3]. К тому же рекультивационные мероприятия ограничиваются верхним слоем почв до 40-50 см, что оказывается недостаточно эффективным для полного восстановления почво-грунтов [4]. Поэтому отбор проб нами осуществлялся с глубин: а) 0-10 см, б) 20-30 см, в) 40-60 см, г) 90-110 см.

После завершения полевого этапа строятся графические образы обследованных участков, один из которых представлен на рисунке 1.



Рисунок 1. 3D-модель нефтезагрязнённости земельного участка 2.7. 2598.

Предварительно была создана таблица с результатами КХА, обобщающая данные по частям участка. Затем для разграничения значений составлены таблицы с цветными шкалами показателей рН, содержания нефтепродуктов и хлоридов. При разработке шкал загрязнения нефтепродуктами за основу были приняты данные регионального ДОСНП («Допустимое остаточное содержание нефтепродуктов в почвах разных типов при приемке земельных участков в ХМАО») [2]. При этом также потребовалось создание таблиц, наглядно отражающих данные об общей площади и объёме участка, а также его частей и слоёв (таб. 1).

При проектировании рекультивации нужно рассчитать объёмы работ исходя из площади и состава пролитой жидкости [1]. Поэтому для определения объёмных остатков нефтепродуктов, требующих проведения рекультивационных работ, была составлена таблица 2.

Таблица 1

## Пространственные и площадные параметры участка 2.7.2598

Точка	Площадь зоны, м <sup>2</sup>	Объем слоев, м <sup>3</sup>				Всего, м <sup>3</sup>
		слой а (0,1м)	слой б (0,2м)	слой в (0,3)	слой г (0,5м)	
83	1344,172	134,417	268,834	403,252	672,086	1478,589
84	1749,206	174,921	349,841	524,762	874,603	1924,127
85	1498,700	149,870	299,740	449,610	749,350	1648,570
86	1410,145	141,014	282,029	423,043	705,072	1551,158
<b>ИТОГО</b>	<b>6002,223</b>	<b>600,222</b>	<b>1200,444</b>	<b>1800,667</b>	<b>3001,111</b>	<b>6602,444</b>

Таблица 2

## Объемное содержание остатков нефтепродуктов на участке 2.7.2598

Точка	Объём остатков нефтепродуктов, м <sup>3</sup>				Всего
	а	б	в	г	
83		3,17 (0,012)			3,17
84	13,64 (0,078)	4,06 (0,012)	5,72 (0,011)		23,42
85	10,79 (0,072)	10,7 (0,04)			21,49
86	10,96 (0,078)	5,25 (0,019)			16,21
<b>ИТОГО</b>	<b>35,39</b>	<b>23,18</b>	<b>5,72</b>		<b>64,29</b>

По такому же принципу были созданы аналогичные таблицы для определения объёмов частей участка с хлоридами и концентрацией рН, требующих проведения рекультивационных мероприятий.

Результаты, полученные нами в ходе работы, показывают, что мы достигли поставленной цели, т.к. предложенная нами методика позволяет представить параметры нефтезагрязнённого участка в трехмерном и табличном виде для более точной оценки состояния нефтезагрязнённых участков. Точная оценка помогает осуществить эффективную рекультивацию, позволяющую сдать участки природоохранным службам.

## Библиографический список

1. Чижов, Б. Е. Лес и нефть Ханты-Мансийского автономного округа / Б. Е. – Тюмень : Ю. Мандрики, 1998. – 144 с.
2. Об утверждении регионального норматива "допустимое остаточное содержание нефти и нефтепродуктов в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ на территории Ханты-

Мансийского автономного округа - Югры" (в ред. постановления Правительства ХМАО – Югры от 28.11.2013 N 507-п) // Ханты-Мансийский автономный округ - Югра. – Режим доступа: <http://regulation.admhmao.ru/projects#>.

3. Аитов, И. С. Типичные виды негативных воздействий на лицензионных участках нефтедобывающих компаний в районе кустовых площадок / И. С. Аитов, Е. Н. Козелкова, Э. А. Кузнецова // Природопользование «Экология Сибири и Урала». – 2015. – № 1. – С. 10-16.

4. Добринский, Л. Н. Экология Ханты-Мансийского автономного округа / Л. Н. Добринский, В. В. Плотников. – Тюмень : СофтДизайн, 1997. – 288 с.

Научный руководитель: Аитов И.С., канд. геогр. наук., доцент.

### **Пожарная безопасность в лечебных учреждениях**

*Неупокоева Т.В., Мишин А.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Проблема состояния пожарной безопасности в лечебных учреждениях является одной из важнейших задач государства, и актуальна на протяжении уже многих веков.

В современных условиях, невзирая на поступательное улучшение огнеупорных качеств стройматериалов, материалов для отделочных работ и совершенствования законодательства в сфере обеспечения пожарной безопасности, пожары представляют собой существенную угрозу, в том числе и для объектов охраны здоровья.

Пожарный риск – вероятность возникновения и эскалации пожара и его возможных последствий для здоровья людей и функционального состояния объекта пожарной защиты.

Целью данной оценки является определение, насколько индивидуальный пожарный риск соответствует нормативным (допустимым) значениям, установленным частью 2 статьи 6 Федерального закона №123-ФЗ. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 г. [1].

В соответствии с частью 7 статьи 6 Федерального закона от 22 июля 2008г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» №123-ФЗ порядок проведения расчетов по оценке пожарного риска определяется нормативными правовыми актами Российской Федерации, а именно:

- статьей 7 ФЗ №184 «О техническом регулировании» от 27.12.2002 года [2];

- Постановлением Правительства РФ №272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска» от 31.03.2009 года [3].

Часть 1 статьи 79 ФЗ №123 «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 года устанавливает, что индивидуальный риск на объекте защиты не должен быть выше 0,000001 в годовом измерении, при условиях размещения отдельного человека на максимальном расстоянии от выхода [1].

Показателем оценки индивидуального пожарного риска для людей является вероятность воздействия на них опасных факторов пожара (ОФП), перечень которых определен ГОСТ12.1.004-91 [4].

Объектом исследования выступает Перинатальный центр ГБУЗ ЯНАО «Ноябрьская центральная городская больница», а предметом – особенности объемно-планировочных и инженерных решений, влияющих на уровень пожарных рисков объекта защиты, а также внедрение предложений по повышению уровня пожарной безопасности на данном объекте.

Для оценки воздействия опасных факторов пожара на объекте использовались следующие исходные данные:

- объемно-планировочные решения на основе экспликаций из технического паспорта объекта (рисунок 1).

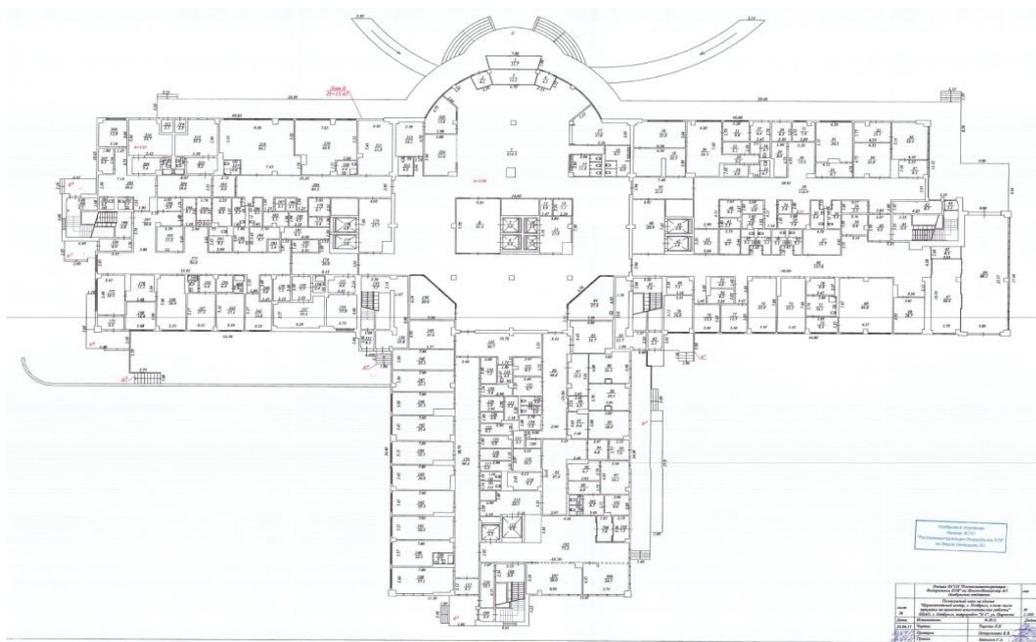


Рисунок 1. Первый этаж Перинатального центра

Расчетную величину индивидуального пожарного риска  $Q_{в,i}$  для  $i$ -го сценария развития пожарной ситуации определим согласно методике, приняв при этом коэффициент  $Q_{п,i} = 0,013$ .

$$\text{Вероятность эвакуации } P_{э,i} = \frac{578-0}{578} \cdot 0,999 = 0,999$$

Вероятность спасения  $P_{сп,i}$  определяется вычислением коэффициента  $K_{п.з,i}$ , где  $K_{обн,i} = 0,8$ , так как объект защиты имеет систему пожарной сигнализации, которая соответствует нормативам по ПБ; коэффициент  $K_{соуэ,i} = 0,8$ , так как объект защиты оборудован, соответствующими нор-

мативам по ПБ, системой оповещения о возникновении пожарной ситуации и системой управления эвакуационными мероприятиями; коэффициент  $K_{\text{ПДЗ},i} = 0,8$ , так как объект защиты оборудован системой защиты от задымления, которая соответствует нормативам по ПБ.

Определяем коэффициент  $K_{\text{п.з.},i}$ :

$$K_{\text{п.з.},i} = 1 - (1 - 0,8 \cdot 0,8) \cdot (1 - 0,8 \cdot 0,8) = 0,8704$$

Рассчитываем вероятность спасения, принимая коэффициент  $K_{\text{ФПС},i} = 0,95$ , т.к. размещение пожарных расчетов на территории г. Ноябрьск отвечает Техническому регламенту и нормативам по ПБ; коэффициент  $K_{\text{ф},i} = 0,75$ , т.к. на объекте защиты, согласно нормативам по ПБ, размещены первичные средства пожаротушения; коэффициент  $K_{\text{эв},i} = 0$ , т.к. эвакуационные пути не отвечают нормативам по ПБ.

$$R_{\text{сп},i} = 1 - (1 - 0,8704) \cdot (1 - 0,95) \cdot (1 - 0,75) \cdot (1 - 0) = 0,99838$$

Находим величину индивидуального пожарного риска  $Q_{\text{в},i}$ .

$$Q_{\text{в},i} = 0,013 [1 - (0,999 + (1 - 0,999) 0,99838)] = 0,00000002106 = 0,021 \cdot 10^{-6}$$

Согласно произведенному расчету, величина пожарного риска не превышает значений, установленных нормативно-правовыми актами, регулирующими отношения в области пожарной безопасности.

Также было произведено сопоставление результатов расчета уровня индивидуального пожарного риска с нормативным значением, установленным Федеральным законом от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и сделан вывод о том, что на объекте выполняются условия соответствия требованиям пожарной безопасности.

#### Библиографический список

1. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (ред. от 29.07.2017) [Электронный ресурс] / Консультант Плюс. – Режим доступа: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru), свободный.
2. Федеральный закон от 27.12.2002 №184-ФЗ «О техническом регулировании» (ред. от 29.07.2017) [Электронный ресурс] / Консультант Плюс. – Режим доступа: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru), свободный.
3. Постановление Правительства РФ от 31.03.2009 г. №272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска» [Электронный ресурс] / Консультант Плюс. – Режим доступа: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru), свободный.
4. ГОСТ 12.1.004-91. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. (ред. от 01.10.1993) [Электронный ресурс] / Консультант Плюс. – Режим доступа: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru), свободный.

## **Апробация рабочего процесса на модели снегоплавильной установки**

*Плохов А.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Процесс утилизации снежной массы посредством теплового воздействия и перевода в жидкую фазу предназначен в первую очередь для минимизации воздействия на окружающую среду и является эффективным способом сокращения удельного расхода энергии на утилизацию 1 м<sup>3</sup> снега.

На эффективность применения снегоплавильных установок (СПУ) и рационального использования тепловой энергии влияет большое количество факторов:

- количество подаваемого теплоносителя и количество обрабатываемой снежной среды;
- температура теплоносителя (жидкости или газа);
- давление, при котором происходит воздействие на поверхность снега;

характеристики и состав снежной среды;

- тепловые потери при эксплуатации установки.

Многочисленность факторов, влияющих на эффективность применения СПУ обуславливает необходимость определения степени их воздействия для выработки рекомендаций при конструировании.

В результате ранее выполненных исследований по оценке энергоэффективности СПУ было доказано, что монтирование в приемный бункер установки дополнительного активного рабочего органа является целесообразным средством интенсификации тепломассообмена [1, 2, 3]. При определенных геометрических и кинематических параметрах рабочего органа можно значительно повысить производительность процесса плавления снежной массы. Однако, по результатам лишь теоретических исследований невозможно ответить на вопросы потокораспределения тепловой энергии в бункере плавления. С этой целью необходимо создание физической модели, которая должна обеспечивать имитацию рабочего процесса снегоплавления с учетом теории подобия [4].

На рисунке 1 представлена смоделированная СПУ, которая была рассчитана на прочность. Результаты расчетов показали, что физическая модель СПУ обеспечит работоспособное состояние в ходе проведения экспериментов.

Экспериментальная установка для плавления снега включает в себя бункер для приема и таяния снега с установленными в нем активным рабочим органом.

Активный рабочий орган представляет собой полый вал, на котором установлены патрубки с вмонтированными на концах под углом 90<sup>0</sup> форсунками распыла теплоносителя. Рабочий орган устанавливается в днище приемного бункера через ротационное соединение, обеспечивающее воз-

возможность вращения при герметичном соединении с неподвижной питающей трубой [5].

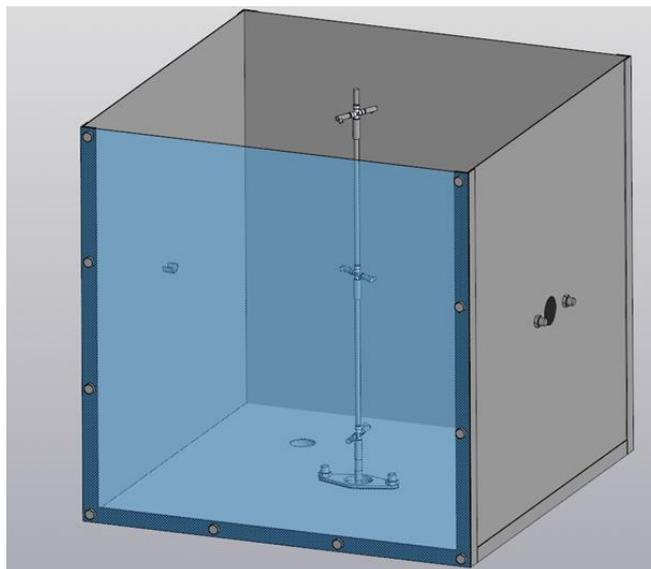


Рисунок 1. Схема конструкции СПУ, смоделированная в программе «КОМПАС»

Одна из стенок бункера плавления выполнена из органического стекла для возможности наблюдения за процессом плавления и фиксации этапов его протекания.

После проектирования был реализован натурный экспериментальный образец СПУ (рис. 2).



а



б

Рисунок 2. Физическая модель СПУ  
а) общий вид; б – фрагмент эксперимента

На созданной физической модели предусмотрена возможность варьирования необходимыми геометрическими параметрами: количеством и видом форсунок, шагом их установки, расстоянием вылета относительно центра вала. Кроме того имеется возможность изменений кинематических

параметров: давления, подаваемого в рабочий орган теплоносителя и его температуры.

Система измерений состоит из устройства для фиксации момента страгивания рабочего органа, устройства измерения возникающей реактивной тяги. Благодаря манометрам и расходомерам осуществлялось измерение давления и количество подаваемого теплоносителя, как на питание рабочего органа, так и на слив из установки. Для измерения температур использовался пирометр. Плотность загружаемой снежной среды определялась косвенным путем. Физическая модель устанавливалась на весы и производилось определение массы загруженного снега, которое делилось на известный объем камеры плавления.

В процессе проведения предварительных экспериментов на физической модели было выявлено, что активация рабочего органа обеспечивается даже при высоких значениях плотности снеговой массы.

Физическая модель и система измерений соответствует всем заявленным при проектировании требованиям и может быть использована для проведения дальнейших исследований.

#### Библиографический список:

1. Серебренников, А. А. Рекомендации по созданию стационарной установки таяния снега / А. А. Серебренников, А. А. Плохов, В. И. Панов // Проблемы функционирования систем транспорта: в 2-х томах. – 2016. – С. 113–117.
2. Панов, В. И. Динамика процесса утилизации снежной массы в снегоплавильной установке / В. И. Панов, А. А. Плохов // Новые технологии – нефтегазовому региону. Тюмень : ТИУ. – 2017. – С. 82–85.
3. Плохов, А. А. Интенсификация рабочего процесса снегоплавильной установки / А. А. Плохов, В. С. Иванцов // Нефть и газ Западной Сибири: междунар. науч.–техн. конф. – Тюмень, 2017. – С. 171–174.
4. Кучинский, В. Н. Использование теории подобия при моделировании процессов смешивания. / В. Н. Кучинский, А. А. Серебренников // Проблемы адаптации техники к суровым условиям. – 1999. – С. 131–132.
5. Серебренников, А. А. Вибрационные смесители (конструкции, исследования, расчеты) / А. А. Серебренников, В. А. Кузьмичев. – Москва : «Недра», 1999. – 148 с.

Научный руководитель: Серебренников А. А., д.т.н, профессор

## **Анализ опасностей и оценка рисков перед началом выполнения работ на производстве**

*Почекутова С.В., Асеева А.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Обеспечение безопасности производственного процесса является основной задачей работодателя. Разработка и внедрение алгоритма принятия решений определяет последовательность действий при возникновении экстренных случаев. Исследованию данного направления деятельности посвящена научная статья.

Пять шагов – это алгоритм принятия решения, можете ли вы безопасно выполнить предстоящую работу или нет. Движение по этому алгоритму позволяет вам ответить на следующие вопросы:

- Понимаю ли я работу и опасности, которые уже есть или могут появиться в ходе ее выполнения? Т.е. знаю ли я источники опасности?
- Понимаю ли я, как эти опасности могут повлиять на меня, на других людей, на окружающую среду и на оборудование? Т.е. знаю ли я, какие негативные события могут произойти?
- Понимаю ли я, какие могут быть последствия для меня, для других людей, для окружающей среды и оборудования?
- Понимаю ли я, какие меры безопасности необходимо применить (в том числе и обязательные)? Есть ли у меня все необходимое для выполнения этой работы безопасным способом?
- Понимаю ли я, как действовать, если негативное событие все-таки произойдет? Кого и звать на помощь? Могу ли я оказать помощь сам? [1, с.14].

### **Шаг 1. Сделай паузу и продумай работу!**

Приступая к первому шагу, продумайте все этапы работы: подготовка, выполнение, перерывы, окончание. Знаете ли Вы эту работу? Готовы ли Вы ее выполнять? Какое оборудование и материалы Вы будете использовать?

Кто еще будет участвовать в выполнении работы или находиться рядом?

Продумав все этапы, можно приступить ко второму шагу.

### **Шаг 2. Определи опасности и возможные последствия!**

На данном этапе определяем, какие источники опасности есть или могут появиться на каждом из этапов работы для жизни и здоровья людей, для окружающей среды, для имущества. А так же необходимо определить:

- Какие опасные события могут произойти?
- Какими могут быть последствия?
- Насколько тяжелыми могут быть последствия?

Определив риски можем перейти к третьему шагу.[2, с.18]

### **Шаг 3. Реши, как защитить от опасностей себя и других!**

На данном этапе необходимо разобрать, какие действия нужно предпринять для того, чтобы при выполнении работ защитить себя и других от опасности. Что необходимо сделать для защиты от опасностей? Что требуется по правилам, инструкциям? Есть ли у вас необходимые навыки, средства индивидуальной защиты, оборудование и приспособления?

Продумав данный этап, переходим к следующему шагу

#### **Шаг 4. Реши, что делать в экстренных случаях!**

При выполнении работ необходимо помнить о том, что могут возникать не стандартные ситуации. В связи с чем, необходимо продумать, как вести себя в экстренных случаях. Что может пойти не так, какие нештатные ситуации могут возникнуть? Знаете ли вы, как действовать в нештатной ситуации? Сможете ли вы вызвать помощь или оказать её самостоятельно?

#### **Шаг 5. Прими решение о возможности начинать или продолжать работу!**

На последнем этапе, убедись, были ли выполнены все необходимые меры защиты от источников опасности? Уверены ли вы, что теперь работу можно выполнять безопасно? Уверены ли вы, что не произойдет загрязнения окружающей природной среды, не будет повреждено имущество?

Если невозможно выполнить работу безопасно – не начинайте, остановите работу и обратитесь к непосредственному руководителю! Ваша прямая обязанность – остановить работу, если она угрожает жизни и здоровью.

Перед тем как приступить к выполнению работ право и обязанность каждого проводить анализ опасностей перед началом выполнения любой работ. Отказаться от выполнения работы, если она не может быть выполнена безопасно. Требовать проведения анализа опасностей и оценки рисков совместно с руководителем.[2, с.21]

Любая работа начинается с пяти шагов – даже если ты делаешь эту работу каждый день! Работа на пять – это работа, выполненная безопасно!

**Вывод.** Предложенный алгоритм принятия решений позволяет детализировать оценку рисков.

#### **Библиографический список**

1. Методические указания «Пять шагов» Анализ опасностей и оценка рисков перед началом работы, для сотрудников нефтегазодобывающей отрасли; сост. ПАО Газпром нефть – Санкт-Петербург: ПАО Газпром нефть, 2014. – 122 с.

2. Методические указания по оценке рисков перед началом работ для сотрудников нефтегазодобывающей отрасли, сост. ЗАО «Нортгаз» – Новый Уренгой: ЗАО Нортгаз, 2016. – 87 с.

Научный руководитель: Ударцева О.В., д.т.н., проф.

## Производственный травматизм и аварийность на предприятиях Тюменской области

Рамазанова Л.Ф.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Для снижения риска возникновения производственных аварий на предприятиях, возникает необходимость совершенствования системы охраны труда с целью предотвращения возникновения несчастных случаев, что позволяет данную тему считать актуальной.

Сравнительный анализ динамики нарушений, приведших к аварийности и производственному травматизму за 9 месяцев 2018 года на юге Тюменской области с количеством нарушений в Ханты-Мансийском, Ямало-Ненецком автономных округах и Свердловской области, позволяет констатировать о снижении количества несчастных случаев и смертельного производственного травматизма (рисунок 1,2) [1].

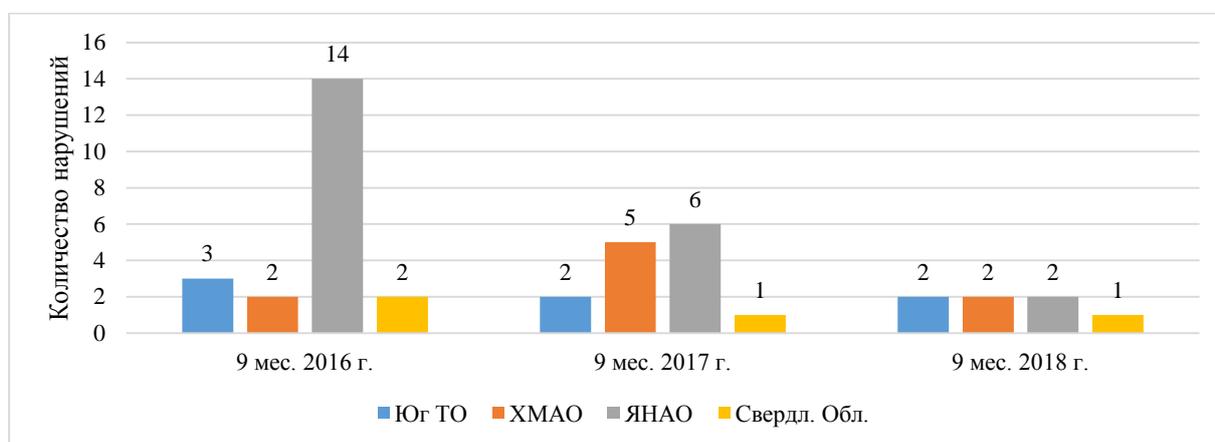


Рисунок 1. Динамика аварийности за 9 месяцев 2016-2018 годов

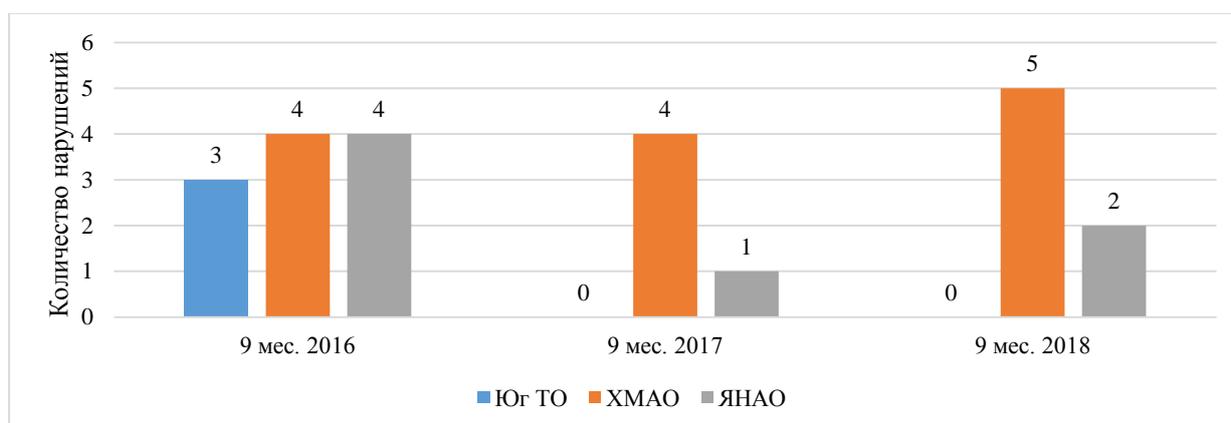


Рисунок 2. Динамика смертельного производственного травматизма за 9 месяцев 2016-2018 годов

Наибольшее количество происшествий на предприятиях возникло по причине воздействия движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов, механизмов; падения, обрушение прочих предметов, конструкций и поражения электрическим током (таблица 1).

Таблица 1

Виды происшествий на предприятиях

Вид происшествий	Аварии			НС со смертельным исходом			Итого
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	
Взрыв, воспламенение газов, нефтепродуктов	1	5	2	0	0	1	9
Воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов, механизмов	0	4	0	2	1	3	10
Повреждение (порыв) трубопровода	7	0	1	0	0	0	8
Разрушение или повреждение трубопроводов тепловых сетей	1	0	0	0	0	0	1
Выброс струи промывочной жидкости под высоким давлением	0	0	0	0	0	1	1
Нарушение в работе противоаварийной или режимной автоматики	0	0	1	0	0	0	1
Отключение высоковольтных линий (ВЛ)	6	0	0	0	0	0	6
Отключение генерирующего оборудования или объекта электросетевого хозяйства	0	0	1	0	0	0	1
Открытый фонтан	0	1	1	0	0	0	2
Падение грузоподъемного крана	2	0	0	1	0	0	3
Падение пострадавшего	0	0	0	2	1	1	3
Падение талевой системы и элементов ее оснастки	0	0	0	0	1	0	1
Падение, обрушение прочих предметов, конструкций	2	2	0	6	1	5	16
Падение, разрушение (деформация) стрелы крана	2	0	2	1	0	1	5
Пожар	0	1	0	0	1	0	2
Поражение электрическим током	0	2	0	7	5	4	18
Прочее	0	0	0	2	0	0	2
Термические ожоги	0	0	0	0	1	1	2
Итого	21	15	8	21	11	17	

На основании приведенных данных можно сделать вывод о том, что:

- Оперативные сведения о состоянии производственного травматизма с тяжелыми последствиями свидетельствуют о том, что в 2018 году в Тюменской области снизился показатель несчастных случаев и аварий по сравнению с 2016 годом;

- Основными причинами аварий и несчастных случаев являются:

А) Технические причины:

1. Неудовлетворительное состояние технических устройств и сооружений:

- неисправность технических устройств.

2. Нарушение технологии производства работ:

- отступление от требований проектной, технологической документации.

Б) Организационные причины:

1. Неудовлетворительная организация производства работ:

- несоблюдение требований Федеральных законов, нормативно-технических документов, должностных инструкций, инструкций по охране труда по видам работ, регламентов;

- недостатки в обучении по безопасности труда;

- необеспечение средствами индивидуальной защиты.

2. Неэффективность или отсутствие производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности.

3. Нарушение технологической и трудовой дисциплины [1].

Проблема снижения производственного травматизма заявлена в качестве приоритетных задач развития России, наряду с повышением безопасности жизнедеятельности. Неотъемлемым элементом этой совокупности является техносферная безопасность, выступающая в последние годы в качестве элемента жизнеобеспечения населения, направленная на решение вопросов сохранения жизни работников [2].

#### Библиографический список

1. Об итогах контрольно-надзорной деятельности Северо-Уральского управления Ростехнадзора за 9 месяцев 2018 года [Электронный ресурс] // Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. – Режим доступа: [http://sural.gosnadzor.ru/about/reports/index.php?sphrase\\_id=87732](http://sural.gosnadzor.ru/about/reports/index.php?sphrase_id=87732).

2. Ударцева, О. В. Роль и место техносферной безопасности в системе национальной безопасности Российской Федерации / О. В. Ударцева // Евразийский интеграционный проект: цивилизованная идентичность и глобальное позиционирование: материалы Международного Байкальского форума – Иркутск, 2018. – С. 222-226.

Научный руководитель: Ударцева О.В., доктор технических наук.

## Безопасность транспортировки углеводородного сырья на территории Западной Сибири

Казанцева Л.А., Рядинских А.А.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Более 50% углеводородного сырья добывается на территории Западной Сибири, в связи с этим наибольшее количество аварий также характерно для этой территории, более 85%.

Аварийные ситуации чаще всего происходят при строительстве и эксплуатации трубопроводов.

Транспортная сеть углеводородного сырья занимает значительную часть Западной Сибири и составляет более 100000 км, более чем у 30% трубопроводов срок службы выше 30 лет [2].

Поэтому проблема повышения промышленной и экологической безопасности при транспортировке углеводородного сырья присутствует постоянно и актуальна, решить которую можно путем снижения риска аварийных ситуаций.

По данным Ростехнадзора России аварии можно разделить на несколько групп (рисунок 1) [1].



Рисунок 1. Группы аварий

Обеспечение промышленной и экологической безопасности транспортировки углеводородного сырья зависит от многих факторов, таких как:

- источники и причины возникновения аварии;
- разработка мероприятий и их внедрение для уменьшения частоты возникновения аварийных ситуаций и экологического ущерба.

Анализ возникновения аварий по данным статистики на территории Западной Сибири позволил выделить факторы и их категории, оказывающие влияние на возникновение аварий (таблица 1) [3].

Достаточно часто аварии происходят из-за разрушения металла, основными видами коррозионных повреждений трубопроводов являются язвы и канавки. Также стойкость труб коррозии зависит от химического состава, микроструктуры материала из которого они изготовлены [1].

Факторы и их категории, влияющие на частоту возникновения аварий

Факторы	Категории
Изменение профиля трубопровода по трассе	большое количество (> 2 на 1 км) небольшое количество (<2 на 1 км) отсутствуют
Обводненность	до 10% от 10% до 70% более 70%
Гидравлический режим течения	ламинарный режим переходный режим турбулентный режим
Стойкость металла труб к локальной коррозии	количество КАНВ < 2 на 1 мм <sup>2</sup> количество КАНВ 2 на 1 мм <sup>2</sup>

Природные явления играют немаловажную роль при возникновении аварийных ситуаций, оказывают большое влияние на трубопроводы в рабочих режимах. Значительная часть территории рассматриваемого региона заболочена, в регионе распространены большие массивы торфяников. При строительстве и эксплуатации трубопроводов кровля многолетнемерзлых пород опускается, а верхние горизонты пород переходят в сезонно-мерзлое состояние [4].

На основании проведенного анализа можно сделать вывод: для предотвращения аварийных ситуаций необходимо анализировать причины и факторы возникновения аварий при транспортировке углеводородного сырья на территории Западной Сибири, которые позволят определить мероприятия по снижению количества возникновения аварий.

#### Библиографический список

1. Анализ рисков и обеспечение защищенности критически важных объектов нефтегазохимического комплекса: учебное пособие / Н. А. Махутов, В. Н. Пермяков, Р. С. Ахметханов [и др.]. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – 560 с.
2. Казанцева, Л. А. Анализ причин аварийности при транспортировке углеводородного сырья / В. Н. Пермяков, Л. А. Казанцева // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2017. – № 4. – С. 126-128.
3. Солодовников, А. В. Требования промышленной безопасности. Эксплуатация объектов нефтяной и газовой промышленности: учебное пособие / А. В. Солодовников – Уфа: УГНТУ, 2015. – 239 с.
4. Науки о Земле: учебное пособие / В. Н. Пермяков, Л. А. Казанцева [и др.]. – Тюмень : ТИУ, 2017. – 76 с.

## **Озеленение города, как способ решения уменьшения объёмов загрязненного воздуха**

*Суменкова О.А, Коломиец А.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Городской воздух представляет из себя смесь различных химических веществ, например, таких как диоксид серы, фенол, угарный газ, бензапирен, хром, кадмий, цинк, медь, взвешенные вещества и многое другое. Источниками загрязнения городского воздуха являются двигатели внутреннего сгорания у автомобилей, производящие выхлопные газы, промышленные и нефтеперерабатывающие предприятия, а так же объекты бытовой деятельности людей. Городских построек становится всё больше, при этом уменьшается количество так называемых «Зелёных зон», вследствие чего вопрос озеленения городов становится очень острым.

В среднем взрослый человек делает примерно около 23 тысячи вдохов и выдохов за день, поэтому качество воздуха, которым мы дышим так важно для нашей жизни. Городская пыль скапливает в себе целый комплекс токсичных веществ, которые в процессе жизнедеятельности человека имеют свойство накапливаться и постепенно развивать хронические заболевания. Наиболее ярко это проявляется в виде заболеваний дыхательных путей, эндокринной и кровеносной систем, развития новообразований у населения.[1]

Предельно допустимая концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе, утвержденная в законодательном порядке, за последние годы претерпела изменения в качестве увеличения норм нагрузки. Однако, это совсем не означает, что организм человека, а тем более некоторых видов животных, стал устойчивее к воздействиям вредных веществ.

Количество автомобилей в городе увеличивается с каждым годом, это приводит к увеличению выбросов в окружающую среду. В Тюмени, по данным программы комплексного развития транспортной инфраструктуры Тюмени на период 2018-2040 год, ежегодный объем выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта имеет тенденцию к постоянному увеличению, в 2010 году объем составлял 82,2 тыс. тонн, в 2015 объём составил 92,1 тыс. тонн. Количество автомобилей в городе с 2008 года резко возрастает. В 2009 году зарегистрировано 187,5 тыс. автомобилей, в 2015 году данные составили 311,6 тыс., в 2017 количество возросло до 376,3 тыс. автомобилей. Количество автомобилей в городе за 9 лет увеличилось в 2 раза. [2]

Одной из основных составляющих городской среды, помогающая решать экологические проблемы так называемых селитебных территорий, является благоустройство «Зелёных зон». Разработка всех проектов озеленения города должна вестись с точным учетом количества выбросов, исходящих от определенных участков внутри города. Источник выбросов и его

химическая характеристика тоже играют важную роль. Город Тюмень, как и многие города России, на протяжении долгого времени застраивался и благоустраивался хаотично. Расширение улиц проводилось без проектов «зелёных зон». В связи с чем, появилась огромная необходимость восстанавливать природную систему вокруг города Тюмени. В частности, проводились рекреационные работы по восстановлению парка «Гилевская роща», парка «Затюменский». Однако, в масштабах все увеличивающегося своего площадь города, этого недостаточно. Особенно вызывает беспокойство центральная часть города, как наиболее старая. Количество парковых зон здесь минимально или совсем отсутствует. А единичные древесные культуры находятся в угнетенном или деформированном состоянии. (Рисунок 1.)

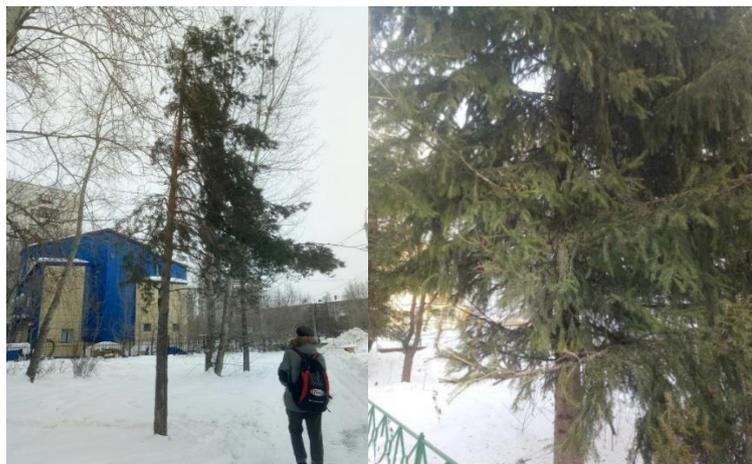


Рисунок 1. Угнетенное и деформированное состояние культур

В условиях повышения техногенных нагрузок санитарно-гигиеническая роль покрытых растительностью пространств города является главным средством нейтрализации вредных последствий техногенного загрязнения городского населения. Природные озелененные территории влияют на микроклиматические характеристики городской среды, в том числе задерживают десятки тонн пыли, концентрируют в листьях тяжелые металлы, рассеивают сотни тысячи тонн загрязняющих веществ, обогащают воздух кислородом. Они оказывают воздействие на скорость движения воздушных потоков, величину инсоляции поверхностей зданий и сооружений, снижают шумовую нагрузку от автомобилей и других объектов, являются источниками эстетического восприятия и факторами благотворного психологического воздействия на человека. [3]

В городе Тюмени четко прослеживается влияние выбросов вредных веществ на деревья, особенно на древесные культуры хвойных пород. Продукты выбросов в первую очередь осаждаются на листовых пластинах (иголках). Хвойные растения не сбрасывают лиственный покров в зимний период времени и подвергаются двойному влиянию пылевых выбросов. Во время сбора образцов хвои было обнаружено не только наличие деформа-

ции ветвей и стволов, но и на многих ветвях деревьев просматривался толстый слой пыли (Рисунок 2), изменение цвета и формы иголок. На пальцах рук оставался чёрный налёт. Все это говорит о крайне негативном влиянии выбросов на деревья и следовательно на человека и его здоровье.



Рисунок 2. Налёт пыли от хвои

В заключении хочется отметить, что озеленение города может способствовать фильтрации определенных объёмов загрязненного воздуха. Зелёные насаждения, расположенные в городах, способствуют горизонтальному и вертикальному проветриванию, улучшению микроклимата города, ионизируют воздух и играют важную роль в процессе газообмена. Известно, что 1 кг растительности может поглотит 1,6 кг диоксида углерода и выделить при этом 1,2 кг кислорода, что очень важно для жителей городов.[3]

Стоит отметить, что для правильной фильтрации необходимо правильное расположение «Зелёных зон». Большой опыт по данной теме имеет Германия, где культура озеленения городов хорошо развита. По опыту других стран мы можем изменить экологическую обстановку города Тюмени в лучшую сторону.

#### Библиографический список

1. Креймер, М. А. Климат и прогноз загрязнения атмосферного воздуха в городе / М. А. Креймер // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. – 2013. – Т.4, № 2. – С. 116-121.
2. Программа комплексного развития транспортной структуры города Тюмени на период 2018-2040 годов. – Тюмень: Департамент стратегического социально-экономического планирования ООО «ИТП «Град», 2017.
3. Боговая, И. О. Озеленение населенных мест: учебное пособие / И. О. Боговая, В. С. Теодоронский. – 2-е изд. – Санкт-Петербург.: Издательство «Лань», 2012. – 240 с.

Научный руководитель: Гузеева С. А., канд. биол. наук, доцент

## Совершенствование метода тушения пожаров ЛВЖ с использованием инертного газа

Хайретдинов И.А.

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

Наиболее распространенной причиной аварийной ситуации на технологическом оборудовании, связанном с обращением ЛВЖ и ГЖ, чаще всего в виде пролива нефти и нефтепродуктов. Особенностью данного вида аварийной ситуации является, то что это все приводит к опасной ситуациям: крупным пожарам, аварийным разливам, чрезвычайным ситуациям, а также к человеческим жертвам. Общими свойствами ЛВЖ и ГЖ является их способность к разливу на огромные площади при утечке. И зачастую по этой причине образуется взрывоопасная паровоздушная смесь.

Статистический анализ аварий показал, что за период с 2012 по 2017 г. на основных нефтеперерабатывающих и нефтедобывающих предприятиях были зафиксированы аварии: по разгерметизации при ведение технологического процесса – 81%; разгерметизация в ходе ремонта – 13 %; прочие причины – 6 %.

Основными причинами аварийной ситуации, на объектах нефтедобычи и нефтепереработки является: некачественный монтаж и механическое повреждение оборудования в процессе эксплуатации.

Для совершенствования пенного пожаротушения нами было разработана установка, способная изменять такие свойства пены, как устойчивость и стойкость, а также уменьшает время тушения.

Для проведения испытаний была собрана экспериментальная установка.

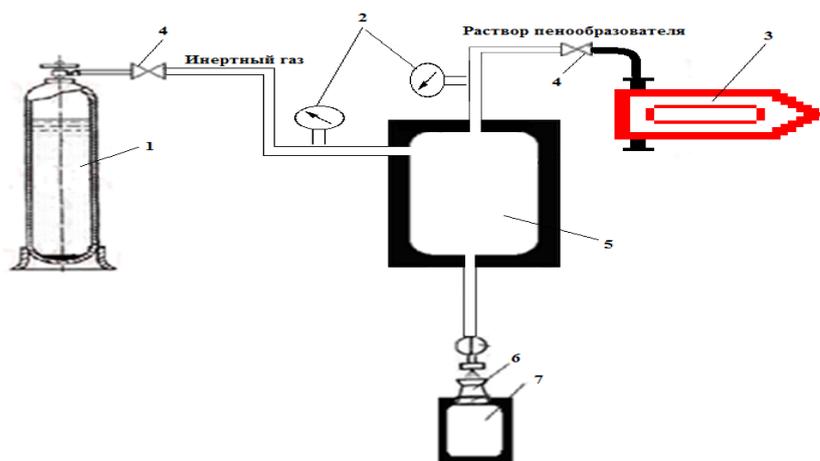


Рисунок 1. Принципиальная схема экспериментальной установки  
1 – баллон с инертным газом; 2 – манометр; 3 – пожарный автомобиль;  
4 – кран; 5 – установка для смешения раствора пенообразователя с инертным газом; 6 – генератор пены; 7 – емкость для сбора пены.

Проводились огневые испытания, с пенообразующим составом с добавлением инертного газа. Испытания показали, что время тушения горючей жидкости с использованием пенообразующих составов уменьшается в 2 раза по сравнению с применением промышленного пенообразователя «ПО-6ОСТ».

Получена зависимость влияния природы инертных газов на свойства воздушно-механической пены. Установлено, что инертный газ наибольшее влияние оказывает на стабилизирующее действие пенообразователя, устойчивость воздушно-механической пены и время полного разрушения пен.

Пена разрушается самопроизвольно или при воздействии на неё различных факторов. Пена как всякая дисперсная система, очень неустойчива. Она не сохраняет свое первоначальное состояние.

При аварийных ситуациях увеличение устойчивости пенообразователя необходимо для более эффективного тушения и позволит:

- увеличить эффективность тушения легковоспламеняющихся жидкостей и горючих газов.
- ограничение масштаба пожара и т.д.

Установка может быть использована для защиты любых площадей, в том числе и крупных таких, как резервуарный парк.

Параметрами, значения которых определили в ходе лабораторных испытаний, были время разрушения пенообразователя, время оседания пенообразователя в емкости. Значения этих параметров определялись при добавлении в пенообразователь инертного газа.

Таблица 1

Результаты исследования

№ п/п	Мероприятия для повышения устойчивости пены	Время полного разрушения пены, t(мин)
Опыт №1	Пена средней кратности	59 мин.
Опыт №2	Пена с добавлением инертного газа	98 мин.

На основании испытаний по тушению высокооктановых бензинов определены показатели времени, видно, что пена с добавлением инертного газа эффективнее.

Таблица 2

Результаты исследования

Марка бензина	Пена средней кратности, с.	Пена с добавлением инертного газа (CO <sub>2</sub> ), с.
АИ-80	64	45
АИ-92	63	46

На основании огневых испытаний определены показатели времени тушения легковоспламеняющейся жидкости, при помощи промышленного пенообразователя ПО-6ОСТ, так же при тушении с использованием бинарной композиции ПО-6ОСТ и двуокиси углерода.

Установлено, что наибольшее стабилизирующее действие на противопожарные воздушно-механические пены оказывает двуокись углерода.

#### Библиографический список

1. Хайретдинов, И. А. Происхождение, развитие и перспективы пенного пожаротушения на предприятиях топливно-энергетического комплекса / И. Ф. Хафизов // Нефтегазовое дело. – 2014. – № 2. – С. 309-320.

Научный руководитель: Хафизов И. Ф., доктор технических наук, профессор.

### **Исследование электромагнитных полей на территории электрической подстанции**

*Хамидуллина Р.Р., Литвинова Н.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Цель исследований: разработка методов снижения напряженности электрических и магнитных полей электрической подстанции.

Задачи:

1. Изучение проблемы безопасности проведения работ от уровня электромагнитных полей на территории электрической подстанции.

2. Подбор методов и прибора контроля для оценки напряженности электрического и магнитного полей.

3. Проведение экспериментальных исследований на территории электрической подстанции уровня напряженности электрического и магнитного полей, воздействующих на работников.

Измерение проводилось в конце января, на территории подстанции. Первое измерение проводилось на расстоянии 60 см от трансформаторной подстанции ПС-110/10 кВ (26,25 МВт), второе – на расстоянии 60 см от ЛЭП 110 кВ, третье – вне территории ~1,5 м от подстанции, на высотах 0,5; 1,0; 1,8 метров [1].

Для измерения электрических и магнитных полей был использован прибор ПЗ-50 (рисунок 1)

Напряженность электрических и магнитных полей рассчитывалась по формулам (1) и (2):

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}, \quad (1)$$

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}, \quad (2)$$

где  $E_x, E_y, E_z$  – проекции векторов напряженности электрического поля, кВ/м;  $B_x, B_y, B_z$  – проекции векторов напряженности магнитного поля, А/м.



Рисунок 1. Измеритель напряженности поля промышленной частоты ПЗ-50  
Результаты измерения представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты измерения электромагнитного поля

Трансформаторная подстанция 110/10 кВ									
Высота от поверхности земли, м	Напряженность электрического поля, E, кВ/м			Напряженность магнитного поля, B, А/м			Напряженность электрического поля (ЭП), E, кВ/м	Напряженность магнитного поля (МП), B, А/м	
	$E_x$	$E_y$	$E_z$	$B_x$	$B_y$	$B_z$			
0,5	1,452	1,455	1,456	1,466	1,465	1,465	2,5189809	2,5380319	
1,0	1,457	1,458	1,459	1,465	1,464	1,466	2,5253305	2,5374548	
1,8	1,459	1,459	1,46	1,465	1,465	1,466	2,5276396	2,5380319	
линия электропередач (ЛЭП 110 кВ)									
Высота от поверхности земли, м	Напряженность электрического поля, E, кВ/м			Напряженность магнитного поля, B, кВ/м			Напряженность ЭП, E, кВ/м	Напряженность МП, B, А/м	
	$E_x$	$E_y$	$E_z$	$B_x$	$B_y$	$B_z$			
0,5	1,463	1,463	1,463	1,463	1,463	1,463	2,5339903	2,533990	
1,0	1,464	1,465	1,465	1,471	1,468	1,467	2,5368772	2,543807	
Вне территории									
Высота от поверхности земли, м	Напряженность электрического поля, E, кВ/м			Напряженность магнитного поля, B, кВ/м			Напряженность ЭП, E, кВ/м	Напряженность МП, B, А/м	
	$E_x$	$E_y$	$E_z$	$B_x$	$B_y$	$B_z$			
0,5	1,454	1,454	1,454	1,457	1,457	1,458	2,5184019	2,5241755	
1	1,452	1,453	1,453	1,458	1,458	1,458	2,5160926	2,5253301	
1,8	1,455	1,455	1,456	1,458	1,458	1,458	2,5207114	2,5253301	

Норматив зоны отдыха:  $E = 0,5$  кВ/м,  $B = 4$  А/м. Норматив зоны жилой застройки:  $E = 1$  кВ/м,  $B = 8$  А/м [2].

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы о том, что напряженность электрического поля превышает допустимый уровень в 2,5 раза, а напряженность магнитного поля нет.

Таким образом, для защиты населения, живущего рядом с электростанцией необходимо разместить экранирующие устройства на территории подстанции, а для защиты рабочих использовать средства индивидуальной защиты, так как сами работники не находятся на подстанции постоянно.

#### Библиографический список

1. ГОСТ 12.1.002-84. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах. – Введ. 1986-01-01. [Электронный ресурс] / Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/5200271>

2. Литвинова, Н. А. Электромагнитная экология и расчет электромагнитных величин: учебное пособие для практических занятий [Текст] / Н. А. Литвинова. – Тюмень: РИО ФГБОУ ВПО «ТюмГАСУ», 2015. – 135 с.

### **Оценка размещения полигона по переработке нефтесодержащих отходов на Самотлорском месторождении**

*Худайбердиев А.Т.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Нижневартовск*

В 2012 году было запрещено строительство полигона для переработки токсичных нефтесодержащих отходов (НСО) на Самотлорском месторождении.[1] Мы считаем, что полигон для переработки НСО на территории ХМАО-Югры необходим. Но требуется выбрать иное место для его сооружения. Прежнее проектное место действительно включало в зону негативных экологических влияний населённые пункты Нижневартовск, Излучинск и некоторые другие, а также стратегически важный объект – Нижневартовскую тепловую электростанцию (ГРЭС), расположенную в п.г.т. Излучинск. (рис. 1) [2]

В ходе исследования был рассчитан ареал опасного экологического воздействия относительно населенных пунктов, промышленных - стратегически важных объектов.

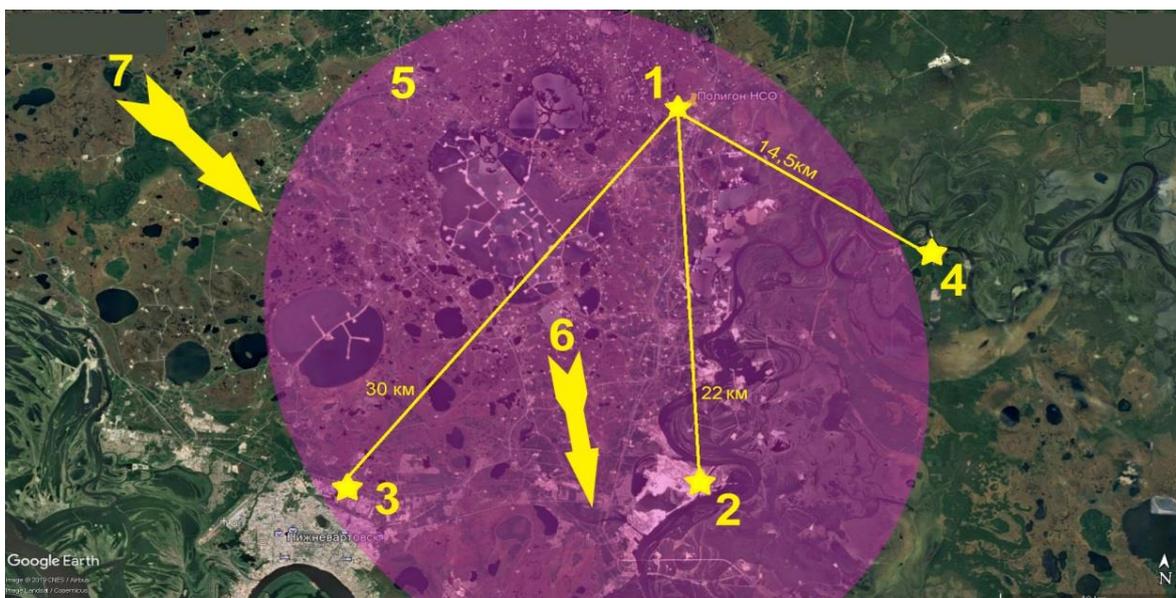


Рисунок 1. Ареал опасного экологического влияния при проектном размещении полигона НСО на Самотлорском месторождении в случае возникновения ЧС  
 Пояснения к рисунку 7: 1 - местоположение полигона по переработке НСО; 2 – п.г.т. Излучинск и Нижневартовская ГРЭС; 3 – г. Нижневартовск; 4 – с. Большетархово; 5 – ареал негативного экологического влияния от полигона НСО в случае ЧС; 6 – общий уклон рельефа местности; 7 - преобладающее направление ветров в течение года.

Суть исследования отражают две таблицы. В таблице 1 показан сравнительный анализ негативных экологических последствий в случае проектного размещения полигона.

Таблица 1

Интенсивность негативного влияния от полигона НСО в случае проектного расположения.

Природные опасности	г. Нижневартовск	п.г.т. Излучинск	с. Большетархово
Землетрясения	3	4	0
Пожары	3	4	2
Наводнения	4	5	0

**Пояснения к таблице 1.** Шкала уровней негативных последствий от полигона НСО на объекты, попадающие в зону воздействия:

0 баллов – нет последствий; 1 балл – около 20% загрязнение окружающей среды; 2 балла – 21-40% загрязнение окружающей среды; 3 балла – 41-60% загрязнение окружающей среды; 4 балла – 61-80% загрязнение окружающей среды; 5 баллов – 81-100% загрязнение окружающей среды.

Согласно данным таблицы 1 видно, что на село Большетархово, находящееся ближе всех рассматриваемых объектов к полигону негативное влияние от последнего может ощущаться лишь в случае пожара (посредством смога). [3] А на г. Нижневартовск и п.г.т. Излучинск негативное влияние обусловлено, во-первых, попаданием в радиус стратегически важного объекта обеспечивающего потребность в электроэнергии всего района - Нижневартовской ГРЭС, во-вторых в случае возникновения на полигоне утечки токсичных НСО, последние неминуемо попадают в течение реки Вах, откуда осуществляется водозабор для обеспечения питьевой водой жителей г. Нижневартовск.[4];[5]

Из таблицы 2 видно, что при соблюдении факторов обеспечения безопасности (А, Б, В) будет происходить значительное уменьшение негативного влияния полигона НСО.

Таблица 2

Интенсивность негативного влияния от полигона НСО при оптимальном размещении

Опасности	г. Нижневартовск (31,5 км)			п.г.т. Излучинск (25 км)			с. Большетархово (14,5 км)		
	А	Б	В	А	Б	В	А	Б	В
Землетрясения	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Пожары	1	0	0	1	1	0	1	1	0
Наводнения	2	1	0	1	1	0	0	0	0

**Пояснения к таблице 2.** В скобках указано расстояние от полигона НСО до населенного пункта. Факторы, снижающие интенсивность негативного влияния полигона НСО:

**А** - снижение объемов производства;

**Б** - увеличение расстояния от источника опасности до объекта защиты;

**В** - размещение полигона за естественную природную преграду.

Шкала уровней негативных последствий идентична шкале таблицы 1.

**Вывод:** По нашему мнению, описанный полигон было бы предпочтительней разместить за какой-либо природной преградой (возвышенность, река и др.). Предлагаем размещение на месторождениях за Аганским увалом, либо на правом берегу реки Обь вне санитарных зон ниже по течению.

#### Библиографический список

1. О федеральной целевой программе «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года»:

постановление Правительства Рос. Федерации от 07 июля 2011 г. № 555 // Собр. Законодательства Рос. Федерации. – 2011. – №30. – Ст. 4633.

2. Управление природопользованием для устойчивого развития в условиях климатических изменений на Севере Западной Сибири / Ф. Н. Рянский [и др.] // Ползуновский вестник. – 2005. – № 4. – С. 61-64.

3. Рянский, Ф. Н. Анализ природных и антропогенных факторов возникновения чрезвычайных ситуаций / Ф. Н. Рянский, С. Е. Коркин, И. С. Аитов; Под ред. Ф. Н. Рянского. – Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гуманит. ун-та, 2005. – 98 с.

4. Архив уровня и температуры воды в р. Обь. [Электронный ресурс] // СОКИК: Неофициальный сайт о Каргарске и Каргасокском районе. – Режим доступа: <http://www.sokik.ru/hydrometer.html>

5. Авакян, А. Б. Природные и антропогенные причины наводнений / А. Б. Авакян, М. Н. Истомина // Вестник российской академии наук. – 2002. – № 12. – С. 1059-1068.

Научный руководитель: Аитов И.С., канд. геогр. наук, доцент.

### **Исследование механических свойств и анализ влияния пониженных температур на поведение конструкционного материала эластичных резервуаров**

*Шириева Н.С.<sup>1</sup>, Прохоров А.А.<sup>2</sup>, Щербаков А.В.<sup>1</sup>*

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

<sup>2</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

Мягкие оболочки, из которых изготавливаются резервуары для хранения жидкостей и нефтепродуктов, являются гибкими ткаными композициями, состоящими из тканевой синтетической основы пленок эластомеров с различной функциональной нагрузкой и (рис. 1).

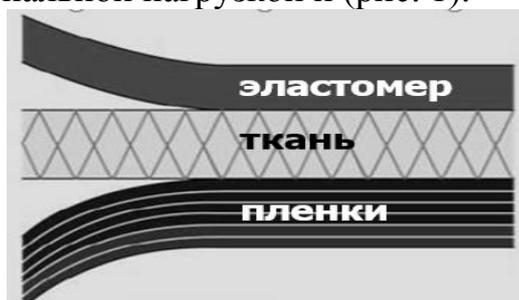


Рисунок 1. Схема структуры материала полимерного резервуара

Защитный слой (эластомер) частично воспринимает механические напряжения, определяет монолитность материала. Силовой слой (ткань) воспринимает механические напряжения, определяя основные механические свойства: прочность, деформативность, жесткость. Барьерный (пленка) –

препятствует диффузии хранимой жидкости и не вступает с ней в реакцию, частично воспринимает механические напряжения. В зависимости от типа хранимой жидкости состав композитного материала может меняться.

Изучение, систематизация и анализ известных в настоящее время конструкций полимерных резервуаров показал, что форма резервуаров бывает сферической [1] и подушечной [2, 3].

Испытания материала полимерного резервуара проводилось в два этапа. На первом этапе – нагружение давлением вдоль и поперек осей армирования вплоть до разрушения образцов. Одноосное растяжение проводилось при:

- стандартных температурах 20 °С;
- отрицательных температурах: 0 °С, минус 20, 30, 40 и 60 °С.

Испытания проводились на разрывной машине Instron с программным обеспечением (рис. 2). Всего было подвергнуто одноосному растяжению 30 образцов в виде лопаток (рис. 3).

Определено, что прочность материала отлична вдоль и поперек осей армирования в 1,4 раза. Это говорит о том, что материал является анизотропным, т.е. обладает различными свойствами в зависимости от направления осей. Предел прочности вдоль составляет 79,7 МПа, поперек – 56,4 МПа. По величине разрывной нагрузки материал соответствует характеристикам завода-изготовителя.

Для определения механических свойств материала на образец нанесли метки, в которых производились замеры. Получены следующие значения: модуль Юнга  $E$  – 25,1 МПа, коэффициент Пуассона  $\mu$  – 7,7. Полученные свойства материала могут быть использованы при построении численной модели резервуара.

Для проведения эксперимента при отрицательных температурах были подготовлены чертежи и изготовлены захваты на испытательную машину. Для работы в области отрицательных температур климатическая камера оснащена холодильным агрегатом, который работает с использованием жидкого азота (рис. 2). Охлаждение образцов до минус 30 °С проводилось в среде этилового спирта, до минус 60 °С – в среде спирта и азота.



Рисунок 2. Проведение эксперимента при отрицательных температурах

На рисунке 3 видно, что с понижением температуры до минус 40 °С нагрузка, требующаяся для разрыва образца, возрастает, а с дальнейшим понижением температуры начинает падать. При этом усилие разрыва при нормальной температуре вдоль волокон составляло – 464 Н, а поперек – 329 Н.

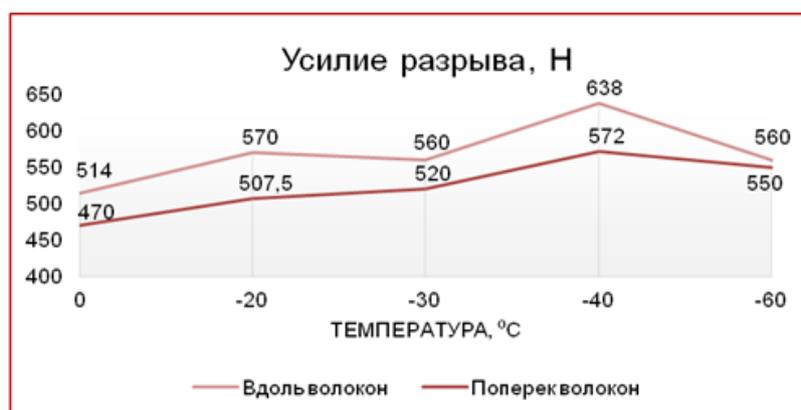


Рисунок 3. Зависимость усилия разрыва от температуры

При понижении температуры материал теряет свою эластичность, эластомерный слой твердеет и часть нагрузки воспринимает на себя, тем самым повышая прочность материала. О потере эластичности материала говорит и уменьшение времени, необходимое для разрыва образцов в  $\approx 2$  раза (вдоль), в  $\approx 1,5$  раза (поперек оси армирования) при понижении температуры от 0 до минус 60 °С (рисунок 4).

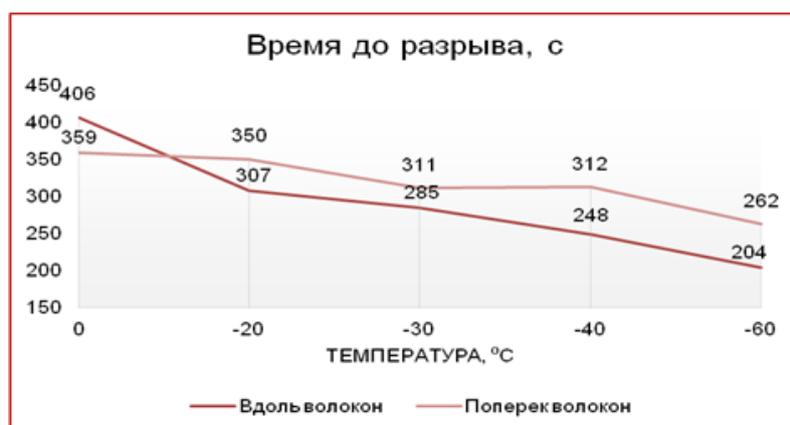


Рисунок 4. Зависимость времени до разрыва от температуры

Потерю эластичности материала демонстрирует и график зависимости удлинения образцов до разрыва при снижении температуры (рис. 5). При этом было отмечено, что при температуре минус 60 °С, когда армирующая ткань еще не рвется, полимерный слой начинает растрескиваться вокруг линии «будущего» разрыва.

Таким образом, минимальная температура эксплуатации материала составляет минус 60 градусов. Работы по сворачиванию, разворачиванию и заполнению рекомендуется проводить при более высоких температурах либо при подогреве материала.

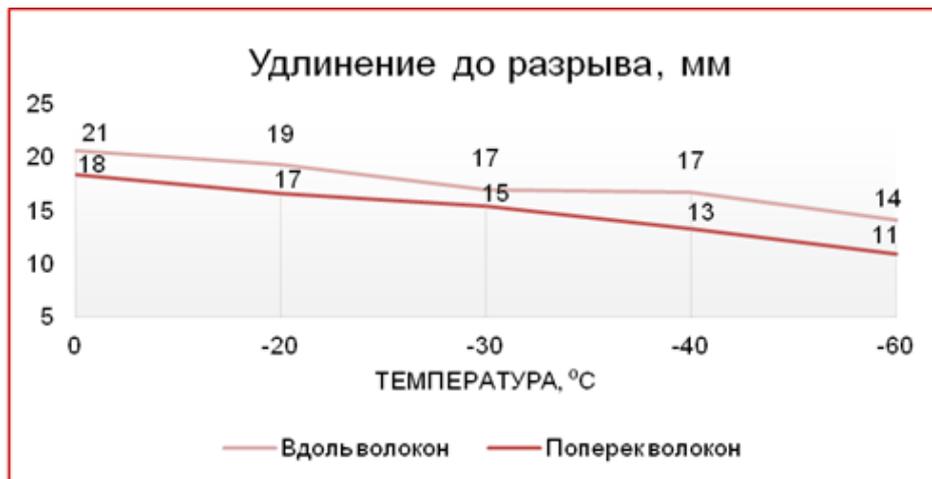


Рисунок 5. Зависимость удлинения до разрыва от температуры

#### Библиографический список

1. Пат. 2304553 Российская Федерация, МПК В65D88/16, В65D88/22. Мобильный эластичный резервуар для нефтепродуктов [Текст] / Рыбаков Ю. Н., Харламова О. Д., Абрамов М. Д., Барышев И. Г., Паталах И. И.; заявитель и патентообладатель ФГУП «25 Государственный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации (по применению топлив, масел, смазок и специальных жидкостей – ГосНИИ по химмотологии)»; заявл. 07.04.2006; опубл. 20.08.2007.

2. Пат. 172577 Российская Федерация, МПК В65D88/00. Мобильный эластичный резервуар для совместного хранения и транспортировки нефтепродуктов, воды и других жидкостей для передвижных и автономных электростанций [Текст] / Антонов Ю. М.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ». – № 2016151811; заявл. 28.12.2016; опубл. 12.07.2017, Бюл. № 20.

3. Полезная модель 114043 Российская Федерация, МПК В65D88/22. Универсальный бескаркасный мобильный резервуар со сменным вкладышем для временного хранения нефти и нефтепродуктов [Текст] / Лисин Ю. В., Ченцов А. Н., Семин Е. Е., Гариев Р. М., Старостин М. М., Жуков А. П.; заявитель и патентообладатель ОАО Акционерная компания по транспорту нефти «Транснефть», ООО «Восточно-Сибирские магистральные нефтепроводы», ООО «Научно-исследовательский институт транспорта нефти и нефтепродуктов». – № 2011143960/12; заявл. 01.11.2011; опубл. 10.03.2012, Бюл. № 7.

Научный руководитель: Бабушкин Э.В., канд. техн. наук, доцент

## СЕКЦИЯ «Машиностроение, материаловедение»

### Определение причин повреждения призонного болта

*Белослудцева А.И.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Призонные болты изготавливаются из высокопрочной стали. Они широко используются при таких работах, как сборка муфт, редукторов, роторов и прочих изделий. Главная его особенность – это противостояние различным нагрузкам: статическим, циклическим и даже ударным.

В зависимости от того, в какой области будет осуществляться применение призонного болта, необходимо уделить отдельное внимание диаметру его стержня. Однако, в общем и целом, благодаря своей прочности, болты такого типа часто используются не только в монтаже оборудования, но и в строительстве различных конструкций.

Объектом исследования стал разрушенный призонный болт (рисунок 1) ротора турбины. Данный болт был разрушен во время монтажа и не имеет наработки.



Рисунок 1. Вид разрушенного призонного болта

Целью работы является изучение характера и причин разрушения болта.

В процессе исследования был проведен химический анализ, макроанализ (изучена поверхность разрушения), проведен измерительный контроль геометрии болта, проведены механические испытания и микроскопический анализ.

Исследования проводили на твердомере Роквелла по шкале С, с использованием алмазного конуса, макроанализ проводили невооруженным взглядом, а так же с применением лупы с увеличением X40, микроскопические исследования проводили на микроскопе МЕТАМ РВ21, определение химического состава и микрофрактографию проводили на растровом электронном микроскопе JEOL.

По технологии изготовления данный болт должен иметь галтели на стыке рабочей части и головки, однако скругление сделано не было, что приводит к возникновению «концентраторов напряжения».

Химический состав материала болта соответствует стали 25Х1МФ. Сталь жаропрочная релаксационностойкая. Сталь перлитного класса. Рекомендуемая температура применения до 510 °С. Температура интенсивного окалинообразования 600 °С ; срок работы - более 10000 ч. По СТ-ЦКБА 010-2004 критическая температура хрупкости 20 °С.

Твердость в исходном состоянии равна 29 HRC, что соответствует закалки со средним отпуском. Однако по технологии производства данный материал должен был быть закален с последующим высоким отпуском.

Микроструктура стали также свидетельствует о неправильно проведенной термической обработке (рисунок 2). В структуре стали перлитокарбидная структура, тогда как при правильно проведенной термической обработке должна быть структура сорбита отпуска.



Рисунок 2. Микроструктура стали 25Х1МФ (x50)

Таким образом изучив структуру и свойства разрушенного призонного болта можно сделать следующие выводы:

1. Материал болта соответствует заявленному.
2. В конструкции болта имеются нарушения, отсутствует галтель между головкой болта и рабочей частью.
3. Нарушена технология термической обработки.
4. Основной причиной разрушения болта стали нарушения технологии его изготовления.

#### Библиографический список

1. Химический состав стали 25Х1МФ [Электронный ресурс] // Металлургия Маркмет. - Режим доступа: <https://markmet.ru/encyclopedia/25x1mf>
2. Химический состав и свойства стали 25Х1МФ [Электронный ресурс] // Центральный металлический портал. – Режим доступа: [http://metallischekiy-portal.ru/marki\\_metallov/stj/25X1MF](http://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/stj/25X1MF)

Научный руководитель: Кулемина А.А., старший преподаватель

## Разработка конструкции системы ориентации солнечных батарей

Гашева Е.А.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Актуальность проблемы бесперебойного энергоснабжения потребителей изолированных районов крайне высока. К такому району относится Республика Саха (Якутия), а также она является одной из самых больших административно-территориальных единиц в России и одной из самых низких по плотности населения. Отсюда следует, что прокладывать электрические сети между поселениями, а затем обслуживать их на таких расстояниях и в достаточно суровых условиях является слишком затратным мероприятием. Поэтому на данный момент наибольшее распространение получили дизельные станции.

Стоимость дизельного топлива постоянно растет, и по сей день существует сложность его доставки, ведь большая часть территории Якутии не имеет круглогодичных транспортных путей и является труднодоступной. Ещё одной проблемой, является эксплуатация физически изношенных и устаревших дизельных электростанций, что приводит к снижению надежности и неоправданно высоким финансовым затратам, а также загрязнением окружающей среды. Поэтому возрастает необходимость использования возобновляемых источников энергии.

По результатам исследования карты солнечной инсоляции России, представленной на рисунке 1, потенциал солнечной радиации в районе Якутска оценивается в 2000 солнечных часов в год. Это очень высокий показатель.

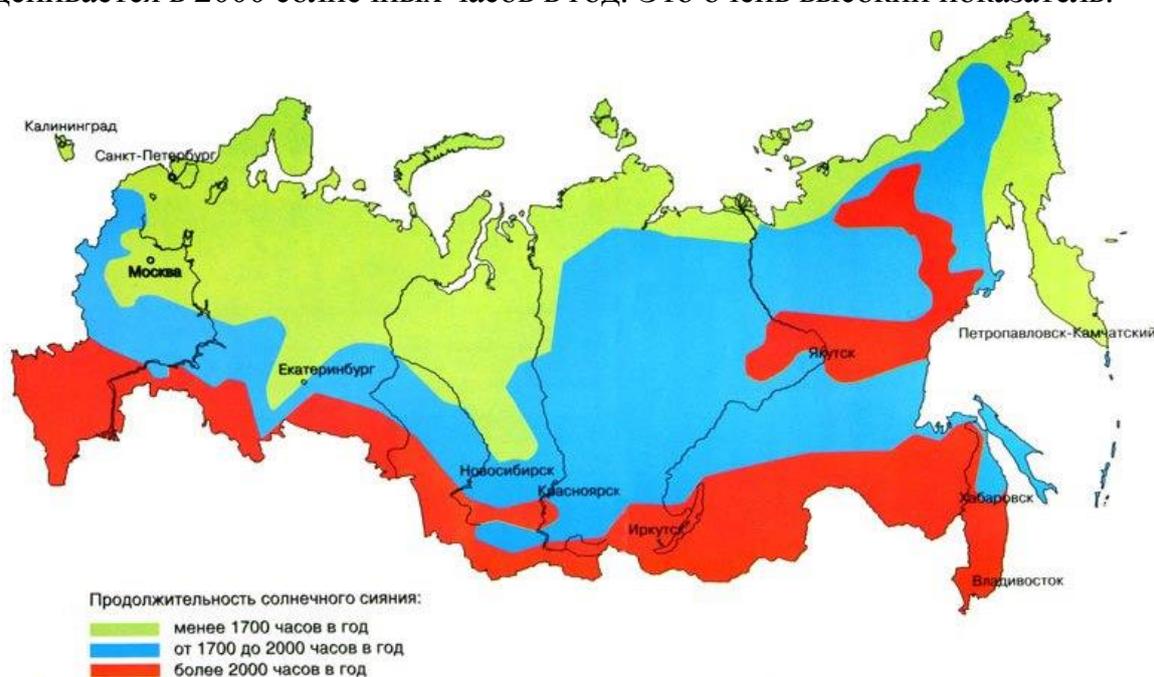


Рисунок 1. Карта солнечной инсоляции России

Использование солнечной энергии даст серьезную экономию топлива, и для ряда изолированных объектов может стать решением проблемы

энергоснабжения. Для этого была разработана конструкция системы ориентации солнечных батарей для мобильных инвентарных зданий, представленная на рисунке 2.

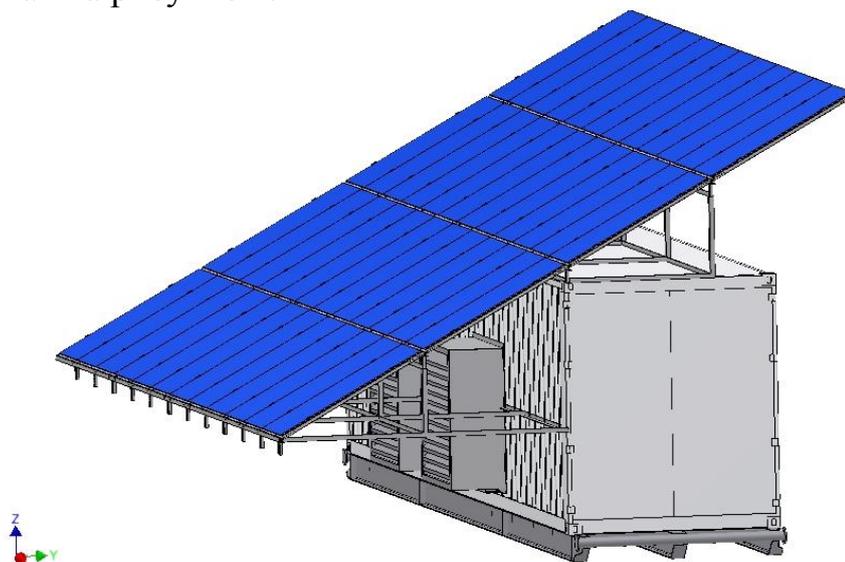


Рисунок 2. Конструкция системы ориентации солнечных батарей

Данная конструкция позволяет собрать большую часть солнечной энергии, благодаря установленным на ней датчикам освещения, которые перемещают панели за движением солнца.

Использование возобновляемых источников энергии на базе солнечных модулей имеет ряд преимуществ:

- Высокий уровень автономности, так как для выработки энергии не требуется топлива;
- Значительный срок службы более 20 лет и высокий уровень надежности;
- Современный уровень автоматизации обеспечивает функционирование энергоустановок по безлюдной технологии с минимальными эксплуатационными затратами;
- Наличие накопителей энергии обеспечивает двойную отдачу энергии без существенного увеличения затрат;
- Энергоустановки на базе солнечных модулей имеют высокий уровень экологичности.

#### Библиографический список

1. Анчарова, Т. В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений / Т. В. Анчарова, Е. Д. Стебунова, М. А. Рашевская. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 416 с.

2. Глотов, А. В. Проблемы и перспективы развития изолированных энергосистем Дальнего Востока: на примере энергосистемы Республики Саха (Якутия) районов [Электронный ресурс] / А. В. Глотов, А. А. Меркулева // Вестник московского финансово-юридического университета. –

2017. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-perspektivy-razvitiya-izolirovannyh-energосistem-dalnego-vostoka-na-primere-energосистемы-respubliki-saha-yakutiya>.

Научный руководитель: Теплоухов О.Ю., канд. техн. наук, доцент.

## Системы технического зрения

Горяинова А.В

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

На сегодняшний день системы технического зрения (СТЗ), иначе – машинного зрения, стали широко востребованы как в промышленности, так и на производстве.

Для выполнения работы по распознаванию, в особенности с большой скоростью и высокой точностью, техническое зрение является безупречным решением. Основопологающим фактором данного выступает бесспорное преимущество машин перед человеком, которое заключается в возможности непрерывной работоспособности, а также в отсутствии утомляемости и невнимательности [1].

Обеспечивая рост производительности и существенно упрощая выполнение поставленных задач, система технического зрения направлена на достижение максимальной эффективности производства.

Задачи, которые позволяют решать СТЗ, представлены на рисунке 1.



Рисунок 1. Основные задачи системы технического зрения

Конечной целью использования систем технического зрения является получение информации о наблюдаемых объектах, к которым прежде всего относятся геометрические параметры этих наблюдаемых объектов и их перемещение, а рациональное применение СТЗ способствует экономии расходуемых материалов и времени.

На рассмотрение вынесены три типа систем технического зрения в производстве, которые представлены на рисунке 2.

<b>1 тип СТЗ</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Возможности: определение деталей на движущемся конвейере ведется по форме, цвету, текущим координатам, маркировке предмета.</li> <li>• Реализация: в память системы помещается эталонный образ детали. Система распознает «свою» деталь, ее координаты и ориентацию, высчитывает угол поворота для упорядоченной укладки. На основании скорости движения ленты и полученных данных, робот захватывает деталь.</li> </ul>
<b>2 тип СТЗ</b>
<b>Бинарная система (3D камера), в одном корпусе расположены 2 видео камеры</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Возможности: определяет расстояние до объекта, ориентацию его в пространстве. «Умеет» брать детали из беспорядочно наваленных в контейнере предметов, а также с паллет, с полок.</li> <li>• Комплектация: контроллер (блок для обработки изображений). Программа корректировки параметров съемки для качественного распознавания. В алгоритме заложено точное определение дистанции для работы робота.</li> </ul>
<b>3 тип СТЗ</b>
<b>Представляет собой лазерные триангуляционные камеры</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Возможности: 3D камеры с высоким разрешением обрабатывают объемные изображения. Работа 3D камер не зависит от цвета и контрастности объекта, дополнительная подсветка не требуется. Обеспечивают высокую точность в определении местоположения объекта.</li> <li>• Комплектация: система оснащена удобным пользовательским интерфейсом. Графические программы и аппаратные средства предоставляют пользователю возможность быстро разрабатывать прикладные продукты.</li> </ul>

Рисунок 2. Типы систем технического зрения

Использование систем технического зрения гарантирует сведение к минимуму риска пропуска бракованных объектов к сбыту и позволяет довести практически до нуля возможность производственной ошибки.

#### Библиографический список

1. Дятлов, Е. И. Машинное зрение (аналитический обзор) / Е. И. Дятлов // Математичні машини і системи: – 2-е изд. – Киев, 2013. – С. 32-40.
2. Машинное зрение в робототехнических системах [Электронный ресурс] // Научная статья. – Режим доступа: <https://3minut.ru/images/PDF/2016/25/mashinnoe-zrenie-v-robototekhnicheskikh-sistemakh.pdf>.
3. Машинное зрение: понятия, задачи и области применения [Электронный ресурс] // Научная статья. – Режим доступа: [http://www.rusnauka.com/25\\_NPM\\_2009/Informatica/50975.doc.htm](http://www.rusnauka.com/25_NPM_2009/Informatica/50975.doc.htm).

Научный руководитель: Стариков А. И., старший преподаватель.

## Разработка самоходного кормосмесителя-раздатчика на производственной базе РФ

Губенко А.С.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

На сегодняшний день рынок самоходных кормосмесителей на территории Российской Федерации представлен лишь зарубежной техникой. Конкурентоспособные аналоги на территории Российской Федерации и стран СНГ отсутствуют.

Проблема заключается в том, что импортная техника имеет очень высокую стоимость при покупке, дальнейшей эксплуатации и ремонте в связи с необходимостью прохождения таможенного контроля и уплаты пошлины. Эти факторы исключают возможность продолжительной постоянной эксплуатации зарубежной техники в условиях Российской Федерации. В случае поломки детали или механизма и невозможности восстановления новые детали и механизмы будет необходимо заказывать из-за границы.

С точки зрения как финансовых, так и временных затрат этот процесс является очень дорогостоящим.

В данной работе описан начальный этап процесса реверс-инжиниринга таких кормосмесителей, как *Sgariboldi Gulliver 6000* и *KUHN SPW Intense*. На основе этих машин проводится патентный поиск готовых узлов кормосмесителя. Также, осуществляется анализ производственной базы Российской Федерации с целью нахождения уже готовых технических решений, которые могут быть использованы в качестве копии оригинальной детали или механизма без фактической разработки.

Самоходный кормосмеситель-раздатчик на рисунке 1 представляет собой сельскохозяйственную машину, управляемую одним оператором.



Рисунок 1. Самоходный кормосмеситель фирмы *Sgariboldi Gulliver 6000*

Самоходные кормосмесители успешно используются на крупнейших аграрных предприятиях Европы с большим поголовьем скота, которому необходимо большое количество корма на заготовку которого требуется большое количество времени и трудовых ресурсов. На данный момент на территории Российской Федерации такие машины практически не исполь-

зуются, что негативно влияет на производительность хозяйств. На территории нашей страны получил распространение только бак со шнековым узлом от самоходного кормосмесителя, представляющий собой прицеп с преимущественно неэффективным вертикальным расположением смешивающего вала с полным отсутствием элементов автоматизации процесса забора сырья [1].

Преимуществом же самоходного кормосмесителя-раздатчика является механизация процесса забора, смешивания и раздачи готового комбикорма.

На рисунке 2 изображен процесс забора сырья с помощью фрезы расположенной на конце стрелы кормосмесителя. Также, с помощью фрезы происходит предварительное измельчение продукта. Далее сырье по ленте через верхний люк загружается в шнековый узел, в котором происходит процесс смешивания. В данной машине представлен наиболее современный одновальный лопастной шнековый узел.

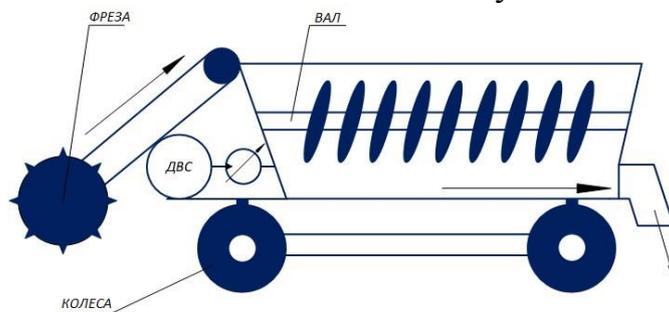


Рисунок 2. Процесс переработки сырья

Также, важной особенностью самоходного кормосмесителя является то, что все его элементы приводятся в движение с помощью гидравлического привода с целью обеспечения плавности работы и экономии топлива [2].

Отталкиваясь от вышеперечисленных конструкторских особенностей, доступной технической документации и моделей самоходного кормосмесителя был проведен поиск по ключевым узлам и механизмам. Он показал, что существующих на территории Российской Федерации предприятий-изготовителей достаточно для компоновки основных узлов кормосмесителя без их фактической разработки.

Из уже готовых технических решений для начального этапа проектирования кормосмесителя была выбрана электрогидравлическая система управления КЭМЗ, оснащенная насосом переменной мощности, которая в совокупности с двигателем внутреннего сгорания ЯМЗ-534 обеспечивает высокую производительность всех узлов машины и их экономическую эффективность.

Планируется, что данная электрогидравлическая система будет состоять не менее чем из трех основных контуров. Гидросистема ходового привода выполняется по закрытой схеме и состоит из аксиально-

поршневых насосов реверсивной подачи. Насосы соединены с аксиально-поршневыми реверсивными гидромоторами цепных редукторов. Скорость и направление вращения гидромоторов, а значит скорость и направление хода кормосмесителя, зависит от производительности насосов и направления движения потока рабочей жидкости. От возможных перегрузок каждая рабочая магистраль защищена предохранительным клапаном. Клапаны встроены в корпуса гидронасосов. Также, во избежание негативных последствий перетечек вызываемых особенностями работы аксиально-поршневых насосов и обеспечения неразрывности потока рабочей жидкости всю систему подпитывает шестеренный насос.

Также, описанная выше система оснащена готовым компоновочным решением, позволяющим управлять всеми узлами комбайна с помощью джойстика. Эта особенность позволяет упростить работу оператору комбайна и переместить основные элементы управления узлами машины в одно место.

Данная электрогидравлическая система управления и двигатель внутреннего сгорания полностью соответствуют техническим характеристикам, предъявленным в техническом задании на проектирование самоходного кормосмесителя-раздатчика.

На данный момент разработана общая 3D модель самоходного кормосмесителя в реальном масштабе, элементы которой разделены на рабочие узлы для дальнейшей проработки конструкции и выполнения инженерных расчетов, а также прототипирования. 3D модель самоходного кормосмесителя позволила определить какие рабочие узлы необходимо разработать и какие уже разработаны на территории нашей страны и могут быть использованы при прототипировании.

На текущем этапе разработки были полностью разработаны такие элементы кормосмесителя, как погрузочная стрела, фреза, элементы крепления узлов к раме кормосмесителя. Планируется, что также будет разработан бак вместе с одновальным шнековым узлом. Из уже готовых технических решений используется двигатель внутреннего сгорания ЯМЗ-534, электрогидравлическая система КЭМЗ, а также выбрана подходящая под условия эксплуатации кормосмесителя рама и кабина оператора. Сейчас уже ведутся работы по созданию действующей масштабной модели самоходного кормосмесителя-раздатчика.

#### Библиографический список

1. Черноиванов, В. И. Сельскохозяйственная техника / В. И. Черноиванов. – Москва: 1991. – С. 232.
2. Гурейчик, А. И. Механизация и электрификация сельского хозяйства / А. И. Гурейчик. – 2003. – С. 24-28.

Научный руководитель: Некрасов Р.Ю., канд. техн. наук.

## Окисление моносульфида европия: структурно-спектроскопическое исследование

Денисенко Ю.Г.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Кислородсодержащие соединения европия  $\text{Eu}^{3+}$  давно привлекают внимание исследователей, за счет эффективной красной люминесценции, нашедшей применение во множестве оптических систем [1]. Методы термической деструкции являются удобными для получения материалов с различными свойствами. Особое внимание при синтезе соединений содержащих изолированные сульфатные группы  $\text{SO}_4^{2-}$  привлекают методы окисления соединений содержащих серу в низшей степени окисления [2].

Дифференциально-термический анализ моносульфида европия в атмосфере синтетического воздуха (80%Ar-20%O<sub>2</sub>) показывает, что окисление  $\text{EuS}$  протекает в широком интервале температур (рис. 1). До 500°C не наблюдается изменений в кривых ТГ и ДТА. Начиная с температуры 500°C фиксируется прирост массы образца и незначительное тепловыделение. Кривая ДТА образует плато в интервале температур 700-800°C, что свидетельствует о равномерном протекании процесса в указанном температурном интервале.

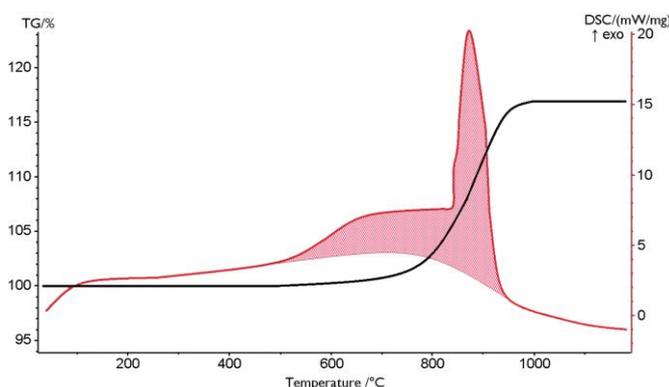


Рисунок 1. ТГ, ДСК зависимости процесса окисления моносульфида европия в атмосфере синтетического воздуха

Начиная с температуры 830°C фиксируется мощное тепловыделение на ДТА кривой. Максимум теплового эффекта приходится на 875°C. Процесс окисления завершается при 970°C: кривая ТГ выходит на плато, Кривая ДТА приходит к стационарному виду.

Прирост массы в конце процесса соответствует образованию окисульфата европия по уравнению:



Однако характер ДТА кривой не позволяет описывать процесс как одностадийный. Очевидно, что процессы протекающие в температурных интервалах 500-800°C и 800-1000°C отвечают различным химическим реакциям.

При изучении процесса окисления моносульфида европия в изотермическом режиме получены образцы шести различных фазовых составов. Зависимость фазового состава образцов, определенного методом рентгеновской дифрактометрии, от температуры и времени проведения процесса представлена в виде кинетической схемы изменения химического состава (рис. 2).

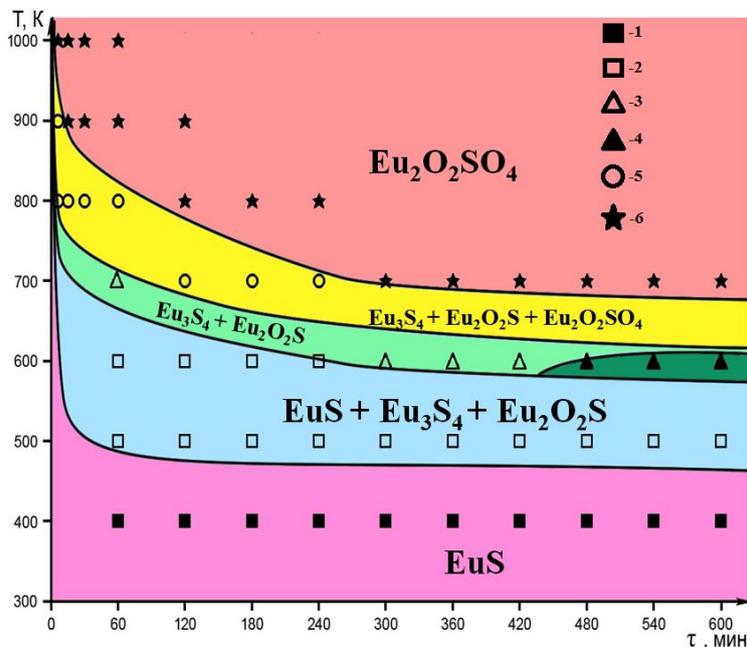


Рисунок 2. Кинетическая схема изменения химического состава образцов при окислении моносульфида европия кислородом воздуха. Условные обозначения: 1-  $\text{EuS}$ ; 2- $\text{EuS} + \text{Eu}_3\text{S}_4 + \text{Eu}_2\text{O}_2\text{S}$ ; 3- $\text{Eu}_3\text{S}_4 + \text{Eu}_2\text{O}_2\text{S}$ ; 4- $\text{Eu}_3\text{S}_4 + \text{Eu}_2\text{O}_2\text{S} + \text{Eu}_2(\text{SO}_4)_3$ ; 5- $\text{Eu}_3\text{S}_4 + \text{Eu}_2\text{O}_2\text{S} + \text{Eu}_2\text{O}_2\text{SO}_4$ ; 6- $\text{Eu}_2\text{O}_2\text{SO}_4$

Процессы протекающие в температурном интервале 500-600°C кинетически затруднены. При температуре 500°C за 10 часов не удалось произвести полного окисления моносульфида европия. При температуре 600°C образец  $\text{EuS}$  полностью окислился за пять часов до  $\text{Eu}_3\text{S}_4 + \text{Eu}_2\text{O}_2\text{S}$ . Спустя три часа после достижения состояния равновесия, при этой же температуре инициируется еще один явно кинетически затрудненный процесс: окисление смешанного сульфида европия с образованием сульфата европия (III). В системе при данной температуре наблюдается стремление европия перейти полностью в трехвалентное состояние.

Начиная с температуры 700°C на смену этому, кинетически затрудненному, процессу приходит процесс совместного окисления смешанного сульфида и окисульфида до окисульфата. Данный процесс завершается через 5 часов. При дальнейшем повышении температуры окисление протекает только по такой схеме, однако стадии сменяют друг друга гораздо быстрее.

Одним из основных продуктов окисления моносульфида европия является окисульфат  $\text{Eu}_2\text{O}_2\text{SO}_4$ , однако его дифракционная интерпретация

крайне затруднена. Методом Ритвельда решетка соединения описывается одинаково хорошо в ромбической (*пр. гр. I222*) и моноклинной (*пр. гр. C2/c*) сингонии. В такой ситуации выбор правильной структурной модели является существенной проблемой. По этой причине было решено провести теоретические расчеты ИК-спектров для двух структурных типов. Согласно корреляционному анализу инфракрасные спектры структуры *C2/c* должны содержать четыре полосы. В случае орторомбической структуры мода симметричного колебания запрещена, и должны наблюдаться только три спектральных полосы. Таким образом, экспериментальный ИК-спектр  $\text{Eu}_2\text{O}_2\text{SO}_4$  соответствует моноклинной структуре *C2/c* и данная модель, несмотря на пониженную симметрию должна быть выбрана в качестве единственной корректной.

Спектры люминесценции образцов  $\text{Eu}_2\text{O}_2\text{SO}_4$ , полученных при разных температурах окисления (700, 800, 900 и 1000°C), регистрировали с использованием длины волны возбуждения 514,5 нм со спектральным разрешением  $2,7 \text{ см}^{-1}$ . Образцы отбирались в примерно равных количествах, чтобы можно было качественно сравнить интенсивность люминесценции между ними. Все спектры на первый взгляд схожи и содержат характерные люминесцентные полосы иона  $\text{Eu}^{3+}$  для переходов  ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_J$  ( $J = 0-4$ ). Переходы с  $J = 5,6$  также наблюдались, но их интенсивность была слишком мала. Среди четырех зарегистрированных спектров три из образцов, окисленных при более высоких температурах (от 800 до 1000°C), демонстрируют практически идентичную форму внутризонного расщепления кристаллического поля, в то время как интенсивность люминесценции растет с ростом температуры окисления. Наиболее выраженный рост интенсивности можно наблюдать для образца, окисленного при 900°C, по сравнению с образцом, окисленным при 800°C. Такое поведение интенсивности типично для отжига различных кристаллических люминофоров и обычно рассматривается как эффект увеличения кристалличности.

#### Библиографический список

1. Denisenko, Yu.G. Exploration of structural, thermal and spectroscopic properties of self-activated sulfate  $\text{Eu}_2(\text{SO}_4)_3$  with isolated  $\text{SO}_4$  groups / Yu.G. Denisenko, A. S. Aleksandrovsky, V. V. Atuchin, A. S. Krylov M. S. Molokeev, A.S. Oreshonkov, N.P. Shestakov, O.V. Andreev // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 2018. – V. 68. – P. 109-116.

2. Osseni, S.A. Synthesis and characterization of  $\text{Ln}_2\text{O}_2\text{SO}_4$  ( $\text{Ln} = \text{Gd}, \text{Ho}, \text{Dy}$  and  $\text{Lu}$ ) nanoparticles obtained by coprecipitation method and study of their reduction reaction under  $\text{H}_2$  flow / S. A. Osseni, Yu. G. Denisenko, J. K. Fatombi, E. I. Salnikova, O. V. Andreev // Journal of Nanostructure in Chemistry. 2017. – V. 7. – P. 337-343.

## **Микроструктура гибкой насосно – компрессорной трубы**

*Евтюгина Л.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Эффективность колтюбинговых технологий во многом зависит от свойств гибкой насосно – компрессорной трубы (НКТ). В работе приведены результаты исследования новой (не бывшей в эксплуатации) гибкой НКТ наружным диаметром 36 мм. и толщиной стенки 4 мм. Материал трубы соответствует низкоуглеродистой микролегированной стали А 606-4. Подобрать марку Российского аналога данной стали не удалось. Микроструктура мелкозернистая, характерная для контролируемой прокатки. Размер зерен однородный, 6 – 8 мкм. В продольном направлении характерная для прокатки полосчатость. При исследовании продольного сварного шва не обнаружено следов окисления и перегрева. Судя по деформации металла в околошовной зоне, сварка производилась за счет быстрого нагрева в защитной среде и сжатия кромок листа. Подобный результат может быть получен при использовании для нагрева лазера или токов высокой частоты (ТВЧ).

После отжига и нормализации средний размер зерен возрос до 30 и 15 мкм соответственно при сохранении однородной структуры без аномального роста зерна, что свидетельствует о равномерной деформации металла при прокатке листа и изготовлении трубы. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что при изготовлении гибкой НКТ используются материалы и технологии, освоенные отечественной промышленностью и возможен выпуск качественной гибкой НКТ на Российских заводах.

Научный руководитель: Насонов В.В., канд. техн. наук, доцент.

## **Повышение прочности резьбовых соединений за счет поверхностно-модифицированного слоя из сплава с памятью формы**

*Ефимова К.О.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время развитие индустрии сплавов с эффектом памяти формы (ЭПФ) и ее рост связан как с разработкой новых технологий получения, так и использования в различных областях техники. Среди сплавов с ЭПФ интерметаллид никелид титана (TiNi) обладает большим обратимым формоизменением и высокими физико-механическими и технологическими свойствами. Несмотря на то, что использование материала с ЭПФ в машиностроении имеет большие перспективы, экономически нецелесообразно из-за высокой стоимости самого материала использовать сплав TiNi как конструкционный материал. В этой связи создание ресурсосберегающих технологий путем поверхностного модифицирования сплавами с ЭПФ на основе никелида тита-

на и исследование структурно-механических и функциональных свойств получаемых композиций является актуальной задачей [1].

В качестве устройства, рассматриваемого в исследовании, выбран капилляриметр. Капилляриметр – это лабораторный прибор для измерения капиллярно-сорбционного давления почвенной влаги и его зависимости от влажности [2]. Данное устройство представлено на рисунке 1.

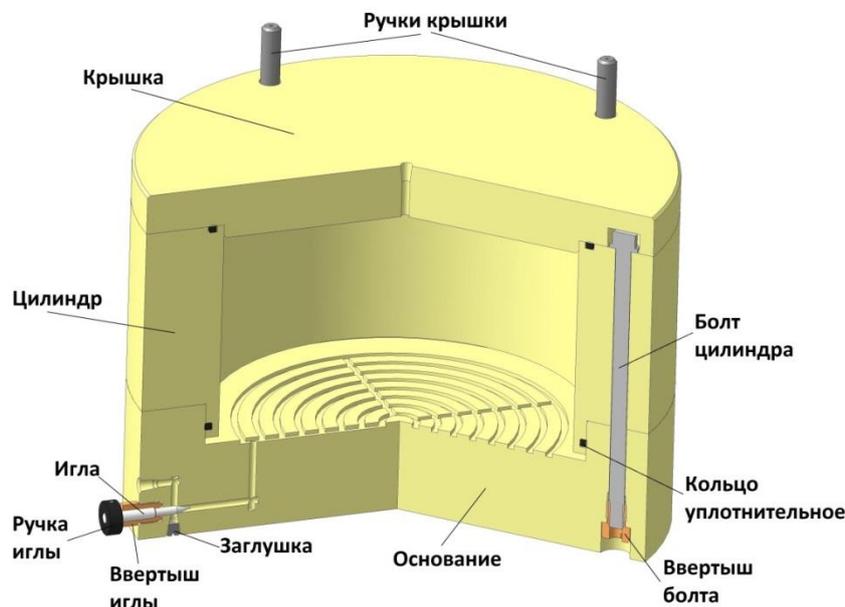


Рисунок 1. Принципиальная схема капилляриметра

В данном устройстве используется конусный штуцер, что значительно осложняет процессы изготовления самого метиза и части корпуса, в которой он располагается. Предлагается заменить конусный штуцер на цилиндрический, но с покрытием из никелида титана, что обеспечит герметизацию соединения, его фиксацию, а так же простоту изготовления. Отверстие для конусного штуцера необходимо так же заменить на цилиндрическое, что аналогично упростит процесс изготовления.

На рисунке 2 представлено коническое отверстие в корпусе капилляриметра и конический штуцер.

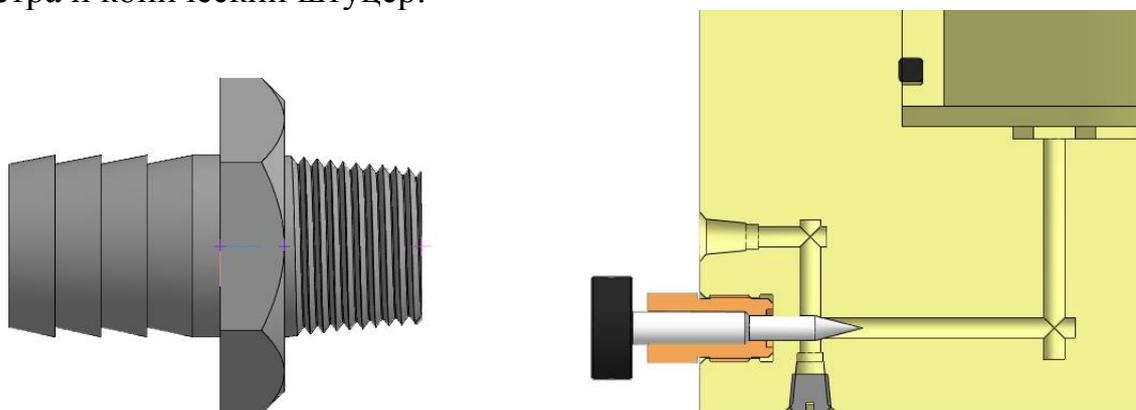


Рисунок 2. Конический штуцер и коническое отверстие в корпусе капилляриметра

На рисунке 3 представлена предлагаемая замена на цилиндрическое отверстие в корпусе капилляриметра и цилиндрический штуцер.

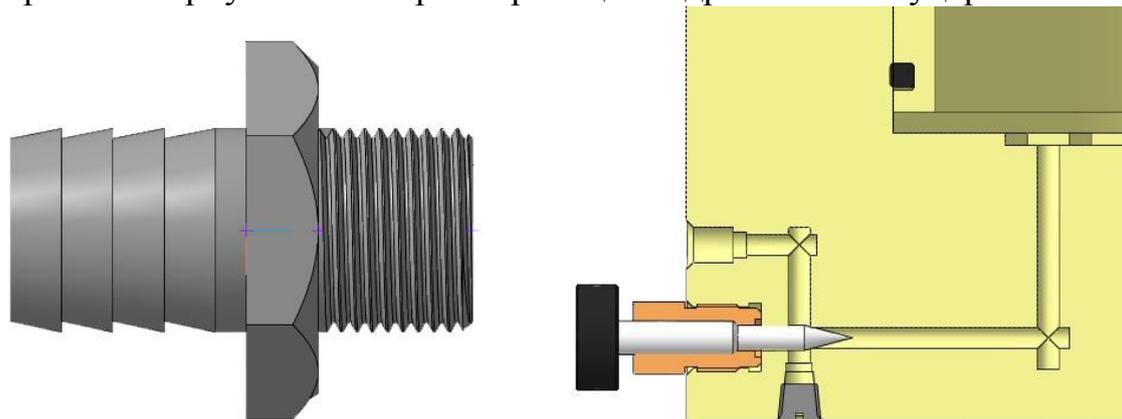


Рисунок 3. Цилиндрический штуцер и цилиндрическое отверстие в корпусе капилляриметра

За счет формирования поверхностно-модифицированного слоя резьбы из TiNi-сплава с ЭПФ обычная посадка с зазором метрической резьбы после сборки переходит в посадку с натягом, что позволяет загерметизировать и фиксировать резьбу в условиях вибраций [3].

В 3D-САПР Autodesk Inventor, позволяющей выполнять проектирование, рендеринг и моделирование изделий, были проведены испытания для штуцеров. Определялось максимальное сжимающее напряжение и напряжение при растяжении. Результаты показали, что конусный штуцер и цилиндрический штуцер с покрытием из TiNi обладают схожими значениями. Цилиндрический штуцер, у которого на резьбу не нанесен сплав с ЭПФ, значительно уступает по значениям.

В результате можно сделать вывод, что предлагаемая замена конусного штуцера цилиндрический с покрытием из никелида титана целесообразна.

#### Библиографический список

1. Степаненко, М. А. Структура и свойства поверхностно-модифицированных слоев из сплава с памятью формы на основе никелида титана: автореф. дис. ... канд.техн. наук: 05.02.01 / Майя Александровна Степаненко; КубГТУ. – Краснодар, 2006. – 200 с.

2. Муслов, С. А. Сплавы с памятью формы: свойства, получение и применение в медицине и технике / С. А. Муслов. – Москва : Москва, 2018 – 254 с.

3. Попов, Н. Н. Сплавы с памятью формы / Н. Н. Попов // Атом. – 2010. – № 7. – С. 35-39.

Научный руководитель: Стариков А.И., старший преподаватель

## **Неразрушающий контроль механических свойств магнитных материалов по коэрцитивной силе**

*Жуков К.А., Кулак С.М.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Одним из направлений повышения уровня надёжности стальных конструкций является 100% контроль структуры и механических свойств материалов, используемых при их изготовлении [1]. Предпочтение отдаётся контролю стали на выходе с прокатного стана.

Коэрцитивная сила  $H_c$  стали – один из параметров магнитного гистерезиса, чувствительных к изменениям её структуры, механических свойств, химического состава, а также уровня внутренних и внешних напряжений. Поэтому методы неразрушающего контроля, основанные на измерении коэрцитивной силы стали нашли широкое применение в металлургии и промышленности [2]. Механические свойства стали контролируют разрушающим способом, осуществляя отбора проб и их испытания на растяжение [3]. При этом контролю подвергается мизерный объём стального проката (менее 1%), и зачастую его периферийных участков.

Физической основой метода контроля по коэрцитивной силе временного сопротивления при разрыве, предела прочности, относительного удлинения и сужения является взаимосвязь между прочностью и пластичностью. Дефекты структуры повышают прочностные характеристики стали и её коэрцитивную силу, одновременно снижая пластичность [4,5].

Коэрцитивная сила, определяемая величиной напряжённости внешнего магнитного поля, снижающего до нуля намагниченность материала, предварительно находящегося в состоянии магнитного насыщения. По своей физической природе коэрцитивная сила является мерой сопротивления ферромагнетика размагничиванию, происходящему обычно путем смещения междоменных границ (МГД) или вращения вектора намагниченности. Препятствием смещению МГД могут быть неферромагнитные включения, напряжения, обусловленные дислокациями, градиенты внутренних напряжений, границы зёрен и другие неоднородности и дефекты. Соответственно отсутствие перечисленных дефектов в стали, должно сопровождаться изотропностью её магнитных свойств, в частности по коэрцитивной силе.

В то же время, из-за отсутствия общей теории магнитной структуроскопии, приходится искать корреляцию между магнитными параметрами, структурой и механическими свойствами для каждого типа стали. Поэтому актуальным является исследование коэрцитивной силы стального проката для установления корреляционных зависимостей с его механическими свойствами.

В работе приводятся результаты исследования распределения коэрцитивной силы  $H_c$  вдоль поверхности трёх листов из стали СТЗ в состоянии поставки. Размеры всех образцов были одинаковы и составляли 1000x500x3мм.

Измерение коэрцитивной силы, с помощью магнитного структуроскопа КРМ – Ц – К2М производилось вдоль четырёх равноудалённых, параллельных друг другу прямых линий, выделенных на каждом листе. На всех линиях отмечались точки измерения  $H_c$  с интервалом 50мм, в которых измерительный блок прибора КРМ – Ц – К2М располагался вдоль линии, измерялось значение  $H_{c\parallel 1}$ , блок разворачивался на  $180^\circ$ , измерялось  $H_{c\parallel 2}$ . Затем следовало аналогичное измерение  $H_{c\perp 1}$  и  $H_{c\perp 2}$  поперёк выделенных линий, определялось среднее арифметическое значение для  $H_{c\parallel 1}$  и  $H_{c\parallel 2}$ ,  $H_{c\perp 1}$  и  $H_{c\perp 2}$  соответственно. Тем самым сводилось к минимуму влияние намагниченности стали и внешних магнитных полей на результаты измерения.

На рисунках 1 и 2 показано распределение среднего значения коэрцитивной силы  $H_{c\parallel}$  и  $H_{c\perp}$ , измеренной вдоль и поперёк выбранных линий соответственно.

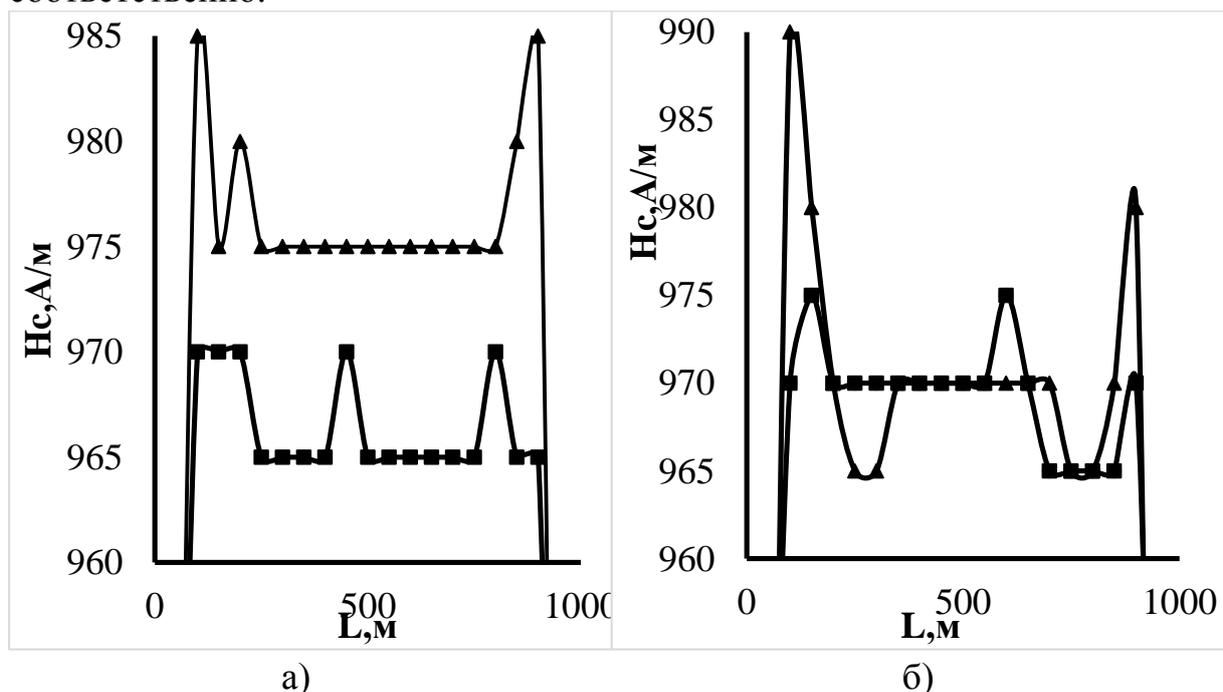


Рисунок 1 Коэрцитивная сила  $H_c$  стальных листов №1 (а) и №2 (б), измеренная вдоль ( $\blacktriangle$ ) и поперёк ( $\blacksquare$ ) выделенных линий

Как видно существуют участки стального листа, где наблюдается изотропность его магнитных свойств (рис.1а) по коэрцитивной силе, а также участки, где величина и знак анизотропии коэрцитивной силы  $\Delta H_c = H_{c\parallel} - H_{c\perp}$  изменяются (рис.1.б). Эти отличия  $H_{c\parallel}$  и  $H_{c\perp}$  могут быть вызваны наличием внутренних напряжений в стали.

Применение магнитного метода контроля прочности сталей позволит выявить их области, где необходимо отбирать образцы для механических испытаний. В ходе проведения магнитного контроля не требуется подготовки контролируемой поверхности. Имеется возможность разработки автоматизированного комплекса для поточного контроля прочности стали на сталелитейных предприятиях.

### **Заключение**

Проведены измерения коэрцитивной силы  $H_c$  стальных листов СТЗ вдоль двух взаимно перпендикулярных направлений; обнаружены участки, где анизотропия  $H_c$  стали изменяет свой знак, что может быть обусловлено неоднородностью её структуры и внутренних напряжений, а также условиями проката, и неравномерностью охлаждения в ходе термической обработки.

### **Библиографический список**

1. Диагностика мест повышенной разрушаемости трубопровода / Ю. И. Важенин, М. С. Бахарев, С. М. Кулак, К. Р. Муратов. – Москва: ООО «Недра – Бизнесцентр», 2006. – 200 с.
2. ГОСТ 304150 – 96 Сталь. Неразрушающий контроль механических свойств и микроструктуры металлопродукции магнитным методом. – Введён 1998 – 01 – 01. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2005. – 17 с.
3. ГОСТ 1497–84 Металлы. Методы испытаний на растяжение. – Введен 1986 – 01 – 01. – Москва: Стандартинформ, 2008. – 26 с.
4. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. / Под общ. Ред. В. В. Клюева. Т. 6, Кн.1: Магнитные методы контроля / В. В. Клюев, В. Ф. Мужичкий, Э. С. Горкунов, В. Е. Щербинин. – Москва: Машиностроение, 2004. – 832 с.
5. Матюк, В. Ф. Контроль структуры, механических свойств и напряжённого состояния ферромагнитных изделий методом коэрцитиметрии / В. Ф. Матюк, В. Н. Кулагин // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2010. – №3. – С. 1-14.

Научный руководитель: Новиков В.Ф., д.ф.-м.н., профессор.

### **Лесопильное оборудование 21 века**

*Зернина Ю.С., Черняева А.Н., Хабарова Е.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Пиломатериалы востребованы во многих сферах – от производства деревянных домов и строительных элементов (дверей, окон, покрытий для пола) до изготовления мебели, аксессуаров и посуды. Поэтому бизнес по производству заготовок древесины очень перспективен.

В первой очереди по обработке древесины стоит лесопильное оборудование. После валки дерева оно отправляется на лесопилку, где, благодаря определенным технологическим операциям, из него получают нужную заготовку, будь то горбыль, брус, обрезная или не обрезная доска и пр. Для этого на деревообрабатывающей линии стоят совершенно разное оборудование – от пилорамы до транспортного конвейера.

Для начала, свежеспаленный ствол дерева обрабатывают на окорочном станке, обрабатывая древесину для лесопильных рам и удаляя кору.

После, заготовку обрабатывают на разных станках, в зависимости от того, какой продукт нужен на выходе.

Для получения обрезной доски используют кромкообрезной станок. Он прекрасно справляется с обрезкой подготовленный не обрезной материал и выполняет его продольный раскрой.

Для того, что бы получить обрезную доску из трех / четырех кантного бруса используют ленточно-делительный станок.

К станкам второй очереди относится станок многопильный, распилка материала производится благодаря круглым пилам, он необходим для продольного распиливания бруса на доски с определенной, заданной толщиной.

Для изготовления бруса и обрезных досок часто используют один из самых распространенных видов лесопильного оборудования – пилорамы радиального распила. Они так же прекрасно справляются с продольным распиливанием бревна с заданной толщиной.

Но, даже пилорамы для радиального распила уступают по популярности другому виду оборудования – ленточным пилорамам. Они бывают горизонтального или вертикального видов. Их используют для продольной пилки древесины любой породы, изумительно подходят для изготовления брусков и досок при минимальных отходах.

Если нужно распилить бревна с большим диаметром, то пользуются тяжелой брусочной пилорамой.

Если распиливается на брус и доску древесина короткомерная только невысокого качества, то лучше всего использовать однодисковую пилораму.

Реброво – горбыльный станок используется на лесопильных производствах с большими объемами обработки древесного материала. С помощью него из горбыля получают как бруски любого сечения, так и обрезные доски.

Фрезерно-брусующий станок, благодаря своему спаренному фрезерному узлу, производит за один проход и необрезной материал и двухкантный брусок.

Рамная пила – хоть уже и устаревшее, но все еще использующийся тип деревообрабатывающего оборудования. Она пилит бруски на доски, рейки или бруски меньшего размера, а бревна на доски или брусок.

**Вывод:** Решающее значение для освоения новых приемов труда даже при изготовлении традиционной продукции будут иметь два фактора: усиление требований к качеству изделий и стремление к рациональному использованию древесины.

Проблема дереворежущих инструментов, вне зависимости от новых способов резания древесины, будет, очевидно, разрешаться в двух взаимосвязанных направлениях: создание новых видов инструментов на основе более глубоких знаний свойств древесины и новых конструкционных материалов (сталей, сплавов и др.).

#### Библиографический список

1. Щеглов, В.Ф. Лесопильное производство России вчера, сегодня, завтра / В. Ф. Щеглов // Деревообраб. пром-сть. - 2001. – № 4. – С. 5 – 7.
2. Виллистон, Э. Производство пиломатериалов / Э. Виллистон; пер. с англ. – Москва: Лесн. пром-сть, 1981. – 384 с.
3. Янушкевич, А. А. Раскрой бревен на радиальные пиломатериалы / А. А. Янушкевич, С. В. Шетько // Труды БГТУ. – Сер. II, Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Минск: БГТУ, 1998. – Вып. VI. – С. 94-99.

Научный руководитель: Остапенко М.С., канд. техн. наук, доцент.

### **Инновационный подход к совершенствованию логистических систем в регионах Крайнего Севера**

*Ильдеркина К.Е., Метлев А.Ю.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Россия обладает комплексной минерально-сырьевой базой, которая содержит едва ли не все виды полезных ископаемых. Мощной сырьевой базой и гарантом энергетической безопасности государства на многие годы вперед выступает территория Крайнего Севера.

На территориях Крайнего Севера сосредоточены колоссальные запасы углеводородов, занимающие ведущее место в экспорте страны и определяющие стратегию ее развития. Месторождения полезных ископаемых в российской Арктике представлены на рисунке 1[1].

Поскольку экономика регионов Крайнего Севера специализируется на добыче полезных ископаемых, существует необходимость обеспечения завозов материально-технического оснащения в малоосвоенные районы Крайнего Севера и вывоза добываемых природных ресурсов. Отмеченные территории находятся в малоосвоенных районах Крайнего Севера, а большая часть территорий Северных районов имеет сезонную транспортную доступность. В основном, грузы перевозятся речным транспортом в период с июня по сентябрь, а ледовые переправы и автозимники доступны с

января по апрель, однако часть территорий не имеет наземного транспортного сообщения, что определяет отсутствие альтернативы при выборе вида перевозок [2].



Рисунок 1. Месторождения полезных ископаемых в регионах Крайнего Севера

Сегодня одним из самых обособленных и труднодоступных регионов мира в транспортном отношении остается Якутия, поскольку 90% территории не имеет круглогодичного транспортного сообщения. Транспорт в Якутии участвует в проведении северного завоза и поддерживает снабжение стратегически важных отраслей экономики – предприятий горнодобывающей промышленности [3].

Инфраструктура Якутии отличается сложной транспортной схемой по причине сезонности и дороговизны транспорта. Дешёвым круглогодичным транспортом располагает только юг республики. Весь север Якутии находится на сезонном обеспечении грузами или используется авиационный вид транспорта.

Преодоление транспортной изолированности северных районов Якутии возможно при внедрении новых транспортных средств, способных работать в условиях сурового климата. Дирижабли могут стать решением логистических проблем Якутии. Дирижабли обладают такими свойствами как большая грузоподъемность при дешевизне перевозок и дальности беспосадочных перелетов. Однако низкая маневренность при полете, трудности при причаливании, сложность и высокая стоимость хранения и обслуживания не позволяли говорить о широком применении дирижаблей при создании опорной транспортной сети северного региона.

Данную проблему можно решить при помощи новой конструкции, соединяющей в себе преимущества мультикоптера и дирижабля. Такая модель будет обладать большей маневренностью как в полете, так и во время стоянки за счет изменения скорости вращения винтов. Жесткий несущий

корпус позволит в значительной мере расширить погодный диапазон использования. Кроме того, летательный аппарат способен вертикально взлетать и садиться, а также удерживаться на ровной площадке. Модель летательного аппарата представлена на рисунке 1.2.

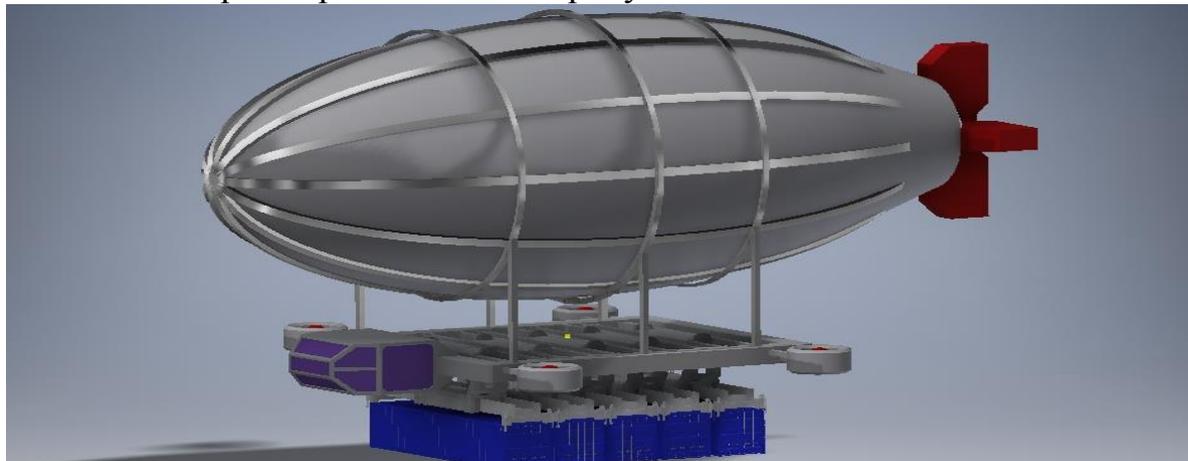


Рисунок 2. Модель летательного аппарата

Интенсивное освоение уникальных природных ресурсов региона становится невозможным без формирования новых транспортных коридоров. Строительство дирижаблей может решить проблему малоразвитой транспортной инфраструктуры северных территорий. Для развития дирижаблестроения можно воспользоваться уже созданными в России проектами и начать почтовые перевозки с опорой на сеть аэродромов местной авиации, в перспективе возможно создание крупных грузовых дирижаблей. Использование данного вида транспорта может дать мощный толчок к освоению Арктической зоны Российской Федерации.

#### Библиографический список

1. Татаркин, А. И. Пространственное освоение РФ: Стратегические приоритеты социально-экономического развития северных, полярных и арктических территорий / А. И. Татаркина [и др.] // Стратегия морской деятельности России и экономика природопользования в Арктике: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Мурманск, 2012.– С. 38-54.
2. Проблемы добычи нефти и газа в условиях Крайнего Севера / Н. С. Картамышева [и др.] // Молодой ученый. – 2015. – № 13. – С. 845-848.
3. Экономические показатели региона [Электронный ресурс] // Инвест Якутия. – Режим доступа: <https://investyakutia.com/pages/12>.

Научный руководитель: Стариков А.И., старший преподаватель.

## **Влияние pH водно-солевого раствора на скорость контактной коррозии теплообменного оборудования**

*Калимуллина Э.Р., Латыпова Д.Р.*

*Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа*

Большинство технологических процессов нефтеперерабатывающей промышленности применяет нагрев исходного сырья, а также используемых при его переработке реагентов, растворителей, катализаторов и др. При этом получаемые в результате такого процесса целевые продукты или полуфабрикаты обычно требуют охлаждения до температуры, при которой возможна их конденсация, хранение или транспорт [1]. Процесс охлаждения традиционно осуществляется в теплообменных аппаратах. В связи с разнообразием требований, предъявляемых к теплообменным аппаратам, которые вызваны эксплуатационными условиями, аппараты конструируют различных конструкций и типов. Для аппаратов каждого типа выделяют значительный ряд размеров поверхности теплообмена [2]. Теплообменники также различаются по допускаемым давлениям и температурам рабочей среды. Кроме этого, очень важен правильный выбор материала, из которого изготовлены детали конструкции теплообменного аппарата.

Контактная коррозия оказывает значительное влияние на работоспособность теплообменного оборудования. Она развивается в растворах электролитов при контакте металлов, обладающих различными электрохимическими свойствами, например, в системах «углеродистая сталь - нержавеющая сталь», «углеродистая сталь - алюминий (или его сплавы)» и др. [3] Контактная коррозия возникает и при воздействии температуры, которая может быть столь значительна, что на одних участках металла образуются электродные потенциалы пассивной, а на других – активной области. Отсюда следует, что необходимо тщательно продумывать конструкцию оборудования, и таким образом продлить срок эксплуатации металлических объектов.

Чтобы оценить влияние контактной коррозии на срок эксплуатации теплообменного оборудования необходимо определить величину коррозионного тока и разность потенциалов в контактных парах различных конструкционных материалов. Это позволит рассчитать скорость коррозии анодного материала в контактной паре. Для этого провели исследование электрического контакта углеродистой и нержавеющей стали в водно-солевом хлоридном растворе, подкисленном серной кислотой.

Как показали исследования контактной пары углеродистой и нержавеющей стали при уменьшении pH раствора на 2 единицы, разность потенциалов пары изменилась на 21 мВ, что говорит об увеличении скорости коррозии на 0,04 мм/год. Появившееся дополнительное смещение электродного потенциала в анодную область показывает существенное снижение срока эксплуатации теплообменного оборудования, так как ско-

рость коррозии углеродистой стали становится больше допустимой (0,1 мм/год).

Методы защиты от контактной коррозии теплообменного оборудования включают, во-первых, необходимость нейтрализации факторов, определяющих интенсивность развития высокой скорости коррозии, во-вторых, рациональное конструирование (разнородные металлы не следует сочетать электрическим контактом), в-третьих, следует исключить наличие электролита (если это возможно) в местах контакта разнородных металлов. Детали конструкции, выполненные из разнородных материалов, контактирующие между собой, следует изготавливать с дополнительным припуском на толщину с учетом возможного коррозионного растворения. Таким образом, при конструировании теплообменного оборудования необходимо уделять тщательное внимание местам контакта деталей аппаратов из материалов с различными потенциалами.

#### Библиографический список

1. Калимуллина, Э. Р. Предупреждение контактной коррозии теплообменного оборудования в кислородосодержащих минерализованных средах / Э. Р. Калимуллина, Д. Р. Латыпова, О. Р. Латыпов // Современные технологии в нефтегазовом деле – 2017: матер. Междунар. науч.-техн. конф. – В 2-х т. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2017. – Т. 1. – С. 357-359.

2. Калимуллина, Э. Р. Локальная коррозия теплообменного оборудования / Э. Р. Калимуллина, Д. Р. Латыпова // Малоотходные, ресурсосберегающие химические технологии и экологическая безопасность: матер. II Всеросс. науч.-практ. конф. – Уфа: Изд-во «Нефтегазовое дело», 2018. – С. 166-169.

3. Влияние pH солевого конденсата на развитие питтинговой коррозии алюминиевых сплавов / Д. Р. Латыпова, С. Е. Черепашкин, Е. В. Боев, О. Р. Латыпов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2018. – № 4 (114). – С. 73-84. – DOI: 10.17122/ntj-oil-2018-4-73-84.

Научный руководитель: Бугай Д. Е., доктор техн. наук, профессор.

#### **Повышение технологичности альтернативной конструкции узла «труба – трубная решетка» теплообменных аппаратов**

*Кареев М.И., Сахаутдинов Р.Р.*

*Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа*

Ротационная сварка трением является альтернативным способом получения комбинированных соединений. Ее применение требует конструктивного изменения элементов соединений труб с трубными решетками [1]. Особенностью технологического процесса получения комбинированных

соединений труб с трубными решетками в исполнении, представленном на рисунке 1, является использование третьего элемента - приварной втулки, что связано с технологическими особенностями процесса ротационной сварки трением [2].

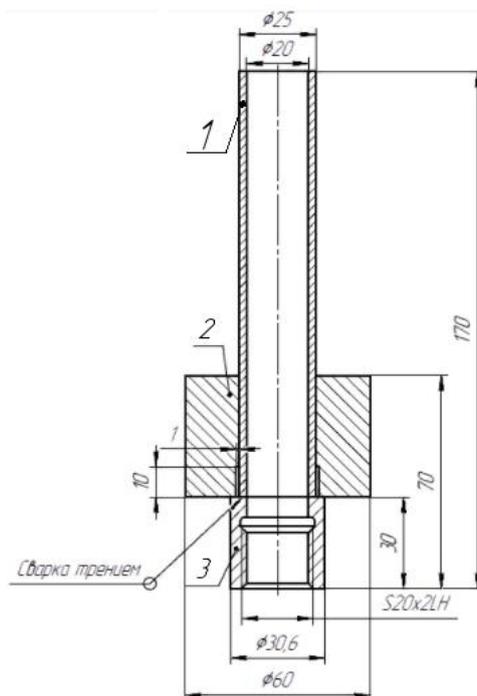


Рисунок 1. Альтернативная конструкция комбинированного соединения «труба – трубная решетка» под сварку трением  
1 – труба; 2 – модель трубной решетки; 3 – приварная втулка

Используемая в данной конструкции приварная втулка содержит внутреннюю резьбу, которая предназначена для соединения с валом и передачи крутящего момента. Наличием внутренней резьбы вызваны значительные размеры приварной втулки в продольном направлении, что является одной из главных проблем применения ротационной сварки трением для производства трубных пучков теплообменных аппаратов. Эту проблему можно сформулировать следующим образом: «Что делать с приварной втулкой после завершения процесса сварки трением?».

Из-за своих размеров приварную втулку невозможно оставить в виде элемента комбинированного соединения «труба – трубная решетка», поскольку ее выступ не входит в допустимые пределы по вылету трубы.

Однако, выступ приварной втулки является неизбежным последствием ротационной сварки трением. При этом, нормативно-технической документации, регламентирующей требования к технологии крепления труб к трубным решеткам способом сварки трением, не существует. Поэтому необходимо стремиться к уменьшению выступа приварной втулки, добиться которого можно за счет уменьшения ширины приварной втулки.

Решением вышеописанной проблемы может стать уход от резьбового соединения и переход к шлицевому соединению приварной втулки с ва-

лом. Применение шлицевого соединения позволит уменьшить ширину приварной втулки, в сравнении с резьбовым соединением, а также позволит снизить расход металла при производстве приварных втулок, что особенно актуально при работе с дорогостоящими сталями (рисунок 2).

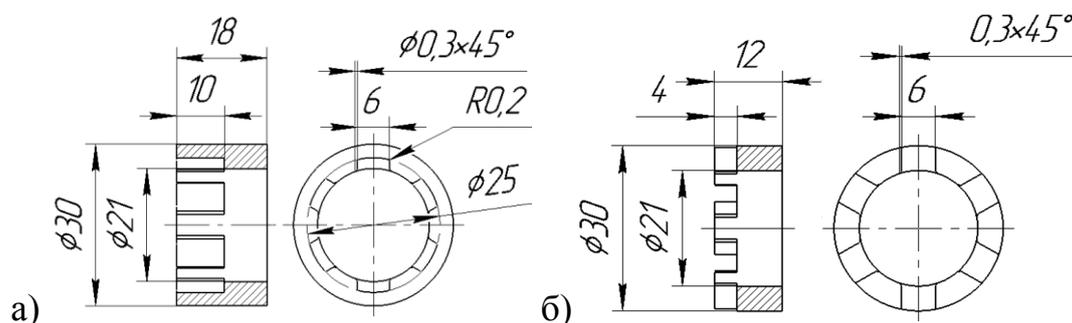


Рисунок 2. Чертеж приварной втулки

а – с пазами на внутренней поверхности; б – со сквозными пазами

Конструкция приварной втулки со сквозными шлицевыми пазами (рисунок 2, б) по сравнению с конструкцией приварной втулки со шлицевыми пазами на внутренней поверхности (рисунок 2, а) является более простой с точки зрения изготовления. Сквозные шлицевые пазы обеспечивают большую площадь контакта, в сравнении со шлицевыми пазами на внутренней поверхности, за счет чего ширину приварной втулки можно еще уменьшить.

Размеры на рисунке 2 подобраны с учетом условия прочности по допускаемым напряжениям смятия в процессе сварки трением (от действия крутящего момента и осевого усилия). В результате расчетов были определены основные параметры шлицевого соединения такие, как число зубьев, рабочая высота зубьев и рабочая длина соединения (таблица 1) [3].

Таблица 1

Параметры соединений приварной втулки и вала

Тип соединения	Число зубьев, шт.	Рабочая высота зубьев, мм	Рабочая длина соединения, мм	Ширина приварной втулки, мм
Резьбовое соединение	-	-	-	30
Шлицевое соединение, с пазами на внутренней поверхности	6	1,5	10	18
Шлицевое соединение, со сквозными пазами	6	4	4	12

Данные представленные в таблице 1, наглядно свидетельствуют о том, что применение шлицевого соединения позволит снизить ширину приварной втулки. Если сравнивать конкретные значения, то шлицевое соединение с пазами на внутренней поверхности, в сравнении с резьбовым соединением, позволит уменьшить ширину приварной втулки на 12 мм, а шлицевое соединение со сквозными пазами – на 18 мм.

Помимо экономической выгоды в виде снижения расхода металла при изготовлении приварных втулок, применение шлицевого соединения сделает конструкцию приварной втулки более технологичной, как с точки зрения изготовления, так и с точки зрения эксплуатации. Технологичность при изготовлении будет достигаться за счет упрощения процесса изготовления приварных втулок, а при эксплуатации за счет не только упрощения, но и сокращения затрат времени на соединение / разъединение вала и приварной втулки, что особенно актуально при производстве трубного пучка целиком.

#### Библиографический список

1. Пат. 2524468 Российская Федерация, МПК В23К20/12, В23К31/02. Способ соединения узла «труба – трубная решетка» сваркой трением / Д.В. Каретников, Р.Г. Ризванов, А.М. Файрушин, Д.Ш. Муликов, А.Г. Баландина. 2012149757/02; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уфимский государственный нефтяной технический университет" (УГНТУ). – № 2012149757; заявл. 21.11.2012; опубл.27.05.2014, Бюл. № 15.

2. Определение оптимальных геометрических размеров элементов альтернативной конструкции комбинированных соединений труб с трубными решетками / А.С. Токарев [и др.] // Нефтегазовое дело. – 2018. – Т. 16., № 1. – С. 92-101.

3. Пантелеев, В. Ф. Расчеты деталей машин: учеб. пособие. 3-е изд., доп. / В. Ф. Пантелеев – Пенза: ПГУ, 2005. – 164 с.

Научный руководитель: Каретников Д.В., канд. техн. наук, доцент.

#### **Снижение скорости коррозии оборудования теплоснабжения, горячего водоснабжения и котельного оборудования**

*Коротков К.Е., Сагадеев А.Г., Латыпов О.Р.*

*Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа*

На данный момент, оборудование теплоснабжения, горячего водоснабжения и котельного оборудования, используют для обеспечения тепла зданий и сооружений. Основным материалом трубопроводов, транспортирующих воду, является углеродистая сталь и чугун, за счет их дешевизны и практичности. Однако оборудование, изготовленное из таких материа-

лов, подвергается коррозии [1-2]. За счёт наличия продуктов коррозии на поверхности материала оборудования происходят большие потери тепла при его работе, а также выход из строя циркуляционных насосов.

Кислород и диоксид углерода, которые содержатся в подпиточной воде систем теплоснабжения, участвуют в процессе деполяризации на катодном участке металла, что приводит к увеличению скорости локальной коррозии. Образующиеся питтинги и язвы могут привести к аварийному выходу оборудования из строя [3-4]. При образовании продуктов коррозии на внутренней поверхности оборудования затрудняется теплообмен между нагревательным оборудованием и технологической средой, что вызывает повышенный расход газа для достижения заданных параметров работы системы. Неравномерное распределение накипи, образующейся при работе системы отопления, а также механические примеси и осадкообразующие вещества способствуют возникновению анодных и катодных участков, при котором происходит растворение анодных участков в электропроводящей среде [5].

На данный момент на всех котельных установках используется катионитный фильтр, работа которого основана на восстановлении ионов накипеобразователей и создании легкорастворимых соединений натрия, таких как гидрокарбонат натрия, хлорид натрия. Ионы кальция и магния переходят в катионит, замещая натрий.

Качество воды, применяемой в котлах для подпитки системы очень важно для продления эффективного срока службы оборудования теплоснабжения. Ионы кальция и магния являются ионами накипеобразователями. Недостаточная подготовка воды при работах на котельной установке приводит к образованию накипи внутри котла и на поверхности арматуры. Подготовленной считается вода, жесткость которой не превышает 1,0-1,5 мг-экв/л. Для поддержания необходимого уровня жесткости рабочей и подпиточной воды необходим постоянный контроль свойств теплоносителя.

В некоторых экстренных случаях при необходимости оперативной очистки системы теплоснабжения от отложений применяется способ отмывания растворами кислот и щелочей. Данный способ позволяет в оперативном порядке удалить всю накипь с поверхности оборудования. Однако недостатками данного метода являются необходимость циркуляционной установки из коррозионностойкого материала (стойкого к воздействию кислот и щелочей), наличие очищающих реагентов, повышенные требования к технике безопасности в связи с применением кислот и щелочей, сокращение срока эксплуатации оборудования вследствие значительной коррозии под действием кислот и щелочей во время отмывки. После завершения отмывки остатки кислот не удается полностью удалить с отмываемых поверхностей, поэтому скорость коррозии металла увеличивается.

Таким образом, предотвращение накипеобразования и замедление коррозионных процессов позволяет достичь уменьшения энергозатрат за счёт более гибкой работы оборудования, поддержания температуры на за-

данном уровне без резких скачков. При поддержании поверхности теплообмена в чистом виде ожидается снижение энергопотребления до значений, зарегистрированных в первые годы эксплуатации системы.

Основными способами защиты оборудования теплоснабжения являются: подготовка воды, применение ингибиторов коррозии и солеотложения, а также применение деаэраторов. Подготовка воды является важным процессом и начальным этапом для работы самой системы, в котором применяют катонный фильтр, с целью уменьшения образования накипи (образование растворимых карбонатов и гидрокарбонатов), что приводит к защите от коррозии, а также сохранение защитной пленки на металлических поверхностях.

При использовании ингибиторов происходит замедление скорости коррозии. Применяют разные виды ингибиторов коррозии. Если в системах теплоснабжения отсутствует водоподготовка применяется ингибитор солеотложения, который при нагреве воды в процессе работы системы отопления происходит термический распад присутствующих в ней гидрокарбонат-ионов с образованием карбонат-ионов [6].

Применение деаэраторов в малых системах теплоснабжения (например, отопление зданий), крайне неэффективно в плане затрат на ремонт и обслуживания, поэтому их применяют на заводах и предприятиях, связанных с теплоэнергетикой, нефтью и т.п. В деаэраторе происходит процесс удаления вредных газов (кислород, диоксид углерода) в воде или других жидкостях.

Чтобы оценить кинетику коррозии в оборудовании теплоснабжения провели исследования зависимости скорости коррозии углеродистой стали в системах теплоснабжения от давления и температуры. Для этого разработали специальный лабораторный стенд, который представляет собой замкнутую отопительную систему. В качестве подготовленной среды использовали дистиллированную воду (рН=7). Во внутреннее пространство стенда помещали металлические образцы-свидетели, которые выдерживали в нем 168 часов. Испытания проводили при температуре воды 50 °С и давлении 1, 2 и 3 атм. Результаты исследования показали, что при повышении давления в стенде до 2 атм. скорость коррозии снизилась на 31,6%, а при 3 атм. на 37,8%.

Можно сделать выводы, что при создании избыточного давления, концентрация растворённого в ней кислорода и диоксида углерода уменьшается (вода является не сжимающей жидкостью, а газы кислорода и диоксида углерода малорастворимые), тем самым уменьшается процесс деполяризации на катодных участках.

#### Библиографический список

1. Сагадеев, А. Г. Защита теплофикационного оборудования от коррозии / А. Г. Сагадеев, О. Р. Латыпов, Д. Е. Бугай // Наука. Технология.

Производство - 2017. Прикладная наука как инструмент развития нефтехимических производств: матер. Междунар. науч.-техн. конф. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2017. – С. 242-244.

2. Калимуллина, Э. Р. Локальная коррозия теплообменного оборудования / Э. Р. Калимуллина, Д. Р. Латыпова // Малоотходные, ресурсосберегающие химические технологии и экологическая безопасность: матер. II Всеросс. науч.-практ. конф. – Уфа: Изд-во «Нефтегазовое дело», 2018. – С. 166-169.

3. Калимуллина, Э. Р. Предупреждение контактной коррозии теплообменного оборудования в кислородосодержащих минерализованных средах / Э. Р. Калимуллина, Д. Р. Латыпова, О. Р. Латыпов // Современные технологии в нефтегазовом деле – 2017: матер. Междунар. науч.-техн. конф. – В 2-х т. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2017. – Т. 1. – С. 357-359.

4. Формирование противокоррозионных пленок на металле нефтепромыслового оборудования методом поляризации технологических жидкостей / Н. Н. Скуридин, Д. Р. Латыпова, М. Ю. Печенкина [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2018. – №5. – С. 84-86.

5. Латыпова, Д. Р. Изучение влияния температуры хлоридного раствора на развитие питтинговой коррозии нержавеющей стали / Д. Р. Латыпова, О. Р. Латыпов, Д. Е. Бугай // Актуальные проблемы освоения месторождений нефти и газа приарктических территорий России: матер. Всеросс. науч.-практ. конф. – Архангельск: САФУ, 2018. – С. 125-127.

Научный руководитель: Латыпов О.Р., доктор техн. наук, профессор.

### **Разработка концепции системы промышленного мониторинга на машиностроительном производстве**

*Косогина И.М.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

За последние десятилетия в мировой экономике ускорение темпов научно-технического развития приводит к повышению скорости обновления продукции и привыканию потребителей к новинкам. Для того чтобы насытить рынок востребованным товаром в кратчайшие сроки, предприятия стремятся к значительному сокращению жизненного цикла продукта.

В сторону сокращения жизненного цикла производимых продуктов направлено проектное управление наблюдаемых процессов и явлений. Как правило, задержка проекта на стадии разработки продукта ведет к потерям потенциальной прибыли.

К радикальным изменениям в жизненном цикле продукции привела автоматизация проектирования и производства. Управление техническими данными эффективнее рассматривать с позиции слаженного взаимодействия подразделений, уровня интеграции систем, строгого соблюдения графиков выполнения работ, оптимизации процессов на стыке программных сред.

В настоящее время функциональность отдельно взятой программы автоматизированного проектирования недостаточно конкурентоспособна для проектной организации. Для получения максимального результата необходимо создание единого информационного пространства, обеспечивающего управление создаваемыми данными и существующей информацией.

Говоря о промышленных технологиях, на сегодняшний момент, так или иначе, обсуждается тема четвертой промышленной революции. Промышленная концепция «Индустрия 4.0» - это глобальная, сложная, многоуровневая организационно-техническая система, основанная на интеграции в единое информационное пространство физических операций и сопутствующих процессов [1].

Одним из примеров концепции является единое цифровое пространство промышленности. Такое пространство способно обеспечить всестороннюю автоматизацию на протяжении всего этапа жизненного цикла продукта на промышленных предприятиях в рамках одной площадки. Одной из составляющей для автоматизации управления жизненным циклом изделия используют программное обеспечение – компьютерные системы управления информацией об изделии, ресурсах предприятия, сопутствующих процессах.

В роли прикладного программного обеспечения для управления жизненным циклом продукции выступает PLM-система. Система позволяет осуществлять контроль над производством характерных явлений, процессов производства изделий, конечным результатом и других характерных возможностей представленных на рисунке 1[2].



Рисунок 1. Возможности PLM-системы

На практике частичное использование предприятиями PLM-системы позволяет сократить сроки производства изделия в полтора раза и приводит к уменьшению затрат на 50 – 80%.

Использование такого рода системы – это громоздкое решение, которое потребует больших вложений и может привести к усложнению процесса производства. В качестве альтернативы можно обратить внимание на базовую типовую разработку, которую можно развивать в любую сторону.

Такая разработка делает систему управления более гибкой, ориентированной на постоянную оптимизацию процесса, повышение качества конечного результата и удовлетворение потребностей и желаний заказчика.

Таким образом, при выборе системы и её внедрении на предприятия предлагается придерживаться следующих критериев:

- пожелания к системе должны быть высказаны максимальным количеством её будущих пользователей;
- процесс создания системы лучше начинать с простых и понятных функций, с последующим добавлением необходимых дополнительных настроек с минимальными затратами;
- внедрение системы приоритетно рассматривать поэтапно с целью быстрого получения практической пользы и возможностью оценить эффективность тех или иных функций;
- внедрение системы следует планировать с последующим согласованием конечного результата на различных этапах.

#### Библиографический список

1. 6 составляющих Industry 4.0 [Электронный ресурс] // Технологии и системы управления в металлообрабатывающей промышленности. – Режим доступа: <http://www.plm.pw/2016/09/The-6-Factors-of-Industry-4.0.html>
2. Лихачев, М. В. Управление структурой изделия в PLM-системах / М. В. Лихачев // Решетневские чтения. – 2014. – № 18. – С. 262-264.

Научный руководитель: Стариков А.И., старший преподаватель.

#### **Применение технологии топологической оптимизации на этапе проектирования изделий.**

*Кузьмин М.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Главная из основных научных и технических проблем современного машиностроения – это решение задачи затрат материальных, трудовых и энергетических ресурсов при проектировании. Одним из решений уменьшения использования материальных ресурсов является применение передовых разработок науки и техники.

Широкое использование систем автоматизированного проектирования способствует более быстрому способу решения конструкторских и

технологических проблем на этапе проектирования. Так же сейчас набирает популярность такой вид моделирования как генеративный дизайн или топологическая оптимизация. Использование топологической оптимизации позволяет существенно изменить конструкцию детали, с сохранением всех ее конструкторских и технологических свойств.

Для реализации топологической оптимизации было принято решение использовать продукт Autodesk Inventor со встроенным в него модулем оптимизации – генератор форм. Генератор форм позволяет автоматически сгенерировать оптимальную форму детали, исходя из заданного пользователем набора закреплений, нагрузок и прочих граничных условий.

Можно использовать Генератор форм для исследования проектных возможностей на раннем этапе проектирования, и для оптимизации формы и веса уже спроектированных деталей.

В настоящее время ни для кого не секрет, что в современном мире, когда технологии стремительно меняют как повседневную жизнь, так и область промышленного производства, одной из ключевых задач для предприятий становится выпуск более качественной и конкурентоспособной продукции. При этом требования к отдельным узлам и агрегатам, в том числе и достаточно ответственным, со временем могут только расти. Так, например, это характерно для аэрокосмической, автомобильной, железнодорожной и в целом транспортной индустрии, где требования облегчения изделия по массе при сохранении прежних прочностных характеристик достаточно важны.

В качестве исходных данных было принято решение реализовать функционал программы на примере оптимизации конструкции приварной скользящей и неподвижной опоры 1020У-125 ОСТ 34-10-616-93 для диаметра трубы 1020 мм. Внешний вид опоры представлен на рисунке 1, 3D модель построена в Autodesk Inventor. Следующим этапом в проектировании усовершенствованной конструкции данной опоры это анализ напряжений при рабочих нагрузках. По ОСТ 34-10-616-93 рабочая нагрузка давления на опору равняется 315 кН. Прежде чем произвести анализ напряжения необходимо задать ограничивающие условия. В данной опоре фиксированной геометрией будет основание опоры, которое необходимо монтажа опоры. Так же необходимо задать материал, используемый для изготовления опоры, в данном случае в роли материала выступает сталь марки 09Г2С.

После определения ограничивающих условия необходимо запустить процесс анализа напряжений при рабочей нагрузке. Результаты анализа представлены на рисунке 1, на рисунке отображено значение максимального напряжения поверхности, к которой приложена нагрузка.

Исходные данные при генерации формы является масса объекта. Масса опоры до генерации формы составляет 140 кг, параметр уменьшения массы задается пользователем, в данном случае параметр сокращения массы выставлен на 40%, то есть ориентировочная масса изделия будет со-

ставлять порядка 84,2 кг. Результат генерации формы представлен на рисунке 2. На рисунке изображен результат в виде сетки, где программа дает нам рекомендации по удалению материала.

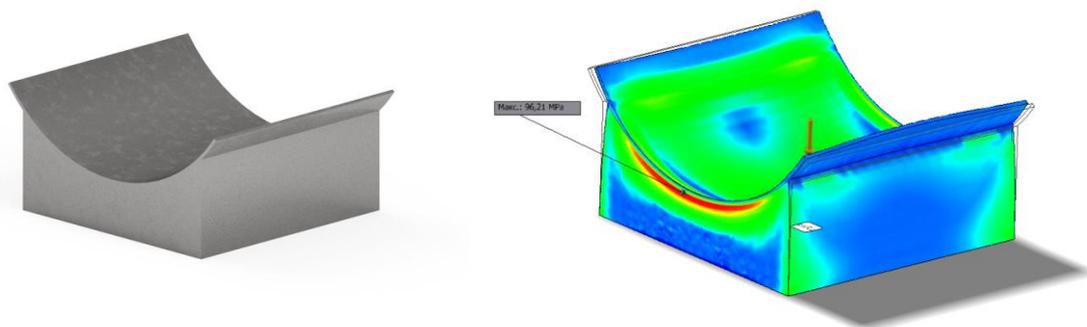


Рисунок 1. 3D модель и результаты нагрузок на опору

Исходная масса: 140 кг  
Создать массу: 84,2 кг  
Уменьшение массы: 40%

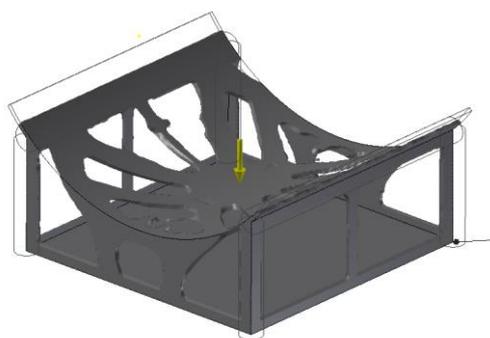


Рисунок 2. Результат операции - генерация формы

Полученный данные имеют рекомендательный характер, результаты расчетов необходимо использовать для оптимизации конструкции опоры при проектировании. Оптимизированная геометрия формы опоры представлена на рисунке 3.

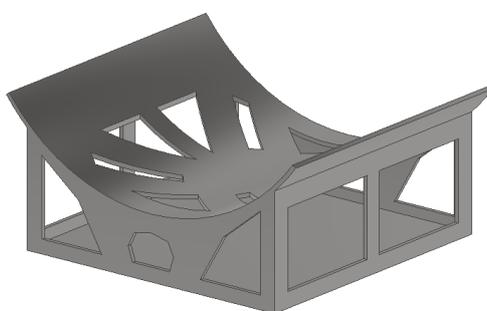


Рисунок 3. Оптимизированная модель опоры

Таким образом, получаем модель опоры, которая на 40% легче, чем базовая версия. Данный способ оптимизации позволяет на порядок снизить расход материала, используемого для изготовления при этом сохраняя все свои конструкционные свойства.

#### Библиографический список

1. Зиновьев, Д. В. Проектирование в Autodesk Inventor / Д. В. Зиновьев. – Москва: Издательские решения, 2015. – 457с.

Научный руководитель: Стариков А.И., старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения»

### **Влияние длительной эксплуатации на механические свойства стали 09Г2С**

*Локишин А.Д., Антонова Д.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

При проведении диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов рекомендуется определять механические свойства материала, из которого изготовлен сосуд. В паспорте аппарата указывается марка стали и допустимое напряжение для прочностных расчетов. Фактические значения пределов прочности, текучести, относительного удлинения и сужения, а также ударной вязкости материала при различных температурах, как правило, не указываются. При анализе литературы установлено, что в процессе длительной эксплуатации в большей степени меняются характеристики сопротивления усталости и в меньшей степени остальные свойства [1]. В процессе разработки программы диагностирования нефтегазосепараторов из стали 09Г2С объемом 200м<sup>3</sup> рассмотрены методы определения механических свойств сталей при минимальном повреждающем действии на объект контроля. Определение диаграммы вдавливания индентора или диаграммы царапания [2] требует оборудования, выпускаемого по индивидуальным заказам. Для измерения объема валика металла вокруг отпечатка требуется измерять высоту и ширину профиля с погрешностью 1мкм., что достаточно сложно в полевых условиях [3]. Наиболее приемлемым является измерение твердости переносным твердомером статического действия [4] типа УЗИТ и, по согласованию с владельцем объекта диагностирования, определение затрат энергии на сверление отверстия определенного размера. При 10–30 замерах твердости HV<sub>1</sub> на площадке 50·50 мм с последующим пересчетом в HB, стандартное отклонение равно 15–18 ед. Твердость листов разных обечаек колеблется от 144 до 175 HB не выходя за допустимые пределы 120–180

НВ. Твердость плоского дна коррозионных язв глубиной 1,5–7 мм (10–60% толщины стенки) систематически отличается от твердости металла рядом с язвой (проводя измерения на одном листе металла мы исключаем влияние разброса свойств между листами). Разница твердости составляет от 5 до 21 ед. НВ. Разница 15 ед. и более становится значимой при  $\alpha = 0,05$ .

На основании полученных результатов можно сделать выводы: после двадцатилетней эксплуатации нефтегазосепаратора из стали 09Г2С недопустимого изменения твердости и расчетных характеристик прочности не обнаружено. Систематическая разница твердостей плоского дна и металла рядом с язвой требует дальнейшего изучения с привлечением металлографических методов исследования.

#### Библиографический список

1. Демина, Ю. А. Влияние длительной эксплуатации и хранения на механические свойства и механизмы разрушения конструкционных материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.16.01 / Юлия Андреевна Демина; ИМЕТ РАН. – Москва, 2014. – 26с.

2. Диагностика механических свойств материалов по диаграммам индентирования на разных масштабных уровнях / В. М. Матюнин, А. Ю. Марченков, П. В. Волков, А. Н. Демидов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2015. – № 4. – С. 47-52.

3. Матлин, М. М. Методика определения предела текучести углеродистых сталей / М. М. Матлин, Н. Г. Дудкина, Н. Э. Самойлов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2015. – № 4. – С. 53-55.

4. ГОСТ 22761 – 77. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по бринеллю переносными твердомерами статического действия. – Введ. 1979-01-01. – Москва: Изд-во стандартов, 2003. – 11 с.

Научный руководитель: Балина О.В., канд. техн. наук, доцент.

#### **Проектирование оптимальной модели ветрогенератора, для электрификации нефтяных месторождений Тюменской области**

*Лосев Д.Я.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Изучив карту-схему электропередачи энергосистемы Тюменской области рисунок 1.

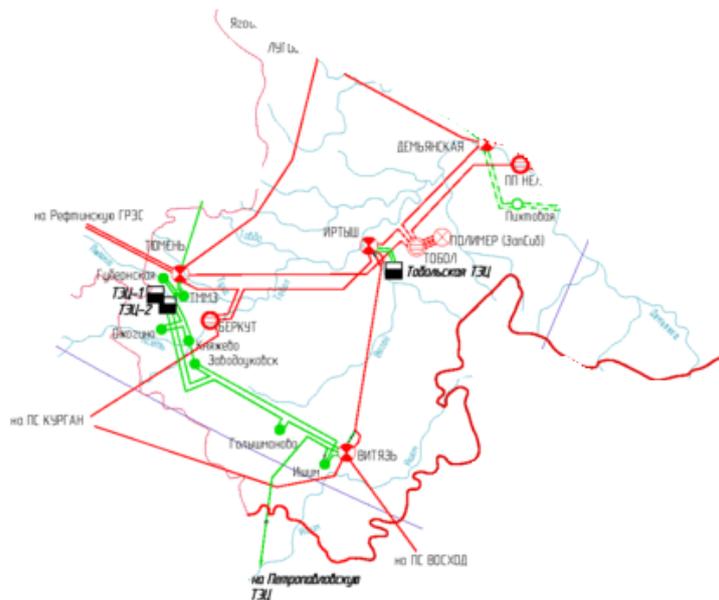


Рисунок 1. Карта энергосистемы

Выявлена проблема электрификации в северо-восточной части области, где находятся около 20-ти нефтяных месторождений рисунок 2.

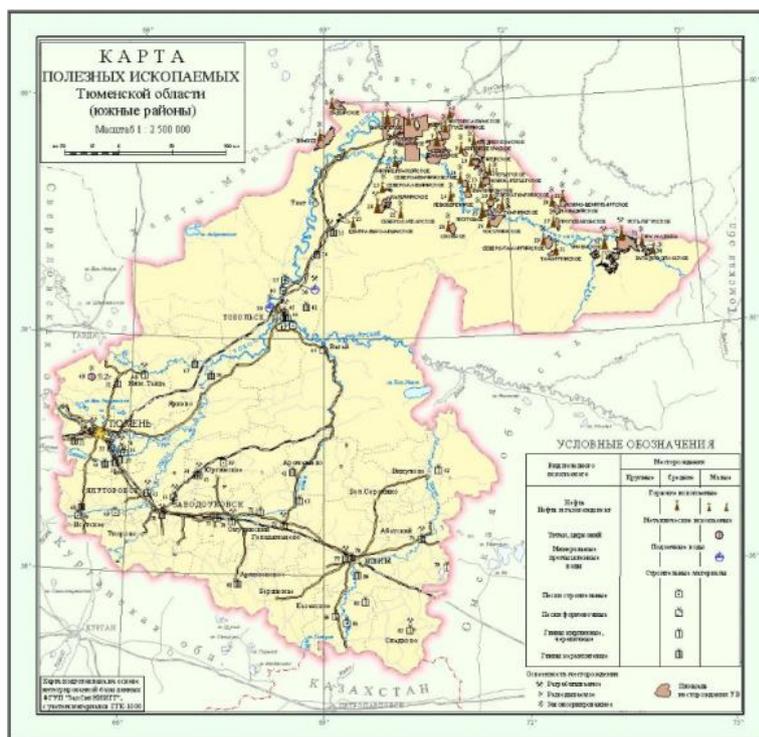


Рисунок 2. Карта полезных ископаемых

Зная, что Тюменская область занимает лидирующие позиции по нефтедобычи в стране и от работоспособности прилегающих к ней месторождений зависит инфраструктура страны, но проблема электрификации снижает темп и качество добычи нефтяных ресурсов.

Достоинства и недостатки ветрогенераторов приведены в таблице 1.

### Параметры ветрогенераторов

Ветрогенераторы		
	Вертикальная ось вращения	Горизонтальная ось вращения
Устойчивость	+	-
Требовательность к техническому обслуживанию	-	+
Необходимость ориентации на ветер	-	+
Запуск при малых порывах ветра	+	-
Устойчивость к низким температурам и их перепадам	+	-
Простота в обслуживании	+	-
Дешевизна постройки	+	-
Тени и отрицательный визуальный эффект	-	+
КПД	20-25%	30-35%

Для реализации этой идеи подойдут ветрогенераторы с вертикальной осью вращения. В ходе поиска решения проблемы была сконструирована модель, которая оптимизирована под условия крайнего севера.

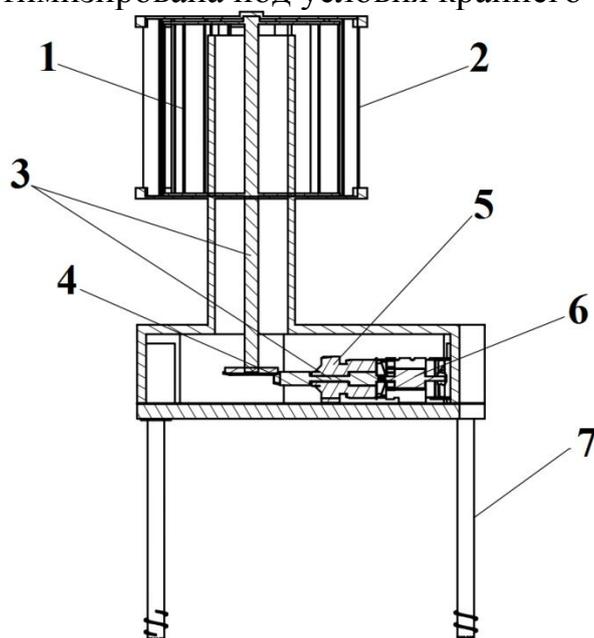


Рисунок 3. Схема Ветрогенератора

- 1) Лопасты 2) Закрылки 3) Вал  
 4) Коническая передача (С придаточным отношением 5 бр) 5) Редуктор с планетарным механизмом (СИН72.000 С придаточным отношением 7.286 бр) 6) Генератор переменного тока (ГС-100-Б-КМ) 7) Винтовые сваи

Скелет ветрогенератора будет изготовлен из двутавров (ГОСТ 2602-83;Размером 50В2),которые в свою очередь будут обшиты титановыми пластинами. Это существенно позволит удешевить конструкцию. Ветрогенератор будет монтироваться посредством ввинчивания винтовых свай в грунт и наращивания на них фундамента.

#### Библиографический список

1. Безруких, П. П. Ветроэнергетика: Справочное и методическое пособие / П. П. Безруких. - Москва: Энергия, 2010. - 665 с
2. Земсков, В. И. Возобновляемые источники энергии в АПК: Учебное пособие / В. И. Земсков. - Москва: Лань, 2014. - 368 с.
3. Гребенкин, В. З. Техническая механика : учебник и практикум для СПО / В. З. Гребенкин, Р. П. Заднепровский, В. А. Летягин ; под ред. В. З. Гребенкина, Р. П. Заднепровского. — Москва: Издательство Юрайт, 2018. — 390 с.

Научный руководитель: Кокорин И. Н., ассистент.

#### **Влияние наплавки баббита Б83 на структуру основы из материала той же марки**

*Лысова О.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Для исследования влияния наплавки баббита на структуру основного материала было изготовлено два образца из баббита марки Б83. Наплавка осуществлялась аргонодуговым способом баббитовой проволокой Ø3 мм той же марки при температуре +150°C.

С целью выявления влияния наплавки просматривалась микроструктура материала баббита, а также проводился замер твердости наплавленного слоя и материала основы.

Твердость замерялась на образце методом Бринелля. Твердость основы и наплавленного слоя однородна и составляет  $d_{отп}=3,3$  мм, что согласно статистическим данным соответствует HRC 28,4 и удовлетворяет требованиям ГОСТ 1320-74 (по ГОСТ задается 27-30 HRC).

Микроструктура основного материала баббита Б83 просматривалась при увеличении до  $\times 200$ , состоит из  $\alpha$ -твердого раствора и крупных включений кубических кристаллов  $\beta$ -фазы (SnSb) и мелких кристаллов  $\gamma'$ -фазы ( $Cu_3Sn$ ) – характерна для данного материала, рисунок 1.

Микроструктура наплавленного баббита отличается более мелким размером включений  $\beta$ -фазы и упорядочиванием в виде вытянутых прослоек интерметаллидной  $\gamma'$ -фазы, расположенных в  $\alpha$ -матрице, рисунке 2.

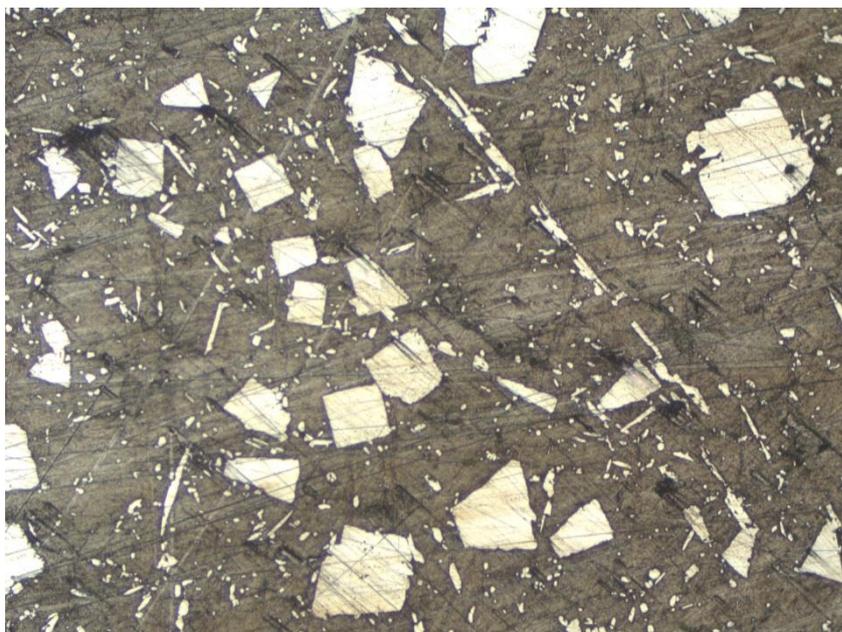


Рисунок 1. Микроструктура основы, x100

На границе «основной материал – наплавленный материал» просматривается четкая линия раздела, микроструктурных изменений основного материала в месте наплавки не выявлено.

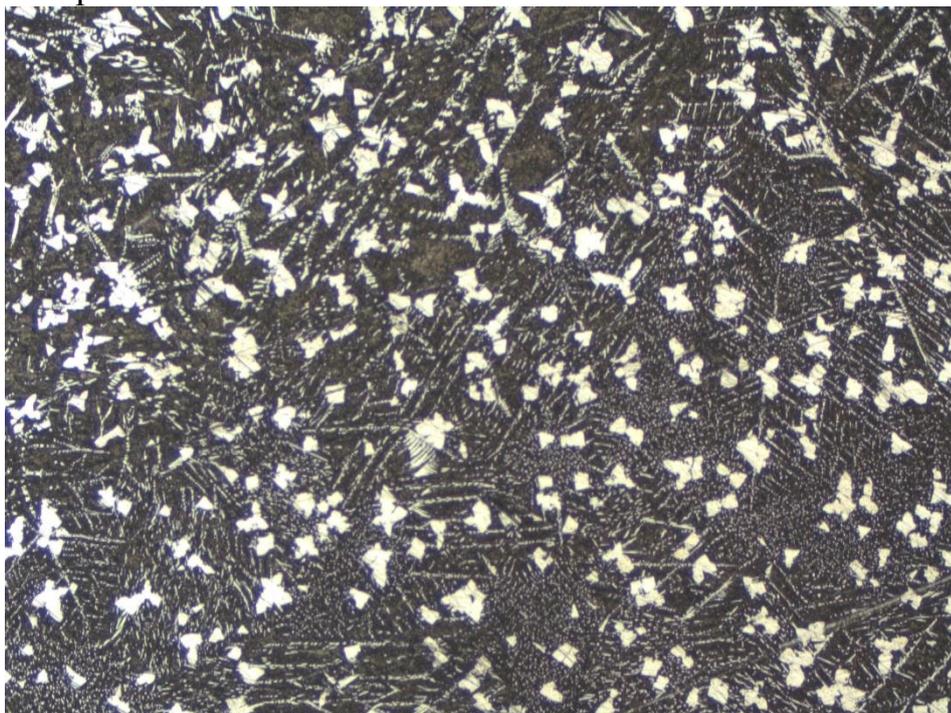


Рисунок 2. Микроструктура наплавки, x100

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы:

- Твердость основного материала и наплавки не изменилась после наплавления и составляет HRC 28,4.
- Микроструктура основного материала не изменилась.

- Микроструктура наплавки после наплавления стала более мелкозерниста, равномерно распределены твердые включения  $\beta$ -фазы, тем самым понижая интенсивность износа.

#### Библиографический список

1 Контроль макроструктуры металла [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://markmet.ru/kontrol-metalla/mikrostruktura-tsvetnykh-i-podshipnikovykh-splavov/>.

2 ГОСТ 1320-74 (ИСО 4383-91) Баббиты оловянные и свинцовые. Технические условия (с Изменениями N 1-7). – Введ. 1975-01-01. – Москва: Издательство стандартов, 2001. – 2 с.

Научный руководитель: Венедиктов Николай Леонидович, кандидат технических наук, доцент

#### **Разработка термического процесса насосной штанги**

*Маматуллина М.З.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Насосная штанга предназначена для передачи возвратно поступательного движения от станка-качалки плунжеров скважинных насосов, для осуществления спуска и подъёма вставных скважинных насосов.

По степени ударной вязкости КСV высокопрочные мартенситно-стареющие стали незначительно разнятся с остальными конструкционными сталями высокой прочности. Тем не менее, мартенситно-стареющие стали имеют свои недостатки. Так температура порога хладноломкости значительно меньше. Но, значение КСТ, которое отвечает за торможение начавшегося разрушения находится в интервале от 0,25 до 0,30 МДж/м<sup>2</sup>. Однако, у углеродосодержащих высокопрочных сталей КСТ в интервале 0,06- 0,08 МДж/м<sup>2</sup>. А Это значительно меньше чем у мартенситно-стареющей стали.

Термическая обработка мартенситно-стареющие стали состоит из двух операций закалки и последующего старения.

Охлаждение стали рекомендовано производить на воздухе, но чаще в масле. Это необходимо из-за того, что благодаря высокому легированию, стали не чувствительны к перегреву и имеет максимальную устойчивость аустенита. Температура нагрева мартенситно-стареющей в стали задаётся после полного растворения интерметаллического соединения (химическое соединение двух и более металлов) и гомогенизацией аустенита. Однако гомогенизация аустенита в легированных сталях длится значительно дольше.

До того чтобы подвергать сталь пластической деформации и обрабатывать резанием, сталь подвергают закалке, благодаря этому сталь имеет такие свойства, как высокая пластичность и низкая твердость.

Общие свойства стали после процесса старения. Температура старения находится в интервале от 460 до 540 °С, температура для каждой марки стали отдельно.

Если сравнивать сталь 20Н2М, то термическая обработка мартенситно-стареющие стали обладает высоким рядом преимуществ. Главное преимущество мартенситно-стареющей стали, это то, что она отлично поддается механической обработке, а так же для достижения требуемых эксплуатационных свойств не требуется дополнительных вмешательств в химической обработке.

Благодаря всем вышеперечисленным манипуляциям изготовление насосные штанги из стали Н18К9М5Т экономически выгодным быстрым в производстве.

#### Библиографический список

1. ГОСТ 13877 96 Штанги насосные и муфты штанговые. Технические условия. – Взамен ГОСТ 13877-80; введ. 2001-01-01. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1999. – 28 с.

Научный руководитель: Насонов В.В., к.т.н, доцент.

#### **Моделирование гидродинамики потока при взаимодействии с лопастным ротором**

*Муфаздалов Т.Р., Туманова Е.Ю.*

*Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа*

В настоящее время актуальна проблема возобновляемых источников энергии. В работе исследуется конструкция лопастной роторной машины, форма и конфигурация лопастей ротора. Рассматривается использование лопастной роторной машины для получения электроэнергии, посредством вращения ротора потоком воздуха или других газов на различных установках, к примеру, свеча. Основной проблемой является небольшой коэффициент полезного действия, необходимость использования сложной геометрической формы лопастей, учитывающей силу трения скольжения между потоком воздуха и лопастями, входом лопасти в поток воздуха, более полное использование давления, создаваемого потоком жидкости, на лопасть. Так же использование механизмов для постепенного увеличения нагрузки на ротор облегчит запуск в работы связки ротора и генератора.

Использование такой связки, например, на трубопроводах свечи или факела может обеспечить достаточным количеством электроэнергии для электрообеспечения бытовых корпусов различных объектов.

Разработка лопастного ротора позволяет решить проблему низкой эффективности, связанной с формой лопастей и подобрать такую форму лопастей, использование которых обеспечит более эффективное использование движения жидкости или газа.

В программном комплексе ANSYS поставлена задача воздействия потока воздуха на осевой ротор. Исследованы две сложных формы лопастей: закруглённые и заостренные снизу, а также для сравнения лопасти плоской формы (рис.1,2,3). На эффективность работы ротора влияет много параметров. Одни из тех, что зависят от ротора: количество лопастей, угол наклона и форма лопастей. В поставленной задаче, лопастной ротор был помещён в трубу диаметром 196 мм (рис.4), скорость движения воздуха в трубе 1,5 м/с.

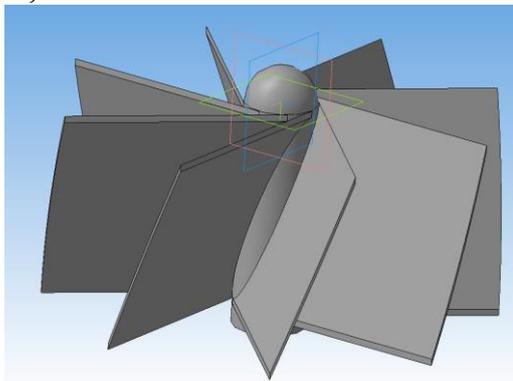


Рисунок.1 Плоские лопасти

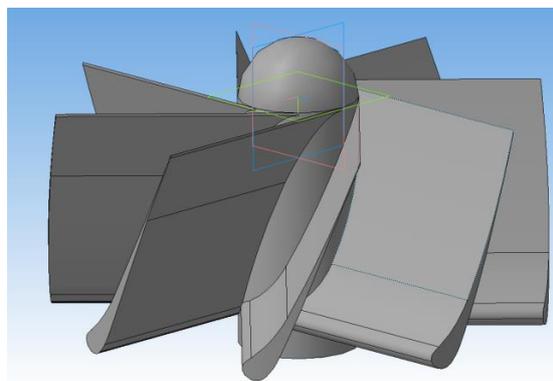


Рисунок. 2 Закругленные снизу лопасти

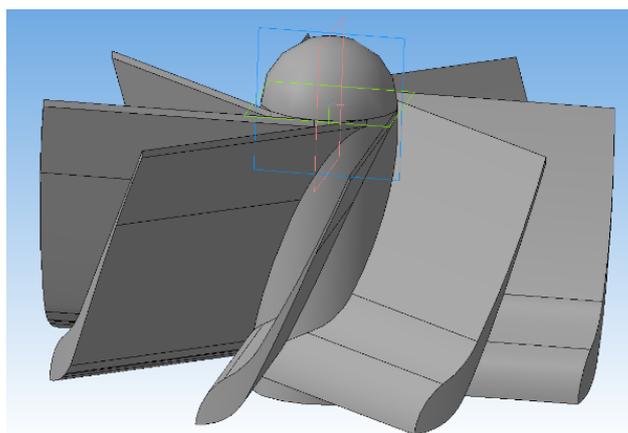


Рисунок. 3 Ротор с заостренными лопастями

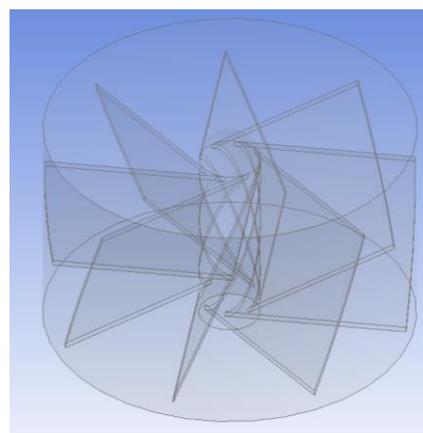


Рисунок.4 Вид расчетной модели

Произведены расчеты лопастных роторов с различными углами наклона лопастей, в результате которых были получены значения крутящего момента на валу ротора. Результаты расчетов для разных углов наклона сведены в график 1. Из графика видно при угле наклона лопастей  $77^\circ$  роторы имеют наибольший крутящий момент. В таблице 1 приведены значения крутящего момента для 3 видов лопастей в положении  $77^\circ$ .

В результате поставленной задачи можно исследовать работу иных форм лопастей и конфигурации ротора, с использованием различных жидких или газовых фаз. Подбирать конструкцию ротора для работы в конкретных условиях, для получения необходимой мощности.

Крутящий момент для 3х видов лопастей

Вид лопасти	плоские	закругленные	заостренные
Момент от одной лопасти, Н·м	41,86	46,8	47,6
Суммарный момент, Н·м	334,9	374,4	380,8

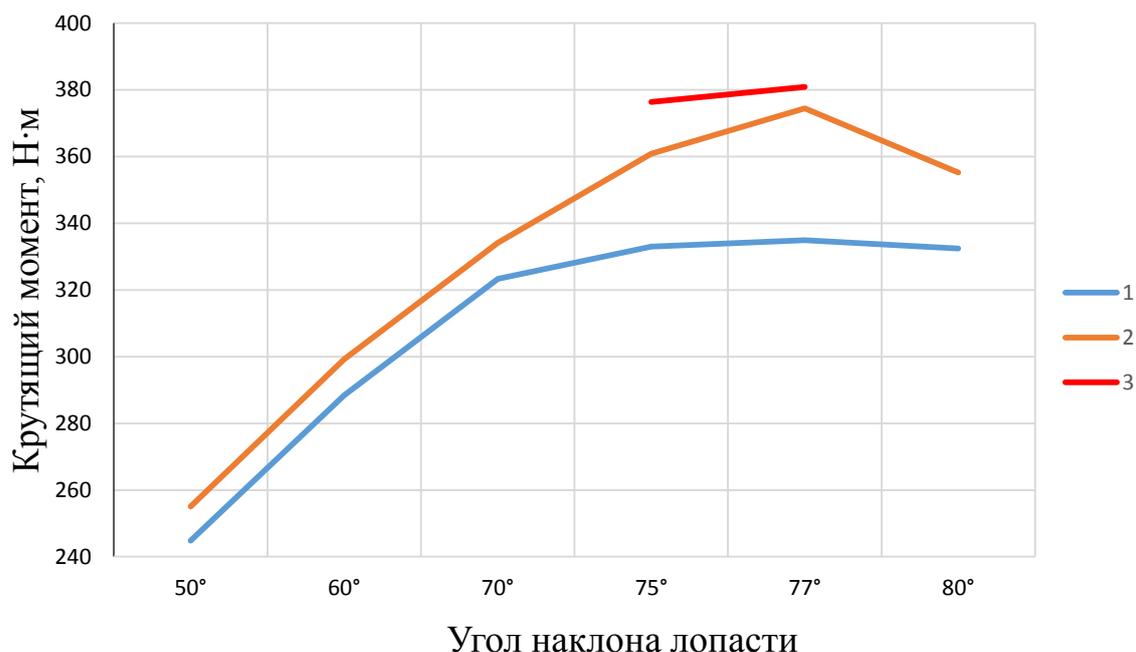


График 1. Зависимость крутящего момента от угла наклона лопасти для 3 видов лопастей.

1 – плоские лопасти, 2 – закругленные лопасти, 3 – заостренные лопасти.

#### Библиографический список

1. Галеев, Э. Р. Исследование аппарата с рамно-шарнирной мешалкой / Э. Р. Галеев, Р. Г. Шарафиев, Д. М. Мубинов // Сборник трудов 68-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ. – Уфа: УГНТУ, 2017. – С.337.

2. Коротков, А. Е. Разработка макета установки перемешивающего устройства для жидких сред / А. Е. Коротков, Р. Г. Шарафиев // Актуальные проблемы науки и техники – 2017: сборник трудов X Международной научно-практической конференции молодых ученых. – Уфа: УГНТУ, 2017. – С. 42-44.

3. Туманова, Е. Ю. Решение задачи оценки взаимодействия потоков жидкости внутри камеры смешения центробежно-струйной форсунки / Е. Ю. Туманова, Р. Г. Ризванов // Интеграция науки и высшего образова-

ния в области био- и органической химии и механики многофазных систем. Материалы 3 всероссийской научной INTERNET-конференции. Уфимский государственный нефтяной технический университет, Институт органической химии УНЦ РАН, Башкирский государственный университет. 2005. – Уфа: Реактив, 2005. – С.86-88.

**Прогнозирование величин оптимальных скоростей резания  
в зависимости от коэффициента запаса прочности инструмента при  
точении на станках с ЧПУ**

*Никитенко Я.Ф.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Как известно, наиболее слабым звеном станочной технологической системы является режущая часть инструмента при вершине, так как вершина режущего инструмента подвержена различным видам разрушений при резании, которые имеют вероятностный характер. Поэтому прогнозирование параметров динамической прочности – коэффициентов запаса хрупкой прочности при вершинах режущих частей инструментов  $n$  и параметров надежности режущего инструмента из СТМ (вероятности безотказной работы режущего инструмента  $P$ ) имеет большое значение при эксплуатации режущих инструментов из сверхтвердых материалов - СТМ на автоматизированном оборудовании – станках с ЧПУ, обрабатывающих центрах и ГПМ, входящих в гибкие производственные системы (ГПС). Это является предпосылками к эффективному использованию ГПС, то есть рациональной эксплуатации участков и цехов с так называемой «безлюдной технологией».

Реализация экспресс-метода (ускоренного метода) испытаний на динамическую прочность резцов из СТМ и других инструментальных материалов при тонком точении позволяет создать определенные условия для разработки прогнозирования величин параметров динамической прочности и надежности режущего инструмента из СТМ как при применении этого инструмента на универсальных станках, так и на станках с ЧПУ, обрабатывающих центрах, ГПМ и в условиях ГПС.

Экспресс-метод испытаний на динамическую прочность резцов из СТМ и других инструментальных материалов необходим, так как большинство ускоренных испытаний режущих инструментов направлено на определение износостойкости и величины износа резца по задней грани, что позволяет установить диапазон скоростей резания, но не учитывает прочности инструмента.

Экспресс-метод основан на торцевой обточке до момента разрушения режущей кромки резца у вершины для данного сочетания «обрабатываемый материал – инструментальный материал». Определяется скорость

$V_p$ , при которой происходит разрушение режущей кромки резца у вершины.

По расчетным значениям оптимальных коэффициентов запаса хрупкой прочности резцов, определенным с учетом критерия прочности Писаренко – Лебедева, и с учетом скоростей  $V_p$ , соответствующих разрушению режущих кромок резцов из различных инструментальных материалов (в том числе СТМ), установлены оптимальные скорости резания  $V_x$  при обработке на токарных станках с ЧПУ.

В результате экспериментальных исследований при точении жаропрочных сплавов и сталей резцами из твердых сплавов марок ВК8 и Т15К6, а также резцами из СТМ (эльбор-Р, гексанит-Р, композит 05ИТ) для разных сочетаний обрабатываемых и инструментальных материалов получена единая (общая) зависимость коэффициента запаса хрупкой прочности резца  $n$  от соотношения скоростей резания  $V_x / V_p$ , которая описывается математически экспоненциальной зависимостью вида:

$$n = 6,5 * e^{-2,643 * (\frac{V_x}{V_p})}, \quad (1)$$

где  $V_x$  – оптимальная скорость резания с учетом принятого критерия оптимальности для универсальных станков или для станков с ЧПУ;  $V_p$  – скорость резания, при которой происходит разрушение режущей кромки резца у его вершины.

Выбранный критерий оптимальности фактически, в определенной степени, является управляющим фактором процесса обработки поверхности детали, так как с учетом этого критерия прогнозируются величины коэффициентов запаса динамической прочности при вершинах режущих частей инструментов, оптимальные для данного случая скорости резания  $V_x$ , а также это определяет выбор станочного оборудования (универсальные станки, станки с ЧПУ, обрабатывающие центры, ГПМ, участки ГПС).

Критерий физической оптимальности процесса обработки поверхности детали  $h_{отпз}^{\min}$  - минимальный относительный износ режущей части инструмента по задней поверхности (критерий оптимальности процесса резания А.Д. Макарова [1]) позволяет прогнозировать диапазон величин для данного случая коэффициента запаса динамической прочности при вершине режущей части инструмента в процессе обработки  $n_h$  от 2,56 до 3,58, диапазон величин оптимальных скоростей резания  $V_h^{opt} = (0,268 - 0,40) \times V_p$ . Обработка производится на универсальных токарных станках.

В качестве примера прогнозирования величин оптимальных скоростей резания, критерия оптимальности и необходимого станочного оборудования можно рассмотреть данные работы [2], в которой на графической зависимости коэффициента запаса прочности от формы сменной многогранной пластины - СМП (угла при вершине  $\epsilon$ ) для пятигранной пластины

( $\varepsilon=107^\circ$ ) из твердого сплава указывается коэффициент запаса прочности  $n=3,0$ , определенный по критерию прочности Писаренко-Лебедева. Обработывались валы из конструкционных сталей марок 35, 40, 45 в состоянии поставки. Параметры процесса резания  $t=0,5-1,0$  мм;  $S=0,2-0,3$  мм/об;  $V=40-60$  м·мин<sup>-1</sup>.

Данная величина запаса прочности  $n=3,0$ , полученная при неинтенсифицированной скорости резания, позволяет нам, опираясь на анализ математической зависимости (1), сделать прогноз о том, что коэффициент запаса динамической прочности  $n=3,0$  входит в диапазон величин запаса прочности  $n_h=2,56-3,58$ , который соответствует критерию физической оптимальности  $h_{\text{отпз}}^{\text{min}}$  и оптимальным скоростям резания  $V_h^{\text{opt}} = (0,268 - 0,40) \times V_p$ ,  $V_p$  - скорость, соответствующая разрушению режущей кромки инструмента при вершине. Обработка производится на универсальных токарных станках. В целом, можно сделать вывод о том, что режущий инструмент с пятигранной твердосплавной пластиной при коэффициентах запаса динамической прочности  $n=3,0$  работает с недогрузкой с точки зрения динамической прочности. Данный подход при прогнозировании позволяет по величине коэффициента запаса динамической прочности определить критерий оптимальности процесса обработки поверхности детали.

Разработанный принцип прогнозирования учитывает практически все известные критерии оптимальности процессов обработки поверхностей детали, весь диапазон коэффициентов запаса динамической прочности при вершинах режущих частей инструмента, весь диапазон оптимальных скоростей резания при работе на различном станочном оборудовании (универсальном и автоматизированном, отечественном и зарубежном).

#### Библиографический список

1. Макаров, А. Д. Оптимизация процесса резания / А. Д. Макаров. – Москва: Машиностроение, 1976.– 276 с.
2. Артамонов, Е. В. Расчет и проектирование сменных режущих пластин и сборных инструментов / Е. В. Артамонов, Т. Е. Помигалова, М. Х. Утешев; под общей ред. М. Х. Утешева. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 66 с.

Научный руководитель: Белозеров В.А. канд. тех. наук, доцент.

## Моделирование процесса смешения

Нуриддинов Б.Б.,<sup>1</sup> Тсига Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа;

<sup>2</sup>Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

В работе предлагается методический подход оптимизации параметров статического смесителя по результатам моделирования процесса смешения.

Статические смесители находят широкое применение во многих отраслях промышленности и обеспечивают эффективное перемешивание жидких твердых, газообразных сред. Предложена новая конструкция статического смесителя работающего в турбулентном режиме и включающего трубный корпус с двумя смесительными элементами установленными последовательно. Каждый смесительный элемент включает перекрестно установленные два турбозвезды к которым присоединены четыре профильных перемешивающих устройств, вид которой показан на рисунке 1.

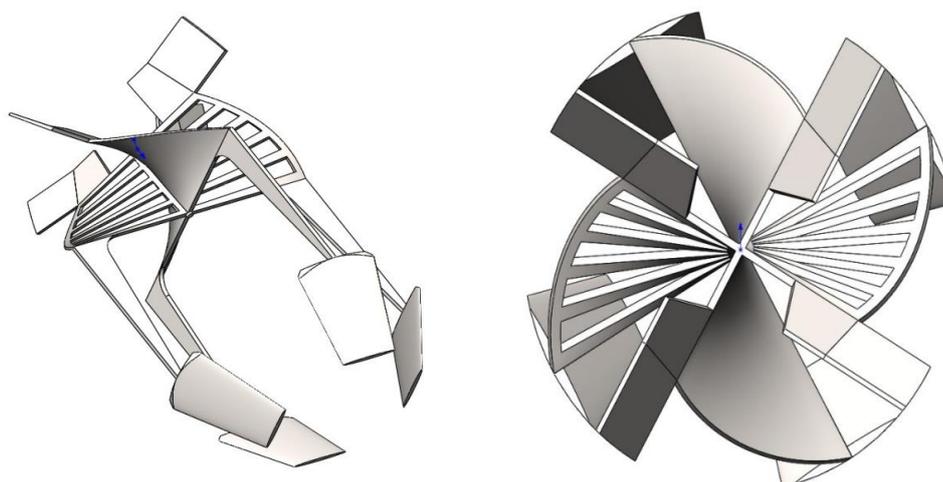


Рисунок 1. Смесительные элементы со шлицами

Таблица 1

Технические характеристики статического смесителя

Показатель	Значение
1. Длина статического смесителя(L), м	0,76
2. Количество смесительных элементов, шт	2
3. Внутренний диаметр смесителя (d), м	0,12
4. Длина смесительного элемента, м	0,18
5. Расстояние между смесительными элементами (L1), м	0,18
6. Диаметр подводящего патрубка, м	0,04
7. Толщина статических элементов смесителя, м	0,003
8. Спиральный угол $\alpha$ , °	60°

Изменения, внесенные в геометрию, заключаются в выполнении пяти прорезей на винтовой части смесительного элемента, а расстояние между перемешивающими элементами уменьшено с 180 мм до 90 мм. Рассмотрены три варианта размещения смесительных элементов последовательное, последовательное обратное, встречное.

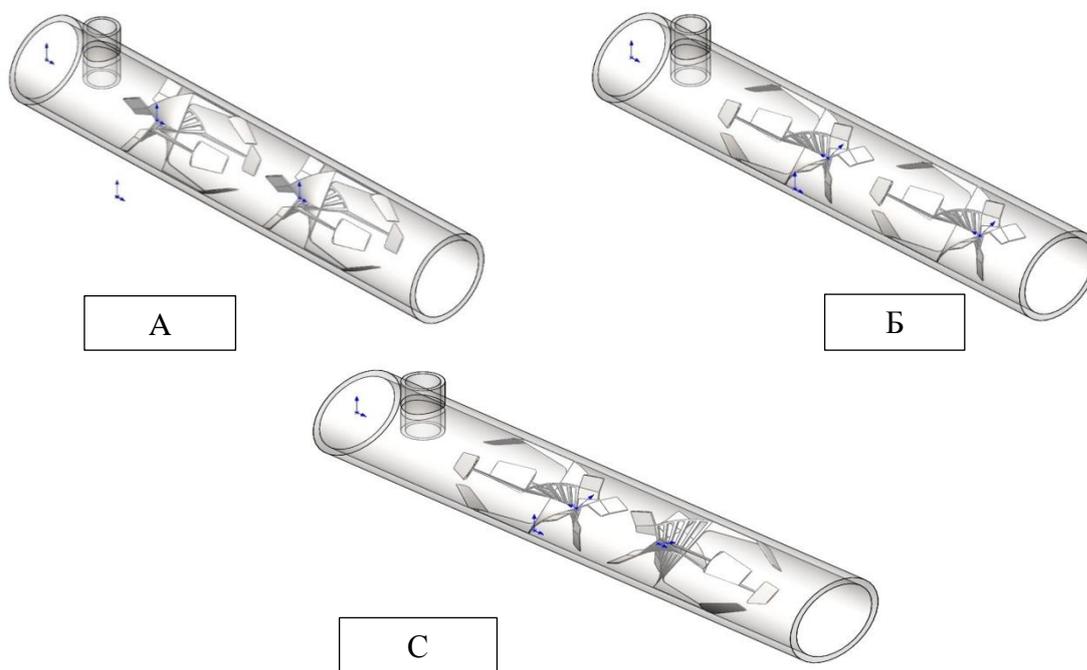


Рисунок 2. Варианты размещения смесительных элементов в корпусе: А – последовательное, Б – последовательное обратное, С – встречное

Моделирование процесса смешения проведено в программном комплексе SOLIDWORKS Flow Simulation используя уравнения сохранения массы, импульса, энергии, переноса для турбулентной кинетической энергии и скорости ее диссипации с использованием модели  $k-\varepsilon$ . Исследования проводились в турбулентном режиме, при числе Рейнольдса 10000, 15000 и 20000. Оценка эффективности смешения оценивается по двум показателям: коэффициентом вариации и перепадом давления в статическом смесителе. Мера однородности перемешивания характеризуется коэффициентом вариации, который определяется как среднеквадратическое отклонение концентрации к среднему значению концентрации для заданного набора точек данных.

В результате моделирования процесса смешения определены габаритные размеры статического смесителя, геометрические параметры смесительных элементов, их расположение в корпусе, параметры режима течения, при которых происходит эффективное смешение при минимальных гидравлических потерях. Так, например, при смешении авиационного керосина и этанола наилучшие результаты получены при числе Рейнольдса 10000, при этом коэффициент вариации равен 0,01 и перепад давления составляет 69 Па.

Разработаны:

- 1) конструкция статического смесителя для смешения авиационного топлива и этанола;
- 2) скважинного пробоотборника со статическим смесителем.

Производство скважинного пробоотборника со статическим смесителем типа ППЖР освоено Инжиниринговой компанией ИНКОМПнефть г. Уфа и поставляется нефтегазодобывающим предприятиям России.

#### Библиографический список

1. Белов И. А. Моделирование турбулентных течений / И. А. Белов, С.А. Исаев – Санкт-Петербург: Балт. гос. техн. ун-т, 2001. – 108 с.
2. Брагинский, Л.Н. Перемешивание в жидких средах: Физические основы и инженерные методы расчета / Л.Н. Брагинский, В.И. Бегачев, В.М. Барабаш. – Ленинград : «Химия», 1984. – 336 с.

Научный руководитель: В.В. Шайдаков, д-р техн. наук, профессор.

### **Расчетная оценка усталостных повреждений нефтегазосепаратора**

*Пономарев И.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

При экспертизе промышленной безопасности возникает задача оценки усталостных повреждений. Использование ГОСТ Р 52857.6 — 2007 не позволяет оценить вероятность разрушения объекта после определенной наработки, но дает оценку исчерпания допустимого количества циклов нагружения [1]. Также расчетная кривая усталости приведена для температуры 420°C. При обосновании безопасности опасного производственного объекта одной из главных задач является оценка риска аварии, что требует количественной оценки вероятности разрушения элемента нефтегазосепаратора. При анализе литературы и нормативной документации установлено, что наиболее достоверная информация о сопротивлении усталости сварных соединений содержится в РД 50 - 694 - 90 [2]. Сравнивая результаты расчетов по вышеназванному документу установлено, что РД 50 - 694 - 90 для вероятности разрушения порядка  $10^{-6}$  дает в среднем в три раза больше допустимых циклов нагружения. Использование ГОСТ Р 52857.6 - 2007 является обязательным, однако для принятия взвешенного решения необходимо в экспертном заключении приводить также результаты расчета по РД 50 - 694 - 90.

#### Библиографический список

1. ГОСТ Р 52857.6 — 2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность при малоцикловых нагрузках. — Введ. 2008-01-04. - Москва: Изд-во стандартов, 2008. — 20 с.

2. Методические указания. Надежность в технике. Вероятностный метод расчета на усталость сварных конструкций: РД 50 — 694 — 90: утв. Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 30 марта 1990 № 696: введ в действие с 01.07.91. — Москва: Изд-во стандартов, 1991. — 86 с.

Научный руководитель: Балина О.В., канд. техн. наук, доцент.

## **Структура и свойства материала крестовины карданного вала**

*Попова М.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Крестовина карданного вала имеет большое значение для автомобиля, потому что она передает крутящий момент (передача вращения валам) и способствует гашению динамических нагрузок.

Крестовина представляет собой стальную деталь карданного соединения небольших размеров с четырьмя точно обработанными цапфами, расположенными попарно на двух взаимно перпендикулярных осях. [1]

Для исследования взята крестовина бывшая в эксплуатации, на которой имеются следы износа на двух противоположных цапфах, представленная на рисунке 1.



Рисунок 1. Крестовина карданного вала

Срок эксплуатации крестовины зависит от качества материалов и наличия смазки в ней.

Материалы должны иметь такие важные требования как повышенная износостойкость, повышенная прочность и контактная выносливость.

Важную деталь карданного вала изготавливают из легированных сталей высокой прочности 20Х, 12ХНЗА и 18ХГТ с выполнением дополнительной термообработки.

Была изучена последовательность операций технологии изготовления крестовины, состоящая из:

- 1 Получение заготовки горячей штамповкой, правка
- 2 Черновое обтачивание шеек, протягивание торцов
- 3 Черновое шлифование, обработка смазочных канавок
- 4 Цементация+закалка+отпуск
- 5 Получистовое и чистовое шлифование, калибровка

Для определения материала исследуемой крестовины применили РЭМ, чтобы узнать содержание легирующих элементов. По содержанию хрома, марганца, кремния предположили, что крестовина изготовлена из стали 18ХГТ.

Таблица 1

Содержание химических элементов, % [2]

	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti	Cu
18ХГТ	0.17-0.23	0.17-0.37	0.8-1.1	до 0.3	до 0.035	до 0.035	1-1.3	0.03-0.09	до 0.3
Материал крестовины		0.16	0.96				1.64		

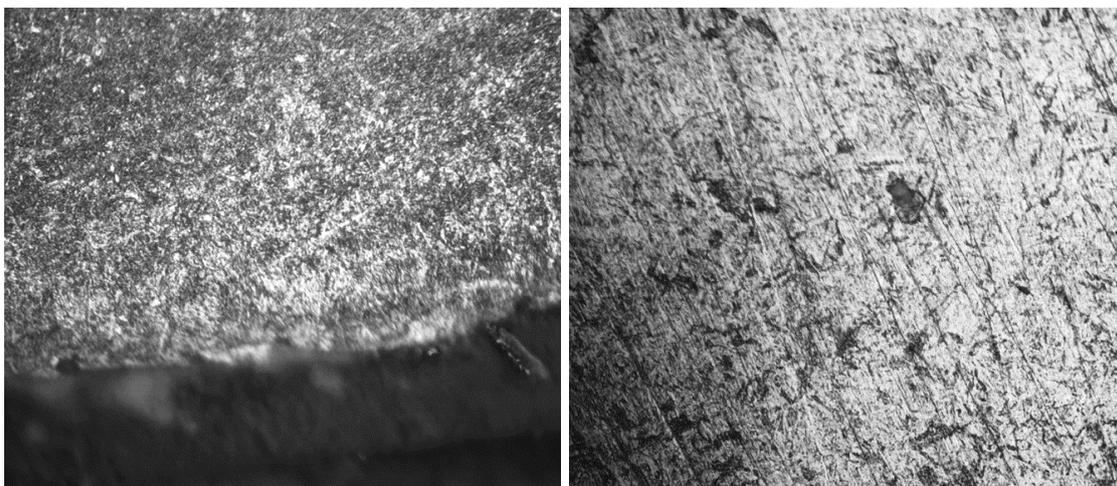
Была замерена твердость поверхности изношенной и неизношенной цапфы. Неизношенной – 59HRC, а изношенной -25 HRC.

Крестовина подвергалась цементации на глубину около 1,5 мм, что хорошо видно на макрошлифе на рисунке ниже. Зерна копируют форму поверхности, что подтверждает изготовление крестовины горячей штамповкой.



Рисунок 2. Макрошлиф

Микроскопический анализ показал, что крестовина подвергалась цементации и последующей закалке. Поверхностный слой имеет структуру мартенсита, сердцевина Ф+П.



поверхностный слой

сердцевина

Рисунок 3. Поперечный шлиф, увеличение x500

На основании проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1 Растровой электронной микроскопией определено содержание легирующих элементов в материале крестовины и сделано предположение, что крестовина изготовлена из стали 18ХГТ.

2 В результате микроскопического и макроскопического анализов выявлено, что крестовина подвергалась цементации, зерна копируют форму поверхности, что подтверждает изготовление крестовины горячей штамповкой.

3 Структура поверхностного слоя - мартенсит, сердцевины – феррит+перлит.

4 Твердость неизношенной цапфы в 2,5 раза выше, чем после износа.

#### Библиографический список

1. Изготовление крестовин [Электронный ресурс] // Студопедия. – Режим доступа: [https://studopedia.ru/3\\_175652\\_izgotovlenie-krestovin.html](https://studopedia.ru/3_175652_izgotovlenie-krestovin.html).
2. ГОСТ 4543-2016. Металлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия. – Введ. 2017-10-01. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 54 с.

Научный руководитель: Венедиктов Н.Л., канд. техн. наук, доцент.

#### **Сравнение качества литья двух производителей**

*Поспелов М.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Для сравнения качества литья двух производителей было взято по одной газотурбинной лопатке. Обе лопатки изготовлены из никелевого сплава марки ЧС88У-ВИ, но по разной технологии литья.

При проведении исследования лопатки были условно промаркированы № 1 и № 2.

Лопатки прошли термоциклирование, которое выполнялось по следующему режиму - нагрев до 1000 °С с последующим охлаждением в воде (14 циклов).

При визуальном осмотре на лопатке №1 после термоциклирования обнаружены дефекты по внешнему виду, представляющие собой трещины, расположенные вблизи первого от бандажной полки охлаждающего отверстия, рисунок 1. На лопатке №2 дефектов не обнаружено.

Микроструктура материала лопаток изучалась на электронном микроскопе TESCAN LYRA3 FE - SEMs на микрошлифах, выполненных в поперечном сечении с выходом на поверхность охлаждающего отверстия.

При просмотре микроструктуры на лопатке №1 в поверхностном слое внутренней полости наблюдается ослабление границ зерен и их растрескивание с преимущественной локализацией по охлаждающему отверстию, также просматриваются цепочки карбидов различной протяженности, рисунок 2.

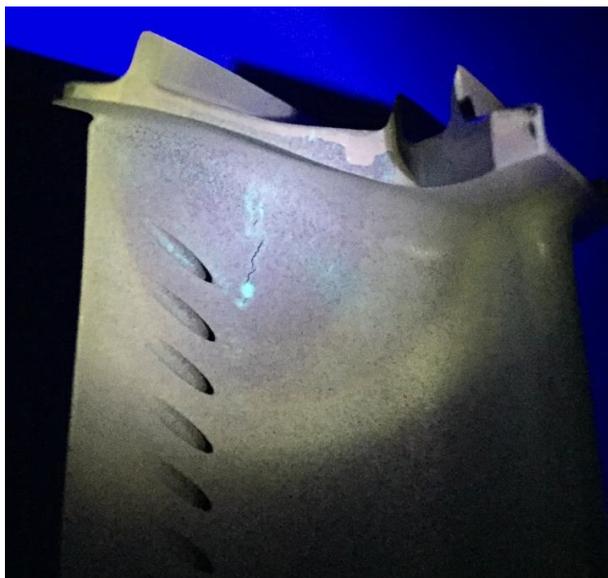


Рисунок 1. Внешний вид дефекта лопатки №1

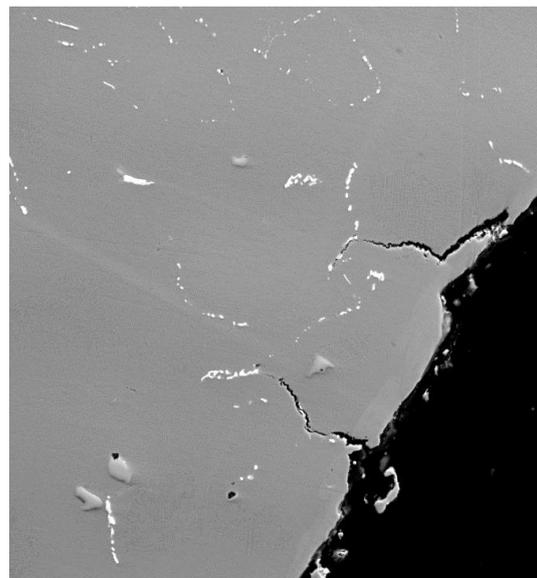


Рисунок 2. Лопатка производителя №1, увеличение x400

Микроструктура лопатки №2 удовлетворительная, характерна для данного сплава, дефектов в поверхностном слое не обнаружено, рисунок 3.

Вывод: наличие ослабления границ зерен и микротрещин в поверхностном слое лопатки производителя №1 после операции термоциклирования может свидетельствовать о неудовлетворительной технологии литья, либо ее нарушении в процессе производства отливок.

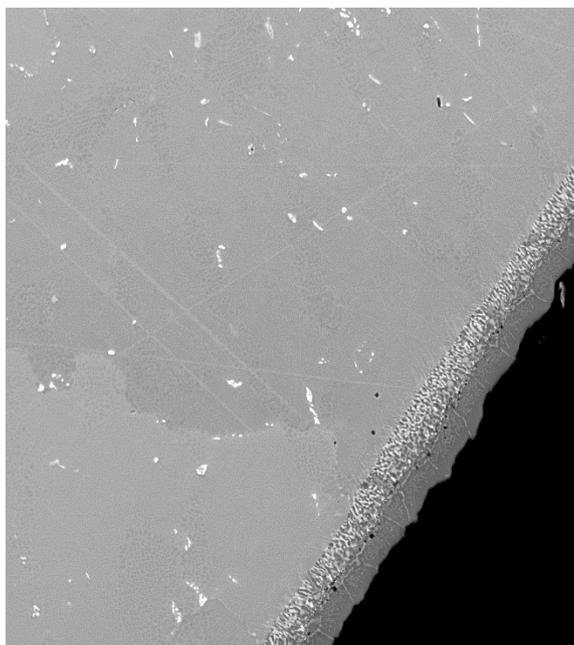


Рисунок 3. Лопатка производителя №2, увеличение x400

#### Библиографический список

1. Гецов, Л. Б. Материалы и прочность деталей газовых турбин / Л. Б. Гецов. – Рыбинск: ООО «Издательский дом «Газотурбинные технологии», 2011. - 434 с.

Научный руководитель Венедиктов А.Н., доцент

#### **Проектирование конструкции протяжки для обработки елочного паза диска турбины**

*Салтыков О.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

При прохождении практики на предприятии «Тюменские моторостроители», была выявлена проблема сложности процесса получения елочного паза, диска турбины РУ 19-А300, в связи с применением большого количества режущего инструмента было принято решение о применении комплексного подхода к решению этой проблемы. Форма паза представлена на рисунке 1.

В результате, было решено логически развить существующую в технологии операцию обработки скосов на торце диска под пазы, в операцию по снятию основного слоя металла паза, что сразу позволяло сократить количество инструмента на следующую операцию до 10.

Помимо этого, было принято решение изменить схему резания протяжки. Существует три схемы резания: профильная, генераторная и групповая (прогрессивная). В старой технологии использовались протяжки с групповой схемой резания. В предлагаемой конструкции новой протяжки

используется комбинированная схема резания, совмещающая в себе групповую и генераторную. Конструкция протяжки представлена на рисунке 2.

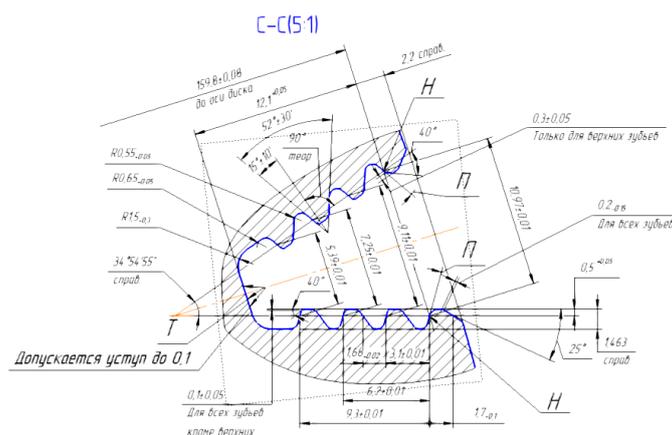


Рисунок 1. Форма и размеры елочного паза

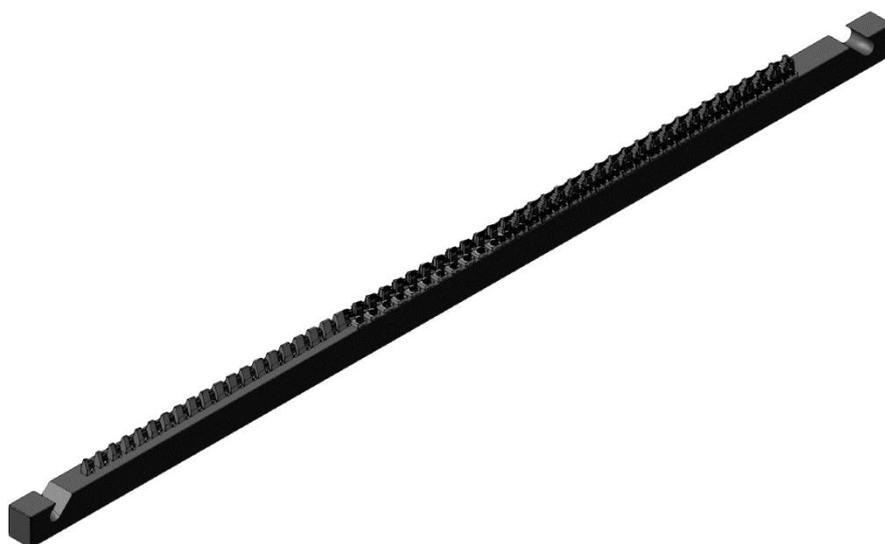


Рисунок 2. Конструкция протяжки

По результатам проектирования можно сказать следующее:

- Получена протяжка длиной 1280 мм и массой 14,5 кг.
- Предполагаемая экономия средств, при выполнении операции протягивания составляет 63%.
- Время обработки на операции уменьшится приблизительно на 81%.
- Количество задействованного на обработке технологического оборудования уменьшится с 244 до 18.

Научный руководитель: Стариков А.И., старший преподаватель кафедры «Технология Машиностроения».

## **Разработка технологии резки и очистки материала криогенными сверхкритическими струями с низким уровнем экологического воздействия**

*Сауков Н. А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Гидроабразивная резка - вид обработки материалов резанием, в котором в качестве режущего инструмента используется струя воды или смеси воды и абразивного материала, выпускаемая с высокой скоростью и под высоким давлением. К сожалению, увлажнение материала может ограничить сферы применения данной технологии. Кроме того, используемые вода и абразив после обработки должны быть собраны для переработки или утилизации. Обрабатываемые детали также должны быть очищены и высушены после обработки. Эти недостатки могут быть преодолены за счет замены воды жидким азотом.

Резка жидким азотом – сухая и экологичная технология. После использования жидкий азот испаряется в атмосферу, не загрязняя окружающую среду. В случае, если абразив применялся, возможна упрощенная система захвата абразива.

Данная технология потенциально может открыть новые области применения, к которым традиционная гидроабразивная резка не подходит.

В рамках разработки технологии резки и очистки материала криогенными сверхкритическими струями были созданы предпосылки к созданию опытной установки. Так, была произведена теоретическая оценка сил резания материала.

Ввиду новизны процесса, не существует формул либо каких-то эмпирических закономерностей для вычисления сил резания. Тем не менее, проведя аналогию с гидроабразивной резкой, мы можем установить факторы, которые будут влиять на силу резания и, проанализировав их, сделать предположение о способности резки материала.

В процессе обработки материала струей жидкого азота происходит ряд эффектов, приводящих к возникновению напряжений в обрабатываемом материале. Сумма напряжений, возникающих в связи с повышением гидростатического давления азота, ударной волной струи, растрескиванием, фрагментацией и термоупругим разрушением для СтЗсп при обработке жидким азотом по примерным оценкам составляет 280 МПа.

Был произведен расчёт силы воздействия струи на материал, эта сила оценивается в 30 Н.

В существующую схему станка гидроабразивной установки были внесены изменения и получена концептуальная модель установки, представленная на рисунке 1.

Установка делится на несколько модулей. Жидкий азот из резервуара под давлением 0.55МПа подается к усиливающему насосу. Повышение

давления вызывает нагрев азота, которое устраняется путем его охлаждения в теплообменнике. Повышение давления вызывает нагрев азота, которое устраняется путем его охлаждения в теплообменнике. Затем азот подается в фокусную трубку с давлением от 300 до 380 МПа при температуре -150 °С. Сужение проходного сечения сверхкритического азота между коллиматорной трубкой и соплом вызывает увеличения скорости струи до сверхзвуковых значений.

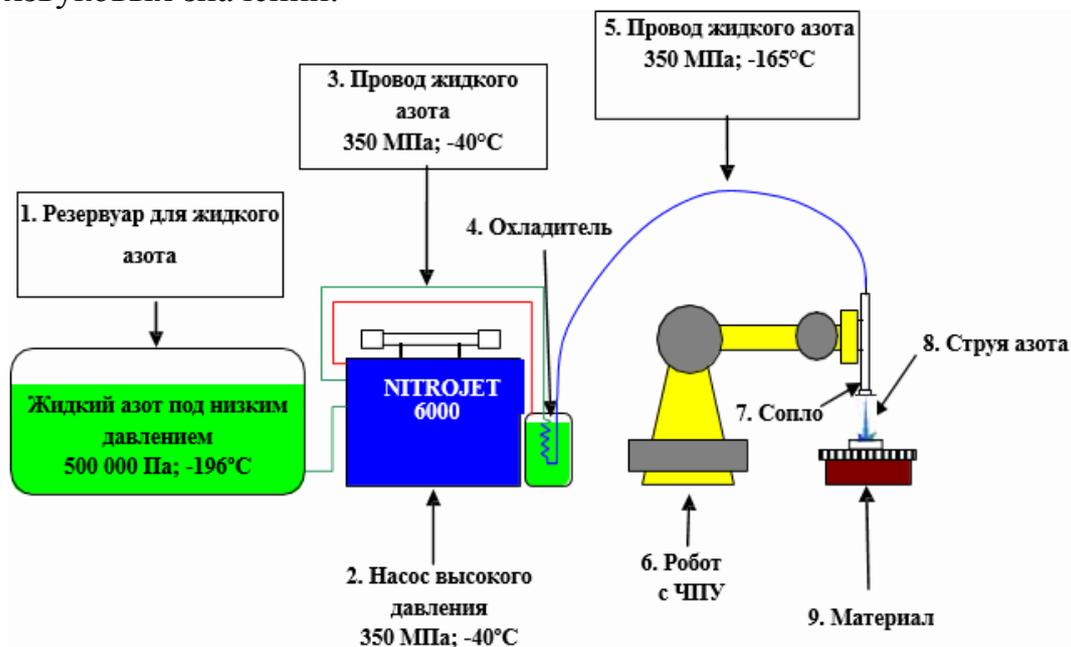


Рисунок 1. Концептуальная схема установки

Ввиду совокупности напряжений, вызываемых струей жидкого азота, ударной силы струи на материал, воздействию абразива на материал предполагаются следующие оценки способности резки:

- Струей жидкого азота - мягкие материалы - пластик, бетон;
- Струей жидкого азота с добавлением абразивного CO<sub>2</sub> - пластик, бетон, чистый алюминий, потенциально – хладноломкие металлы;
- Струей жидкого азота с добавлением классических абразивов – практически любой материал.

Дальнейшая работа заключается в исследовании параметров сверхскоростных криогенных струй азота под давлением, их численному моделированию и, после уточнения сил резания и применяемого оборудования, в создании опытной установки

#### Библиографический список

1. Степанов, Ю. С. Прогрессивные технологии гидроструйного резания материалов [Текст] / Ю. С. Степанов, М. А. Бурнашов, К. А. Головин // Тула: Изд-во ТулГУ, 2009.- 318 с.
2. Степанов, Ю. С. Технология раскроя сверхзвуковой струей жидкости технических текстильных материалов и композиций на их основе, применяе-

мых в транспортном машиностроении [Текст] / Ю. С. Степанов, А. П. Черепенько, М. А. Бурнашов // Инженерный журнал. – 1999. – № 1. – С. 3-6.

3. Степанов, Ю.С. Повышение эффективности резания листовых и рулонных материалов за счет применения водоледяного инструмента [Текст] / Ю. С. Степанов, М. А. Бурнашов // Известия ОрелГТУ. Серия: «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии» – 2008. – №2-2. – С.49-53.

4. Степанов, Ю. С. Определение величины деформации материала в зоне резания при раскрое водоледяным инструментом [Текст] / Ю. С. Степанов, А. Н. Качанов, М. А. Бурнашов // Ползуновский Вестник. – 2009. – № 1-2. – С. 273-275.

5. Степанов, Ю. С. Методика расчета технологических параметров резания неметаллических материалов водоледяным инструментом [Текст] / Ю. С. Степанов, А. Н. Качанов, М. А. Бурнашов // Ползуновский Вестник. – 2009. – № 1-2. – С. 276-278.

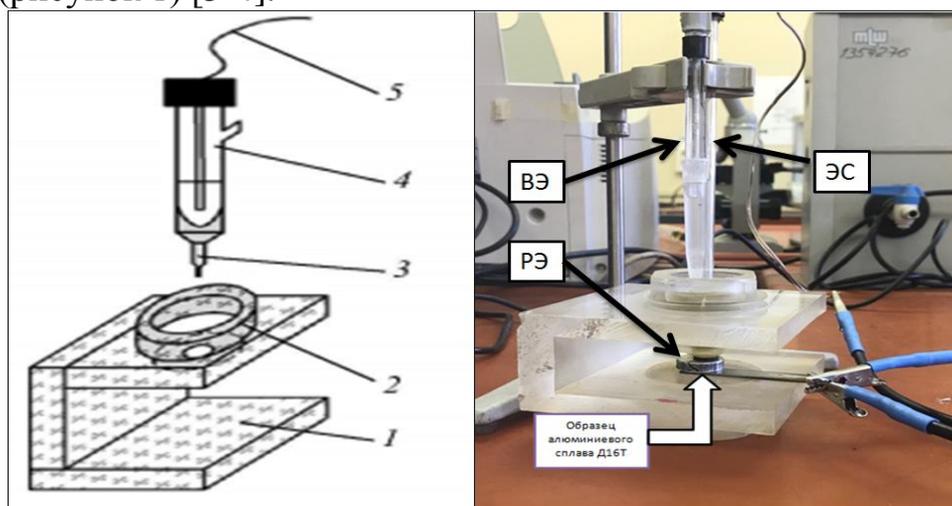
Научный руководитель: Стариков А.И., старший преподаватель

### **Коррозионная стойкость алюминиевого сплава, обработанного методом интенсивной пластической деформации**

*Сафрайдер А.И., Латыпов О.Р., Аглиуллин А.Х.*

*Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа*

Исследования кинематики электрохимических процессов для образцов из алюминиевого сплава Д16Т до и после обработки методом интенсивной пластической деформации [1-2] в системе «электрод-электролит» были выполнены на экспериментальной установке, включающей основной блок (потенциостат Elins Р-30J) и трехэлектродную электрохимическую ячейку (рисунок 1) [3-4].



1 – корпус, 2 – стакан, 3 – капилляр, 4 – электрод сравнения  
5 – контактный провод, РЭ – рабочий электрод,  
ВЭ – вспомогательный электрод, ЭС – электрод сравнения

Рисунок 1. Трехэлектродная электрохимическая ячейка

Метод потенциодинамических испытаний позволяет проводить ускоренные коррозионные измерения электрохимических параметров электрода за счет автоматического контроля потенциала электрода при поддержке заданных значений тока. С помощью программного обеспечения IPC 2000 проводится контроль процесса испытания электрода и обработка полученных результатов [5-6].

Испытания проводили в вытяжке из бурового раствора при рН=9 и рН=12. В результате исследования были получены необходимые электрохимические показатели коррозии образцов и построены поляризационные кривые [7]. В таблице 1 показаны обобщенные результаты потенциодинамических исследований образцов из алюминиевого сплава Д16Т.

Таблица 1

Результаты потенциодинамических исследований образцов

Параметры коррозионной среды и образца	Скорость коррозии, мм/год	Скорость коррозии, г/ (м <sup>2</sup> ·ч)	Сила тока, мА	Потенциал, мВ
рН=9, сплав до обработки	0,0079	0,002450	1,023	-975,53
рН=9, сплав после обработки	0,0088	0,002715	0,69	-866,42
рН=12, сплав до обработки	0,0219	0,067646	12,8	-1100
рН=12, сплав после обработки	0,0056	0,001733	0,7	-1140

На основании полученных результатов потенциодинамических исследований установили, что в вытяжке из бурового раствора (рН = 9) процесс коррозии образцов из алюминиевого сплава до и после обработки протекает с незначительной скоростью. Однако в растворе с рН = 12 скорость коррозии необработанных образцов резко возрастает. Это объясняется тем, что на поверхности алюминиевого сплава происходит интенсивное растворение окисной пленки.

При этом скорость коррозии образцов из алюминиевого сплава Д16Т, обработанных методом интенсивной пластической деформации, в вытяжке из бурового раствора с рН = 12 была значительно ниже (почти в 40 раз). Электродный потенциал на поверхности образцов значительно не изменился.

Таким образом, установили, что обработка алюминиевого сплава Д16Т методом интенсивной пластической деформации повышает его коррозионную стойкость в промышленных средах.

#### Библиографический список

1. Сверхмелкозернистые материалы и перспективы их использования в горном деле и трубопроводном транспорте / А. М. Шаммазов, Н. К. Ценев, Х. И. Акчурун [и др.] // Горный вестник. – 2000. – С. 33-36.

2. Низкотемпературная сверхпластичность металлических материалов / Р. З. Валиев, О. А. Кайбышев, Р. И. Кузнецов [и др.] // ДАН СССР. – 1988. – Т. 301. – № 4. – С. 864-866.
3. Поляризационные исследования металлов и сплавов: учеб. пособие / О. Р. Латыпов, А. С. Тюсенков, С. Е. Черепашкин, Д. Е. Бугай. - Уфа: ООО «Монография», 2017. – 136 с.
4. Гафаров, Р.Х. Краткий справочник инженера-механика. Основные формулы и справочные данные по расчетам на прочность / Р. Х. Гафаров, Р. Г. Шарафиев, Р. Г. Ризванов. - Уфа: Издательство УГНТУ, 1995. – 112 с.
5. Черепашкин, С. Е. Методы исследования коррозии оборудования нефтегазового комплекса: учеб. пособие / С. Е. Черепашкин, О. Р. Латыпов, В. В. Кравцов. - Уфа: ООО «Монография», 2016. – 104 с.
6. Латыпов, О. Р. Эксплуатация нефтегазового оборудования в агрессивных средах: учеб. пособие / О. Р. Латыпов. – Уфа: Издательство УГНТУ, 2018. – 151 с.
7. Влияние pH солевого конденсата на развитие питтинговой коррозии алюминиевых сплавов / Д. Р. Латыпова, С. Е. Черепашкин, Е. В. Боев, О. Р. Латыпов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2018. – № 4 (114). – С. 73-84. – DOI: 10.17122/ntj-oil-2018-4-73-84.

Научный руководитель: Аглиуллин А.Х., докт. техн. наук, профессор

**Методика коррекции погрешности обработки на станках с ЧПУ,  
основанная на математическом и компьютерном моделировании**

*Темпель Ю.А., Кухарева Я.М.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Основными задачами в области резания и технологии машиностроения являются обеспечение качества изготавливаемых деталей и разработка и исследование способов обеспечения заданного уровня качества, от которого зависит надежность и работоспособность изделий машиностроения, а также уровень удовлетворенности потребителей.

В связи с вышесказанным объектом исследования является процесс формообразования детали и формирования погрешности, возникающей от сил резания при обработке деталей на металлорежущих станках с числовым программным управлением. Предмет исследования – управление точностью обработки деталей на станках с ЧПУ.

Цель исследования – повышение результативности металлообработки на основе коррекции CAD-модели детали до металлообработки по средствам математического и компьютерного моделирования. Для реализации поставленной цели необходимо решить ряд следующих задач: выполнить

анализ исследований формирования погрешностей при обработке на станках с ЧПУ и способов компенсации этих погрешностей; разработать математическую модель формообразования поверхности детали; разработать методику погрешности обработки на станках с ЧПУ и оценить ее эффективность.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке метода компенсации погрешности, возникающей от сил резания.

При реализации исследования были использованы теоретические основы технологии машиностроения, теории автоматического управления, планирования эксперимента, теории моделирования. Используются методы теории математической статистики и программирования станков с ЧПУ.

Разработанная методика состоит из пяти этапов: расчет режимов резания и определение схемы базирования; построение расчетной модели детали в САД-системе, приложение нагрузок и получение решения; учет деформационных отклонений и коррекция САД-модели детали по результатам учета деформационных отклонений; разработка управляющей программы; контрольная операция.

Таким образом, комплекс проведенных исследований позволил разработать концептуальную модель компенсации погрешности механической обработки на станках с ЧПУ на основе математического моделирования.

### **Особенности обработки труднообрабатываемых сплавов в процессе резания**

*Темпель О.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время от уровня развития машиностроительного комплекса в значительной степени зависит экономический потенциал России и ее конкурентоспособность на мировом рынке.

Для поддержания развития данной отрасли разработаны различные программы и стратегии в области машиностроения, важными задачами, которых является совершенствование моделей конечной сборки и стимулирование локализации производства [1].

Так, например использование различных инновационных методов в процессе резания позволяет повысить качество и производительность обработки. Процесс резания представляет собой комплекс чрезвычайно сложных явлений, зависящих от физико-механических свойств обрабатываемого материала, качества режущего инструмента, условий резания, состояния станка, жесткости технологической системы [2].

Хотелось бы отметить, что процесс обработки современных труднообрабатываемых сплавов требует улучшения технологических процессов.

К основным особенностям затруднительной обработки рассматриваемых сплавов можно отнести малую теплопроводность, высокие скорости обработки, быстрый износ режущего инструмента.

Таким образом, для обеспечения качества обрабатываемой поверхности необходимо применять методы и технологии, которые бы способствовали управлению температурой в зоне резания, уменьшению шероховатости и повышению точности обработки.

#### Библиографический список

1. Распоряжение Правительства РФ от 2011 г. №2227-р О Стратегии инновационного развития РФ на период до 2020г. [Электронный ресурс] //- Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70006124/>

2. Верещака А. С. Обработка труднообрабатываемых материалов инструментом из твердого сплава с Re-Co-связкой повышенной теплоустойчивости и нано- структурированным износостойким покрытием / А. С. Верещака, А. В. Дачева, А. И. Аникеев // «Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров : материалы международной научно-технической конференции ААИ, посвященной 145-летию МГТУ «МАМИ» - Режим доступа: [http://mospolytech.ru/science/mami145/scientific/article/s08/s08\\_04.pdf](http://mospolytech.ru/science/mami145/scientific/article/s08/s08_04.pdf)

#### **Исследование свойств соединений из стали 12Х18Н10Т, полученных сваркой трением**

*Токарев А.С., Каретников Д.В.*

*Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа*

Одним из наиболее эффективных способов исключения термической обработки при изготовлении трубных пучков из стали марки 12Х18Н10Т является замена дуговой сварки на сварку трением вращением. В работах [1-3] показана возможность использования сварки трением для получения комбинированных соединений труб с трубными решётками из стали 15Х5М без применения термических операций.

Для оценки возможности применения сварки трением для получения комбинированного соединения альтернативной конструкции первоначально необходимо оценить механические и другие свойства сварных соединений из стали 12Х18Н10Т, так как на сегодняшний день отсутствуют данные о свойствах сварных соединений из указанной стали, полученных сваркой трением.

Для исследования свойств сварных соединений из стали 12Х18Н10Т (поставляемой согласно требованиям ГОСТ 5949-75) были изготовлены и сварены методом сварки трением прутки диаметром 20 мм.

Для проведения испытаний на статическое растяжение, ударную вязкость, исследования структуры различных зон сварного соединения из

зоны сварного соединения полученных опытных деталей были изготовлены образцы.

Испытание на статическое растяжение образцов со сварным соединением проводили согласно требованиям ГОСТ 6996-66 при комнатной температуре на цилиндрических образцах типа XXV.

Испытание на статическое растяжение образцов из основного металла проводили согласно требованиям ГОСТ 1497-84 при комнатной температуре на цилиндрических образцах типа IV.

Значения временного сопротивления разрыву  $\sigma_B$ , условного предела текучести  $\sigma_{0,2}$  и относительных удлинения  $\delta_5$  и сужения  $\psi$  для образцов из основного металла и со сварным соединением, полученные как среднее значение по результатам испытаний трёх образцов, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты испытаний образцов на статическое растяжение

Механические свойства	Основной металл	Сварное соединение	Минимальные значения механических свойств по ГОСТ 5949-75
$\sigma_{0,2}$ , МПа	287,0	269,0	196
$\sigma_B$ , МПа	687,0	642,7	510
$\delta_5$ , %	44,2	48,9	40
$\psi$ , %	71,5	72,3	55

Из таблицы видно, что параметры статической прочности полученного сварного соединения значительно превышают значения, установленные ГОСТ 5949-75. Пластические свойства металла зоны соединения на основании значений относительного удлинения и сужения можно считать высокими, в особенности с учётом того, что сварные детали не подвергались термической обработке после сварки.

Испытания на ударный изгиб образцов из основного металла и со сварным соединением проводили согласно требованиям ГОСТ 9454-78 на образцах с V-образным концентратором при комнатной температуре. Для сварных образцов надрез выполнялся по центру сварного соединения.

В таблице 2 представлены сводные данные по результатам испытаний на ударный изгиб, полученные как среднее значение по результатам испытаний трёх образцов.

Из таблицы видно, что ударная вязкость образцов со сварным соединением выше значений ударной вязкости образцов из основного металла. Полученные выше результаты механических испытаний, а также результаты металлографических исследований позволяют сделать вывод о том, что сталь 12X18H10T обладает хорошей свариваемостью сваркой

трением, которая позволяет получить сварные соединения с механическими и пластическими свойствами на уровне основного металла без применения термической обработки.

Таблица 2

Результаты испытаний образцов на ударный изгиб

Параметр	Основной металл	Сварное соединение
работа разрушения, Дж	139,5	151,7
ударная вязкость <i>KCV</i> , Дж/см <sup>2</sup>	175,6	190,2

Учитывая факт получения авторами статьи натурального образца комбинированного соединения альтернативной конструкции согласно [4] из стали 15X5М [2], а так же с учётом близости значений механических свойств сталей 12X18Н10Т и 15X5М (в особенности предела текучести) можно сделать вывод о возможности совершенствования технологии изготовления трубных пучков теплообменных аппаратов из стали 12X18Н10Т за счёт использования комбинированных соединений альтернативной конструкции, получаемых с применением сварки трением.

Выводы:

1. Применение альтернативной конструкции комбинированных соединений труб с трубными решётками из стали 12X18Н10Т, получаемых с использованием сварки трением, является технологически обоснованным в связи с высоким уровнем механических свойств сварных соединений.

2. Применение комбинированных соединений альтернативной конструкции по пункту 1 является экономически обоснованным, несмотря на необходимость модернизации конструкции трубных пучков (в зоне соединений труб с трубными решётками), а так же внесения изменений в технологический процесс получения комбинированных соединений, в связи с возможностью отказа от применения термических операций.

Библиографический список

1. Оценка возможности применения сварки трением для изготовления теплообменного оборудования из стали 15X5М / Д. Ш. Муликов, Р. Г. Ризванов, Д. В. Каретников, А. М. Файрушин // Сварочное производство. – 2016. – № 3. – С. 47-51.

2. Модернизация конструкции узла крепления труб к трубным решёткам кожухотрубчатых теплообменных аппаратов из стали 15X5М / Д. Ш. Муликов, Д. В. Каретников, Р. Г. Ризванов, А. М. Файрушин // Нефтегазовое дело. – 2015. – № 5. – С. 398-410.

3. Коррозионная стойкость сварного соединения узла «труба-трубная решетка», полученного сваркой трением / Р. Г. Ризванов, Д. Ш. Муликов,

Д. В. Каретников [и др.] // Нанотехнологии в строительстве. – 2017. – Т. 9. – № 4. – С. 97-115.

4. Пат. 2524468 Российская Федерация, МПК В23К20/12, В23К31/02. Способ соединения узла "труба – трубная решетка" сваркой трением / Каретников Д. В., Ризванов Р. Г., Файрушин А. М., Муликов Д. Ш., Баландина А. Г.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет. – № 2012149757/02; заявл. 21.11.2012; опубл. 27.05.2014, Бюл. № 15.

Научный руководитель: Каретников Д. В., канд. техн. наук, доцент.

### **Применение графитовых материалов в качестве уплотнения масляной полости подшипниковых опор газотурбинных двигателей**

*Фаслетдинов А.Д.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Для обеспечения герметичности масляной полости в компрессорах и турбинах газотурбинных двигателей используются графитовые кольца. Кольца устанавливаются в зоне контакта крышки из коррозионностойкой жаропрочной стали 07X12НМБФ, которая не совершает вращательных движений, и уплотнительного кольца из конструкционной легированной стали 40ХН2МА, которое вращается на валу со скоростью до 160 м/с. Температура в масляной полости может достигать до 600 °С. Данные условия работы уплотнения обуславливают применение графитовых материалов. Графит обладает высокими антифрикционными свойствами, в частности низким коэффициентом трения, что препятствует схватыванию графита со сталью.

На задней опоре ротора компрессора низкого давления стоит кольцо из графита марки АТГ. Это антифрикционный графит, работающий при температуре до 650 °С, обладающий высокой прочностью. Физико-механические свойства приведены в таблице 1. Массовая доля марганца в материале не менее 0,1%.

Таблица 1

Физико-механические свойства графита АТГ

Наименование показателя	Норма	
	Бруски, цилиндры диаметром до 200 мм	Цилиндры диаметром свыше 200 мм
Плотность, кг/м <sup>3</sup> , не менее	1720	1680
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	98	73,5
Удельное электрическое сопротивление, мкОм·м, не более	18	18

Основные материалы, применяемые при изготовлении графита АТГ: кокс непрокаленный смоляной, кокс пековый непрокаленный марки КПС, пек каменноугольный электродный марки А.

Работоспособность графита в атмосфере воздуха при температуре 650 °С в течение 50 часов, при температуре 600 °С в течение 200 часов, при температуре 500 °С более 500 часов.

Недостатком графитовых колец является чувствительность к повышенным перепадам давлений и температур. Перепад давления на контактных уплотнениях может доходить до 1,5 кг/см<sup>2</sup> и выше, зависит от режимов работы двигателя и схем регулирования перепада давления.

#### Библиографический список

1. Ткаченко, С. Н. Поверхностное легирование деталей из углерод-углеродистых композиционных материалов для авиационной промышленности с целью повышения жаростойкости / С. Н. Ткаченко // Вестник двигателестроения. – 2014. – № 1. – С. 147.

2. ГОСТ 18898-89 (ИСО 2738-87) Изделия порошковые. Методы определения плотности, содержания масла и пористости. – Взамен ГОСТ 18898-73; введ. 1991-01-01. – Москва: Изд-во стандартов, 1990. – 10 с.

3. ГОСТ 23776-79 Изделия углеродные. Методы измерения удельного электрического сопротивления (с Изменениями N 1, 2). – Введ. 1982-01-01. – Москва: Изд-во стандартов, 1990. – 15 с.

Научный руководитель: Венедиктов А.Л., доцент.

#### **Роботизация: классификации и тенденции.**

*Хамматова Д.Ф., Горячев Н.А*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В современном мире автоматизация машиностроительных комплексов развивается стремительнее с каждым днем. На это указывают новейшие автоматизированные изобретения, технологии и их положительные стороны, основной из которых является решение проблемы человеческого фактора, то есть уменьшение объема бракованной продукции. А также при условиях жесткой конкуренции в непостоянной рыночной ситуации требует особого внимания эффективность производства.

Автоматизация - это применение машин, машинной техники и технологии с целью облегчения человеческого труда, вытеснения его ручных форм, повышения его производительности. [1] Физически тяжелый, монотонный, опасный для здоровья и жизни труд – это то, что автоматизация призывает устранить.

Для автоматизации производств в настоящее время появилось множество роботизированных технологий. Для более широкого представления

о роботах, просмотрев литературные источники, статьи мы изучили некоторые их классификации и выделили основные. Робототехника имеет множество классификаций.

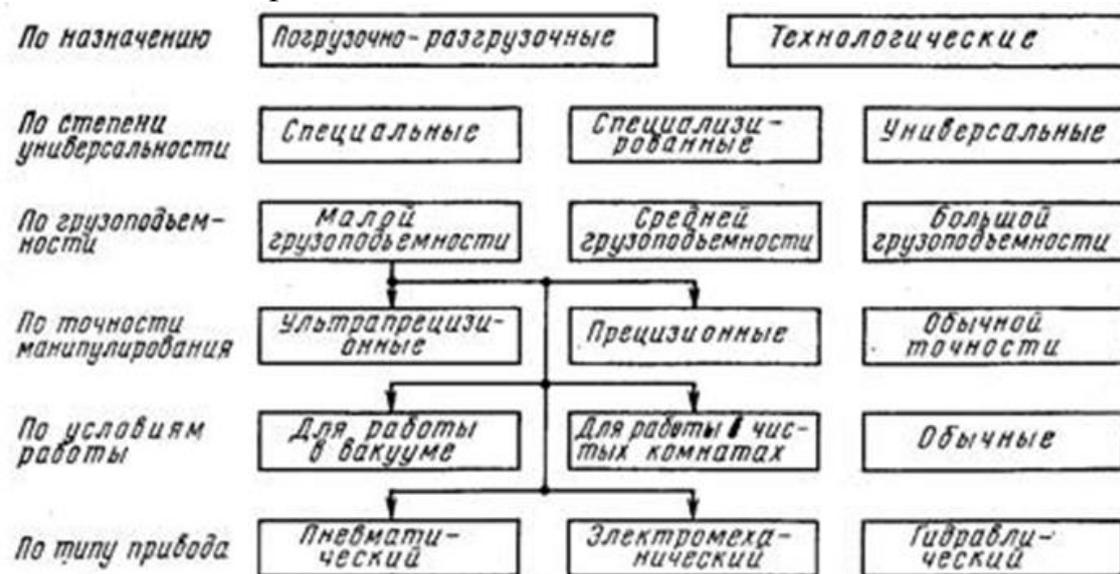


Рисунок 1. Схема классификации роботов.

Например, по типу выполняемой работы можно выделить 8 разновидностей: промышленные, строительные, сельскохозяйственные, транспортные, бытовые, боевые, охранные и исследовательские роботы. По типу управления роботы разделяются на три класса: управляемые оператором, полуавтономные, автономные.[2] Также можно разделить по характеру выполнения технологических операций, по числу степеней подвижности, по грузоподъемности, по способу передвижения и пр., указанные на рисунке 1. Но важнейшими классами роботов широкого назначения являются манипуляционные и мобильные роботы.

Манипуляционный робот — автоматическая машина, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и устройства программного управления, которая служит для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций.[3] Манипуляционные роботы, возможно, использовать для перемещения деталей, но основной функцией является сборка. Такие роботы производятся в напольном, подвесном и порталном исполнении. Получили наибольшее распространение в машиностроительных и приборостроительных отраслях. Ярким примером робота-манипулятора можно назвать робота *Baxter*, изображенный на рисунке 2. Это многофункциональный робот с двумя манипуляторами и системами обратной связи и самообучения. Данный робот способен практически на все, на что способна рука человека. А также не менее интересно то, что он не требует подробного программирования каждого действия. Он может научиться повторять показанные движения и применять их в дальнейшем.



Рисунок 2. Коллаборативный робот *Baxter*, *Rethink Robotics* (США)

Мобильный робот — автоматическая машина, в которой имеется движущееся шасси с автоматически управляемыми приводами.

В последнее время мобильные роботы имеют большую популярность. Их можно разделить на три вида: воздушные (дроны, квадрокоптеры, другие беспилотные летательные аппараты), сухопутные (луноходы, марсоходы) и морские (радиоуправляемые или с автономным управлением катера, военные роботы-саперы).[4] В качестве собственного примера можем привести робота, который спроектирован и разработан нами, указанный на рисунке 3. Он включает в себя основную функцию мобильного робота, то есть перемещение. Что еще немало важно, так это то, что, но на нем находится манипулятор со щупами, способный перемещать предметы.

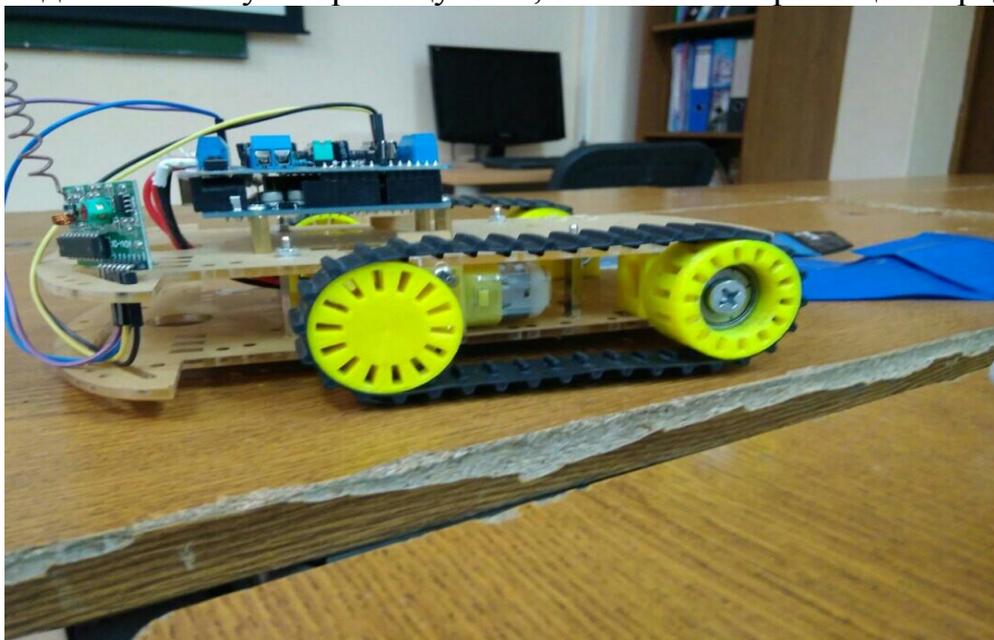


Рисунок 3. Мобильный робот.

В связи с тем, что робототехника достаточно многогранна и распространена во всех сферах в различных интерпретациях, она развивается

стремительно быстро. Соответственно, вскоре сотрется граница между промышленными и сервисными роботами, и любой робот сможет работать и в цеху, и рядом с человеком. Начинает падать стоимость на роботов и это ведет к повышению рентабельности роботов и снижению порога входа в отрасль.

#### Библиографический список

1. Райзберг, Б. А. Современный экономический словарь / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 1999. – 479 с.
2. Классификация роботов [Электронный ресурс] // Роборевию. – Режим доступа: <http://roboreview.ru/nauka-o-robotah/klassifikatsiya-robotov.html>.
3. Попов, Е. П. Основы робототехники: Введение в специальность / Е. П. Попов, Г. В. Письменный. – Москва : Высшая школа, 1990. – 224 с.
4. Классификация мобильных роботов [Электронный ресурс] // Постнаука. – Режим доступа: <https://postnauka.ru/video/34424.html>.

Научный руководитель: Чернышов М.О., канд. техн. наук, доцент.

#### **Балансирная подвеска для тракторных прицепов**

*Шадрин С.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Балансирная подвеска является одной из самых распространенных среди подвесок, применяемых при производстве грузовых прицепов. К неоспоримым преимуществам подвески относятся ее дешевизна, надежность, долговечность и неприхотливость: она легко справляется с трудностями в распутицы и низких температур [1].

Двух - осная балансирная подвеска способна приспособливаться к неровностям грунта без потери контакта колеса с опорной поверхностью, это значительно снижает давление на полуоси балансира. Предельный угол перекаса задних и передних полуосей балансира возможен до 15 градусов. В конструкции балансирной подвески отсутствуют элементы подвески, требующие постоянного ухода и техобслуживания, такие как амортизаторы, реактивные штанги, стремянки и рессоры. Кронштейн балансира — элемент, жестко и неподвижно закрепленный на раме прицепа, на нём установлена центральная труба, вокруг которой поворачиваются балансиры с полуосями. Балансир с полуосями гарантирует необходимый параметр перемещения колёс относительно кузова, а также необходимую плавность хода. Балансирная подвеска обладает наилучшими качествами сцепления с грунтом, по сравнению с другими подвесками. Центральная ось

обеспечивает плавное вращение балансиров с полуосями и связывает между собой кронштейны балансира.

Отбойники — резиновые демпферы, закрепленные на балансирах, ограничивающие ход балансира по вертикали и исключают касание деталей подвески о раму. Конструкции балансирной подвески элементарны и не предполагают сложных деталей, требующих постоянного технического обслуживания и надзора, при этом очень неприхотливы в суровых дорожных и климатических условиях, надежны, экономичны. Они обеспечивают наилучшее сцепление с грунтом и распределение давления по осям при наезде на препятствия и обладают оптимальным соотношением цены и качества.

#### Библиографический список

1 Иванов, М. Н. Детали машин / М. Н. Иванов – Москва: Изд-во Высшая школа, 2001. – 382 с.

Научный руководитель: Моргун А. И., канд. тех. наук, доцент.

#### **Обеспечение работоспособности узлов ответвления трубопроводов с укрепляющими (накладными) кольцами**

*Яковлева Д.Н.*

*Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа*

Одной из актуальных проблем является повышение показателей прочности и надежности опасных участков трубопроводной системы: ответвлений и врезок, которые испытывают напряженно-деформированное состояние, вызванное условиями работы трубопровода, постоянными динамическими нагрузками, средой в трубах и дефектными зонами.

В работе анализируется способ укрепления мест ответвления трубопроводной системы – укрепление усиливающими накладками. По отчетам об авариях за последние 20 лет на местах установки тройниковых соединений можно судить об актуальности данной темы исследования.

Для увеличения надежности мест ответвления трубопровода в работе предлагается использование двух усиливающих накладок, уложенных послойно (рисунок 1).

Таким образом, укрепляющая способность усиливающего элемента не изменится. Моделирование с использованием численных методов показывает целесообразность данного конструктивного решения. Сравнение моделей с накладками, уложенными послойно, и моделью с одной накладкой показывает, что напряженно-деформированное состояние узла уменьшается, так как зона термического влияния становится меньше. В совокупности данные результаты дают основания судить об эффективности применения двух усиливающих накладок. Это позволяет делать вывод об увеличении ресурса работы узла тройникового соединения трубопроводной системы и снижении вероятности разрушения.

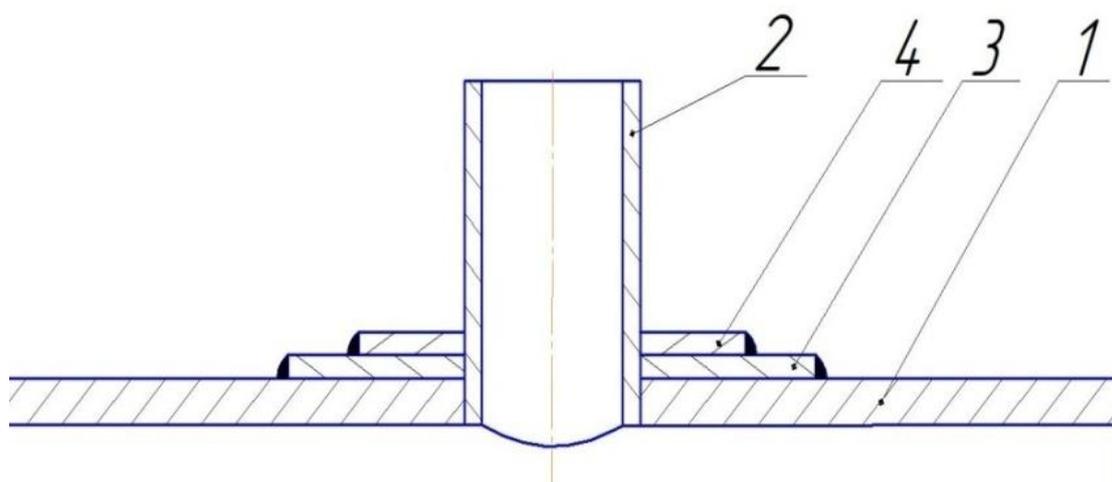


Рисунок 1. Схема технического решения

Для безопасной эксплуатации узла используются один из широко распространенных способов укрепления тройникового соединения при помощи усиливающих колец. Конфигурация усиливающих колец представляет собой изогнутую по диаметру трубопровода круглую пластину с отверстием под диаметр ответвления толщиной равной толщине трубопровода. Так как разрушения в трубопроводе приходится на зону приварки штуцеров, врезки труб и ответвления трубопровода, то конструктивное исполнение колец и геометрия сварных швов должны иметь высшую степень безопасности и контроля выполнения сборочных работ [1].

Отраслевые стандарты и стандарты предприятия ПАО «Газпром» нормируют размеры толщин стенок врезаемых труб в зависимости от трубопровода. Так же стандартизованы усиливающие кольца (накладки). Анализируя технологию изготовления и монтажа усиливающих колец, предлагается уменьшить величину сварного шва и соответственно зоны термического влияния путем уменьшения толщины самих колец. Прочность узла в предлагаемой конструкции не уменьшится, так как предлагается использовать два кольца вместо одного, но с толщинами вдвое меньше. Зона термического влияния в металле трубы значительно уменьшится. Также на наш взгляд перераспределится напряженно-деформированное состояние в узле тройникового соединения.

С целью определения и сравнения напряженно-деформированного состояния в узле при использовании различных конструктивных исполнений колец были проведены численные исследования на моделях в программе ANSYS WORKBENCH в модуле Static Structural. Модель представляла собой цилиндрическую трубу с патрубком.

Для численного сравнения моделей построены графики действия эквивалентных напряжений в моделях, действующие вдоль наиболее нагруженного сечения узла. Уменьшаются напряжения на наружной поверхности и для зоны термического влияния. Расстояние от оси патрубка до ЗТВ указано точками на графике для соответствующих моделей.

Результаты моделирования представлены на рисунке 2.

Повышение безопасности опасного участка ответвления и врезки достигается путем установки плоского усиливающего кольца на патрубке.

Существующая технология укрепления с помощью одного кольца, как показывает практика, не обеспечивает безопасную эксплуатацию ответвлений. Отчеты об авариях на магистральном трубопроводе указывают на недостаточное обеспечение прочности участков ответвлений [2].



Рисунок 2. График изменения эквивалентных напряжений

На основании проведенного численного исследования на примере модели основной трубы с патрубком и с двумя усиливающими кольцами, приваренными послойно, можно утверждать о снижении уровня напряжений в области приварки кольца к патрубку.

#### Библиографический список

1. Гумеров, А. К. Механизмы разрушения магистральных трубопроводов с приварными элементами [Текст] / А. К. Гумеров, Ф. Ш. Хайрутдинов // Нефтегазовое дело. – 2007. – № 1. – С. 1-10.
2. Гумеров, К. М. Человеческий фактор при конструировании и эксплуатации сложных узлов нефтепроводов [Текст] / К. М. Гумеров, Р. Р. Багманов // Современные фундаментальные и прикладные исследования. – 2016. – № 4. – С. 72-80.

Научный руководитель: Файрушин А.М. – канд. тех. наук, доцент

## СЕКЦИЯ «Транспортные и транспортно-технологические системы»

### Универсальный транспортный манипулятор

*Андреев Е.О., Мешков Д.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

На данный момент во многих предприятиях общественного питания высокий уровень автоматизации основных операций на кухне, который постоянно возрастает. Однако уровень автоматизации процесса обслуживания в торговом зале достаточно низок и мало отличается от уровня лет 100 назад – официанты все так же разносят заказы посетителям.

Дисбаланс в уровнях автоматизации основных операций на предприятиях общественного питания является важной причиной малой эффективности работы предприятия, что сказывается на его конкурентоспособности.

Чтобы изменить ситуацию, необходимо изменить организацию работы предприятия общественного питания, основываясь на совместном рассмотрении функционирования процессов исполнения и движения потока заказов посетителям.

Многие иностранные предприятия решили эту проблему, изменив организационно-технологическую схему работы, внедрив автоматическую систему доставки заказов посетителям. Это решение позволяет обеспечить равномерную и согласованную работу предприятия и сделать процесс обслуживания посетителей своевременным и непрерывным.

Опыт зарубежных компаний показывает, что данное направление актуально и положительно сказывается на эффективности работы предприятия. Следовательно, применение отечественными компаниями инновационных технологий, таких как системы автоматизации транспортно-технологических операций, позволит идти в ногу с мировыми тенденциями развития предприятий общественного питания.

Во многих странах уже используются роботы-официанты, однако они малоэффективны из-за невысокой технологичности разработки и уступают людям-официантам в скорости обслуживания. Применение такой системы автоматизации транспортно-технологических операций отличается только зрелищностью, но люди быстро привыкнут к инновациям и уже станут смотреть на эффективность.

УТМ (универсальный транспортный манипулятор) как раз соединяет в себе зрелищность и высокоэффективность.

УТМ представляет из себя манипулятор, имеющий 3 степени свободы и способный развивать скорость примерно 1,6 км/ч. Он состоит из двух опор: ведущей (рис.1.б, поз.2) и ведомой, соединенных с помощью траверсов (а, поз.1), позволяющих вписываться при движении в кривые малого

радиуса, давая возможность плотнее размещать пути трассы. Также УТМ состоит из блока управления (б, поз.1), двигателя подъема телескопической секции (б, поз.3), электродвигателя (б, поз.6) и углового планетарного редуктора (б, поз.7), а также ведущий (а, поз.2) и ведомых (а, поз.3) роликов. УТМ оснащен поддоном (б, поз.5) для размещения на нём предметов, обладающих небольшой массой (3-5 кг.), и телескопической секцией (б, поз.4) для опускания груза.

Манипулятор движется по транспортному пути состоящего из прямых (рис.1. г) и радиусных (рис.1. в) сегментов.

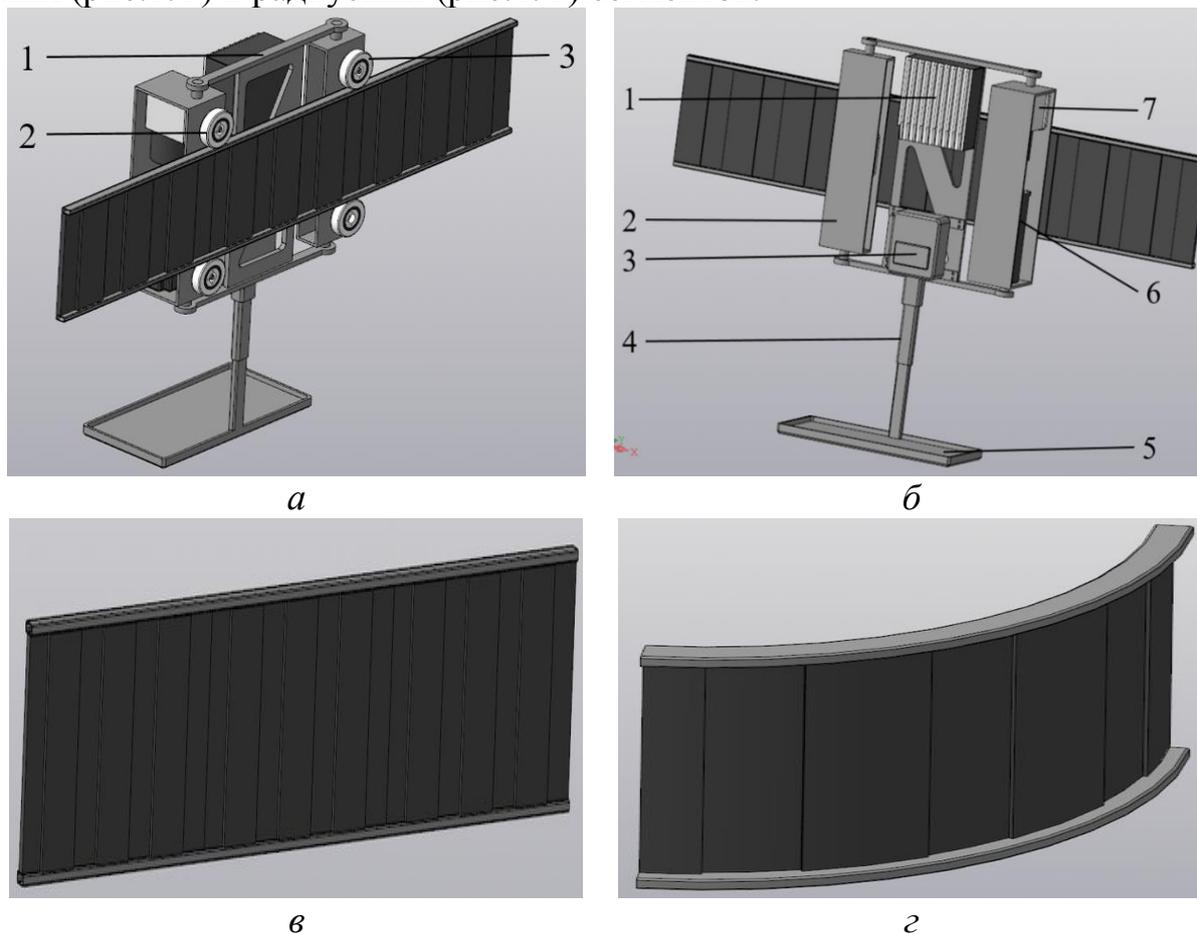


Рисунок 1. Конструкция УТМ:

*а – вид сзади; б – вид спереди;*

*в – прямой сегмент подвесного пути; г - радиусный сегмент подвесного пути*

Преимущества УТМ по сравнению с аналогами:

1. Верхнее расположение и три степени свободы перемещения в пространстве грузонесущего поддона позволяют транспортно-технологической системе беспрепятственно и с высокой скоростью выполнять основные функции.

2. Транспортно-технологическая система не нуждается в дополнительных производственных площадях, так как располагается наверху.

3. Элементы конструкции УТМ достаточно технологичны в изготовлении.

4. Принцип работы УТМ аналогичен принципу работы соответствующего автоматического подъемно-транспортного оборудования, широко используемого на предприятиях машиностроения.

Универсальный транспортный манипулятор давно используется на производствах, из этого следует, что существует отработанная технология изготовления и проверенный принцип работы. Все эти факторы являются предпосылками для налаживания массового производства надежных в работе, простых в изготовлении и относительно недорогих систем автоматизации для предприятий общественного питания.

Научный руководитель: Проскуряков Н.А., к.т.н., доцент.

### Warehouse Complexes of the Future

*Golubev V.A.*

*Industrial University of Tyumen, Tyumen*

Warehouse complexes are essential elements in the supply chain. However, since most of the work in the warehouses is still done manually, the industry is facing challenges such as interruption and delays in the delivery, staff costs, poor inventory management, theft and losses from warehouses, etc. [1]

Nevertheless, the solution of the raised problems becomes real through the developing technologies. Foreign companies are willing to use new developments in the fields of automation and robotics in their warehouse complexes over the next 10 years. The major trends to improve warehouse complexes management are presented in Table 1. [1], [2]

Table 1

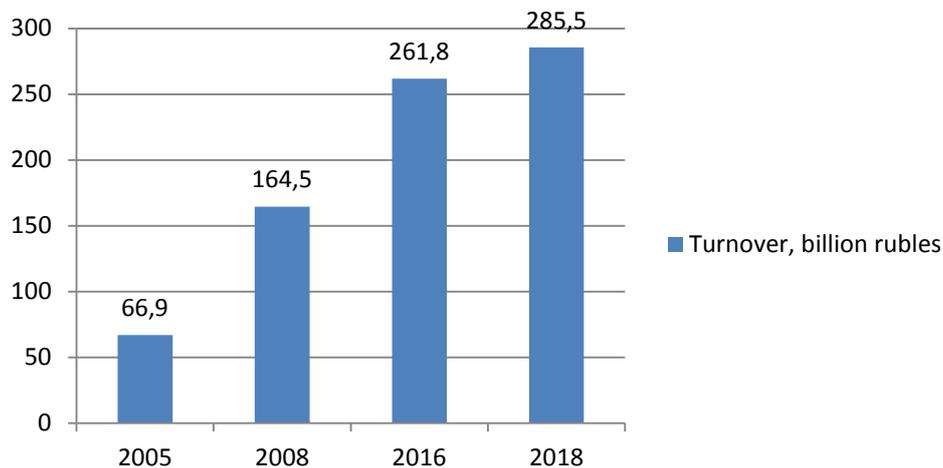
Warehouse Automation Technologies

Name	Description	Expected Profit
Drones and unmanned aerial vehicle (UAV)	Using drones and UAVs to read RFID tags	2 drones or UAV can do the work of 100 people over the same time period.
Robot at the packaging stage	Packing and packaging of the goods is performed by a robot, programmed to make any operations.	Reducing the cost of manual labor.
Cloud software	The programs are stored on the clouds.	Server maintenance costs reduction, speeding up work.
Integration of IoT with Warehouse	Combining all sensors, technologies and automation	It will allow to track numerous parameters, proper-

Management System (WMS)	equipment into a single cloud network.	ly use storage areas, create routes, etc.
Augmented Reality	The introduction of augmented reality in everyday warehouse operations.	Improving the efficiency of the recruitment process and reducing training time.
Artificial Intelligence (AI)	Evaluation of the efficiency, risk prediction and much more with AI.	Getting more accurate results.

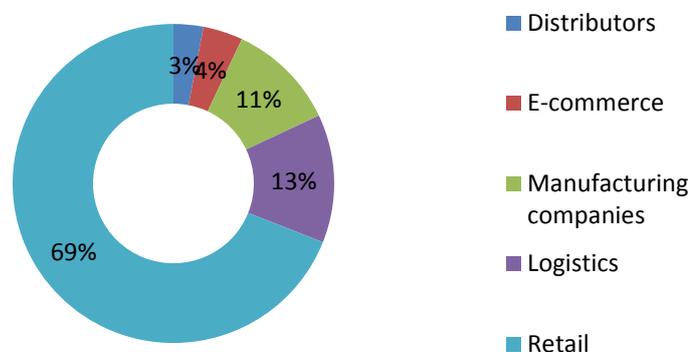
Table 1 lists the advanced technologies that warehouse complexes will be equipped with in the United States and Europe. Taken together they will increase the efficiency of work several dozen times and reduce costs.

Furthermore, the implementation of these technologies is possible and necessary in the conditions of the Russian market, particularly in the Tyumen region. Today retail is being developed in the region and as 69% of warehouse space in the region is engaged in retailing, one can assume that the total area of warehouses will be increased. The retail turnover growth rate in the Tyumen region is shown in Picture 1. [3]



Picture 1. Retail Turnover

The structure of demand for storage facilities is shown in Picture 2.



Picture 2. Demand for storage facilities in 2018

In Tyumen and Tyumen region there is a shortage of storage space class A, as most of the warehouses refer to C and D classes. One of the investment projects proposed in the Tyumen region is the construction of a class A warehouse complex, on the basis of which one can implement the latest automation systems. [4]

The implementation of the latest developments in old and new warehouse complexes in the Tyumen region will allow:

- to increase the efficiency of warehouses;
- to reduce the share of manual labor;
- to make analysis of indicators and forecasts more accurate;
- to make warehouse processes and operations faster;
- to improve working conditions, and
- to create optimal routes.

### References

1. The evolving warehouse and future trends [Electronic resource] // EXPLOREWMS. – Available at: <https://www.explorewms.com/warehouse-future-trends.html>

2. Warehouses of the future: what warehouses will look like in 10 years [Electronic resource] // 6 RIVER SYSTEMS. – Available at: <https://6river.com/warehouses-of-the-future/>

3. Trade statistics [Electronic resource] // Tyumenstat. – Available at: [http://tumstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/tumstat/ru/statistics/tumStat/enterprises/trade/](http://tumstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/tumstat/ru/statistics/tumStat/enterprises/trade/)

4. Regional warehouse markets of Russia [Electronic resource] // Tenant. Real estate market. – Available at: [https://www.arendator.ru/articles/157622-regionalnye\\_skladskie\\_rynki\\_rossii\\_iii\\_kvartal\\_2017\\_goda/](https://www.arendator.ru/articles/157622-regionalnye_skladskie_rynki_rossii_iii_kvartal_2017_goda/)

Research Supervisor in English Language: Chumakova A.V. PhD, Associate Professor, Department of Foreign Languages, TIU

### **Оценка надежности электрооборудования автомобиля**

*Калиев Р.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время, практически все автомобили имеют в своей конструкции электронные устройства. Электрооборудование автомобиля представляет собой разветвленную сеть последовательно или параллельно включенных источников и потребителей электрической энергии.

Работы на различных нефтяных и газовых месторождениях предусматривают наличие необходимых автотранспортных средств, которые совершают ездки на значительные расстояния. Учитывая суровые погодные условия на месторасположениях, появляются проблемы увеличения веро-

ятности отказа различных элементов и агрегатов автомобиля. Это, в свою очередь, влияет на коэффициент технической готовности предприятия, на увеличение расходов на ремонт и на безопасность водителей. Поэтому проблема обеспечения надежности систем и агрегатов автомобиля, на сегодняшний день, является актуальной.

В данной работе рассматривается вопрос повышения надежности электрооборудования автомобиля. В качестве исследуемого элемента выбран стартер автомобилей КАМАЗ различных модификаций [1].

Целью исследовательской работы является повышение надежности систем электрооборудования автомобилей. Объект исследования – надежность стартера автомобиля КАМАЗ. Предмет исследования – закономерности влияния наработки на вероятность отказа стартера. К основным задачам данной работы относятся [1]:

1. Сбор и обработка статистических данных на отказ стартера автомобиля КАМАЗ.
2. Расчет основных показателей надежности стартера.
3. Определение рациональной наработки между отказами стартера автомобиля КАМАЗ
4. Подготовка рекомендаций по эксплуатации исследуемых автомобилей.

Исходные данные, для оценки надежности стартера, предоставлены компанией ПАО «Сургутнефтегаз». В качестве статистического материала используются наработки на отказ стартера различных модификаций автомобиля КАМАЗ. Интервал времени наработок на отказ с Января 2006 года по Декабрь 2015 года. В процессе обработки статистики было выявлено 328 отказов.

Как известно, эксплуатация автомобилей подчиняется законам случайных процессов. При эксплуатации значения показателей свойств автомобилей меняются, причем интенсивность и характер их изменений зависят от многих факторов [2]. С целью уменьшения случайных отказов, необходимо знать закономерности и численные значения вариации случайной величины, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Статистические характеристики выборки наработок на отказ

Среднее значение, ( $L_{cp}$ ), тыс.км	175,812
Дисперсия (D)	10779,502
Среднеквадратическое отклонение ( $\sigma$ )	103,824
Коэффициент вариации ( $v$ )	0,59

Полученный в результате исследования коэффициент вариации составляет 0,59. Учитывая полученное значение коэффициента вариации и данные из таблицы 2 можно сделать вывод, что случайная величина рас-

пределяется по закону Вейбулла [2], график распределения которой показан на рисунке 1.

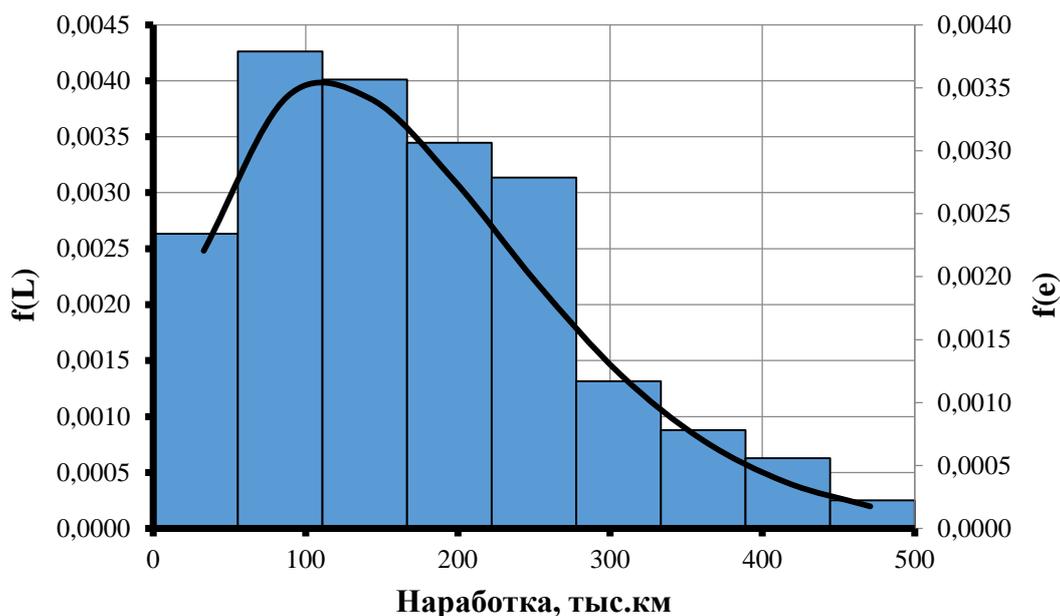


Рисунок 1. График распределения случайной величины

Для определения периодичности профилактической замены можно использовать гамма-процентный ресурс. Выражение  $L_{TO} = L\gamma$  означает, что обслуживание с периодичностью  $L_{TO}$  гарантирует вероятность безотказной работы  $R \geq \gamma$  и вероятность отказа  $F \leq (1-\gamma)$  [3].

Обозначим, что  $L\gamma$  для рассматриваемого элемента составит 80%. Из рисунка 2, можно сделать вывод, что  $L\gamma$  составит 85 тыс. км. Таким образом, что бы добиться вероятности безотказной работы 85%, нужно производить замену стартера при наработке 85 тыс. км.

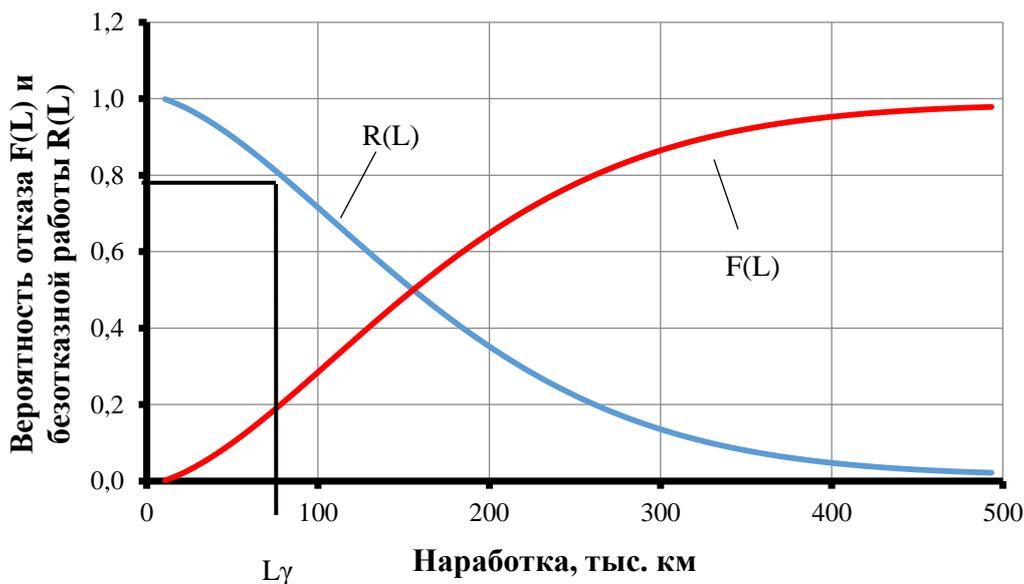


Рисунок 2. График вероятности отказа и безотказной работы

На работоспособность стартера влияет множество факторов, таких как отрицательные температуры, условия эксплуатации, своевременная замена изношенной детали и т.п [2]. В результате чего автомобиль теряет свою работоспособность, а предприятие несет убытки по этому транспортному средству. На основании расчетов, мы можем спрогнозировать, что отказ произойдет примерно на 85 тыс. км. Следовательно, желательно произвести замену стартера при достижении этой наработки. Это позволит нам сэкономить денежные средства на обслуживание и ремонт автомобилей и повысит коэффициент технической готовности.

Таким образом поставленные задачи исследования выполнены. Найдена рациональная периодичность замены стартера и даны рекомендации по эксплуатации автомобилей КАМАЗ.

#### Библиографический список

1. Тянь, Р. В. Исследование надёжности элементов топливной системы автомобиля FORD FOCUS III / Р. В. Тянь, Н. С. Захаров, А. В. Базанов // Транспортные и транспортно-технологические системы материалы международной научно-технической конференции. – г. Тюмень, 2017. – С. 423-427.
2. Захаров, Н. С. Моделирование процессов изменения качества автомобилей / Н. С. Захаров. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1999. – 127 с.
3. Тянь, Р. В. Исследование надёжности системы подачи топлива на автомобилях FORD FOCUS III / Р. В. Тянь // Транспорт и машиностроение Западной Сибири. – 2018. – № 2. – С. 13-22.

#### **Оценка безопасности городских пассажирских перевозок в г. Тюмени**

*Никитин И.Д., Писцов А.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Одной из актуальных проблем безопасности перевозок городским пассажирским транспортом является получение травм в поездке, не всегда обусловленных аварийными ситуациями на дороге. Падение пассажира может являться следствием резких ускорений или замедлений автобуса. В этом случае можно выделить следующие основные факторы, влияющие на плавность хода автобуса:

- 1) Уровень профессионализма водителя.
- 2) Характеристики самого маршрута (наличие опасных участков, выделенных полос и т.д.).
- 3) Интервалы движения на маршруте.
- 4) Тип и загрузка транспортного средства.
- 5) Погодные условия [1].

Оценка профессионализма водителя может быть оценена с помощью специализированных средств по отслеживанию вероятности отвлечения

внимания от дороги [2]. Однако, наиболее объективно будет оценивать ускорения и замедления транспортных средств двумя путями: с использованием GPS-навигации, далее вычисляя ускорение на отрезке, или же с использованием акселерометра.

При сборе данных о плавности хода автобусов г. Тюмени было предложено использование акселерометров, встроенных в современные смартфоны. Данный способ позволяет получить более точную информацию за счет высокой частоты опроса датчика (1/100 секунды).

Смартфон продольно устанавливался на сиденье автобуса и прижимался весом пассажира. При таком расположении встроенный датчик выдавал ошибку, связанную с ускорением свободного падения, которое накладывалось на продольную ось в случае наклона самого устройства. Во избежание этих ошибок математическим образом вводилась поправка:

$$\Pi = \sqrt{|9,8^2 - \sqrt{Z^2}|}, \quad (1)$$

где:  $\Pi$  – поправка по оси  $Y$ ,  $\text{м/с}^2$ ;

$Z$  – значения по оси  $Z$ ,  $\text{м/с}^2$ .

Реальные значения по оси  $Y$  были посчитаны с помощью следующей формулы, включающей в себя логические выражения:

$$Y_p = (9,8 - Z) > 0, \quad (2)$$

где:  $Y_p$  – реальные значения по оси  $Y$ ;

$Y$  – значения по оси  $Y$ ,  $\text{м/с}^2$ ;

$Z$  – значения по оси  $Z$ ,  $\text{м/с}^2$ .

При этом, если значение истинно, то из значение вычиталась величина поправки, если же значение ложно, то величина поправки прибавлялась. Для классификации элементов цикла движения были заданы пределы ускорения, при которых движение будет условно считаться равномерным ( $-1..1 \text{ м/с}^2$ ). Данный предел был введен исключительно с целью дальнейшей классификации элементов цикла движения и не несет в себе обоснованных границ.

Для каждого из 6 исследуемых маршрутов были построены гистограммы по модулю продольного ускорения. Использование модуля значений обусловлено удобством представления информации. Процентное соотношение ускорения, замедления и равномерного движения представлено в таблице 1. Также, в приведенной таблице представлены следующие коэффициенты, используемые для оценки циклов движения, а именно:

1) Коэффициент равномерности движения, характеризующий отношение суммарного времени перегрузок к суммарному времени в равномерном движении. Чем ниже значение данного коэффициента, тем реже на маршруте возникали ускорения и замедления, выходящие за рамки заданного интервала.

2) Коэффициент плавности – отношение времени в ускорении к времени в замедлении. При одинаковой продолжительности ускорений и замедлений на маршруте данный коэффициент стремится к единице.

Таблица 1

Средние значения элементов цикла движения и коэффициентов плавности и равномерности движения для каждого маршрута

Тип ТС	№ маршрута	Время в постоянном ходу, %	Время в ускорении, %	Время в замедлении, %	Коэффициент равномерности движения	Коэффициент плавности
Автобус большой вместимости	16	31	21	48	2,23	0,44
	39	44	29	27	1,27	1,07
	89	19	40	42	4,26	0,98
Автобус малой вместимости	76	43	15	42	1,33	0,36
	79	39	3	58	1,56	0,05
	80	33	26	41	2,03	0,63

На основании полученных значений можно сделать следующие выводы:

1) Автобусы малой вместимости имеют худшие значения показателя плавности движения. Время в состоянии замедления многократно превышает время в ускорении, что может означать более высокие значения ускорения в целом, обусловленные более высокой мощностью двигателя по отношению к массе ТС.

2) Четкая связь между коэффициентом равномерности движения и коэффициентом плавности отсутствует. Иными словами, доля времени равномерного движения никак не зависит и не влияет на разницу интенсивностей замедления и ускорения.

3) Наиболее благоприятным маршрутом по вышеприведенным коэффициентам можно считать маршрут № 39, а наименее благоприятным для пассажиров – 79. Однако, стоит учитывать весьма небольшой объем выборки, который может не отражать фактической ситуации и не охватывать достаточного количества водителей.

#### Библиографический список

1. Писцов, А. В. Анализ влияния коэффициента сцепления шин с дорогой на характеристики транспортного потока / А. В. Писцов, А. И. Петров // Организация и безопасность дорожного движения: сб. мат. Всеросс. науч.- практ. конф. – Тюмень: ТИУ, 2016. – С. 325-331.

2. Рахимова, И. И. Влияние визуальных отвлекающих факторов на способность водителя управлять автомобилем / И. И. Рахимова, Д. А. Мошкина, А. В. Писцов // Транспорт и машиностроение Западной Сибири. – 2017. – № 1. – С. 21-26.

### **Эффективное управление транспортными потоками**

*Соколов А.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

С каждым годом в России увеличивается численность транспортных средств. Столь быстрые темпы роста уровня автомобилизации являются причиной роста интенсивности движения особенно в крупных городах. В следствие этого увеличивается количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) на дорогах. В результате там, где существующая дорожная сеть не в состоянии справиться с возросшей нагрузкой, образуется множество транспортных заторов.

Методы решения транспортных проблем городов, условно можно разделить на два класса: инфраструктурные и организационные.

К первому классу будем относить те методы, которые связаны со строительством дополнительных инфраструктурных мощностей - строительство новых дорог, развязок, туннелей и мостов. Ко второму классу отнесём методы, связанные с организационными решениями на транспорте - выделение на улично-дорожной сети магистральных улиц, улиц с несимметричным и односторонним движением, внедрение информационных систем, выделение полос для общественного транспорта уже на существующих дорогах, светофорное регулирование и т.п. При равных условиях, методы инфраструктурные обходятся значительно дороже организационных требуют более крупных финансовых затрат для их реализации, но в свою очередь обладают наибольшей эффективностью.

В большинстве регионов России главным решением проблем, связанных с заторами, является разграничение транспортных потоков в пространстве, а также эффективное управление транспортными потоками во времени с помощью светофорного регулирования. Светофорное регулирование на перекрестке как метод организации дорожного движения, основанный на принципе разделения потоков во времени, уже не является гарантом безопасности дорожного движения и не обеспечивает необходимую пропускную способность. Этот фактор особенно важен в условиях современных городов, где безопасность дорожного движения количество транспортных заторов возрастает из-за неэффективного регулирования движения транспорта, что в свою очередь ведёт к задержкам, заторам, потери времени, ДТП и др. неблагоприятным факторам. В условиях современного дорожного движения жесткое управление светофорными объектами не всегда бывает эффективным и оправдывающим свое применение.

Более современным и эффективным методом регулирования является адаптивное управление светофорными объектами.

Принцип адаптивного управления достаточно прост. Полностью активные типы светофоров примечательны тем, что длительность сигналов на каждом подъезде к перекрестку зависит от показаний детекторов транспорта (ДТ). Каждой фазе соответствует минимальное и максимальное значение длительности разрешающего и запрещающего сигналов. Продолжительность цикла варьируется. Для реализации адаптивного управления на перекрестке, необходимо оборудовать его детекторами на подходах к перекрестку, а для более развитой системы регулирования необходимо оборудовать детекторами также и выезды с перекрестков. Данные методы являются финансово затратными и имеют исчерпывающий ресурс.

Для того, чтобы минимизировать задержки, заторы, потери времени, ДТП и др. неблагоприятные факторы необходимо превентивно реагировать на дорожную ситуацию, а именно информировать водителей заранее о загруженности основных путей следования транспортных потоков. Сделать это возможно за счет электронного дорожного знака, представляющего собой электронное табло переменной информации. Применение электронного дорожного знака позволит продуктивно воспринимать информацию водителю, т. к. оно органично и максимально эффективно вписывается в обустройство дороги. Предварительное информирование водителя о сложившейся дорожно-транспортной ситуации позволит более равномерно распределить транспортные потоки и снизить загруженность дорог, а также позволит водителю не отвлекаться от управления транспортным средством во время планирования маршрута на вспомогательные устройства. Таким образом, увеличится концентрация водителей на дорогах, а как следствие, уменьшится количество ДТП (рисунок 1,2). Нельзя не отметить, что данный принцип информирования будет крайне полезен для транзитного транспорта, а именно для водителей, плохо знающих улично-дорожную сеть города.



Рисунок 1. Схема действия водителя по реализации маршрута до введения системы

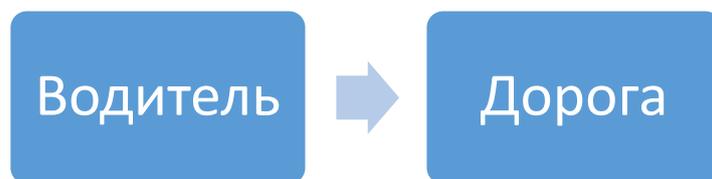


Рисунок 2. Схема действия водителя по реализации маршрута после введения системы

Применение данных методик в совокупности с электронным дорожным знаком на дорогах общего пользования позволит, уменьшить время поездки на автомобиле за счёт осведомлённости водителя о загруженности улиц и дорог. Также, в качестве сопутствующего эффекта ожидается сокращение вредных выбросов, снижение транспортных расходов, расходов на содержание автомобильных дорог и уменьшение коэффициента загрузки дорог. В связи с исключением лишнего звена из системы водитель – дорога, за счёт увеличения концентрации водителей ожидается уменьшение количества ДТП.

#### Библиографический список

1. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\*. Введ. 2013-07-01/ СоюздорНИИ. – Москва : Госстрой России, 2013. – 107 с.
2. Roadway Safety Fundamentals-Federal-aid Program [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://safety.fhwa.dot.gov/>, свободный. Дата обращения: 10.02.19
3. Швецов, В. И. Алгоритмы распределения транспортных потоков / В. И. Швецов. – Москва: Институт системного анализа РАН, 2009. – 12 с.

Научный руководитель Архипова О.А. , к.э.н., доцент

#### **Модернизация многофакторной зависимости для определения оптимального скоростного режима транспортных потоков**

*Тимоховец В.Д., Чичиланова Я.И.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Мобильность населения в современном мире в различных городах Российской Федерации (РФ) оказывает значительное влияние на эффективность транспортных процессов. Ключевой проблемой городов становится явная диспропорция между протяженностью улично-дорожных сетей (УДС) и интенсивным ростом количества автотранспортных средств (АТС). Для повышения эффективности транспортных процессов на начальном этапе была выявлена необходимость разработки математической зависимости, для определения оптимальной скорости транспортных потоков (ТП) при учёте важнейших дорожных факторов. С целью коррек-

тировки указанного параметра через дорожные характеристики необходимо повышение эффективности процесса перемещения на улицах города без понижения уровня безопасности движения. Разработанное уравнение [1] позволяет определять оптимальную скорость на улицах и городских дорогах РФ с учетом типа улицы, плотности ТП, полосности улицы и коэффициента сцепления шин с поверхностью покрытия, как основной составляющей состояния ездового полотна [2].

В данной работе поставлена цель: улучшить разработанное многофакторное уравнение.

На первом этапе настоящей работы в программе MS Excel рассчитаны значения оптимальных скоростей для различных улиц городов РФ при варьируемых параметрах дорожных условий. В качестве примера приведено исследование участка ключевой улицы г. Тюмень: ул. Республики, 39. Транспортная ситуация на данном участке представлена на рисунке 1:



Рисунок 1. Транспортная ситуация на рассматриваемом участке экспериментальной ул. Республики, I тип

Расчёт оптимальных скоростных режимов для выбранного участка улицы был выполнен с учётом варьируемых условий (плотности ТП, количества полос для движения АТС и коэффициента сцепления), по первоначальному уравнению, расчёт и значения условий представлены в таблице 1 [3].

Из результатов расчета следует, что формула для определения оптимального скоростного режима содержит явные ошибки. Вторым этапом работы определена необходимость проверки данной зависимости на адекватность и внесение по результатам расчётов необходимых изменений для улучшения данного уравнения путём введения балансовых переменных.

При корректировании следующих параметров: сбор интенсивности в равном промежутке времени (16:00-18:00) в течение нескольких дней, на одном типе улицы (I тип); на исследуемом участке ул. Республика был получен результат, являющийся наиболее точным, но не удовлетворяющим условию адекватности. Следовательно, возникает вопрос о дополнительном введении балансовых коэффициентов. Но при их добавлении так же не выявлен адекватный результат. Следовательно, создание необходимой зависимости подобным методом не может быть возможно на улицах с высокой интенсивностью, где помимо основных рассматриваемых дорожных

факторов значительное влияние также оказывают другие параметры, существенно изменяющие ожидаемый результат.

Таблица 1

Расчёт оптимальной скорости для участка на ул. Республики

Первоначальное уравнение			
$V = \frac{56969 \cdot Z_1 + 742174,18 \cdot Z_2 - 4235330,63 \cdot Z_3 - 7420,05 \cdot Z_1 \cdot Z_2 + 42359,42 \cdot Z_1 \cdot Z_3 + 1098225,09 \cdot Z_2 \cdot Z_3 - 10983,67 \cdot Z_1 \cdot Z_2 \cdot Z_3 - 10983787,95}{Z_1}$			
Факторы	Коэффициент при факторе	Плотность, $Z_1$	110
$Z_1$	56969	Количество полос, $Z_2$	3
$Z_2$	742174,18	Коэффициент сцепления, $Z_3$	0,55
$Z_3$	4235330,63	Предполагаемое значение скорости $V = -44431,8$	
$Z_1 Z_2$	7420,05		
$Z_1 Z_3$	42359,42		
$Z_2 Z_3$	1098225,09		
$Z_1 Z_2 Z_3$	10983,97		
Свободный	10983787,95	Неадекватное значение	

Следовательно, на третьем этапе в рамках эксперимента установлена необходимость проверки метода разработки зависимости для улиц с более низкой интенсивностью. Полученные коэффициенты модернизированного уравнения и выполнение проверки зависимости на адекватность представлены в таблице 2:

Таблица 2

Проверка адекватности уравнения для улицы с низкой интенсивность движения

$Y=301,95+6,46 \cdot X_1+3,71 \cdot X_1 \cdot X_2+2,54 \cdot X_1 \cdot X_3-2,21 \cdot X_2 \cdot X_3+3,29 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$				
$Y_1 = 299,66$	$Y_3 = 301,79$	$Y_5 = 300,92$	$Y_7 = 281,71$	3,55 < 4,49
$Y_2 = 305,62$	$Y_4 = 309,87$	$Y_6 = 304,92$	$Y_8 = 313,58$	
Кодированное уравнение адекватно по критерию Фишера				

Таким образом, по результатам расчета видно, что предположение о возможности составления уравнения на примере улицы с невысокой интенсивностью является верным.

В перспективе планируется разработать полную многофакторную зависимость для определения оптимального скоростного режима ТП. Но для

данного способа определения интенсивности улицы существует граничное условие: суточная интенсивность на транспортном объекте должна варьироваться в пределах от 300 до 600 авто/сут.

#### Библиографический список

1. Чичиланова, Я. И. Разработка функциональной зависимости для определения оптимального скоростного режима транспортного потока/ Я. И. Чичиланова, В. Д. Тимоховец // Организация и безопасность дорожного движения. – Тюмень, ТИУ, 2019. – Том 2. – С. 109-113.

2. Добромиров, В. Н. Скорость как фактор влияния на безопасность дорожного движения/ В. Н. Добромиров, С. С. Евтюков // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5.

3. Методология планирования эксперимента : методические указания к лабораторным работам / сост. Т. П. Абомелик. – Ульяновск : УлГТУ, 2011 – 38 с.

Научный руководитель: Тимоховец В.Д., старший преподаватель кафедры АДИА ТИУ.

### **The research on reliability of electric equipment of the vehicle KAMAZ – 43118**

*Tyan R.V.*

*Industrial University of Tyumen, s. Tyumen*

Automobile transport is on the first place in the sphere of cargo and passenger transportation. Special transport exploitation in the climate conditions of Western Siberia becomes more complicated because of low temperature during winter. In low temperature nodes and components get out of order, that is why automobiles often stay in engineering area. These outages reduce the technical readiness coefficient of the automobiles and increase the expenses of transport maintenance in the company.

The aim of research is the reliability to improve of KAMAZ-43118 electrical equipment that operates on oil-and-gas field in the far North conditions. The being unit studied is heating and ventilation system in vehicle cabin. The object of the research is the electric motor of cabin heater. The subject of the research is the regularity of season conditions and operating time influence on the probability of cabin heater electric motor failure. The main tasks of the project are:

- 1) the statistical analysis of the failure of cabin heater electric motor;
- 2) the main reliability calculations of the unit;
- 3) the characterization of gamma-percentile service life of the unit in kilometers based on the schedule of failure and no-failure probability;
- 4) the development of recommendations on technical exploitation a heater system in vehicle KAMAZ-43118 in the far North conditions.

As the initial data, the operating time between failures of the electric motor of the heater provided by the Oil Company «Surgutneftegas» is presented. The vehicle production and exploitation follow the law of random processes. The values of indicators of automobile qualities change while operating, the intensity and pattern of change depending on many factors. It is necessary to know the regularity and figures of random quantity to do the timely maintenance and make repairs. The main reliability indexes are given in the table №1.

Table 1

The main reliability indexes

Average value ( $L_{mean}$ ), thousand.km	Dispersion ( $D$ )	Root-mean-square deviation ( $\sigma$ )	Dispersion coefficient ( $v$ )
111,40	935,43	30,58	0,27

On the basis of the table data the dispersion coefficient is 0.27. Based on the dispersion coefficient indexes and on the fact that a lot of independent factors (operation conditions, interchangeability, working mode, etc.) influence on power failure of cabin heater electric motor, we can approve that random quantity (error-free running time) is dispersed by normal law. The diagram of normal random quantity dispersion is presented in figure 1.

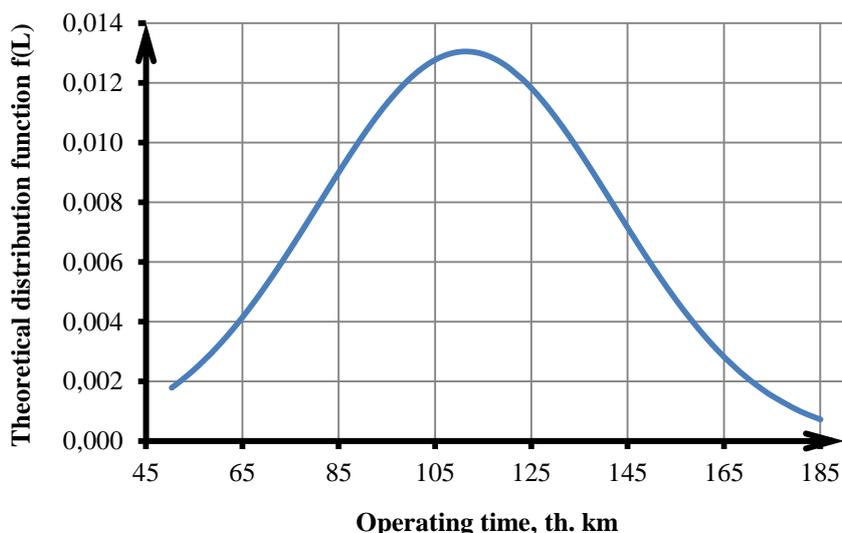


Figure 1. The diagram of random quantity dispersion by normal law

The application of random quantity dispersion by normal law gives an opportunity to predict the operation time, which is appropriate for unit replacement. We calculated the probability of the studied item failure and non-failure to get an accurate characterization of gamma-percentile service life of the unit. The diagram of probability of failure and non-failure is represented on the figure 2.

It is necessary to provide timely maintenance and auto service ‘in operation time’ in order to support automobiles in operation condition (the tactic 1-1 of the maintenance works). Now we are going to determine the gamma-percentile service life of unit.

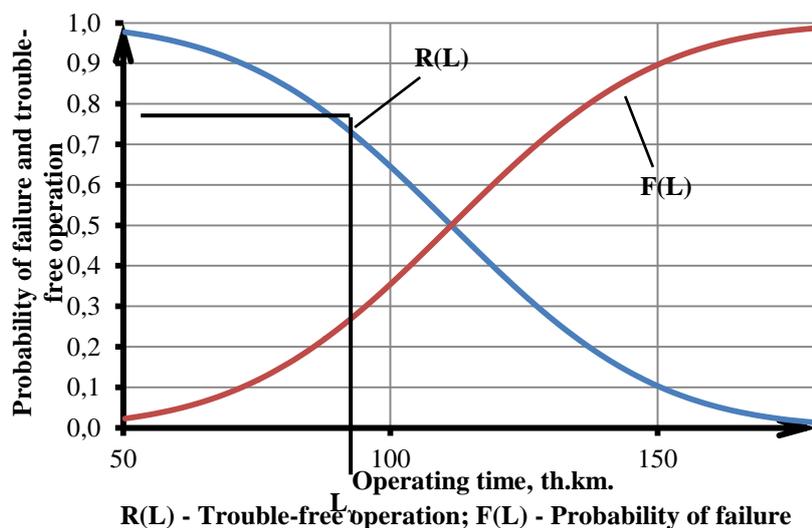


Figure. 2. The graph of failure probability and trouble-free operation

Gamma-percentile service life of unit is used to determine the maintenance periodicity according to the given level of reliability  $\gamma$ .  $L_M = L_\gamma$  means that the service at intervals  $L_M$  guarantees the probability of failure-free operation  $R \geq \gamma$  and the probability of failure  $F \leq (1-\gamma)$ . Consider that  $L_\gamma$  for the observed unit is 80%. As shown in Fig. 2,  $L_\gamma$  will be about 85 thousand km [1]. Therefore, in order to achieve the probability of failure-free operation, it is necessary to replace the electric motor of the heater when operation time will approximately be 85 thousand km. Since the disadvantage of the tactic I-1 is that at the time of the maintenance and auto service not all units have reached the limit value, it is necessary to introduce recommendations, in which case it is advisable to change the electric motor of the heater.

The investigated unit is responsible for the supply of warm air to the passenger compartment of the KAMAZ-43118. Interior heating, when working in the far North, is a necessary condition to ensure safe working conditions for drivers and passengers. Since the equipment mainly works at the field away from the repair and technical bases, the technical operation service of the enterprise needs to replace the units that reach the limit state.

As a solution to the problem, it is recommended to replace the electric motor of the heater in cars that reach the calculated operation time  $L_\gamma$  in the autumn and winter period. Due to this principle of repair impact, the company will be able to raise the coefficient of technical readiness of the vehicle fleet and reduce the car demurrage in the period of waiting vehicle repair or transportation to the operation repair area.

#### References

1. Zakharov, N.S. Modeling car quality change processes / N.S. Zakharov. – Tyumen: Tsogu, 1999. – P. 127.

Scientific supervisor: Rzhetskaya E.L., Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

## **Проблемы внедрения технологии каршеринга в систему городского общественного транспорта**

*Федотова О.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время в России в крупных городах развивается услуга каршеринга. Каршеринг – это предоставление автотранспортного средства в краткосрочную аренду (до 24 часов) на основе поминутной тарификации жителям и гостям города.

Каршеринг в крупных городах нужен для того, чтобы разгрузить транспортную сеть, тем самым уменьшив простои в транспортных заторах [1]. Также предоставив жителям и гостям городов комфортное передвижение за небольшую оплату.

Такой вид услуги появился относительно недавно. Первый город России, в котором начала работать услуга каршеринга, это Москва. В Москве и московской области существует два крупнейших каршеринговых сервиса – «Anytime» и «Делимобиль» [2]. Идея организовать бизнес каршеринга пришла к их руководителю после изучения успешного опыта в Германии и США [2]. Услуга обусловлена тем, что крупные города высоко автомобилизированы, и за счет введения такого общественного транспорта получится сократить количество личных автомобилей на дорогах.

Среди проблем внедрения технологии каршеринга можно выделить следующие:

- данная услуга вызывает у людей сомнения из-за достаточной информации и не до конца определённых условий пользования;
- присутствует риск получения неисправного автомобиля, что можно обнаружить не сразу;
- услуга обходится дешевле пользователю, только при коротких поездках;
- на данный момент услуга каршеринга законодательно неотрегулированная;
- высокие штрафы за дорожно-транспортные происшествия.

Первые сервисы заработали в 2012 году «Anytime», далее «Делимобиль» в 2015 году. Но до сих пор жители этих городов не привыкли к такому виду транспорта. У каждого сервиса свои требования пользования каршеринговым автомобилем, и держать все условия в голове это трудно, тем более каждый сервис имеет право устанавливать свои требования по возрасту пользователя, по местам парковки в зависимости от габаритов каршерингового автомобиля, по количеству топлива на остатке и бесплатного времени бронирования каршерингового автомобиля. Также при достаточном анализе недостаточное доверие могут вызвать и договора каршеринговых сервисов, имеющие пока что полностью неуточненные системы штрафов и требования для вождения автомобилем [3].

Перед использованием каршерингового автомобиля нужно обязательно проверить его на предмет царапин, вмятин и т.п. и передать все замечания оператору сервиса каршеринга. Данное действие занимает около 15-20 минут, что для пользователя оказывается отрицательной стороной. Если пользователь не проверив каршеринговый автомобиль, на предмет неисправности начнет аренду, ему могут выписать значительные штрафы, в зависимости от характера повреждений. Также технические неисправности могут быть причиной дорожно-транспортного происшествия.

В данный момент средняя цена услуги каршеринга 8 рублей минута. При поездках до 15 минут, это очень выгодно. Но для поездок, время которых превышает 30 минут, цена может оказаться выше, чем поехать на такси. Также каршеринг уступает свои позиции в пробках. Некоторые сервисы каршеринга идут на уловки и снижают тарифы в часы пик, но даже при этих льготах сумма выходит выше, чем цена за такси. Возможно, в будущем каршеринг сможет стать хорошей альтернативой такси в России, так как услуга сильно меняется [2].

Так как в России нет законодательных актов, которые регулировали бы отношения пользователя каршеринга и сервиса каршеринга, это порождает небольшие обманы со стороны сервисов в плане назначения штрафов при дорожно-транспортных происшествиях и правил пользования каршеринговым автомобилем. В договорах прописываются неуточненные системы штрафов и требования для вождения автомобилем.

Для решения выше приведенных проблем следует определить и урегулировать на законодательном уровне стандарты качества, которым должны соответствовать компании, оказывающие услуги по краткосрочной аренде [4]. Стоимость штрафов для каршеринговых автомобилей дифференцировать в зависимости от вида дорожно-транспортного нарушения. Усилить контроль за техническим состоянием автомобилей, находящихся на линии.

#### Библиографический список

1. Уварова, А. А. Проблема реализации института каршеринга в России / А. А. Уварова, Л. А. Биткова // Поколение будущего: взгляд молодых ученых. Сборник научных статей 4-й международной молодежной научной конференции. – 2016. – С. 390-393.
2. Каршеринг или такси? Плюсы и минусы [Электронный ресурс] // Трушеринг – издание о каршеринге и транспорте будущего. – Режим доступа: <https://truesharing.ru/b/7735/>.
3. Плюсы и минусы каршеринга [Электронный ресурс] // Ренткарус: Все про аренду автомобилей и каршеринг. – Режим доступа: <https://rentcarus.ru/plyusy-i-minusy-karsheringa/>.
4. Чумляков, К. С. Финансовые риски, плюсы и минусы каршеринга / К. С. Чумляков, О. А. Федотова // Актуальные проблемы развития финан-

сового сектора. Материалы VI Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 615-620.

Научный руководитель: Чумляков К.С., канд. техн. наук, доцент.

### **Использование автобусов, работающих на КПГ на примере г. Тюмень**

*Черкасов А.Н., Татьяна Н.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время в связи с экономической и экологической ситуацией встает вопрос о применении природного газа на автомобильном транспорте. Россия занимает первое место по запасам природного газа, запасы которого в мире составляют 194 триллионов кубометров [1] и доля России составляет 18%, поэтому у нашей страны большие перспективы для расширения области применения данного вида топлива. Отметим, что Россия занимает второе место по добыче природного газа, уступая место США.

Природный газ на автомобильном транспорте применяется в двух состояниях: сжиженном и сжатом. Далее в статье будет рассматриваться только сжатый природный газ. Стоит отметить, что по статистике NGV Global, на 30 ноября 2018 г., в мире насчитывается 26455793 транспортных средств на природном газе и 31246 заправок, осуществляющих заправку данным видом топлива [2].

КПГ присуще следующее:

1. Стоимость 1 кубометра метана в 3 раза ниже стоимости 1 литра дизеля [3];
2. Объем выбросов вредных веществ в атмосферу снижается до 10 раз. Выбросы по оксиду углерода снижаются до 10 раз, по оксидам азота в 2 раза, отсутствует образование сажи;
3. Октановое число природного газа составляет 105 ед. [3], что не допускает детонации в цилиндрах двигателя;
4. За счет практически полного сгорания метана в камере сгорания, его срок службы увеличивается [3];
5. Метан в два раза легче воздуха, а поэтому в случае утечки быстро улетучивается [3], особенно в открытом пространстве;
6. Емкости для хранения природного газа изготавливают из высокопрочных стальных или композитных материалов [3].

На начало 2019 года в г. Тюмень числится 1166 автобусов, среди которых 22 работают исключительно на КПГ.

В АО «ТПАТП №1» числится 10 автобусов ЛиАЗ-529267, работающих на компримированном природном газе. В ООО «ТЭК» 9 автобусов НефАЗ-5299-30-51 и 1 НефАЗ-5299-30-31, у ИП Савельева 1 Volga bus 5270GH-0000010 и НефАЗ-5299-30-51.

Усложняет эксплуатацию то, что в г. Тюмени не развита сеть АГНКС и на сегодняшний день в ходу находятся две станции, построенные ПАО «Газпром», на ул. Щербакова и на Ялуторовском тракте, что приводит к возникновению излишних нулевых пробегов автобусного парка. Так же, в работах [4, 5, 6, 7], отмечают о том, что развитость сетей АГНКС является основным сдерживающим фактором применения газовых автомобилей, использующих в качестве топлива метан.

Для минимизации нулевых пробегов на маршрутах №10 и №54 рекомендуется постройка АГНКС вблизи конечных остановочных пунктов маршрутных автобусов на пересечениях Объездной дороги с Тобольским трактом и ул. Ямской. Так же стоит отметить, что на тех же конечных остановочных пунктах ведут перевозочную деятельность и другие перевозчики, что даст им перспективы для будущего перевода парка на КПП. Более подробно местоположение АГНКС можно увидеть на рисунке 1.

Таким образом использование КПП при эксплуатации автобусов снижает затраты предприятий на топливо и положительно повлияет на окружающую среду, но в связи с плохо развитой сетью заправок этим видом топлива дальнейшее расширение является затруднительным. При этом отметим, что газовый двигатель работает тише дизельного, и при этом также издает меньше вибраций, что положительно сказывается на комфортности поездки.

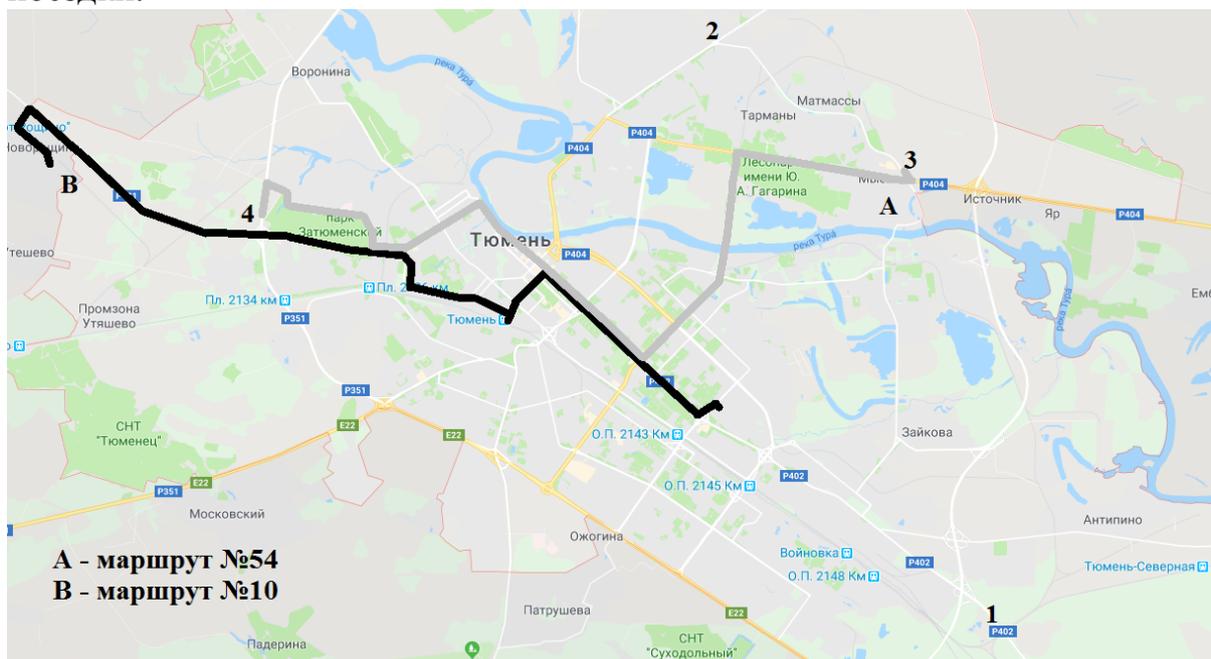


Рисунок 1. Существующие (1, 2) и предлагаемые (3, 4) АГНКС

### Библиографический список

1. Информационное агентство "Анадолу" [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.aa.com.tr/ru>.

2. Статистика NGV Global [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.iangv.org/current-ngv-stats/>.

3. Официальный сайт «Газпром» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://eco-gas.ru>.

4. Бондаренко, Е. В. К вопросу необходимости развития сети метановых заправок в г. Оренбурге / Е. В. Бондаренко, А. А. Филиппов, М. Р. Фазуллин, Р. Т. Шайлин // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – № 4 (39). – С. 15-23.

5. Мкртычан Я. С. Основные принципы построения городской сети газоснабжения автотранспорта / Я. С. Мкртычан // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 3 (33). – С. 10-14.

6. Мкртычан, Я. С. Междугородная и международная системы газоснабжения автотранспорта / Я. С. Мкртычан, С. В. Люгай, Д. В. Селиванов // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 4 (34). – С. 22-28.

7. Певнев, Н. Г. Перспективы развития инфраструктуры использования КПП в Омске / Н. Г. Певнев, М. В. Банкет, А. С. Бакунов // Транспорт на альтернативном топливе. – 2014. – № 5 (41). – С. 7-11.

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

## СЕКЦИЯ «Электроэнергетика, электротехника и теплотехника»

### Перспективы развития цифровых технологий в электроэнергетике

Большаков Д.А.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень.

В настоящее время развитие распределенных энергетических систем, использование возобновляемых источников энергии и т.п. требует внедрения новых программно-технических решений для обеспечения надежной работы электрических сетей. Существуют десятки пилотных проектов, где применение «умных счетчиков», «умных лифтов», использование солнечной и ветровой энергии в сочетании с «умными домами» дает существенный выигрыш потребителю в оплате услуг энергетических организаций. Электроснабжающие организации, в свою очередь, получают положительный эффект благодаря сглаживанию графика пиковой нагрузки и уменьшению потерь электроэнергии.

Развитие и распространение прорывных технологий в мире может не только усилить конкуренцию, но и значительно изменить структуру потоков энергоресурсов, что обуславливает применение и адаптацию современных концепций и решений в российском топливно-энергетическом комплексе, создавая с одной стороны, ряд угроз, а с другой, – новые возможности и пути развития.

Применение новых технологий и программно-технических решений играет одну из ключевых ролей в будущем энергетики страны и мировой отрасли в целом [1]. Это выражается в техническом развитии производства, мониторинга и транспортировки энергоресурсов.

В основе формирования концепции «*Smart Grid*» особое внимание уделено развитию элементов интеллектуальной энергосистемы с приоритетом на высокое и сверхвысокое напряжение [2], но в целом эффекты от ее внедрения рассматриваются в комплексе по всей энергосистеме, что делает данную концепцию более унифицированной и мобильной.

Проект энергетической стратегии России до 2035 года предполагает: обеспечить энергетическую безопасность страны, увеличить нормативную надежность производственной структуры электроэнергетики, удовлетворить текущий внутренний спрос и достичь существенно более высокого качества, эффективности и экологичности в производстве и потреблении электроэнергии.

Концепция «*Smart Grid*» обуславливает: интеллектуализацию энергоснабжения и энергопотребления, систем мониторинга с использованием современных цифровых технологий, распространение энергосберегающих технологий, повышение энергоэффективности, а также способствует внесению ряда поправок в законодательство об использовании альтернатив-

ных источников энергии и передачу выработанной энергии в сеть. Применение данной концепции позволит выполнить ряд задач, предписанных проектом энергетической стратегии развития России до 2035 года.

В случае успешного внедрения концепции «*Smart Grid*» [3] за счет эффективного мониторинга и интеллектуализации электросетей, в несколько раз уменьшатся затраты на обслуживание – в долгосрочной перспективе, сократится время определения причины и места аварии на магистральных участках электросети, что значительно скажется на качестве бесперебойной подачи электроэнергии.

Дальнейшие исследования планируется проводить в области изучения, анализа реализованных проектов концепции «*Smart Grid*» и внедрения данной технологии в структуры электроэнергетики Российской Федерации.

#### Библиографический список

1. Проект энергетической стратегии развития России до 2035 года [Электронный ресурс] // Министерство энергетики Российской Федерации. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1920>.

2. «Grids 2030» [Electronic resource] // A National Vision for Electricity's Second 100 years // Office of Electric Transmission and Distribution of USA Department of Energy. – Access mode: <https://www.energy.gov>.

3. Интеллектуальные сети Smart Grid — будущее российской энергетики [Электронный ресурс] // Группа Компаний «Системы и Технологии». – Режим доступа: <http://www.sicon.ru/about/articles>.

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

### **Сравнительный анализ систем возбуждения синхронных двигателей для применения в нефтехимическом производстве**

*Воробьев А.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Синхронные двигатели, применяемые в нефтехимическом производстве, работают в установившемся режиме работы. Они используются в качестве приводов для турбомеханизмов и служат источником реактивной мощности, которая регулируется с помощью изменения тока в обмотке возбуждения синхронного двигателя.

В систему возбуждения синхронного двигателя входят обмотка возбуждения двигателя и возбуждательное устройство. В настоящее время на производстве применяются следующие типы возбуждательных устройств: статические, бесщеточные, электромашинные (в настоящее время заменены на статические).

Проведем анализ контактной системы возбуждения тиристорного возбуждательного устройства ВТЕ-8-320 и бесщеточного возбуждательного

устройства ВСП-20-3000. В состав контактной системы возбуждения входит: трехфазный мостовой тиристорный выпрямитель, согласующий трансформатор, система импульсно-фазового управления, пусковой ключ. Бесконтактное возбудительное устройство ВСП-20-3000 является обращенным трехфазным синхронным генератором. Питание обмотки возбуждения двигателя осуществляется при помощи трехфазной якорной обмотки ВСП-20-3000, которая вместе с выпрямителем и пускозащитной цепью закреплена на валу синхронного двигателя. На станине двигателя установлена обмотка возбуждения возбудителя. Проведем сравнительный анализ систем возбуждения синхронных двигателей [1].

Пуск синхронного двигателя оснащенным тиристорным возбудительным устройством осуществляется, когда обмотка возбуждения двигателя замкнута на пусковое сопротивление. Синхронный двигатель оснащенный бесконтактным возбудительным устройством запускается при короткозамкнутой обмотке возбуждения двигателя. Увеличение сопротивления в обмотке возбуждения двигателя способствует увеличению пускового момента синхронного двигателя. Пусковое сопротивление возбудительного устройства ВСП-20-3000 в 4-10 раз меньше, чем у ТЕ-8-320. Пусковое сопротивление и диоды в бесконтактном возбудительном устройстве размещены достаточно близко друг к другу, что может привести к перегреву вращающегося выпрямителя. Таким образом при пуске синхронного двигателя с большим нагрузочным моментом и моментом инерции следует применять тиристорную возбудительную установку.

Одной из распространенных причин срыва технологического процесса непрерывных нефтехимических производств, является нарушение динамической устойчивости синхронных двигателей, поэтому обеспечение синхронной динамической устойчивости двигателей после кратковременного снижения напряжения является актуальной задачей энергетиков нефтехимического производства. При удаленных коротких замыканиях наблюдается кратковременная просадка напряжения, форсировка возбуждения способствует сохранению устойчивости синхронного двигателя [2].

Величина электромагнитной постоянной времени  $T_e$  является основным параметром возбудителя, определяющим скорость нарастания напряжения на обмотке возбуждения двигателя при форсировке. Для тиристорного возбудительного устройства  $T_e$  составляет менее 0,02 с, для бесконтактного возбудительного устройства 0,07 с. Приведенные данные свидетельствуют об эффективности использования при форсировке тиристорных возбудительных устройств.

При отключении от сети возбужденный синхронный двигатель достаточно длительное время сохраняет остаточную ЭДС. Для исключения коротких замыканий на выводах синхронного двигателя при последующем его включении необходимо применять автоматическое гашение поля. При отключении от сети синхронного двигателя оно позволяет быстро снизить

остаточную ЭДС тем самым предотвратив появление недопустимых значений токов статора в момент подачи напряжения. Активное сопротивление цепи возбуждения играет решающую роль при гашении поля. В тиристорном возбуждательном устройстве гашение поля производится замыканием обмотки возбуждения двигателя на пусковое сопротивление, а в бесконтактном возбуждательном устройстве коротким замыканием обмоток возбуждения двигателя через диоды выпрямителя. Очевидно, что в синхронном двигателе с тиристорным возбуждательным устройством гашение поля происходит быстрее, чем с бесконтактным возбуждательным устройством.

Синхронный электропривод на нефтехимических производствах должен работать непрерывно, следовательно, возбуждательные устройства должны функционировать все время. Минимум силовых элементов и простота схемы в этом вопросе играют решающую роль. Тиристорное возбуждательное устройство имеет сложную электронную систему управления, чувствительную к температуре, вибрации и т.п. Бесконтактное возбуждательное устройство имеет менее сложную структуру состоящую в основном из реле, параметры которых не чувствительны к выше перечисленным факторам. Простота схемы и отсутствие щеток у бесконтактного возбуждательного устройства не требует специальной квалификации персонала при обслуживании, ремонте и наладке. Для обслуживания контактной системы возбуждения типа ВТЕ требуется привлечение специалиста из-за наличия щеточного узла.

На нефтехимическом производстве компенсация реактивной мощности с помощью синхронных двигателей не применяется [3], коэффициент мощности поддерживается на уровне 0,96-0,98. При использовании тиристорного возбуждательного устройства перевод синхронного двигателя в возбуждательный режим затруднителен, т.к. приводит к разрушению щеток. Увеличение тока выше номинального в бесконтактном возбуждательном устройстве приводит к износу изоляции.

Выводы:

- Применение синхронного двигателя с бесконтактным возбуждательным устройством целесообразно, если не предъявляются особые требования по устойчивости его работы и вынужденный останов не приведет к срыву технологического процесса.

- Применение синхронного двигателя с тиристорным возбуждательным устройством целесообразно в составе нефтехимического производства, останов которого не допустим по условиям технологического процесса.

#### Библиографический список

1. Тумаева, Е. В. Вестник Казанского технологического университета / Е. В. Тумаева, А. В. Попов // Электротехника. – 2011. – № 19. – С. 86-91.

2. Переходные процессы в системах промышленного электроснабжения, обусловленные электродвигательной нагрузкой / С. И. Гамазин, В. А. Ставцев, С. А. Цырук. – Москва : МЭИ, 1997. – 424 с.

3. Макаров, В. Г. Вестник Казанского технологического университета / В. Г. Макаров // Электротехника. – 2010. – № 11. – С. 186-195.

Научный руководитель: Белоусов П.Л., канд. техн. наук, доцент.

### **Анализ электрических нагрузок и электропотребления в строящихся объектах гражданского назначения**

*Георгиев Е.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

При проектировании систем электроснабжения гражданских объектов применяют различные методы определения расчетных нагрузок, которые, как считается, с достаточной достоверностью позволяют выбрать мощности источников питания и других энергоустановок.

В проектах электроснабжения электрические нагрузки зданий, районов и микрорайонов застройки и элементов городской распределительной сети, а также жилых и общественных зданий определяются соответственно по нормативам [1] и [2].

На данный момент возникла необходимость корректировки нормативов электрических нагрузок, в основном, по причине появления у части населения возможности использования в быту широкого набора современных электробытовых приборов, а также в связи со строительством в городах зданий по индивидуальным проектам с квартирами повышенной комфортности.

Также при оценке электрических нагрузок общественных зданий чаще всего необходимо учитывать расход электроэнергии на человека.

Яркими примерами таких объектов являются образовательные учреждения, где усредненно берется удельный расход электрической энергии на обучающегося.

В таблице 1 представлены удельные расчетные электрические нагрузки общественных зданий.

Расчет электрических нагрузок в образовательных учреждениях укрупнено можно произвести, используя лишь данные удельной нагрузки из таблицы 1, если не предоставлены конкретные данные по электроприемникам. Общая электрическая нагрузка будет зависеть от количества мест в дошкольных и образовательных учреждениях. Следовательно, чем больше учреждение, тем больше электропотребление.

На рисунке представлен суточный график электрической нагрузки детского сада.

Удельное электропотребление общественных зданий

Общественные здания	Единица измерения	Удельная нагрузка, кВт
Общеобразовательные школы:		
с электрифицированными столовыми и спортзалами	кВт/учащийся	0,25
без электрифицированных столовых и спортзалов	кВт/учащийся	0,17
Профессионально-технические училища со столовыми		0,46
Детские дошкольные учреждения	кВт/место	0,46

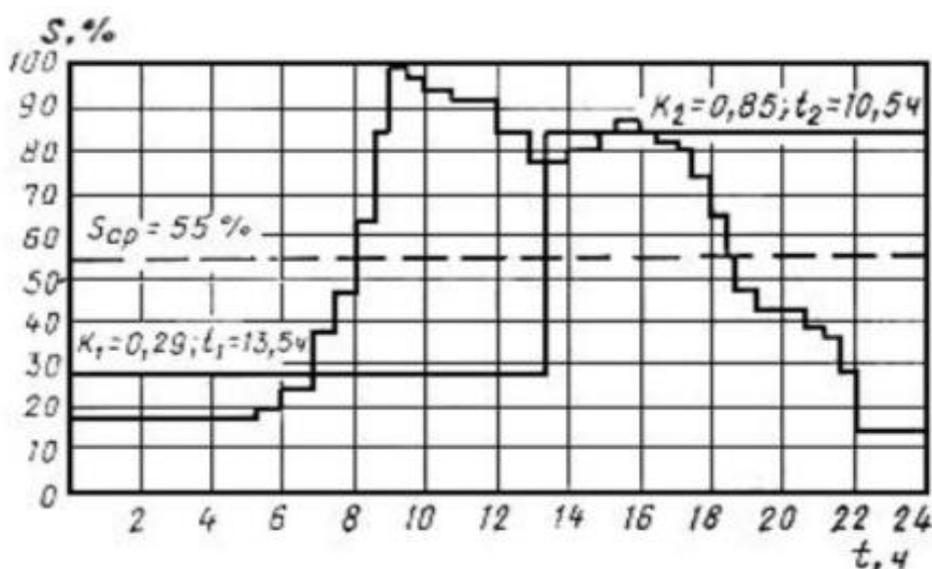


Рисунок 1. Суточный график электрической нагрузки детского сада

График суточной электрической нагрузки представляет собой пики, связанные, например, с началом рабочего дня, и провалы в ночное время.

Суточные графики нагрузок основываются на прогнозах, производимых каждым зональным управлением для определенных периодов суток. Эти прогнозы основываются на краткосрочных сведениях о погоде, представляемых районными метеослужбами. Суточные прогнозы нагрузки системы составляются Национальным управлением, для того чтобы оценить необходимую резервную мощность электростанций в национальном масштабе, и сравниваются с прогнозами, составляемыми зональными управлениями. Под влиянием различных факторов меняется во времени не только размер, но и режим электропотребления. Сокращение длительности рабочего дня и увеличение числа двухсменных производств, повышение удельного веса коммунально-бытовой нагрузки и другие факторы ведут к разуплотнению суточных графиков электрической нагрузки энергосистемы.

Основная сложность прогнозирования режимов потребления электрической энергии заключается в небольшом объеме имеющейся исходной информации, которая чаще всего ограничивается лишь общей численностью населения, количеством и типом социальных и производственных объектов.

Кроме того, существенное влияние на режимы электропотребления могут оказывать географические, климатические и технические характеристики конкретного населенного пункта: среднегодовая температура воздуха, тип отопительной системы, уровень комфорта коммунально-бытовой сферы и т.п.

Таким образом произведен анализ методов расчета электрических нагрузок и электропотребление объектов гражданского назначения.

Приведенные сведения об электрических нагрузках жилых и общественных зданий показывают, что перечень потребителей весьма неоднородный. Поэтому для проектирования системы электроснабжения объектов гражданского строительства необходима разработка методов расчета нагрузок, которые бы учитывали все влияющие факторы, включая географические, климатические и технические характеристики района, где размещается объект капитального строительства.

#### Библиографический список

1. РД 34.20.185-94. Инструкции по проектированию городских электрических сетей. – Москва: Энергоатомиздат, 1995. – 46 с.
2. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий перераб. и доп. – Москва: Стройиздат, 2004. – 50 с.

Научный руководитель: Кудряшов Р.А., канд. тех. наук, доцент.

#### **Энергосберегающие технологии в гражданском строительстве**

*Девятяров С.Н.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Перед тем как оценить возможность энергосбережения, необходимо оценить процентное соотношение потребления электроэнергии оборудованием объектов гражданского строительства.

На следующей диаграмме представлены данные по соотношению величины нагрузок от общего числа на объектах гражданского назначения.

При реализации проекта по повышению энергоэффективности объекта гражданского строительства необходимо произвести оценку экономического эффекта от внедрения усовершенствования. Для этих целей необходимо произвести учет всех возможных способов снижения энергопотребления, заключающийся в расчёте физического и денежного эквивален-

та экономии от внедрения проекта усовершенствования. Также необходимо четко определиться с перечнем необходимого для реализации проекта оборудования, оценить всевозможные затраты, включая стоимость оборудования, затраты на транспортировку, монтаж на гражданском объекте и затраты на обслуживание после ввода в эксплуатацию. Не стоит забывать и о возможных побочных эффектах от внедрения новой технологии на объекте, которые могут значительно повлиять на экономическую эффективность от реализации усовершенствования.

- Внутреннее освещение
  - Компьютеры и орг.техника
  - Вентиляционное оборудование
- Наружное освещение
  - Оборудование столовой
  - Бытовая техника

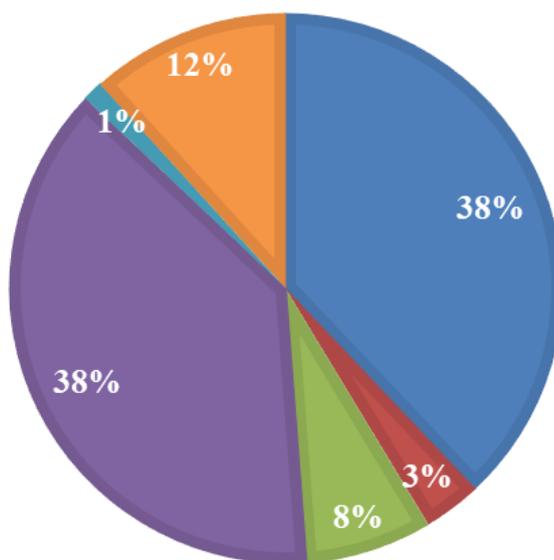


Диаграмма 1. Потребление электроэнергии на гражданских объектах

Для того, чтобы оценить возможность энергосбережения, введем понятие величины потенциала энергосбережения. Чтобы найти величину потенциала энергосбережения, необходимо найти разность между величиной фактического годового потребления электрической энергии и величиной энергии, которая потребляется энергетической системой при нормативных условиях работы.

$$\mathcal{E}_{\text{пот}} = \mathcal{E}_{\text{факт}} - \mathcal{E}_{\text{норм}} \quad (1)$$

При рассмотрении вопроса по повышению энергоэффективности необходимо рассмотреть все возможные средства и способы снижения потребления электрической энергии на объекте гражданского строительства.

Одним из вариантов снижения потребления энергии в гражданском строительстве является максимальная автоматизация всех процессов, реализуемых в системе отопления и вентиляции.

Согласно [1] и [2], при проектировании систем отопления и вентиляции гражданских объектов основным показателем энергоэффективности является величина удельного энергопотребления за расчетный отопительный период. Для снижения теплопотребления предусматриваются специальные меры, включающие в себя автоматическое регулирование теплоотдачи приборов отопления, а также усиленную тепловую защиту каркаса здания.

Снижения величины потребления энергии также можно добиться путем рационального планирования, заключающегося в выборе формы и размеров объекта. Наиболее энергоэффективной формой здания является кубическая и шарообразная. Однако стоит заметить, что возведение зданий кубической формы ограничено требованием обязательного освещения лестничной клетки дневным светом. Одним из вариантов решения данной проблемы является размещение лестничной клетки в массиве дома. Таким образом будет появляться возможность освещения лестничной клетки с помощью зенитного фонаря. Также для повышения энергоэффективности объект гражданского назначения должен иметь как можно меньше наружных углов, которые в сравнении с другими частями конструкции обладают более высокой теплоотдачей. Данная проблема решается за счет утепления скоса внутренней поверхности угла.

Еще одним вариантом снижения энергопотребления является автоматическое поддержание требуемой температуры в помещении за счет установки автоматических терморегуляторов возле отопительных приборов в жилых и общественных зданиях.

Таким образом, в работе произведен анализ способов повышения энергоэффективности на объектах гражданского назначения. Выявлено, что снижения энергопотребления можно достичь автоматизацией тепловых сетей и систем отопления путем рационального планирования и установкой автоматических терморегуляторов.

#### Библиографический список

1. Приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 19 апреля 2010 г. № 182 «Об утверждении требований к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования, и энергетическому паспорту, составленному на основании проектной документации, и правил направления копии энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования» // СЗ РФ. – 2010. – № 27.

2. Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 4 июня 2010 г. № 229 «О требованиях энергетической эффективности товаров, используемых для создания элементов конструкций зданий, строений, сооружений, в том числе инженерных систем ресурсоснабжения, влияющих на энергетическую эффективность зданий, строений, сооружений» // СЗ РФ. – 2010. – № 28.

Научный руководитель: Кудряшов Р.А., канд. тех. наук, доцент.

## Определение эффективности топливных элементов и энергетических систем на их основе

Ерилин И.С.

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

Для определения эффективности работы энергетических систем на базе топливных элементов (ТЭ) существует множество различных выражений, однако все они не в состоянии однозначно определить абсолютную эффективность системы на базе ТЭ.

Так удельная мощность показывает электрическую мощность, снимаемую с единицы поверхности ТЭ, однако работа на максимальных удельных мощностях не является наиболее оптимальной, так как с ростом удельной мощности снижается напряжение, снимаемое с ТЭ.

Обычно, для описания эффективности ТЭ системы используют комбинацию значений удельной мощности и КПД ТЭ. При этом существует значительное множество различных значений для выражения КПД.

Одними из основных являются: термодинамический КПД обратимого ТЭ (1), электрический КПД (2), КПД утилизации топлива (3) [1 - 4]. Данные КПД являются составными частями действительного КПД ТЭ (4).

$$\varepsilon_{thermo} = \frac{\Delta g}{\Delta h} \quad (1)$$

$$\varepsilon_{voltage} = \frac{V}{E_{rev}} \quad (2)$$

$$\varepsilon_{fuel} = \frac{i / nF}{v_{fuel}} = \frac{1}{\lambda} \quad (3)$$

$$\varepsilon_{real} = \frac{P_{elec}}{\Delta h \cdot v_{fuel}} = \frac{\Delta g}{\Delta h} \cdot \frac{V}{E_{rev}} \cdot \frac{1}{\lambda} \quad (4)$$

Однако, значение  $\varepsilon_{real}$  не является абсолютным показателем эффективности ТЭ. Так как важное значение, также имеет удельная мощность ТЭ системы

$$p = \frac{P_{elec.}}{A_{FC}} \quad (5)$$

При этом с ростом значения КПД ТЭ, значение удельной мощности снижается. То есть, система может функционировать на высоких КПД, при этом генерируя низкую мощность с единицы поверхности. В связи с этим также существует проблема выбора оптимального значения рабочего напряжения по ВАХ характеристике ТЭ, обычно рекомендуют выбирать рабочее напряжение в диапазоне 0,6 – 0,8 В [1, 4], однако данные рекомендации являются неоднозначными.

В данной работе предлагается величина для оценки эффективности работы энергетических систем на базе ТЭ, названная «Эффективная удельная мощность»  $EPD$ , Вт/см<sup>2</sup>. Она может быть определена по выражению:

$$EPD = p \cdot \varepsilon \quad (6)$$

Для целей выбора оптимальной рабочей точки ТЭ данная величина может быть представлена в виде:

$$EPD_{voltage} = p \cdot \varepsilon_{voltage} = p \cdot \frac{V}{V_{OCV}} \quad (7)$$

Так максимальное значение  $EPD$ , определенное по выражению (7) будет соответствовать оптимальной рабочей точке, выбранной ВАХ ТЭ, так как данное выражение одновременно отражает эффективность преобразования энергии топлива в электрическую энергию как с энергетической точки зрения, так и с точки зрения экономии материалов.

На рисунках 1 (а-д) приведена ВАХ, мощностная характеристика SOFC, исследуемого при температуре работы 800 °С, а также зависимости  $EPD_{voltage}$  от плотности тока, удельной мощности и напряжения.

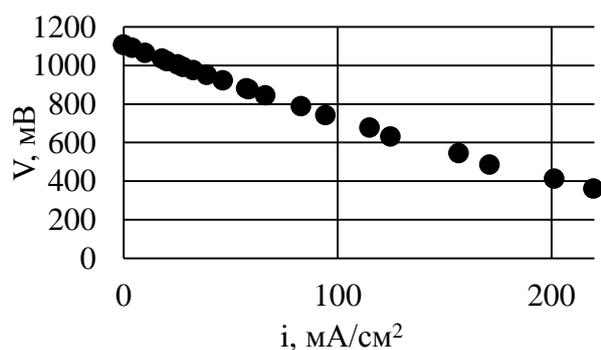


Рисунок 1 а. ВАХ SOFC

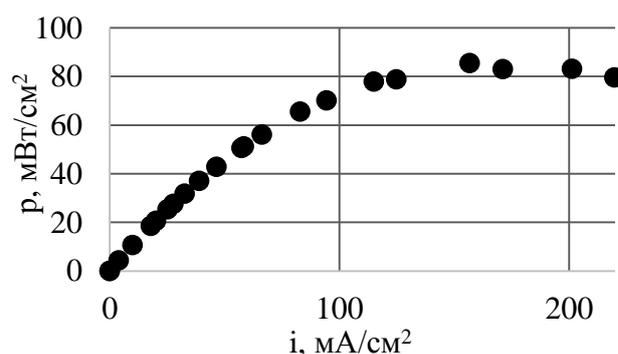


Рисунок 1 б. Мощностная характеристика SOFC

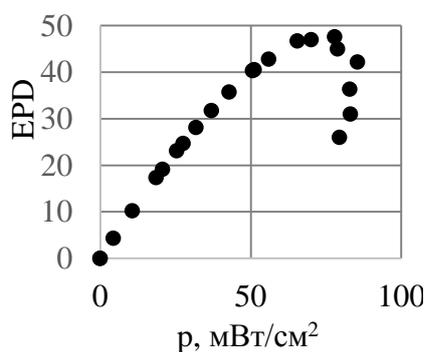


Рисунок 1 в. Зависимость  $EPD$  от удельной мощности

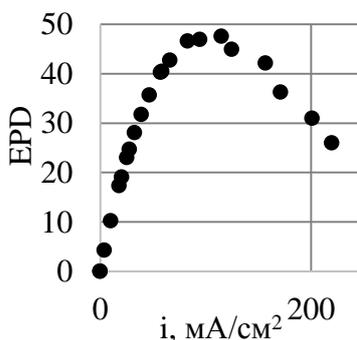


Рисунок 1 г. Зависимость  $EPD$  от плотности тока

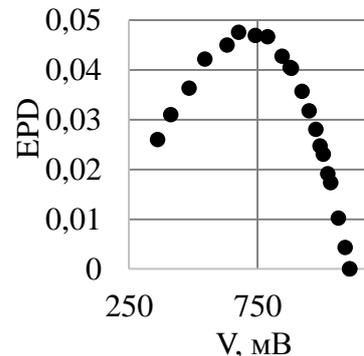


Рисунок 1 д. Зависимость  $EPD$  от напряжения

Так для SOFC, ВАХ и мощностная характеристика которого показана выше, оптимальной точкой работы является  $i = 115 \text{ мА/см}^2$ ;  $V = 0,68 \text{ В}$ ;  $p = 78,2 \text{ мВт/см}^2$

Аналогично, для оценки эффективности энергетических систем на базе ТЭ данная величина примет вид:

$$EPD_{ENERGY} = p \cdot \varepsilon_{real} \quad (8)$$

Логика выбора данной величины для описания эффективности энергетической системы на базе ТЭ следующая: Если КПД = 1, то электрическая мощность, которую мы снимаем с единицы поверхности ТЭ полностью равна энтальпии топлива. При этом данная величина так же учитывает расход материала на ТЭ, в отличие от выражения для КПД в отдельности.

Для развития понимания приведем следующий пример: сравним две гипотетические ТЭ системы, первая имеет  $\eta_{el}^{real} = 0,5$  и  $p_1 = 0,2 \text{ Вт/см}^2$ , вторая  $\eta_{el}^{real} = 1$  и  $p_2 = 0,1 \text{ Вт/см}^2$ . Тогда для обеих систем  $EPD_{energy1} = EPD_{energy2} = 0,1 \text{ Вт/см}^2$ , что означает эквивалентность энергетической эффективности данных систем, и действительно с одной стороны первая установка имеет в два раза больший КПД, однако для получения аналогичной мощности ей требуется в два раза больший расход материала, таким образом две ТЭ системы эквивалентны.

Кроме того, при выражении EPD, данная величина является абсолютной энергетической характеристикой эффективности ТЭ.

#### Библиографический список

1. Fuel cell fundamentals / R. O'hayre [et al.] – John Wiley & Sons, 2016. – 583 p.
2. Larminie, J. Fuel cell systems explained / J. Larminie, A. Dicks, M. S. McDonald. – Chichester: UK: J. Wiley, 2003. – 433 p.
3. Fuel cell handbook / J. H. Hirschenhofer [et al.] – U.S. Department of Energy, 1998. – 268 p.
4. Basu, S. Fuel cell science and technology / S. Basu. – New Delhi: Anamaya Publishers, 2007. – 383 p.

Научный руководитель: Смородова О.В., канд. техн. наук., доцент.

## Влияние наведенного электромагнитного поля на вторичные измерительные цепи двухцепных ВЛ-110 кВ

Залетенко П.А.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень.

Одной из актуальных задач на промышленных предприятиях является энергосбережение и энергоэффективность, а также применение новых программно-технических решений, которые позволяют поддерживать конкурентоспособность в условиях роста стоимости энергоресурсов.

Для реализации обозначенных задач нужен точный учет потребления электроэнергии и построение систем (автоматизированной системы контроля учета электроэнергии и (автоматизированной системы управления технологическим процессом).

На некоторых объектах генерации электроэнергии обнаружена проблема с некорректным отображением информации по текущей нагрузке на отключенной двухцепной ВЛ-110 кВ. Данная ситуация замечена на Архангельской ТЭЦ. И других объектах с подобной компоновкой распределительных устройств.

Данную ситуацию, будем рассматривать на примере компоновки ЗРУ-110 кВ с двумя секционированными системами шин, с отходящими двухцепными ВЛ-110 кВ и одной обходной системой шин. В случае планового отключения одной из двухцепных ВЛ-110 кВ при проведении ремонтных работ, для обеспечения безопасности их выполнения с обеих сторон включаются заземляющие ножи линейного разъединителя, установленного перед коммутационным аппаратом. В этом случае измерительные трансформаторы тока, установленные в маслонаполненных вводах ЗРУ-110 кВ, оказывались в замкнутом заземленном контуре и на вторичные обмотки оказывало влияние наведенное электромагнитное поле с соседней ВЛ-110 кВ, находящейся в работе, рисунок 1. [2]

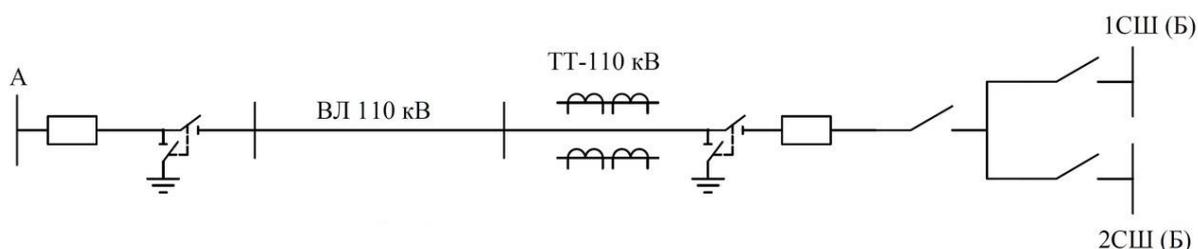


Рисунок 1. ЗРУ-110 кВ

В этом случае в получасовой выгрузке показаний прибора учета четко прослеживался график нагрузки, идентичный профилю нагрузки соседней ВЛ-110 кВ, но меньший по амплитуде, график показан на рисунке 2. Все эти условно «ложные» показания приборов составляют основу формирования отчетов (так называемых «получасовок») и приводили к спорным

ситуациям при осуществлении оплаты за поставленную электрическую энергию и мощность на оптовом рынке.

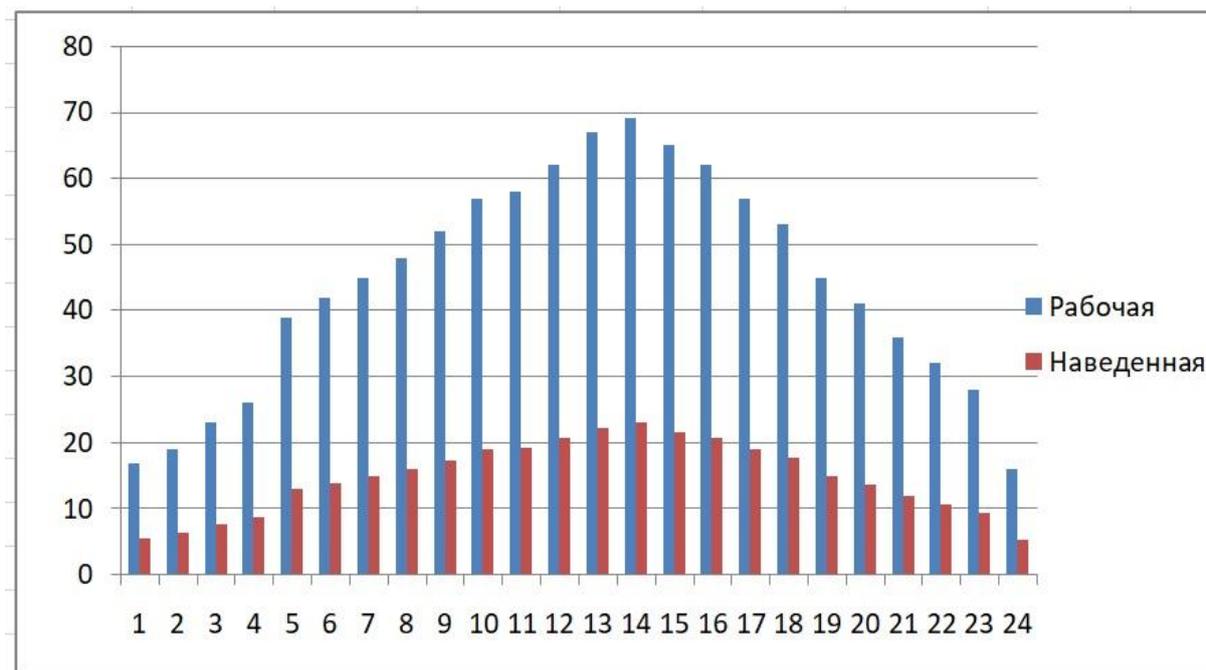


Рисунок 2. График электрической нагрузки ВЛ-110кВ.

Установка дополнительного переносного заземления в непосредственной близости от маслонаполненного ввода решает проблему лишь частично, уменьшая величину наведенного сигнала. Решение данной проблемы в плоскости программного обеспечения не представляется возможным ввиду недопустимости вмешательства извне во вторичные цепи и цепи передачи преобразованного сигнала до приборов индикации. В настоящее время проводится исследования, направленные на решение обозначенной проблемы, а именно защиты вторичных обмоток измерительных трансформаторов тока и вторичных измерительных цепей от наведенного электромагнитного поля. Одним из возможных способов решения проблемы является установка дополнительного электромагнитного экрана вокруг первичной обмотки измерительного трансформатора тока.

#### Библиографический список

1. Инженерный центр «Энергоаудитконтроль» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ackye.ru/activities/sozдание-askue>.
2. Мюльбаер, А. А. Особенности расчета наведенного напряжения на отключенной цепи двухцепной воздушной линии электропередач / А. А. Мюльбер // Энергетика. – 2016. – № 3. – С. 140-160.

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

## **Исследование энергоэффективности электрических двигателей**

*Иванов С.С.*

*Санкт–Петербургский Горный университет, г. Санкт-Петербург*

Электрические двигатели занимают центральное место среди энергоемких технических объектов промышленности и потребляют около 75% вырабатываемой электроэнергии.

Электромеханическое оборудование (ЭМО), а особенно ЭД, используемые в технологически опасных зонах, занимают главную роль в обеспечении технологической безопасности. Опыт эксплуатации ЭД свидетельствует о большом количестве отказов. Неисправности, не обнаруженные своевременно, приводят к изменению электрических параметров в сравнении с номинальными значениями и, как следствие, к изменению потерь активной энергии. В дальнейшем могут привести к тяжелым авариям на производстве, незапланированным простоям и значительным материальным потерям. Поэтому особую важность имеют вопросы своевременной диагностики, оценки текущего состояния и прогноза остаточного ресурса электромеханического оборудования [1].

Сложность технической диагностики, обусловлена широтой номенклатуры анализируемых параметров и объемами информации о ЭД, а в ряде случаев отсутствием непосредственного доступа к диагностируемому объекту, что повышает вероятность ошибки оценки его состояния и неприятия соответствующего оперативного решения.

Анализ технологических условий возникновения аварийных ситуаций при эксплуатации электрооборудования показывает, что электродвигатели имеют экономически эффективный потенциал для повышения энергоэффективности примерно 20-30%, позволяющий снизить потребление электроэнергии на 10% [1].

В связи с этим актуальна разработка новых эффективных методов диагностики, прогнозирования состояния и оценки остаточного ресурса жизненного цикла ЭМО без остановки и вывода из эксплуатации ЭД на основе многофакторного анализа параметров, фиксируемых автоматизированными системами, по его фактическому состоянию.

Сравнительный анализ существующего уровня и используемых традиционных методов диагностики, позволил выявить, что традиционные методы ТОиР, не смотря на высокую степень автоматизации и наличие ERP систем управления энергоресурсами и состоянием оборудования предприятия (Enterprise Resource Planning System), где используются модули управления жизненным циклом, основанные на плановом ремонте, не подразумевают использование информации для оценки остаточного ресурса и влекут за собой значительную часть общих эксплуатационных затрат, связанных с остановкой технологического процесса [2].

Для решения проблем надежной эксплуатации и исключения нерационального потребления электроэнергии дефектным оборудованием, необходимо, помимо применения систем контроля и защиты, внедрять системы прогнозирования и оценки остаточного ресурса в реальном времени по фактическому состоянию, и лишь в некоторой степени по параметрам, полученным с помощью традиционных методов диагностики.

Традиционный подход, позволяющий осуществлять сбор, агрегирование и анализ данных о работе ЭМО реализован так, как показано на структурной схеме системы (рисунок 1).

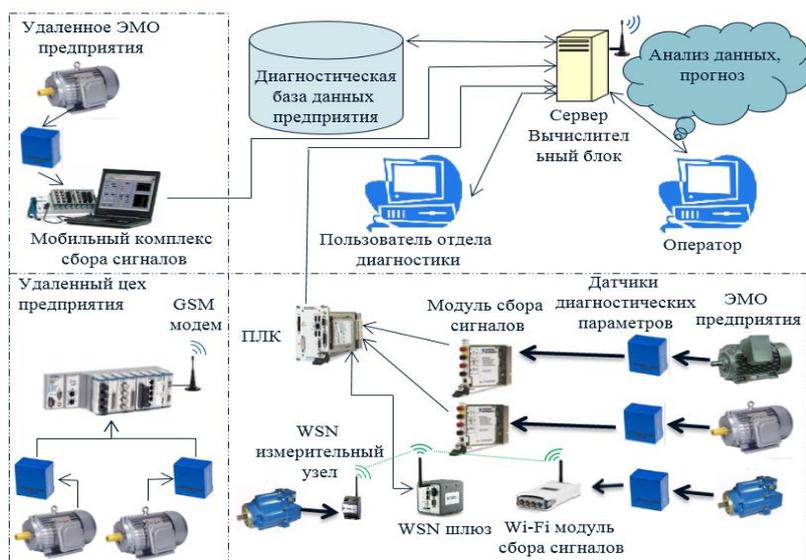


Рисунок 1. Традиционная структура системы оценки жизненного цикла ЭМО

Однако новые информационные технологии позволяют проводить автоматизированный мониторинг технического состояния, при этом позволяя повысить надежность работы ЭД и технологического процесса. При создании системы автоматизации технологических процессов, в частности, автоматизации работы с ЭМО, она должна быть интегрирована в единую информационно-управляющую систему предприятия.

Выявлен ряд недостатков традиционного подхода к оценке жизненного цикла ЭМО, основным из которых является локализация данных о работе оборудования, о наличии дефектов и причин, повлиявших на их развитие в рамках одного предприятия. Этот недостаток может решить глобализация данных о работе оборудования [3].

Глобализация возможна лишь с переходом на усовершенствованную структурную схему системы оценки жизненного цикла ЭМО, которая подразумевает сбор данных, влияющих на жизненный цикл (Рисунок 2). Что позволит глобализовать диагностические данные, совместно накапливать и использовать знания о работе ЭМО и возникновении дефектов, сократить нагрузку на предприятие по формированию базы знаний, избежать аварий

и управлять загрузкой оборудования на основе его прогнозируемого состояния и наличия запасных частей.

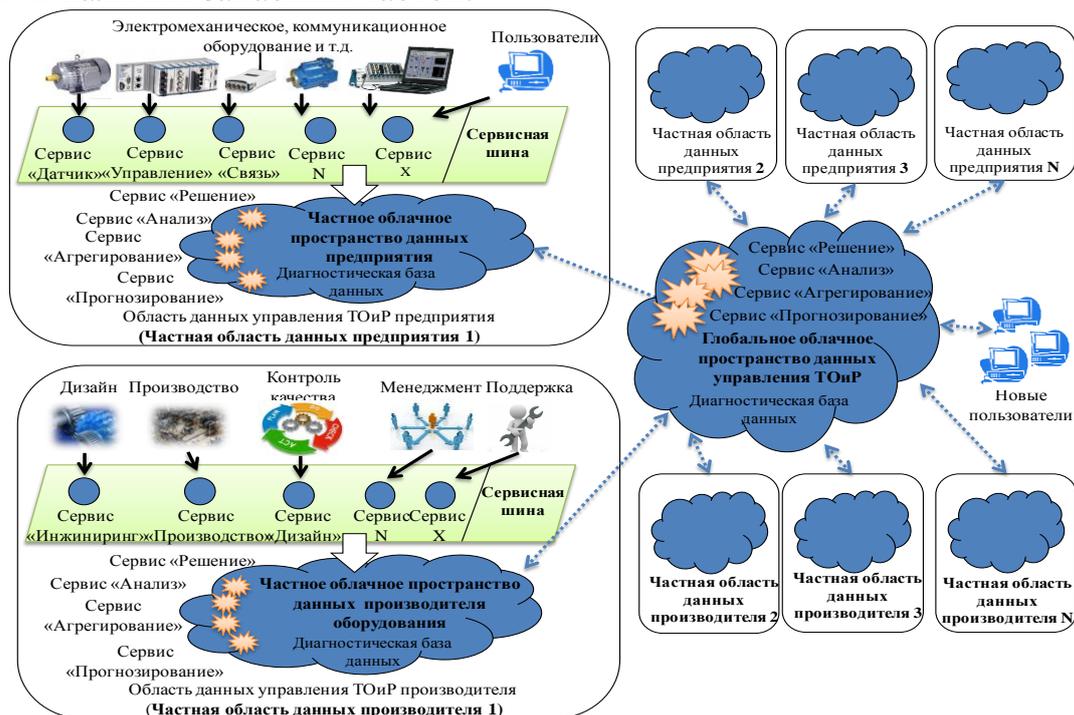


Рисунок 2. Усовершенствованная структура системы диагностики и оценки жизненного цикла ЭМО

Отдельный модуль ИИАС осуществляет расчет потерь, которые возникают в ЭД в результате износа деталей, неудовлетворительном качестве питающего напряжения, перегреве и не оптимальной работы, по этим данным выдаются рекомендации по энергосбережению [3].

**Вывод:** Создание комплексной системы диагностики и оценки остаточного ресурса ЭМО, базирующейся на взаимодополняющих методах, которая дает возможность определить наличие дефектов, располагая информацией о причинах их возникновения и влиянии каждого из них на оборудования, полностью обоснованно и целесообразно.

Система определяет объем восстановительных работ, необходимый для доведения ресурса до требуемого уровня, что позволяет приостановить или замедлить развитие наиболее критичных дефектов, сберегая ресурс работоспособности и повышая энергоэффективность.

#### Библиографический список

1. Блинов, А. М. Система прогнозирования и оценки эффективности асинхронного ЭП // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – Санкт-Петербург, 2017. - № S5-1. – С. 290-299.
2. Жуковский, Ю. Л. К оценке величины остаточного ресурса силового электрооборудования / Ю. Л. Жуковский, А. А. Коржев // Горное оборудование и электромеханика. –2008. – № 1. – С. 27-35.

3. Козярук, А. Е. Обслуживание электромеханического оборудования по фактическому состоянию / А. Е. Козярук, Ю. Л. Жуковский // Горное оборудование и электромеханика. –2014. – № 10. – С. 8-14.

Научный руководитель: Жуковский Ю. Л., канд. техн. наук, доцент.

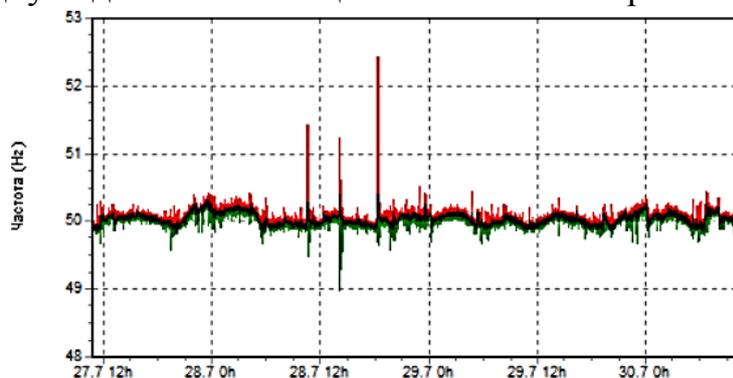
### Экспериментальное исследование отклонение частоты электрических сетей Зеравшанской долины

Камолов М.М.

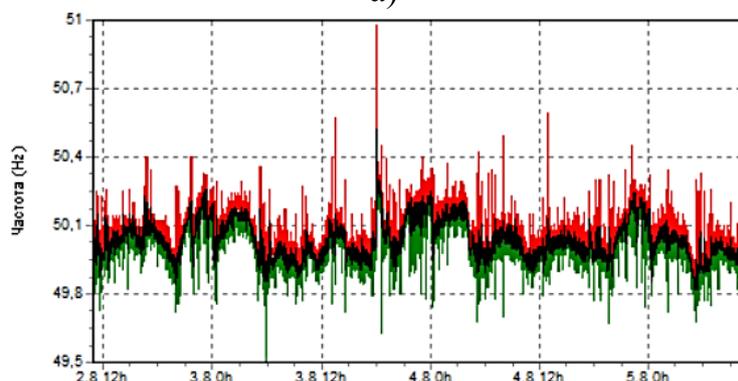
Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, г. Душанбе.

Для оценки отклонение частоты в рассматриваемой сети в период с 23.07.2018г по 23.08.2018г проводился инструментальный контроль КЭ. В качестве средств измерения использовался прибор типа FLUKE 1735 производство США. Контроль осуществлялся на подстанции: «Рудаки 220/110/35/10кВ» а также на зажимах электроприемников напряжением 220/380 В. Длительность наблюдения в каждой точке составила не менее 72 часов [4].

Установившееся отклонение частоты  $\Delta f$ , согласно требованиям ГОСТ 32144–2013, отклонение частоты в синхронизированных системах электроснабжения не должно превышать  $\pm 0.2$  Гц в течение 95% времени интервала в одну неделю и  $\pm 0.4$  Гц в течение 100% времени [1].



а)



б)

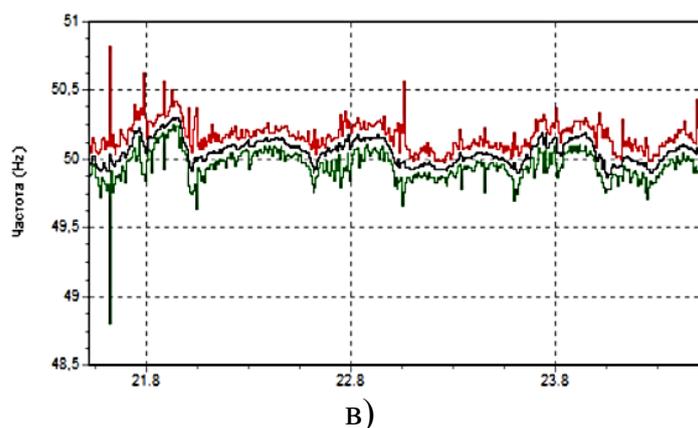


Рисунок 1. Результаты измерения отклонений частоты, а) ПС «Рудаки» Ввод 220кВ трансформатора АТ1; б) ПС «Рудаки» Ввод 10кВ 1СШ; в) ТП 10/0,4кВ «Д. Бухоро».

Как видно из графиков изменение частоты, диапазон изменения отклонения частоты в период с 02:34 28.07.2018 по 02:45 28.07.2018, достигает 2.5 Гц, что в десятки, раз превышает нормально допустимое значение и может быть связано с отсутствием регулирования частоты на генераторах электрической станций. Причинами изменения частоты являются грубая настройка регуляторов частоты «Нурекской ГЭС». Изначально назначением Нурекской ГЭС было поддержания частоты Центрально Азиатскую объединённую энергосистему в составе общей энергосистемы СССР. После независимости национальная энергетическая система Таджикистана работает в автономном режиме, что грубая настройка регуляторов отрицательно влияет на значение отклонение частоты [2,3].

Для того чтобы определить соответствие значений отклонение частоты требованиям ГОСТ 32144–2013 необходимо проводить их измерения на статистическую обработку [2].

Сущность статистической обработки результатов измерения нормируемых отклонение частоты состоит в построении функций распределения отклонение частоты [3].

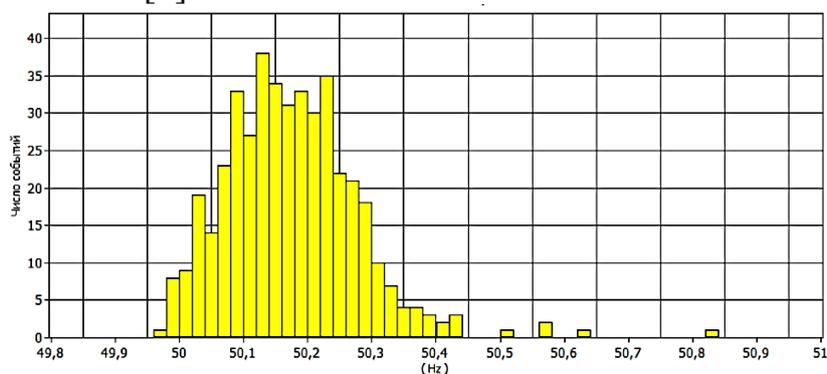


Рисунок 2. Преобразование измеренных результатов отклонений частоты в нормальный закон распределения ТП 10/0,4кВ сторона НН со следующими данными ( $\mu=50.17$ ,  $s=0.104\text{Hz}$ ,  $f_{\min}=49.97\text{Hz}$ ,  $f_{\max}=50.82\text{Hz}$ ).

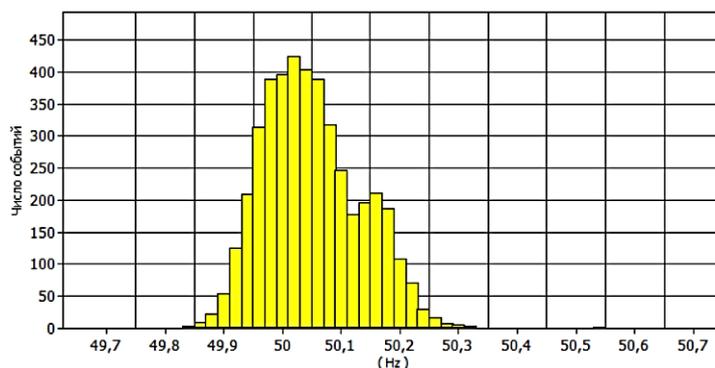


Рисунок 3. Преобразование измеренных результатов отклонений частоты в нормальный закон распределения ПС «Рудаки» Ввод 10кВ со следующими данными ( $\mu=50.035$ ,  $s=0.083\text{Hz}$ ,  $f_{min}=49.82\text{Hz}$ ,  $f_{max}=50.52\text{Hz}$ ).

Проведенная инструментальная оценка отклонение частоты показывает систематические нарушения нормативных требований контролируемым параметром [2]. Целесообразно спланировать и провести ряд мероприятий, направленных на обеспечение качество электрической энергии. К первоочередным задачам можно отнести обеспечение нормативных требований по установившемуся отклонению частоты.

#### Библиографический список

1. ГОСТ 32144–2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Москва: Изд-во стандартов, 2014. – 15 с.

2. Экспериментальное исследование, анализ и оценка показателей качества электроэнергии в электрической сети 0,4кВ образовательного учреждения / С. А. Абдулкеримов, Х. Б. Назиров, М. М. Камолов [и др.] // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. - 2018. – Т. 1, № 3 (43). – С. 16-20.

3. Оценка электромагнитной совместимости современных бытовых электроприемников по качеству электроэнергии / М. М. Камолов, А. М. Амирхонов, Х. Б. Назиров, С. Т. Исмоилов // Двадцать четвертая международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика». – Москва, 15-16 марта 2018 г. – С. 1018.

4. Исследования режимов работы магистральной распределительной сети 0,4 кВ города Душанбе с распределённой солнечной генерацией / А. С. Амирхонов, М. М. Камолов, Х. Б. Назиров, С. Т. Исмоилов // Двадцать четвертая международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика». – Москва, 15-16 марта 2018 г. – С. 1016.

Научный руководитель: Назиров Х.Б., канд. техн. наук, стар. пред.

## **Анализ накопителей энергии используемых в активно-адаптивных сетях**

*Корчагина А.П.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень.*

Одним из основных сегментов рынка, по данным проекта Энергетической стратегии Российской Федерации до 2035 года, является интеллектуальная распределенная электроэнергетика. В ее состав входит комплекс решений, обеспечивающих интеграцию в энергосистемы и совместную работу распределенной генерации, средств регулирования нагрузки, накопителей, а также обеспечивающих работу различного типа агрегатов распределенных объектов электроэнергетики [1].

Согласно [2], в российской энергетике наиболее развивающимися будут следующие технологические направления:

- оборудование для солнечных и ветровых электростанций;
- сетевые накопители электроэнергии;
- активно-адаптивные сети совместно с интеллектуальной системой управления.

Интеллектуальная электроэнергетическая система с активно-адаптивной сетью представляет собой систему нового поколения, основанную на мультиагентном принципе организации и управления ее функционированием и развитием. Ее целью является обеспечения высокоэффективного использования всех ресурсов (человеческих, социально-производственных и природных) для надежного, качественного и эффективного энергоснабжения потребителей за счет гибкого взаимодействия всех ее субъектов на основе новейших технологических средств и единой интеллектуальной иерархической системы управления.

Одним из важных элементов активно-адаптивных сетей являются накопители электрической энергии. Они выполняют целый ряд функций: выравнивание графиков нагрузки в сети (накопление электроэнергии в периоды наличия избыточной энергии и выдачу в сеть в периоды недостатка), повышение устойчивости нагрузки, обеспечение бесперебойного питания особо важных объектов, собственных нужд электростанций и подстанций, стабилизация работы малоинерционных децентрализованных источников электрической энергии, демпфирование колебаний мощности.

В таблице 1 представлено краткое описание различных видов накопителей.

Широкое применение в энергетических системах получили такие накопители, как ГАЭС, электрохимические аккумуляторы, накопители на сжатом воздухе.

Использование кинетических накопителей и суперконденсаторов эффективно в системах с быстропроходящими процессами (к примеру, в метрополитенах для сглаживания мощности потребления при торможении/ускорении электропоездов).

## Описание и сравнительная характеристика накопителей энергии

Виды накопителей энергии	Краткое описание
Емкостные накопители	Удельные показатели: массовая энергоемкость 5—10 Вт·ч/кг, мощность 4—5 кВт/кг, срок службы до 20 лет (зависит от вида). Достоинства: быстрота заряда/разряда, отсутствие обслуживания, длительный срок службы, экологическая чистота. Недостатки: малая удельная плотность запасаемой энергии, относительно небольшая емкость, низкое рабочее напряжение.
Электрохимические накопители	Удельные показатели: массовая энергоемкость от десяти до тысячи (зависит от вида) Вт·ч/кг, мощность до 1 кВт/кг, срок службы до 20 лет. Достоинства: достаточно высокий КПД, высокая удельная энергоемкость, длительный срок службы. Недостатки: ограниченное число циклов заряд/разряд, чувствительность к температуре, длительное время заряда.
Сверхпроводящие индуктивные накопители	Удельные показатели: массовая энергоемкость более 1-10 Вт·ч/кг, мощность до 10000 кВт/кг, срок службы до 10 лет. Достоинства: самый высокий КПД, мгновенный переход из накопления в выдачу энергии, большая скорость отбора мощности. Недостатки: затрудненные условия для работы, необходимость компенсации электродинамических усилий, необходимость использования быстродействующих коммутаторов.
Гидроаккумулирующие электростанции	Удельные показатели: массовая энергоемкость до 100 и более Вт·ч/кг, мощность до 50 кВт/кг, срок службы более 20 лет. Достоинства: возможность быстрого набора мощности, широкий диапазон регулировки мощности, высокие ресурсные характеристики. Недостатки: стоимость и сама возможность строительства определяется местностью, плохо масштабируется на малые уровни мощности, затопление обширных территорий.
Воздушно-компрессионные накопители	Удельные показатели: массовая энергоемкость до 50 Вт·ч/кг, мощность до 100 кВт/кг, срок службы более 20 лет. Достоинства: глубокий разряд, высокие ресурсные характеристики. Недостатки: стоимость и возможность строительства определяется местностью, плохое масштабирование на малые уровни мощности.
Инерционные (маховиковые) накопители	Удельные показатели: массовая энергоемкость от 1500 до 5000 Вт·ч/кг, мощность около 10 кВт/кг, срок службы более 20 лет. Достоинства: долгий срок службы, высокий КПД, умеренная стоимость, безопасен при разрушении. Недостатки: препятствующий изменению направления оси вращения маховика момент импульса, отсутствие трансмиссии для использования в транспорте (супермаховик).

В сложных системах с разнообразными требованиями могут быть применены гибридные накопители энергии, состоящие из комбинации различных технологий, объединенные единой системой управления и преобразования.

На данный момент некоторые типы накопителей находятся на этапе создания прототипов и их испытания.

#### Библиографический список

1. Энерджинет [Электронный ресурс] // Агентство стратегических инициатив. – Режим доступа: <http://www.nti2035.ru/markets/energynet>.
2. Проект энергостратегии Российской Федерации на период до 2035 года [Электронный ресурс] // Министерство энергетики Российской Федерации. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1920>.

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

### **Аспекты использования возобновляемых источников энергии в российской Арктике**

*Лаврик А.Ю.*

*Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург*

**Введение.** Одним из наиболее актуальных стратегических направлений, стоящих перед Россией в настоящее время, является освоение Арктики [1]. Устойчивое развитие региона в полной мере соответствует национальным интересам страны: это огромные запасы полезных ископаемых – извлекаемые начальные ресурсы углеводородов в зоне РФ составляют более 87% углеводородных ресурсов России [2]; богатые биологические и рекреационные ресурсы, а также Северный морской путь.

Освоение Арктики невозможно без создания соответствующей инфраструктуры, в том числе надёжной и экономически эффективной системы электроснабжения объектов: населённых пунктов, метеорологических и полярных станций, аппаратуры магистральных трубопроводов нефти и газа [3-4]. Вместе с тем, электроснабжение автономных изолированных от ЕЭС потребителей осуществляется в настоящее время неэффективно: себестоимость электроэнергии в некоторых арктических регионах достигает 80-120 руб./кВт·ч [5]. Относительно новым направлением для российской Арктики, позволяющим частично решить эту проблему, является использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в частности – энергии солнца и ветра.

**Аспекты внедрения ВИЭ.** Потенциал использования солнечных (СЭС) и ветряных (ВЭС) электростанций в Арктике достаточно велик [1-3]. Однако использование каждого из данных видов ВИЭ в регионе имеет свои особенности. Применительно к СЭС верны следующие аспекты:

- *Полярный день и полярная ночь.* Это природное явление необходимо учитывать исходя из географического расположения и целевого назначения комплекса: так, даже за полярным кругом СЭС может быть очень эффективна при использовании в полевой сезон (геологоразведочные станции и т.п.), когда Солнце не заходит за горизонт.

- *Повышенный КПД.* Низкая температура модулей обеспечивает КПД, превышающий паспортную номинальную величину [6].

- *Фиксированный угол установки.* И без того дорогостоящие системы слежения ввиду суровых климатических условий должны выполняться в соответствующем исполнении, что удорожает проект.

- *Выпадение снега.* Необходима механическая уборка снега, либо использование, к примеру, безрамочных фотоэлектрических модулей.

- *Вариативность расположения.* СЭС может быть расположена достаточно близко к потребителям, т.к. величина солнечной инсоляции не меняется на местности резко, в отличие от скорости ветра в случае с ВЭС.

Использование в Арктике ВЭС сопряжено со следующими особенностями:

- *Климатическое исполнение.* Конструкция и оборудование ВЭС должны быть защищены от ураганных ветров, образования наледи и конденсата; должна быть обеспечена работа оборудования при отрицательных температурах и её перепадах.

- *Транспорт и инфраструктура.* Доставка ВЭС до места установки часто затруднена.

- *Локализация оборудования.* Многие перспективные проекты ВЭС в РФ были свернуты из-за сложности поставок комплектующих.

- *Квалифицированный персонал.* Наличие подготовленных кадров для ремонта и обслуживания ВЭС в Арктике может быть проблемой.

- *Низкая вариативность расположения.* Обуславливается розой ветров, иногда не позволяющей расположить ВЭС близко к потребителям.

- *Шум.* Данный фактор актуален для больших ВЭС.

**Оценка эффекта на примере объекта.** В ходе выполнения работы по методике [7] был осуществлён предварительный расчёт экономии дизельного топлива для крупнейшей российской полярной станции «Мыс Баранова» (о. Большевик, арх. Северная Земля).

На рис. 1 представлена диаграмма экономии дизельного топлива по месяцам при установке СЭС 100 кВт и ВЭС 100 кВт. В качестве исходных данных были взяты данные о средних значениях солнечной радиации и ветра из базы данных NASA [8]. В ходе расчётов принято, что на выработку 1 кВт·ч расходуется 0,2 кг дизельного топлива. Ежегодная экономия для СЭС и ВЭС составила 15,4 и 44 тонн горючего соответственно, что при средней стоимости топлива с учётом транспортной составляющей [9] составляет 850 тыс. руб. и 2,4 млн. руб. в год соответственно. С учётом примерной оценки капитальных затрат на основе предложений на рынке обо-

рудования можно предполагать срок окупаемости ВЭС порядка 7-8 лет, а СЭС – около 20 лет.

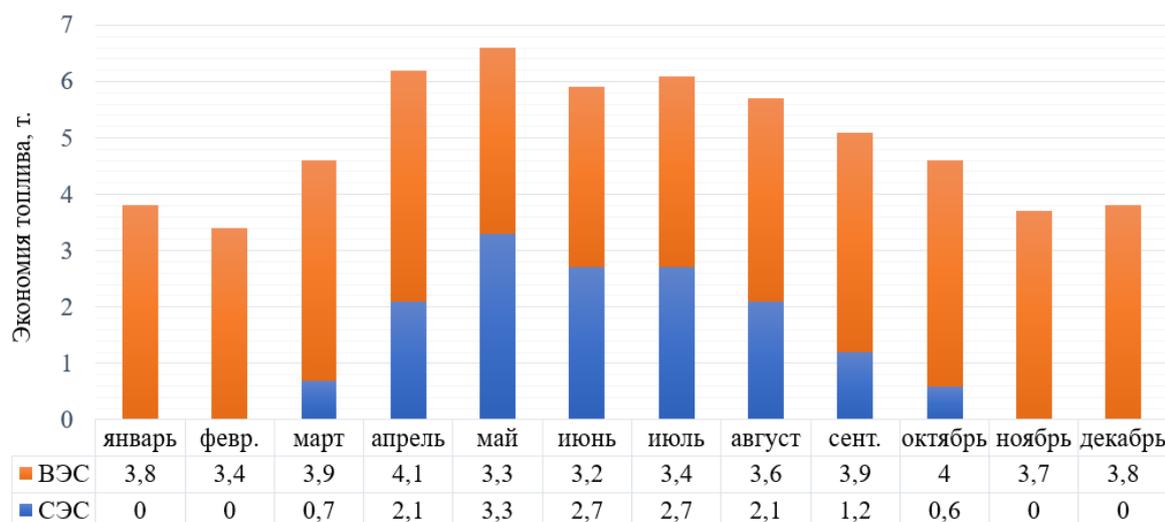


Рисунок 1. Экономия топлива при установке СЭС 100 кВт и ВЭС 100 кВт

**Выводы.** В ходе выполнения работы сформулированы особенности применения СЭС и ВЭС в Арктической зоне, а также дана предварительная оценка эффекту замещения дизельного топлива для российской полярной станции в результате использования СЭС мощностью 100 кВт и ВЭС мощностью 100 кВт. В результате можно сделать вывод о значительном потенциале использования ВИЭ в Арктике.

#### Библиографический список

1. Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения потребителей в Арктической зоне Российской Федерации / О. С. Попель, С. В. Киселева, М. О. Моргунова [и др.] // Арктика: экология и экономика – 2015. – №1 (17). – С. 64-69.
2. Минерально-сырьевые ресурсы арктической континентальной окраины России и перспективы их освоения / В. Д. Каминский [и др.] // Арктика: экология и экономика. – 2014. – № 3 (15). – С. 52.
3. Попель, О. С. Перспективные технологии малой и возобновляемой энергетики для освоения и развития арктической зоны Российской Федерации / О. С. Попель // Государственный аудит. Право. Экономика. – 2017. - №1. – С. 44-52.
4. Использование возобновляемых источников энергии для питания собственных нужд нефтепровода / К. В. Суслов, И. Н. Шушпанов, Д. В. Воронцов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2018. – Т. 20, №1-2. – С. 70-79.
5. Эксперты: в Арктике возможно широкое применение альтернативной энергетики [Электронный ресурс] // Информационное агентство ТАСС. – Режим доступа: <http://tass.ru/v-strane/4382568>.

6. Pantic, L. The assessment of different models to predict solar module temperature, output power and efficiency for Nis, Serbia. / L. Pantic, T. Pavlovic, D. Milosavljevic // *Energy*. – 2016. - №109. – P. 38-48.

7. Лукутин, Б. В. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями: учеб. пособие / Б. В. Лукутин, И. О. Муравлев, И. А. Плотников. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 128 с.

8. NASA Surface meteorology and Solar Energy: Global Data Sets [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>.

9. Дубровин, Е. Р. Как снизить затраты на углеводородное топливо в Арктике / Е. Р. Дубровин, И. Р. Дубровин // *Энергетика и промышленность России*. – 2018. – № 01-02. – С. 32-33.

Научный руководитель: Жуковский Ю.Л., канд. техн. наук, доцент.

### **Повышение устойчивости системы электроснабжения непрерывных производств**

*Прокопчук И.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Основная причина нарушения электроснабжения потребителей – короткие замыкания в схемах внешнего электроснабжения, которые приводят к провалам напряжения в системе электроснабжения промышленных предприятий [1,2]. Кратковременные нарушения электроснабжения (КНЭ) опасны прежде всего для предприятий со сложными технологическими процессами, широко использующими средства автоматизации: нефтегазодобывающих и перерабатывающих, металлургических и химических, предприятий водоснабжения и др. Провалы питающего напряжения оказывают существенное влияние на устойчивость высоковольтных двигателей, низковольтных двигателей приводов насосов, устройств управления элементами электротехнических систем и технологических процессов таких предприятий [1,2]. Таким образом, повышение устойчивости системы электроснабжения непрерывных производств является актуальной задачей.

Применение следующих систем помогает эффективно справиться с этой проблемой и сохранить электроснабжение объекта: автоматический ввод резерва (АВР); комплекс быстродействующего автоматического включения резерва (БАВР); динамический компенсатор искажений напряжения (ДКИН); источник бесперебойного питания (ИБП) [3].

АВР обеспечивает автоматическое переключение с основного на резервный источник питания при нарушениях электроснабжения, в частности, при провалах напряжения. Основное преимущество: простота устройства и универсальность - возможно применения для переключе-

чения между ИБП разной мощности, разных производителей, переключение между секциями шин. Основным недостатком - длительная выдержка времени, устройство неэффективно при КНЭ [4].

Комплекс БАВР предназначен для надежного и непрерывного электроснабжения потребителей за счет быстродействующего ввода резервного питания в случае аварийных и ненормальных режимов в питающих электрических сетях. Преимущества БАВР [5,6]: надежная работа потребителей электроэнергии при потере питания со стороны сети по любой причине; обеспечение оптимальных условий самозапуска электродвигателей после восстановления электроснабжения; значительное сокращение случаев отпадания магнитных пускателей, контакторов в цепи питания электродвигателей 0,4 кВ, сбоев компьютерных систем управления, отключений преобразователей частоты и напряжения. При этом комплекс БАВР лишен главного недостатка АВР и обладает временем срабатывания до 100 мс. При этом на АВР и БАВР оказывает сильное влияние зависимость источников питания.

Применение БАВР позволяет «обеспечить быстродействие до уровня, необходимого для сохранения динамической устойчивости комплексной нагрузки, сохранить непрерывность технологического процесса насосных станций предприятий транспорта нефти и газа, нефтедобычи, металлургии и снизить вероятность разливов нефти, гидравлических ударов и т.п» [4-6].

ДКИН представляет собой устройство с двукратным преобразованием напряжения, вход которого подключен к системе электроснабжения. ДКИН обеспечивает за 1-2 мс отклик на провал напряжения с последующим регулированием напряжения на нагрузке, приближая его к номинальному значению и отключая КНЭ от энергосистемы. Основное преимущество – работает без аккумуляторов, движущихся частей и практически не требует никакого обслуживания. Основным недостатком - имеет зону нечувствительности при прерываниях напряжения [6].

ИБП включает в себя инвертор, выпрямитель и аккумуляторные батареи. Достоинство – возможность обеспечивать питание при отключении основного и резервного источника питания. Можно выделить следующие недостатки: требуют контроля состояния аккумуляторных батарей, имеют особые требования к помещению их установки, мощность ограничена мощностью аккумуляторных батарей.

Анализ основных устройств показал, что БАВР является одним из наиболее эффективных технических решений для повышения устойчивости систем электроснабжения непрерывных производств. В дальнейшей работе планируется оценить влияние БАВР на устойчивость узлов электродвигательной нагрузки непрерывных производств.

## Библиографический список

1. Пупин, В. М. Анализ провалов напряжения в питающих сетях предприятий и способы защиты электрооборудования / В. М. Пупин, Д. С. Куфтин, Д. О. Сафонов // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2011. – № 4. – С. 35-41.
2. Пупин, В. М. Новые способы защиты электрооборудования в питающих сетях предприятий при провалах напряжения / В. М. Пупин, Д. С. Куфтин, Д. О. Сафонов // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2012. – № 4. – С. 22-28.
3. Мартьянов, А. С. Обоснование технических решений для повышения динамической устойчивости установок добычи нефти с электрическими центробежными насосами / А. С. Мартьянов, В. В. Сушков // Омский научный вестник. – 2017. – № 6 (156). – С. 105-111.
4. Новые технологии защиты электрооборудования от кратковременных нарушений электроснабжения в питающих сетях / В. М. Пупин [и др.] // Энергетик. – 2011. – № 12. – С. 16-21.
5. Устройства быстродействующего АВР и решение проблем непрерывности технологических процессов / С. И. Гамазин [и др.] // Электроинфо. – 2008. – № 9. – С. 54-63.
6. Пупин, В. М. Устройства защиты электрооборудования от провалов напряжения длительностью от 10 миллисекунд / В. М. Пупин // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2013. – № 10. – С. 23-34.

Научный руководитель: Сушков В. В., д-р. техн. наук, профессор.

### **Разработка устройства регистрации, идентификации перенапряжений и оценки остаточного ресурса изоляции погружных электродвигателей**

*Сухачев И.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В процессе эксплуатации электротехнического комплекса (ЭТК) добывающей скважины в связи с отсутствием молниезащиты существует риск повреждения погружного электрооборудования вследствие грозовых импульсных перенапряжений. Риск коммутационных импульсных перенапряжений связан с изменением режимов эксплуатации погружного электрооборудования.

В настоящее время для защиты погружного электрооборудования от импульсных перенапряжений применяются разрядники и нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН), устанавливаемые только на поверхности. При грозовом воздействии на отходящую кабельную линию согласующего трансформатора существует риск распространения перенапряже-

ния по погружному кабелю к токовводу погружного электродвигателя (ПЭД) и выходу их из строя.

Надежность любых сложных систем определяется надежностью наиболее слабого элемента. В случае установок электрических центробежных насосов (УЭЦН) добычи нефти, погружаемых в скважины и состоящих из погружного электродвигателя, протектора, фильтра насоса, центробежного насоса, основного кабеля, соединительной муфты, кабеля-удлинителя и кабельного ввода, наиболее чувствительным элементом системы является ПЭД в силу наименьшего уровня изоляции по сравнению с другими элементами системы.

Известны различные способы определения технического состояния электропогружных установок для добычи нефти, недостатком которых является невозможность регистрации, идентификации перенапряжений и оценки остаточного ресурса изоляции погружного электродвигателя в результате воздействия перенапряжений внутри скважины.

Также, контроль состояния изоляции питающего кабеля и ПЭД может осуществляться измерением ее сопротивления с помощью погружной телеметрии. Недостатком данного способа контроля является сложность регистрации кратности, повторяемости и формы кривой перенапряжений и невозможность оценить степень влияния отдельного вида перенапряжения на расход ресурса изоляции.

Для решения описанной выше проблемы предлагается создание устройства регистрации, идентификации перенапряжений и оценки остаточного ресурса изоляции погружных электродвигателей, при осуществлении которого достигается технический результат, заключающийся в возможности контроля чрезмерного количества внешних (атмосферных) или внутренних (коммутационных) перенапряжений, оказываемых влияние на конкретный электродвигатель, для возможного принятия оправданных предупредительных мероприятий по ограничению количества определенных видов (внешних или внутренних) перенапряжений, а также оценивая ресурс изоляции ПЭД, принимать решение о продолжении использования в работе, проведении мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту для поддержания работоспособности или замене погружного электродвигателя.

Разработанное устройство имеет возможность присоединения с погружным электродвигателем, например, при помощи муфты. При погружении электродвигателя в забой скважины и включении его в работу, при появлении опасного напряжения для его изоляции и изоляции фазных проводников, датчики тока и напряжения регистрируют количество разрядов, амплитуду, дату и время возникновения перенапряжений. Сигнал, поступающий с датчиков тока и напряжения, преобразуется аналого-цифровым преобразователем и передается на микроконтроллер, где через встроенный алгоритм, например, описанный в работах [1-4], идентифицируется вид

перенапряжения (внутреннее или внешнее), оказываемого влияние на изоляцию электродвигателя, и оценивается остаточный ресурс изоляции погружного электродвигателя. Идентификация перенапряжений заключается в оценке характеристик перенапряжения: кратность и формы кривой волны перенапряжения.

На основании полученных с устройства данных можно сделать следующие выводы: полученные значения позволяют оценивать состояние ресурса изоляции ПЭД, выявлять неисправности на ранней стадии возникновения, планировать рациональные сроки проведения ремонтов.

#### Библиографический список

1. Медведев, В. С. Нейронные сети. Matlab 6 / В. С. Медведев, В. Г. Потёмкин. – Москва : Диалог-МИФИ, 2002. – 496 с.
2. Сухачев, И. С. Алгоритм оценки риска потерь в нефтедобыче при отказе погружного электродвигателя / И. С. Сухачев, В. В. Сушков, Т. Д. Гладких // Динамика систем, механизмов и машин. – 2016. – Т. 3, №1. – С. 163-166.
3. Сухачев, И. С. Моделирование расхода ресурса изоляции погружных электродвигателей при разнообразных воздействиях / И. С. Сухачев, В. В. Сушков // Динамика систем, механизмов и машин. – 2016. – Т. 3, №1. – С. 166-169.
4. Хайкин, С. Нейронные сети : полный курс. – 2-е изд. пер. с англ. – Москва : Издательский дом «Вильямс», 2008. – 1104 с.

### **Проблема повышения энергоэффективности в глубинно-насосной добыче нефти**

*Трошкин С.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Необходимость повышения энергетической эффективности обусловлена тем, что ввиду нестабильности цен на нефть добывающим предприятиям необходимо искать способы снижения затрат на электроэнергию и увеличения энергетической эффективности работы скважинных насосов.

Повышение энергоэффективности позволяет добиться экологического эффекта, так как процессы выработки электроэнергии в нашей стране вносят ощутимый вклад в загрязнение окружающей среды. В связи с этим повышение энергетической эффективности позволит добиться сразу нескольких положительных эффектов: экономии энергетических ресурсов, экономической выгоды, снижения негативного влияния на экологию и здоровье людей.

По данным Центрального диспетчерского управления ТЭК на 1 января 2018 года эксплуатационный фонд нефтедобывающих скважин по нефтяной отрасли России увеличился [1], если сравнить с 1 января 2017 года, на 1,0% и составил 175 335 скважин. Основная часть фонда нефтедобывающих скважин эксплуатируется механизированным способом.

При добыче нефти механизированным способом на долю приводов скважинных насосов приходится больше половины всей потребляемой предприятием электроэнергии, поэтому данный способ считается самым энергоемким [2].

Чаще всего потери электроэнергии в добыче нефти вызваны неоптимальными режимами работы скважинного оборудования. В механизированной добыче нефти повышение энергоэффективности осуществляется за счет оптимизации режимов работы скважинного оборудования и применения энергоэффективных технологий. Кроме снижения энергозатрат, оптимизация режимов работы скважинного оборудования позволит добиться увеличения его износостойкости и межремонтного периода, за счет уменьшения нагрузок.

Основными потребителями электроэнергии в насосной добыче являются установки штанговых глубинных насосов (ШГН) и установки электроцентробежных насосов (ЭЦН). Следовательно, разработка и внедрение мероприятий по повышению энергоэффективности наиболее актуальна для данных установок.

Потери электроэнергии в установках ШГН связаны с множеством промежуточных элементов между ЭД и насосом, необходимых для преобразования быстрого вращения вала электродвигателя в медленное возвратно-поступательное движение колонны штанг.

При эксплуатации скважины установками ЭЦН основные потери электроэнергии происходят в самом насосе (ЭЦН) и погружном электродвигателе (ПЭД). Также потери в питающем кабеле и трансформаторе являются значимыми и учитываются в общем балансе энергии. Кроме того, имеет место взаимное влияние элементов УЭЦН. Так при увеличении потребления энергии, например, ЭЦН – растет потребление ПЭД, потери в кабеле, трансформаторе и др.

Широкое распространение в нефтегазодобывающей сфере получил частотно-регулируемый привод (ЧРП), позволяющий оптимизировать работу электродвигателей скважинных насосов и снизить их энергопотребление. Однако его применение не всегда целесообразно, т.к. затраты на его внедрение могут не окупиться в приемлемый срок. В таком случае для предприятия будет не выгодно применение ЧРП.

Также одной из проблем малой эффективности использования электроэнергии является не правильный выбор скважинного оборудования. Например, если в скважину установить ЭЦН с мощностью электродвигателя сильно превышающей требуемую, он будет постоянно недогружен из-

за чего его КПД резко снизится. В таком случае применение ЧРП может усугубить ситуацию.

В настоящее время ведущие компании такие, как «Татнефть», «Роснефть», «ЛУКОЙЛ», вкладывают значительные инвестиции в повышение энергоэффективности.

Подводя итог вышесказанного можно сделать вывод, что проблема энергоэффективности в нефтедобыче до сих пор остается актуальной. Для преодоления данной проблемы необходимо решить следующие задачи:

1) Обеспечить правильный выбор скважинного оборудования, в соответствии с параметрами скважины.

2) Совершенствовать методы оптимального управления режимами работы электроприводов.

3) Разработать новые подходы к разработке систем автоматизации нефтедобычи.

4) Разработать и внедрить системы управления на основе цифровых технологий.

Дальнейшее развитие энергосбережения в нефтедобыче будет основано на концепции «Интеллектуальная скважина» под которой понимается технологический комплекс наземного и подземного оборудования, включающий систему измерительной аппаратуры, станцию управления и комплект специализированного программного обеспечения [3].

#### Библиографический список

1. Добыча нефти с газовым конденсатом в России в 2017 году [Электронный ресурс] // Центральное диспетчерское управление топливно-энергетического комплекса. – Режим доступа: [http://www.cdu.ru/tek\\_russia/articles/1/471/](http://www.cdu.ru/tek_russia/articles/1/471/).

2. Повышение энергоэффективности добычи нефти: учеб. пособие / В. В. Поплыгин, И. Н. Пономарева, А. А. Ерофеев, А. В. Лекомцев. – Пермь: Издательство Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – 94 с.

3. Зозуля, Ю. И. Интеллектуальный нефтепромисел реального времени / Ю. И. Зозуля, И. Д. Кизина, В. А. Алабужев // Автоматизация и метрология в нефтегазовом комплексе: материалы науч.-практ. конф. – Уфа: Нефтеавтоматика, 2007. – С. 26–28.

Научный руководитель: Кудряшов Р.А., канд. техн. наук, доцент.

## Применение симметрирующих трансформаторов для повышения качества электроснабжения

*Ушаков И.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

При эксплуатации трехфазных трансформаторов в сетях с нагрузками смещенного типа, несимметричными нагрузками возникает несимметрия токов и напряжений в сети. Последствия этой несимметрии являются потери в электроснабжении и ухудшение качества электроэнергии, которое может привести к выходу из строя электрооборудование, ложные срабатывания устройств релейной защиты и автоматики, ошибки и сбои в микропроцессорной технике, значительные отклонения напряжения на зажимах электроприемников.

Для устранения несимметрии токов и напряжений в системах электроснабжения применяют симметрирующие трансформаторы. Работа такого рода трансформаторов приводит к следующим эффектам:

- уменьшаются падения напряжения в сети при подключении мощной нагрузки;
- выравниваются токи нагрузки вне зависимости от типа потребителей;
- снижаются потери энергии в системе.

Симметричный трехфазный трансформатор устроен так, что помимо обмоток фаз высшего и низшего напряжения дополнительно встраивается симметрирующее устройство в виде добавочной обмотки, которая включается в разрыв нулевого провода. Эта обмотка рассчитана так, чтобы выдерживать длительный ток номинальной нагрузки трансформатора, т.е. на номинальный ток одной фазы.

При возникновении уравнительного тока в нулевом проводе, вследствие несимметричной нагрузки, потоки нулевой последовательности в магнитопроводе будут полностью компенсированы направленными противоположно потоками нулевой последовательности дополнительной обмотки и перекос фазных напряжений целиком предотвращается.

Энергетические характеристики таких трансформаторов от добавления симметрирующего устройства не изменяются, зато значительно сокращаются потери электроэнергии в сети. Конструкция трансформатора снижает сопротивление нулевой последовательности, что дает увеличение токов короткого замыкания на одной фазе, что обеспечивает легкую и чувствительную настройку релейной защиты и ее надежную работу при коротком замыкании. Так как разрушающее воздействие большого тока однофазного короткого замыкания на обмотки такого симметрирующего трансформатора значительно меньше, чем в обычном трансформаторе, и разрушительный мощный несимметричный поток нулевой последовательности теперь полностью компенсируется.

### Библиографический список

1. Козирський, В. В. Електроснабження агропромислового комплексу : учеб. посібник для вузів / В. В. Козирський, В. В. Каплун, С. М. Волошин. – Київ: Аграрне освітання, 2011. – 448 с.
2. Применення багатоцелової оптимізації для симетризування і зменшення відхилень напруг в електричних мережах / М. І. Бурбело [і др.] // Вестник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – № 6. – С. 76-79.

Научний керівник: Белоусов П. Л., канд. техн. наук, доцент.

## СЕКЦИЯ «Новые информационные технологии и системы»

### Модернизация технологического процесса на установке предварительного сброса воды

Абдуллаев Д.М.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Повышение качества технологического процесса в нефтегазовой отрасли представляет собой одной из важнейших направлений развития современного производства.

Совершенствование технологии подразумевает под собой повышение производительности и качества продукции, создание и внедрение новых процессов, снижения производственных затрат. [1]

На рисунке 1 представлена УПСВ из продукций нефтескважин, предусматривающий сбор продукции на узле распределения, расслоение водонефтегазовой смеси на нефтяной газ, нефть и воду в успокоительном коллекторе, предварительное разделение на нефтяной газ, воду и нефть в узле предварительного разделения фаз и последующий отвод нефтяного газа, нефти и воды из нефтегазового аппарата, ввод деэмульгатора производится на узле распределения. [2]

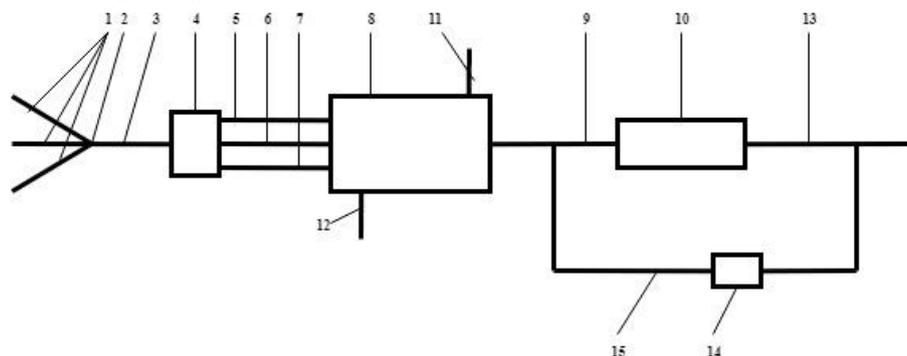


Рисунок 1. Принципиальная схема УПСВ

1 - трубопроводы подвода продукции нефтяных скважин; 2 - узел распределения; 3 - успокоительный коллектор; 4 - узел предварительного разделения; 5,6,7 - патрубки отвода предварительно разделенных газа, нефти и воды; 8 - нефтегазовый сепаратор; 9 - трубопровод отвода нефти из нефтегазового сепаратора; 10 - аппарат обезвоживания нефти; 11 - трубопровод отвода газа из нефтегазового сепаратора; 12 - трубопровод отвода воды из нефтегазового сепаратора; 13 - устройство для отбора части обезвоженной нефти и подачи ее; 14 - путевой подогреватель нефти; 15 - линия подачи подогретой нефти

Недостатками данного объекта является:

- Недостаточное обезвоживание нефти, потому что нефтегазовый сепаратор не дает в достаточной мере обезвоживать нефть;

- Недостаточное очищение воды, потому что нефтегазовый сепаратор не рассчитан для качественной очистки воды;
- Завышенный расход деэмульгатора, потому что его вводят на узле распределения вследствие этого происходят потери деэмульгатора;
- Необходимость утилизации попутного газа, из-за чего его приходится сжигать на факеле, что приведет к штрафным санкциям, или сконструировать газопровод, что экономично не выгодно, или же откачивать вместе с нефтью с помощью мультифазных насосов, что нельзя исполнить при среднем или высоком газовом факторе;
- Невозможность одновременного разрушения прямых, обратных и множественных эмульсий так как для этого требуется последовательное введение масло- и водорастворимых деэмульгаторов. [2]

Целью работы является повышение эффективности установки за счет обеспечения достаточного обезвоживания нефти, повышения качества нефти, повышения качества очистки воды, снижения расхода деэмульгатора и утилизации нефтяного газа.

В качестве решения была разработана следующая технологическая схема (рисунок 2)

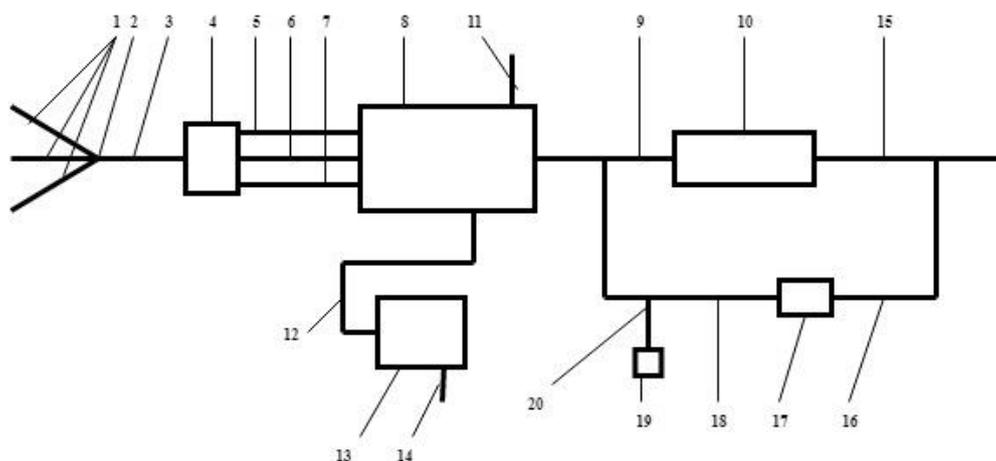


Рисунок 2. Принципиальная схема УПСВ

1 - трубопроводы подвода продукции нефтяных скважин; 2 - узел распределения; 3 - успокоительный коллектор; 4 - узел предварительного разделения; 5,6,7 - патрубки отвода предварительно разделенных газа, нефти и воды; 8 - нефтегазовый сепаратор; 9 - трубопровод отвода нефти из нефтегазового сепаратора; 10 - аппарат обезвоживания нефти; 11 - трубопровод отвода газа из нефтегазового сепаратора; 12 - трубопровод отвода воды из нефтегазового сепаратора; 13 - устройство для доочистки воды; 14 - линия отвода воды; 15 - устройство для отбора части обезвоженной нефти и подачи ее; 16 - линия подачи обезвоженной нефти; 17 - путевой подогреватель нефти; 18 - линия подачи подогретой нефти; 19 - блок дозирования и подачи химического реагента; 20 - линия ввода химического реагента

Представленная схема разнится от предыдущей, тем что трубопровод подачи обезвоженной нефти оснащен устройством для отбора части обезвоженной нефти, а он в свою очередь оснащен путевым подогревателем нефти, блоком дозирования и подачи химического элемента (деэмульгатора). Блок дозирования и подачи химического элемента реализован с возможностью периодической смены подаваемых химических реагентов.

Трубопровод отвода воды из нефтегазового сепаратора соединен с устройством доочистки воды.

Метод решения: отвод воды из нефтегазового сепаратора для доочистки в установке доочистки воды, откуда она откачивается, например, в систему поддержания пластового давления, позволяет обеспечить требуемое качество очистки воды. Добавка деэмульгатора в отводимую нефть позволяет уменьшить расход деэмульгатора, так как исключаются его потери вместе с нефтяным газом и водой. Чередование масло- и водорастворимых деэмульгаторов, добавляемых в отводимую нефть, позволяет обеспечить разрушение прямых, обратных и смешанных эмульсий. Подогрев отобранной нефти в путевом подогревателе нефти позволяет повысить обезвоживание нефти, уменьшить расход деэмульгатора и утилизировать нефтяной газ. [2]

Таким образом, представленные методы решения позволяют обеспечить достаточное обезвоживание нефти, повысить качество очистки воды, снизить расход деэмульгатора и утилизировать нефтяной газ.

#### Библиографический список

1. Козлов, В. В. Автоматизация технологических процессов нефтяного месторождения / В. В. Козлов, В. М. Спасибов. – Тюмень: ТИУ, 2017. – 106 с.
2. Пат. 2343953 Российская Федерация, МПК В01D19/00. Установка предварительного сброса воды из продукций нефтяных скважин / Латыпов А. Р., Голубев В. Ф., Шаякберов В. Ф., Голубев М. В.; патентообладатель ООО "РН-УфаНИПИнефть"; заявл. 08.17.2007; опубл. 20.01.2009.

Научный руководитель: Музипов Х.Н., канд. техн. наук, доцент.

#### **Разработка системы мониторинга климатических условий в производственных помещениях с особыми условиями**

*Авдеева А.А., Коваль М.Н., Ляш Е.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В связи с ужесточением требований к условиям производства и хранения продукции все большую актуальность приобретает задача непрерывного мониторинга климата технологических сред.

Несоблюдение норм хранения и производства ведёт к возрастанию затрат на предприятии [1]:

- в промышленности и складах не соблюдение температурных норм хранения товаров и условий производства является одной из ключевых проблем качества продукции;

- неблагоприятные условия работы снижают работоспособность сотрудников на 5-15% и приводят к развитию хронических заболеваний, что может привести к снижению концентрации и повышению уровня человеческого фактора, что способствует возникновению чрезвычайных ситуаций;

- в растениеводстве не соблюдение норм хранения приводит к потерям продукции до 2% еженедельно из-за порчи;

- продуктивность сельскохозяйственных животных в среднем на 20-30% зависит от уровня соблюдения климата (например, тепловой стресс сказывается на метаболизме животных, ухудшает репродуктивную функцию и иммунный статус).

**В настоящей работе** разработана система мониторинга климата для контроля соблюдения норм климатического режима. Данная система позволяет удаленно контролировать объекты через существующую сетевую инфраструктуру и как результат повышенная эффективность, точность и экономический эффект при меньшем человеческом вмешательстве [2].

#### Библиографический список

1. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [Электронный ресурс]: СанПиН 2.2.4.548-96: утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 01.10.1996 N 21: введ. в действие с 01.10.1996. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/4173106/>  
Грингард, С. Интернет вещей: будущее уже здесь / С. Грингард. Москва: Альпина Паблицер, 2016. – 172 с.

Научный руководитель: Паршуков А.Н., кандидат технических наук, доцент

#### **Визуальное программирование. Преимущества его использования в проектировании**

*Андреев И.И.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Развитие информационных технологий значительно ускоряет жизнь современного человека и требует постоянного повышения квалификации и знаний для поддержания конкурентоспособности, что несомненно способствует прогрессу. Но для каждого стремительного прогресса характерны и недостатки, ключевым из которых является недоработанность какой-либо

новой технологии. Данная проблема характерна не только для отдельного человека, но и для большинства крупных компаний. На данный момент быстрый скачек и переход на новую технологию переживает строительная отрасль. Данная технология называется *Building Information Modeling*, что расшифровывается как информационное моделирование здания.

Информационное моделирование зданий (*BIM*) — это процесс, основанный на использовании интеллектуальных *3D*-моделей. С помощью этой технологии специалисты по проектированию архитектурных элементов, инженерных систем и строительных конструкций могут еще эффективнее планировать, проектировать, строить и эксплуатировать здания и объекты инфраструктуры. Данная технология тесно связана с автоматизацией. Существует несколько конкурентоспособных программ, основанных на данной технологии:

- *Allplan*;
- *Archicad*;
- *Revit*;
- *Renga*.

Крупные строительные организации, заинтересованные в своей конкурентоспособности и наслышанные о значительных преимуществах автоматизации «программ для проектирования нового поколения» стремятся овладеть одной из перечисленных программ. Но в большинстве случаев после перехода на *BIM*-моделирования их проектировщики сталкиваются с трудностями, связанными с трудоемкостью и недоработанностью данной технологии. Так в среднем организациям решившим перейти из двухмерного моделирования в трехмерное предстоит замедлить или остановить производство минимум на 2-3 месяца.

Несомненно, после наработки такой базы данных можно будет считать, об освоении в той или иной мере *BIM*-моделирования, но в процессе быстрого перехода на данную технологию проектировщики совершают ошибку, которая в дальнейшем может сказаться как на качестве, так и на степени автоматизации наработанной базы.

Перечисленные программы в достойной степени могут отражать возможности автоматизации и *BIM*-моделирования, но не является достаточно универсальными без использования визуального программирования. Визуальное программирование — это способ написания алгоритмов или определенных последовательностей для автоматизации большинства как рутинных, так и сложных процессов. Так для *Allplan* и *Revit* программой дополнением является *Dynamo*, а для *Archicad* — *Grasshopper*. Данные дополнения представлены в виде отдельной среды, состоящей из набора элементарных параметров, блоков или нодов. Автоматизация в них осуществляется путем взаимодействия выстроенных алгоритмов непосредственно с

рабочим чертежом, в котором ведется основная работа по созданию информационной модели здания.

*Grasshopper* и *Dynamo* являются универсальными программами на основе которых возможно написание собственных программ помощников, способствующих значительному снижению трудозатрат и времени на выполнение какого либо проектирования, тем самым повышая автоматизацию. Основные преимущества среды визуального программирования:

- Сокращение времени проектирования;
- Повышение автоматизации проектирования;
- Написание алгоритмов расчета конструкций, теплотехнического расчета;
- Не требует владение языком программирования;
- Полностью раскрывает возможности *BIM*-моделирования.

Из выше сказанного следует, что для достижения максимальной производительности проектировщикам следует изучать не просто отдельно взятую программу, способную строить *BIM*-модели, а изучать ее совместно с дополнением, основанным на визуальном программировании.

#### Библиографический список

1. Что такое BIM? [Электронный ресурс] // AUTODESK. – Режим доступа: <https://www.autodesk.ru/>.
2. Программы для BIM проектирования [Электронный ресурс] // ZWSOFT. – Режим доступа: <https://www.zwsoft.ru/>.

### **Особенности системы ПАЗ для приёмно-сдаточных пунктов нефти**

*Безродный К.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Объекты современной промышленности используют сложные и комплексные системы автоматизации, включающие в себя множество элементов. Сложность современных технических решений, в задачах практического применения, например, в эксплуатации, вызывает ряд проблем, одна из которых вопрос о надежности как самой системы управления, так и технологического объекта управления. В целях обеспечения наибольшей надежности как с экономической, так и противоаварийной точек зрения, используются системы АСУ ТП с выделенной функцией ПАЗ [1]. Они представляют из себя системы с резервированием на полевым, среднем и верхнем уровнях. Разработка и эксплуатация таких систем регулируется стандартами:

- ГОСТ Р МЭК 61511-1-2011 Безопасность функциональная. Системы безопасности приборные для промышленных процессов;

- ГОСТ Р МЭК 61508-2-2012 Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью

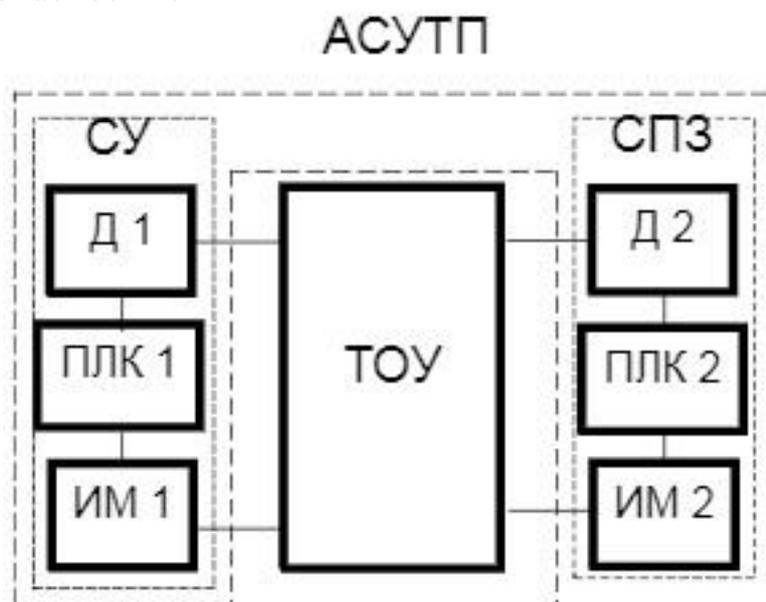


Рисунок 1. Пример структурной схемы реализации АСУ ТП с выделенной функцией ПАЗ методом резервирования:

СУ – система управления; С ПЛК – Программируемый логический контроллер; ИМ – исполнительный механизм; Д – Датчики; ТОУ – Технологический объект управления

Построение функциональной системы АСУ ТП должно учитывать технологическую структуру объекта. Пример структуры приёмно-сдаточного пункта нефти, на примере типового ПСП, приведен на рисунке 2.

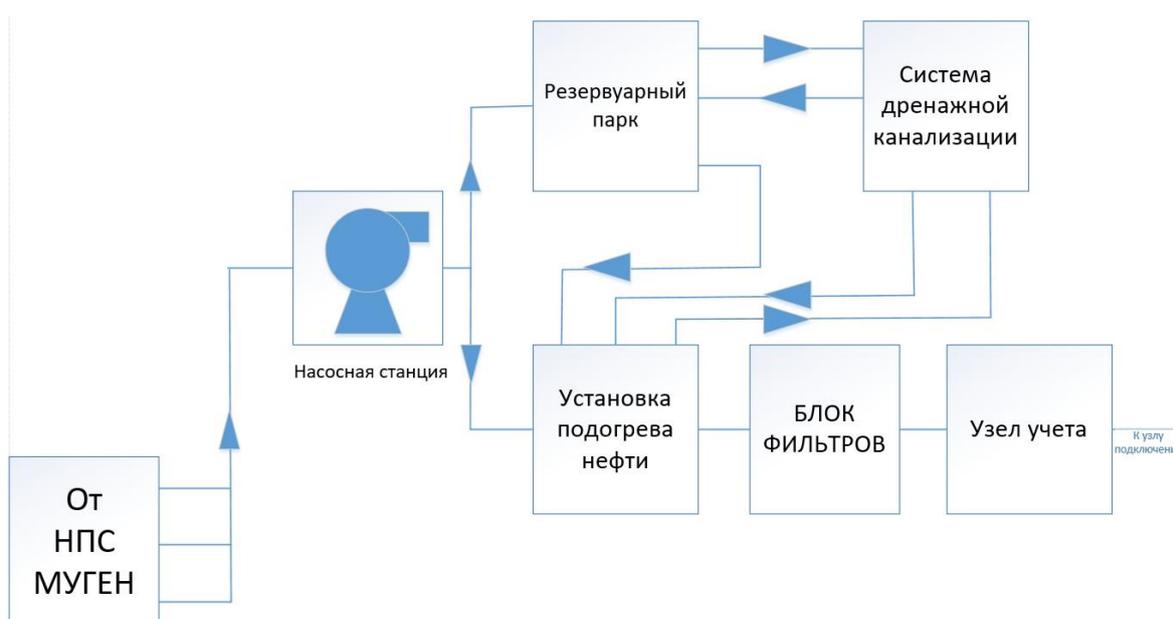


Рисунок 2. Типовая структурная схема приёмно-сдаточного пункта нефти.

Таким образом построение системы управления для подобного ТООУ может применять различные способы структурного построения системы. Один из них приведен на рисунке 3.



Рисунок 3. Структурная схема системы управления приёмно-сдаточным пунктом нефти.

Из различных промышленных стандартов, следует отметить что резервирование на полевом уровне, выполняется установкой дополнительного оборудования, его соответствием с условиями рабочей среды (взрывозащищённое исполнение и прочие), использованием дополнительных исполнительных механизмов (называемых резервными или дублирующими), а также резервом по количеству используемых сигнальных входов на самом контроллере. ПАЗ на уровне ПЛК должна выполняться не только аппаратным резервированием [2].

Необходимо учесть при проектировании АСУ ТП, требования к самим контроллерам. Например, учесть их характеристики, будь то наработка до отказа, или оптимальные температурные режимы. Так же необходима поддержка функционала, обеспечивающего ПАЗ. Например, алгоритмы передачи функций с одного контроллера на другой, поддержка стандартов оперативной обработки и обмена информации. Возможность альтернативных стандартов передачи информации, например, в ситуациях повреждения кабельной линии. Наиболее актуальным требованием для системы ПАЗ остаётся функция самодиагностики. Например, путем нахождения нелогичных состояний системы, длительное время. Большая часть современных контроллеров различных производителей, например, *Siemens*, *Emerson*, *Motorola*, *Yokogawa*. Данные производители поставляют технические решения с модульным подходом, и они соответствует промышленным стандартам, принятым в РФ.

## Библиографический список

1. Системы паз [Электронный ресурс]// Студенческая энциклопедия – Режим доступа: [https://studopedia.ru/7\\_129065\\_sistemi-paz.html](https://studopedia.ru/7_129065_sistemi-paz.html)
2. Козлов, В. В. Автоматизация технологических процессов нефтяного месторождения / В. В. Козлов, В. М. Спасибов. – Тюмень: ТИУ, 2017. – 106 с.

Научный руководитель: Ведерникова Ю.А., канд. техн. наук, доцент

### **Система управления инженерными данными с элементами искусственного интеллекта и трехмерной модели производства**

*Бичевина Е.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Сегодня применение информационных систем управления инженерными данными, ведущими контроль за жизненным циклом нефтехимического производства, является неотъемлемой частью процесса. Однако быстрое развитие новых технологий, применение современных аппаратов и устройств, требует совершенствования устаревших систем управления, дополнения их новыми функциями и свойствами[1].

Такой системой может стать платформа с элементами искусственного интеллекта, центральной частью которой является 3D-исполнительная информационная модель объекта. Данная модель обладает рядом достоинств: возможность изучения полных и актуальных данных о промышленном объекте, быстрое принятие решений без простоя производства, тщательный контроль, анализ поступающих данных, снижение рисков потери информации, снижение затрат на ремонт.

Обычно, масштабы того или иного технологического производства и промышленного объекта огромны, а сами они расположены на больших расстояниях. Эта проблема обуславливает использование трехмерных инженерных моделей, позволяющих управлять такими объектами. Пример реализации трехмерной системы представлен на рисунке 1.

Данная система получает, анализирует и обрабатывает информацию всех элементов, с различных объектов, в один клик и заканчивает работу

Решением многочисленных прикладных задач, которыми являются: датацентрический анализ; проверка состояния оборудования; четкое построение плана ремонта, предотвращение простоя и поломки оборудования; обучение персонала и инструктажи. Система позволяет объединить в общем информационном пространстве всех участников процесса управления объектом, включая эксплуатирующие, строительные, ремонтные, научно-исследовательские подразделения. Это существенно повышает эффективность их внешнего и внутреннего взаимодействия[2].

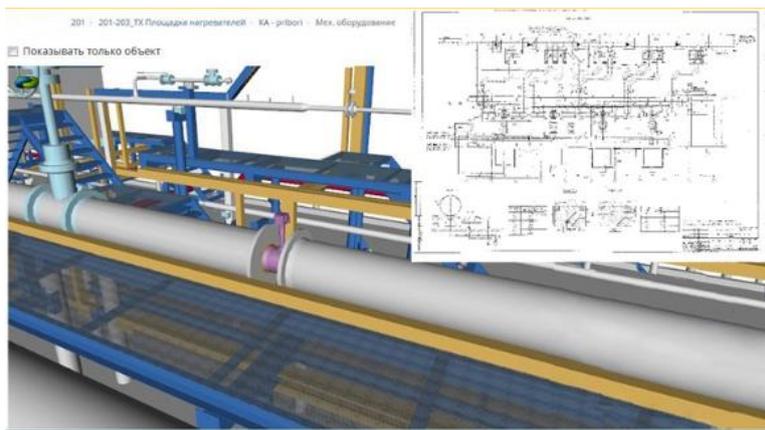


Рисунок 1. Пример реализации трехмерной системы

Таким образом, применение трехмерных информационных моделей с элементами искусственного интеллекта дает лучшие результаты по сравнению с человеком. К тому же система не подвержена человеческому фактору, а ее функционирование и работа не зависит от эмоций и личных проблем. Как итог – области применения систем искусственного интеллекта и трехмерной визуализации очень широки и фактически ограничиваются только нашей фантазией и скоростью внедрения технологических новаций.

#### Библиографический список

1. Шваб, К. Четвертая промышленная революция / К. Шваб.– Москва: Эксмо, 2017. – 208 с.
2. О международном сотрудничестве в разработке, реализации и эксплуатации высокотехнологичных инновационных продуктов / Е.П. Резник [и др.] // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2016. – № 6. – С. 48-54.

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

### **Виртуальная и дополненная реальность как инструменты повышения эффективности персонала на нефтегазодобывающих предприятиях**

*Вдовин К.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Современные проблемы требуют современных решений. Именно к такому слогану обращаются большинство инноваторов, которые хотят привести благоприятные изменения в ту или иную отрасль. В связи с длительной историей множества производств, будь то фабрики по выпуску машин или нефтяные компании с добычей природных ресурсов, происходит ожидаемое понижение эффективности работы, что выражается в устаревании технологий или истощения мест добычи. Например, на данный момент в нефтегазодобывающей отрасли России происходит переход от «обычной» нефти к трудноизвлекаемой, что требует от нефтегазового комплекса больше мощности по разработке и добычи. Для решения этой

проблемы были разработаны инновационные проекты, такие как изменение формы долота для преодоления трудных пород и разработки месторождений, термогазовая технология, которая помогает как при разработке, так и при добыче трудноизвлекаемой нефти. Все эти решения были приняты для адаптации к изменяемым условиям производства, но для некоторых вещей приходится зайти чуть дальше, в другую реальность.

Технология VR (*virtual reality* - виртуальная реальность), давно знакомая для некоторого круга лиц, в связи с упоминанием в научной или художественной литературе и попытками её реализации. По данным авторов книг по четвёртой промышленной революции, её считают составной частью этого явления. Технология положительно протестирована в развлекательной сфере, образовательной, медицинской и даже некоторых промышленных областях. Ключевая особенность этой технологии — это то, что она предполагает полное погружение в искусственно созданную синтетическую среду. При этом она, как правило, имитирует какой-либо реальный объект, доступ на который затруднен или невозможен (например, буровая вышка, проектируемое здание и т.п.). Можно сказать, что данная технология в той информационной эпохе, в которую мы переходим является смягчающим параметром, с помощью неё можно реализовать различные процессы, не используя материальные ресурсы, а всего лишь создав симуляцию.

Результаты опроса российских компаний на Всемирном экономическом форуме The Future of the Jobs 2018 выявили, что большинство предприятий ( в том числе нефтегазовой отрасли) планируют внедрение AR/VR до 2022 года. Безусловно, это нужные вещи, которые оптимизируют работы, но возможности этой технологии недостаточно раскрыты. Стоит сразу же выделить перспективу, к которой нужно стремиться, это технология AR (*augmented reality* - дополненная реальность), например, развитие специального оборудования, которое будет крепиться к около глазным частям тела или очки, которые в режиме реального времени позволят рабочим видеть подсказки на производстве. Данная функция присутствует в VR в процессе обучения, оно состоит из трех этапов, где сначала даются все руководства в процессе производства, на промежуточном этапе только базовые подсказки, а уже на третьем этапе рабочий сам производит действия в производстве. Но такая перспектива успешна в реализации, когда в процессе неправильной работы риски возникновения поломок или травм сведены к минимуму.

Рассмотрим развивающиеся перспективы, которые пока что недостаточно разработаны. Первая ситуация относит нас к социальному взаимодействию, благодаря возможностям VR технологий, компаниям доступны функции по созданию совещаний в виртуальной среде для проведения презентации для всех, где достаточно подробно можно описать и показать информацию. Этой же функцией могут пользоваться разработчики из разных подразделений, даже из другой страны. Развитие этой технологии создаёт рабочие места по её отладке, в перспективе этими людьми могут

быть менее эффективные сотрудники. Посредством участия в тестировании этой технологии они смогут подробнее изучить те навыки, которыми они должны обладать и соответственно повысить уровень подготовки.

Ко второй ситуации можно отнести совмещение, развивающейся технологии роботизации с технологией виртуальной реальности. Результатом такого симбиоза будет создание мини-роботов, а в перспективе и нанороботов которые позволят создавать информационную модель, которая будет отображать различные аспекты производства такие как: запуск таких мини-роботов на анализ ситуации в среде, нанесение нанороботов на оборудование для анализа внутреннего устройства среды производства, в связи с тем, что намечается перспектива освоения мирового океана нефтегазовой отраслью, такие перспективы являются актуальны. Проблемой развития этой перспективы является недостаточная обеспеченность соответственными технологиями, решением этой проблемы видится сотрудничество с Японскими компаниями, но для такого тесного взаимодействия России и Японии придётся решить политические проблемы.

Подводя итоги, можно сказать, что перспектива развития этих технологий в нефтегазовой промышленности поможет справиться с одной из главных проблем в области рисков, а именно, позволить снизить фактор человеческого риска. Сравнительная характеристика этих технологий представлена в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение характеристик технологий изменения реальности

Технология	AR	VR	MR
Способ использования	Взаимодействие с реальным миром, основанное на цифровой информации, добавленной к тому же миру	Пользователи изолированы от реальности и погружены с помощью устройства в полностью цифровой сенсорной вселенной	Реальный мир служит сценарием для проектирования виртуальной реальности, в которой пользователи погружаются с помощью устройства
Уровень погружения в цифровой опыт	Зависит от цифровой плотности, добавленной к реальности	Подразумевает полное погружение в полностью оцифрованную параллельную реальность	Реальный мир заменяется чувственным опытом, погруженным в виртуальный мир
Показательные устройства	Приложения на смартфонах, оборудованных AR ( <i>Pokémon Go</i> )	Сенсорные гарнитуры ( <i>Oculus Rift</i> )	Очки, которые проектируют цифровую информацию в реальной среде ( <i>HoloLens</i> )
Разработчик	<i>Google</i>	<i>Facebook</i>	<i>Microsoft</i>
Этап разработки	В расширенном изучении	Перенастройка, после застоя	В экспериментальной революции

## Библиографический список

1. Assistant. Виртуальная, дополненная и смешанная реальности (VR vs AR vs MR): различия и применение в реальной жизни [Электронный ресурс] / Assistant // Метаверс. – 2018. Режим доступа: <https://www.mtvrse.ru/virtualnaya-dopolnennaya-smeshannaya-realnosti-otlichiya/>
2. The Future of the Jobs 2018 [Electronic resource] / K. Schwab [et al.] // The World Economic Forum. – Access mode: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs\\_2018.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf).

Научный руководитель: Дебердиева Е.М., д-р экон наук, доцент.

### **Вариант использования имитационного моделирования, как инструмент определения процесса эффективной работы гардероба**

*Гостева В.И., Татунова К.К.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В повседневной жизни мы постоянно сталкиваемся с несовершенствами систем обслуживания: очередь в гипермаркете (в часы «пик»), большое скопление людей при эвакуации и тому подобное. Такие проблемы возникают в ходе эксплуатации здания вследствие неправильного расчета количества:

- функциональных единиц обслуживающего персонала;
- вспомогательных производственных механизмов (входные/выходные группы в здание, стойки регистрации и т.д.).

Чтобы не допустить возникновения данных ошибок, стоит уделять внимание их проработке еще на стадии проектирования того или иного объекта.

Решать подобные задачи позволяют современные технологии имитационного моделирования. *Имитационное моделирование* – это разработка и выполнение на компьютере программной системы, отражающей поведение и структуру моделируемого объекта. Исследование модели проводится экспериментальными методами, иными словами методом проб и ошибок. Одной из программ с помощью, которой можно создавать, проигрывать модель во времени, а также анимировать ее поведение, отслеживать статистику процесса и т.п. является AnyLogic.

Сложившаяся в гардеробе строительного института ТИУ ситуация сподвигла на проведение исследования с целью определения оптимального количества обслуживающих элементов во время наибольшей загруженности гардероба, а именно перед началом первой пары и в обеденный час.

Для решения задачи в программе AnyLogic 8.3 использовался взятый за основу план гардероба института СТРОИН (рисунок 1).

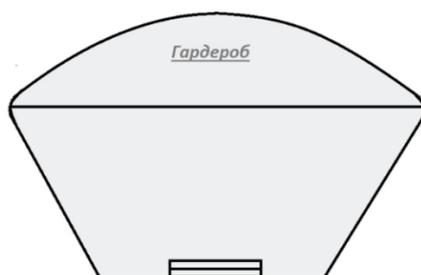


Рисунок 3. Схема-план гардероба

В настоящее время в гардеробе имеется три окна для приёма верхней одежды, два из которых постоянно находятся в рабочем состоянии, а третье задействовано периодически. В каждом окне работает по единице обслуживающего персонала. Перед началом первой пары и в обед интенсивность потока людей достигает 600 чел/час, а на обслуживание одного человека персонал тратит от 10 до 15 секунд. Наблюдения показали, что студенты в большинстве случаев выбирают окно, находящееся посередине. Поэтому мы распределили коэффициенты предпочтения следующим образом: окно слева – 0,1; окно посередине – 0,5; окно справа – 0,4. Окна приема одежды не справляются с такой нагрузкой, вследствие чего образуется большое скопление людей, что отражено на разработанной имитационной модели (рисунок 2).

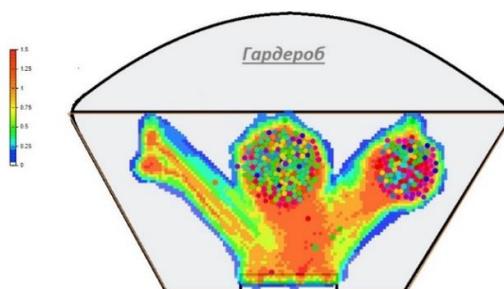


Рисунок 4. Загруженность гардероба при трех рабочих окнах с разными коэффициентами предпочтения

Далее распределили нагрузку на три окна, сделали равными коэффициенты предпочтения, с целью привести процесс к более быстрому обслуживанию.

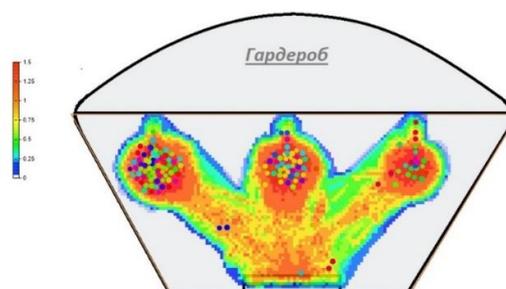


Рисунок 5. Загруженность гардероба при трех рабочих окнах с равными коэффициентами предпочтения

На рисунке 3 наблюдаются большие диаметры красных областей. Это показывает, что трех окон недостаточно для обслуживания 600 человек.

Предлагаем рассмотреть вариант с четырьмя рабочими окнами, коэффициенты предпочтения для которых также равны между собой. (Рисунок 4)

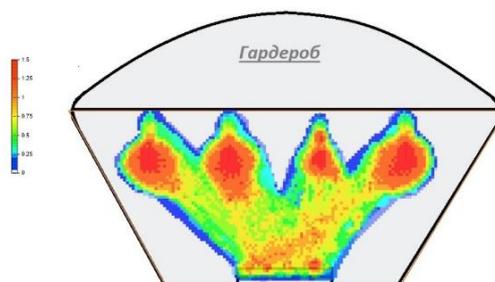


Рисунок 6. Загруженность гардероба при четырех рабочих окнах с равными коэффициентами предпочтения

На рисунке 4 видно, что области высокой загруженности стали меньше, т.к. нагрузка распределилась. Для выяснения оптимального варианта, добавим ещё одно окно. (Рисунок 5)

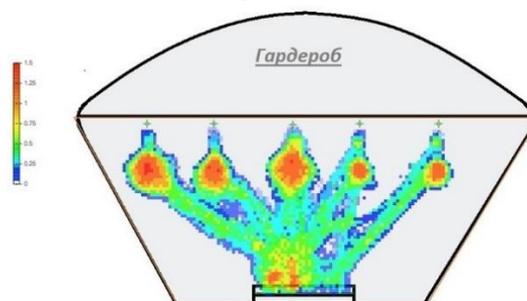


Рисунок 7. Загруженность гардероба при пяти рабочих окнах

Исходя из полученной модели, выясняется, что пять рабочих окон много: два окна задействуются минимально, очереди не скапливаются. Значит, четырёх окон будет достаточно для обслуживания.

Рассмотрена лишь малая часть тех возможностей, которые осуществляет программа AnyLogic и имитационное моделирование в целом. В дальнейшем можно рассмотреть, например, количество и месторасположение выходов при эвакуации из корпусов, стоек обслуживания во время питания, зоны ожидания для потока людей и т.д. Имитационное моделирование позволяет не только просматривать созданную ситуацию на стадии проектирования, но и изменять её уже в ходе эксплуатации, а так же просчитывать рациональное использование, как производственных механизмов, так и необходимого количества обслуживающего персонала в определённые временные промежутки (суточные, сезонные).

#### Библиографический список

1. Основные понятия имитационного моделирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/3853551/>.  
Научный руководитель: Тарханова О.В., к.п.н., доцент кафедры АТСиДМ

## 3D metal printing process

*Egorenko K.A.*

*Industrial University of Tyumen, Tyumen.*

3D printing is a technology which has captured the headlines, with stories about the increasingly sophisticated projects that can be built. Although it may seem relatively new, the technology has been around for some time having first emerged during the 1980s. However, further developments have seen 3D metal printing go from strength to strength and it now has the ability to be used practically for a great range of projects and functions. Metal 3D printing is a type of additive technology, not subtractive which means that material is gradually added to get the finished result rather than being taken away (such as in turning or milling).

A 3D metal printer needs a CAD design to start the process, creating a detailed image from all angles of the desired design. Once the CAD software has been used to complete the design, it then needs to be converted into a .stl format to enable the 3D metal printer to interpret the instructions. The metal printing process is a multi-layered approach, just like other forms of 3D printing and requires the design to be sliced very finely on the horizontal plane before it can start to be built. The 3D metal printer receives its instructions from the computer which instructs the Laser what shape to trace out across the powder. The Laser then pulses and heats up the powder which creates a solid form. This is how 3D printing in metal begins. Once this initial base has been laid out the 3D metal printing process begins again, each layer typically no more than 0.1mm thick. This very gradual process is how metal 3D printers create the final product, with the heat from the Laser forming a solid shape. This process is known either as Direct Metal Laser Sintering or Selective Laser Melting, depending on the heat used and whether the powder is melted completely or just heated enough to fuse together. The possibilities which open up with 3D printer metal techniques are almost limitless and designs which were either impossible or extremely expensive to make are now far more viable.

With 3D printing, metal can be shaped far more easily and incredibly complex and intricate designs are far more achievable. This could be as complex as tubes within tubes, hollow middles with undercuts and overhangs, or just superfine layers previously too delicate to cut. The 3D print will take on the shape which the Laser is instructed to form, which means the only real limitation is what you can design. When it comes to 3D metal printing, UK media coverage has been immense, putting the technology firmly in the limelight and showing off exactly what could be possible – even going as far as showing a house that was constructed this way. But although the printer works in the same way as a 3D rapid prototype, there is a large gulf in quality and performance. Both are built on the same core concept but a rapid prototype machine is designed to handle larger sizes and will be pinpoint accurate by comparison. 3D printing with

metal is far more complex than using other materials, and more expensive too. The extremely high temperatures mean that 3D printing in metal is far less accessible to home users than plastic, for example. There are a number of 3D printers suitable for home use but laser printing on metal is not normally available other than in industry. With 3D printers metal has far more flexibility and the ability to create cheaper and more complex moulds becomes possible.

There are a number of benefits of using a 3D printer or rapid prototype machine for metal:

- Greater range of shapes and designs possible. The complexities which are possible with 3D printing couldn't be achieved via other methods.

- More cost-effective. For low volumes of manufacturing, 3D printing provides an economical option which can be individually tailored to meet requirements.

- Strong and robust finish. As the design is created as a continuous piece rather than having multiple welds and joins, there's no weak spots making it stronger overall.

- Lightweight. The ability to work with such eye-wateringly small slices at a time means designs can be created which are super-thin, reducing the weight of a product.

- No waste. All the powder left unused in the process of 3D printing can be saved and used again. Unlike traditional machining methods, there's zero waste which means it's an eco-friendly choice.

- Fast. Although a mould may still take a couple of days to print – for more complex designs at least – this is an extremely rapid process by comparison to other methods.

- Easy to tweak. If you need to change the design, the process is simple and only requires a few buttons to be pressed rather than an expensive and lengthy re-design. No need to stock expensive designs. With 3D printing, providing you have the materials to run the machine, there's no reason for any item to be out of stock. All you need is stl file and you can print a product whenever you need one. The 3D printing industry is just starting to hot up and despite the many recent developments, the speed of research means that there's a very good chance this type of technology is quickly going to snowball, becoming far more commonly used in everyday manufacturing and further uses identified.

## Bibliography

1. Knowledge base [Electronic source] // 3d-metal-printing-an-overview – access mode: <https://www.spilasers.com>

Scientific supervisor: Medvedeva I.A., chair of foreign languages, interpreter.

## **Дунамо. Создание пользовательского нода**

*Ерошкова Е.Н.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Дунамо – это бесплатное дополнение к Autodesk Revit, которое позволяет работать в рамках визуального программирования, соединяя элементы друг с другом и определяя таким образом отношения и последовательность действий, которые и составляют пользовательские алгоритмы. Эти алгоритмы можно использовать для широкого спектра приложений – от обработки данных до создания геометрии – и все это в реальном времени и без написания сложного кода, который понятен немногим. В Дунамо вместо этого используются простые блоки, а совокупность блоков создает правила, по которым и будет работать Revit.

Кроме того, есть возможность писать скрипты на Design Script и IronPython, что наделяет Дунамо колоссальными возможностями вплоть до доступа к любым сторонним приложениям, имеющим API интерфейс.

Итак, в Дунамо узлы (ноды) – это объекты, которые соединяются между собой, чтобы сформировать визуальную программу. Каждый нод выполняет операцию – это может быть, как простое хранение числа, так и более сложное действие, как создание геометрии.

Возможности Дунамо

Создание новых элементов:

- Построение сложной геометрии по формуле
- Криволинейное армирование

Свойства и параметры:

- Формирование ведомости
- Подключение новых параметров ко многим объектам
- Инженерные расчеты (теплотехнический, гидравлический и т.д.)

Разное:

- Сравнение моделей
- Импорт/экспорт данных в Excel
- Автоматизированные проверки моделей [2].

### **Создание пользовательского нода**

Объединение полезной, часто используемой группы нодов в пользовательский узел (нод). Создание собственной категории нодов. Назначение входных и выходных слотов.

Иногда одну и ту же группу нодов требуется повторить несколько раз, да еще и в разных проектах, в этом случае можно создать пользовательский узел. Например, имеется группа нодов, которая по входным кривым разбивает их на нужное количество частей с вводимой пользователем длиной. И создает в каждой из этих частей окружности с определенным шагом и радиусом так же, как и представлено на рисунке 1.

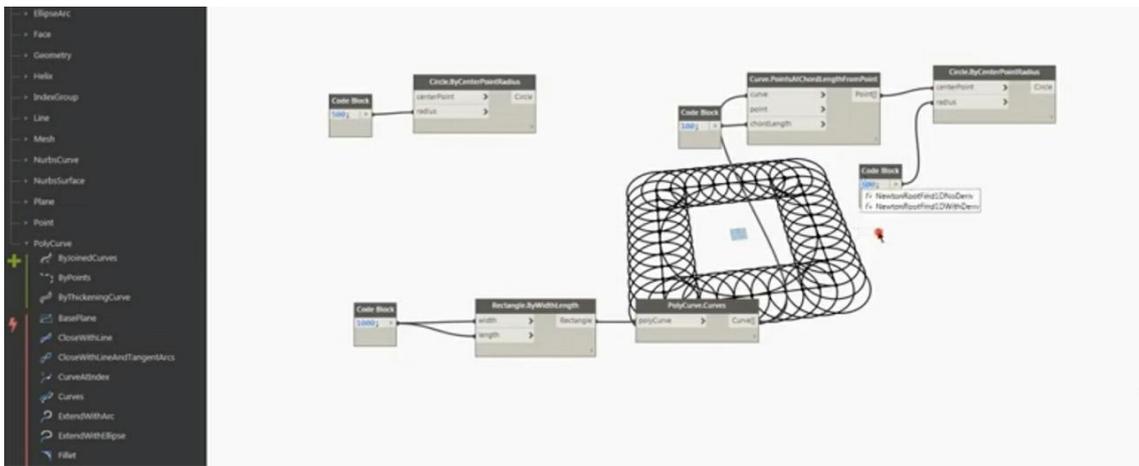


Рисунок 1. Выбор количества частей с вводимой длиной

Предположим, что какую-либо группу нодов нужно сохранить и использовать где-то еще. Выделяем ее и выбираем новый узел из набора выбранных объектов как показано на рисунке 2.

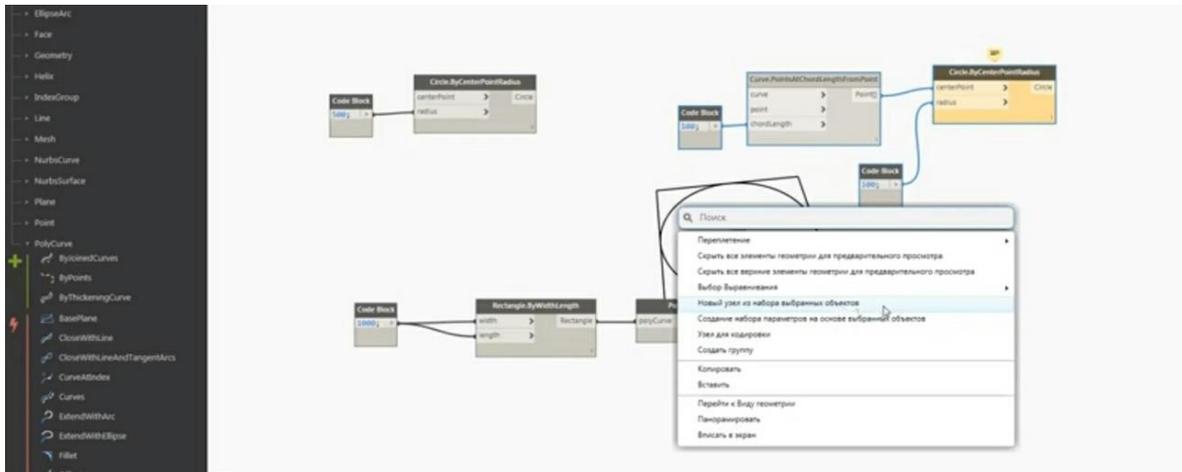


Рисунок 2. Выбор нового узла

Таким образом создается нод, который можно отредактировать как на рисунке 3 [1].

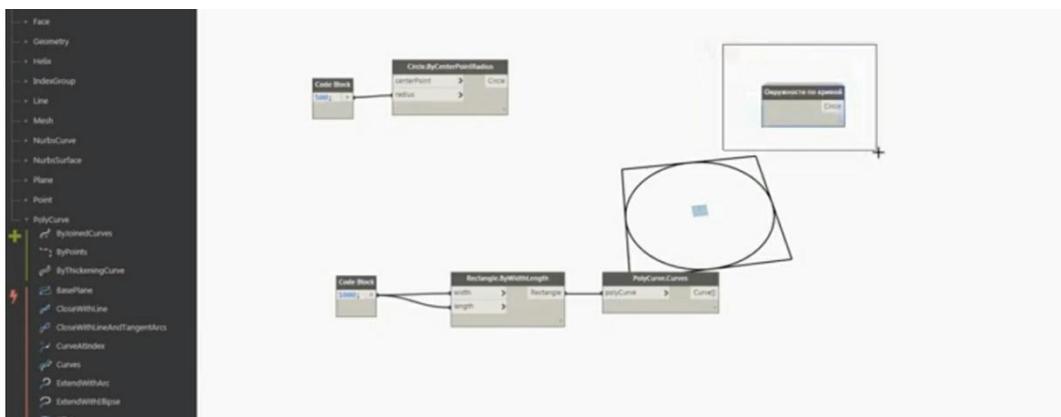


Рисунок 3. Сворачивание всего в нод

## Библиографический список

1. Dynamo: продвинутый уровень [Электронный ресурс] // Дополнительные возможности. – Режим доступа: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/revit-products/learn-explore/caas/simplecontent/node/96301.html>
2. Высоцкий, А. А. Dynamo как простой механизм / А. А. Высоцкий // Программирование. – 2018. – № 3. – С. 24-26.

Научный руководитель: Мальцев В.Л., ассистент.

### **Методы и средства измерения расхода на приёмо-сдаточном пункте: перспективы применения массовых расходомеров**

*Жиренбаев А.И., Черный А.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

В настоящее время автоматизация производства и транспорта газов и жидкостей тесно связано с использованием вычислительной техники и электроники. С каждым годом всё больше компаний стремятся контролировать рациональное использование ресурсов в отраслях нефтедобычи и нефтетранспорта, поэтому задача измерения коммерческого расхода нефти становится всё более актуальной.

На сегодняшний день существует множество видов приборов измерения расхода, у каждого из которых имеются свои достоинства и недостатки[1].

Цель работы – сравнение наиболее распространенных средств учёта расхода нефти на приёмо-сдаточном пункте с обоснованием выбора наиболее перспективного массового расходомера.

Приёмо-сдаточный пункт – это пункт по учёту количества и качества нефти, на котором подразделения принимающей и сдающей нефть сторон выполняют операции приёма-сдачи нефти. Схема автоматизации приёмо-сдаточного пункта представлена на рисунке 1.

Кориолисовый расходомер состоит из сенсора и электронного преобразователя сигнала. При движении измеряемой среды через сенсор проявляется физическое явление, известное как эффект Кориолиса. Принцип действия основан на изменениях фаз механических колебаний U-образных трубок, по которым движется среда[2].

Преимуществом является очень высокая точность измерений, не требуют прямолинейного участка трубопровода и определённого направления потока и высокая надёжность. Строение кориолисового расходомера показано на рисунке 2.

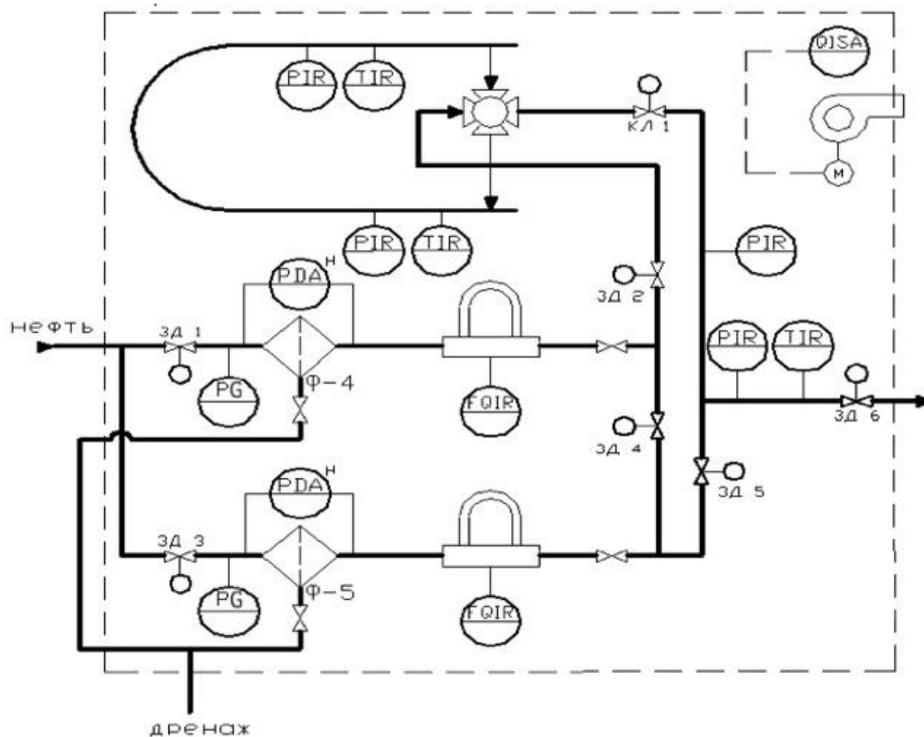


Рисунок 1. Схема автоматизации приёмо-сдаточного пункта

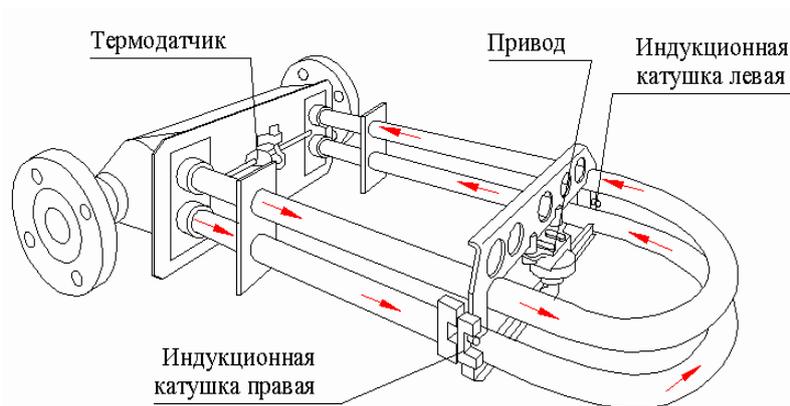


Рисунок 2. Строение кориолисового расходомера

Массовые расходомеры выпускаются различными фирмами, такими как Krohne, Siemens, Emerson, Yokogawa, Shtray, а также отечественным производителем ЭлМетро. Сравнительная характеристика приборов контроля расхода нефти представлена в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика приборов контроля расхода

Технические характеристики	RotaMASS	ШтрайМАСС	Фломак
Диапазон температуры измеряемой среды, °С	-200...+350	-60...+180	-60...+350

Диапазон рабочего давления измеряемой среды, МПа	0 - 28,5	0 - 25	0 - 25
Погрешность, %	0,1	0,2	0,25
Диаметр условного прохода, мм	15 - 200	10 - 150	4,5 - 150
Температура окружающей среды, °С	-50...+80	-50...+120	-40...+60
Класс защиты	IP67	IP67	IP67
Диапазон измерения плотности, кг/м <sup>3</sup>	300 - 5000	500 - 2000	700 - 1300
Диапазон измерения массового расхода, т/ч	0 - 600	0 - 300	0 - 400
Срок службы, лет	20	12	10

Выполненный анализ показал, что наибольшими преимуществами обладают массовые расходомеры типа RotaMASS перед другими средствами учёта расхода нефти. Кориолисовый расходомер RotaMASS является более рациональным к использованию на приёмо-сдаточном пункте, так как обладает высокой точностью и стабильностью измерений, повышенной устойчивостью к вибрации и перекоосу труб, а также относительной погрешностью, не превышающей 0,1%.

#### Библиографический список

1. Козлов, В. В. Автоматизация технологических процессов нефтяного месторождения / В. В. Козлов, В. М. Спасибов. – Тюмень: ТИУ, 2017. – 106 с.
2. Расходомер RotaMASS фирмы Yokogawa [Электронный курс] // Массовые расходомеры RotaMASS фирмы Yokogawa. – Режим доступа: [http://www.yokogawa.ru/products/kip/coriolis\\_mass\\_flowmeters/rotamass-3/](http://www.yokogawa.ru/products/kip/coriolis_mass_flowmeters/rotamass-3/)

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

#### **Повышение энергоэффективности насосных агрегатов путем использования нейронных сетей**

*Иванов М.В., Мысина Н.А.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Сфера автоматизации производственных объектов постепенно меняет свой вектор развития, переходя от традиционных методов решения задач оптимального управления к интеллектуализации управляющих устройств. Происходит это потому, что традиционный подход в построении автоматизированных систем предполагает оптимальную работу объекта управления, но, при повышении степени автономности системы, не

обеспечивает желаемой энергоэффективности и безопасности эксплуатации оборудования.

В реальных условиях оборудование производственных объектов часто эксплуатируется в ненормальном режиме, что крайне негативно сказывается на их эффективности. Повышение качества регулирования позволяет подобрать наиболее оптимальные режимы работы объекта управления, благодаря чему повышается КПД.

Вышесказанное в полной мере можно отнести к перекачивающим агрегатам, применяемым в нефтегазовой области. Достижение оптимальности настроек может быть реализовано при помощи введения в систему автоматического управления искусственной нейронной сети, позволяющей быстро и эффективно настраивать различные объекты автоматизации.

Интеллектуализация системы управления существенно снизит человеческий фактор в достижении оптимального режима работы агрегата, а также позволит оптимизировать объекты автоматизации в полевых условиях без привязки к узкой специфике условий эксплуатации – аппарат искусственных нейронных сетей обучается на большой выборке архивных данных и впоследствии способен в автоматическом режиме осуществлять настройку регуляторов [1].

Искусственные нейронные сети появились на слуху совсем недавно, но уже имеют широкий спектр применения: при распознавании текстов, создании контекстной рекламы в интернете, машинном переводе и системах видеонаблюдения. Человеческий мозг не способен быстро совершать большие объемы математических операций. Даже простейшие машины вроде калькулятора опережают человека, но, в отличие от компьютера, мы можем быстро подстраиваться под новые условия. Люди легко распознают речь собеседника, даже находясь в шумном помещении. А если на лицо известного актера надеть маску с усами, фанаты все равно узнают звезду. Компьютеру такие штуки даются с большим трудом.

Человеческое мышление – результат работы сети нейронов в мозге. Нейроны передают друг другу химические сигналы при помощи электрических импульсов. Из такой коллективной активности рождаются наши ощущения и мысли. Отдельные нейроны и сети их взаимодействий, смоделированные на компьютере, называются искусственными нейронными сетями. Впервые математическая модель искусственного нейрона была предложена еще в 1943 году, но возможность активно применять их появилась только в двухтысячных [2].

Работает такая система следующим образом. На входы нейронов поступают суммирующиеся сигналы, при этом учитывается вес, то есть значимость каждого входа. Далее выходные сигналы одних нейронов поступают на вход других, вес каждой такой связи может быть положительным или отрицательным. Связь с положительным весом называется возбуждающей, с отрицательным – тормозящей. Эти связи определяют вычисления нейронной сети, а значит её память и поведение.

Принцип примерно тот же, что и в мозге. В шестидесятых годах прошлого века было показано что такие нейросетевые модели обладают свойствами, схожими с мозгом. Они могут распознавать образы или, как говорят в математике, решать задачи классификации. Но для этого нейронную сеть нужно обучить.

В начале обучения параметры каждого компонента сети, их веса, задаются произвольным образом, из-за чего сетью совершаются ошибки. Чтобы правильно обучить сеть и минимизировать неточности, нужно, при помощи специальных алгоритмов, подобрать такие значения весов, чтобы сеть работала должным образом.

Для обучения сети из существующей выборки отбирается пример, который показывается сети. Она выдает ответ, после чего идет анализ ошибки. Если ошибка незначительна, сеть считается обученной. В противном случае идет подстройка весов и цикл обучения повторяется [3].

Системы автоматизации, в которые включены нейронные сети, могут образовывать адаптивные системы регулирования. Функциональная схема такой системы автоматического регулирования (САР), включающей рассматриваемую интеллектуальную подсистему, приведена на рисунке 1. Здесь изображен контур управления, представленный программируемым логическим контроллером с надстройкой в виде интеллектуальной нейронной сети, выполняющей функцию подбора рабочих параметров преобразователя частоты, управляющего электроприводом насосного агрегата. Обратная связь и, как следствие, режим работы преобразователя частоты обусловлены данными, получаемыми с различных датчиков технологических параметров (температуры, давления, вибрации, скорости вращения вала, напряжения и тока) [4].

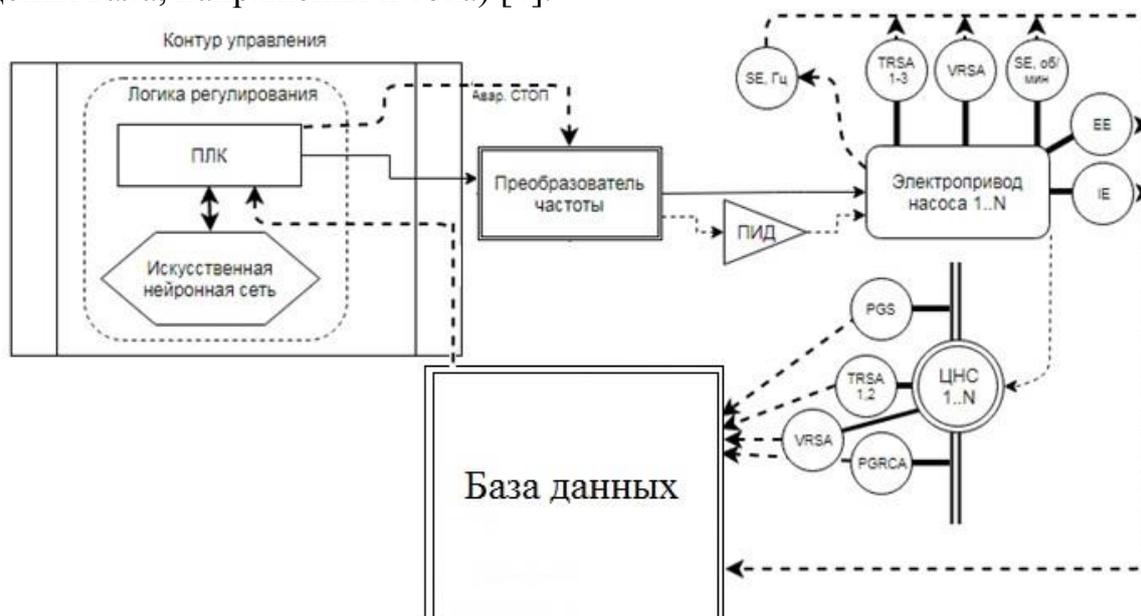


Рисунок 1. Функциональная схема САР

В данной статье был рассмотрен один из методов повышения КПД насосных агрегатов путем повышения качества настроек регулирования вследствие применения нейронных сетей. Рассмотрен принцип действия сети, способ ее обучения. Для реализации предложенной идеи в дальнейшем будет необходимо выбрать архитектуру сети, метод (алгоритм) ее обучения, сформировать массив обучающих данных и проверить эффективность работы системы с нейросетью.

#### Библиографический список

1. Бекетов, Д. И. Разработка интеллектуальной системы управления насосным агрегатом. [Текст]: / Д. И. Бекетов – Тюмень, 2018. – 99 с.
2. Староверов, Б. А. Комплексное применение нейронных сетей для автоматизации прогнозирования электропотребления / М. А. Мормылёв, Б. А. Староверов // Вестник ИГЭУ. – 2015. – № 4. – С. 44-47.
3. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы [Текст] / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский – Москва : Горячая линия – Телеком, 2016. – 452 с.
4. Макаров, И. М. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления [Текст] / И. М. Макаров, В. М. Лохин, С. В. Манько ; Отделение информ. технологий и вычислит. систем РАН. – Москва: Наука, 2016. – 333 с.

Научный руководитель: Козлов В. В., канд. техн. наук, доцент.

#### **Изучение возможности использования новых источников пространственных данных для ИАС WellInfo**

*Калинин А.А.*

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

В 2011 году в Филиале ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «Когалым-НИПИнефть» в г. Тюмени разработана и внедрена в деятельность Информационно-аналитическая система WellInfo (ИАС WellInfo), включающая ряд прикладных и административных модулей: Информационно-поисковая система скважиной информации, Сопровождения бурения, Электронный архив, Картография и другие. Задачей Картографического модуля является предоставление максимально полной мультимасштабной пространственной информации, а также он играет роль инструмента экспресс-анализа информации.

Для картографического модуля используются различные источники пространственных данных. Проанализировав их, отмечены следующие: Маркшейдерская служба ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь», подразделения Филиала, Федеральное агентство по недропользованию, Территориальные фонды геологической информации,

открытые источники данных, а также материалы научно-исследовательских работ. Одним из востребованных разделов пространственных данных является информация по объектам инфраструктурной сети, так как это один из показателей, учитывающийся при проведении проектно-изыскательских работ и технико-экономической оценки участков, выставляемых на аукцион. Данный раздел требуется актуализировать 2 раза в год, в связи с интенсивной степенью изменения инфраструктурной сети. Информация по территории деятельности ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» поступает от Маркшейдерской службы, а за ее пределами – из открытых источников, являющихся обзорными, с частотой актуализации, не отвечающей нормам.

Проанализировав доступные источники по таким параметрам как стоимость, оперативность получения данных, можно сделать вывод, что данные дистанционного зондирования Земли являются свободно распространяемыми, а частота их актуализации достигает двух недель. Космоснимки активно применяются в деятельности крупнейших компаний мира. Компания «Совзонд» на основе космоснимков осуществляет мониторинг за развитием сети трубопроводов в Восточной Сибири, а проектные институты используют материалы космосъемки для проектных работ по обустройству месторождений [1, 2].

Учитывая вышеизложенные факты, для актуализации пространственных данных по объектам инфраструктуры за пределами деятельности ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» принято решение использовать космоснимки высокого разрешения (10 м) и степенью облачности менее 10 % со спутников Sentinel-2 (в свободном доступе на портале Геологической службы США). В качестве программного обеспечения используется ArcGIS for Desktop, обладающий широким спектром инструментов для пространственного анализа и обработки растровых данных. Для автоматизации дешифрирования инфраструктурных объектов разработан алгоритм по последовательной обработке космоснимков, включающий три этапа:

1. Подготовка космоснимка (объединение спектральных каналов) и его классификация.

2. Удаление дефектов растра и конвертация в векторные объекты инструментами геообработки.

3. Корректировка полученных векторных данных (устранение разрывов, удаление объектов, не являющихся инфраструктурными), заполнение атрибутивной информации и загрузка в базу геоданных.

Выходными данными дешифрирования в полуавтоматическом режиме являются границы кустовых площадок, пунктов сбора и подготовки нефти, линии расположения промысловых трубопроводов (рис. 1). Алгоритм апробирован на примере космоснимков на территориях Ханты-Мансийского автономного округа и Томской области, а также произведено сопоставление космоснимка с объектами, полученными от Маркшейдер-

ской службы. Максимальная разница объектов и космоснимка не превышала 3 пикселей или 30 м. Для автоматизации контроля качества изучаемых данных создана геометрическая сеть с правилами замыкания объектов и размещения узловых точек. По назначенным узловым точкам проводился поиск разрывов в сети объектов трубопроводов.

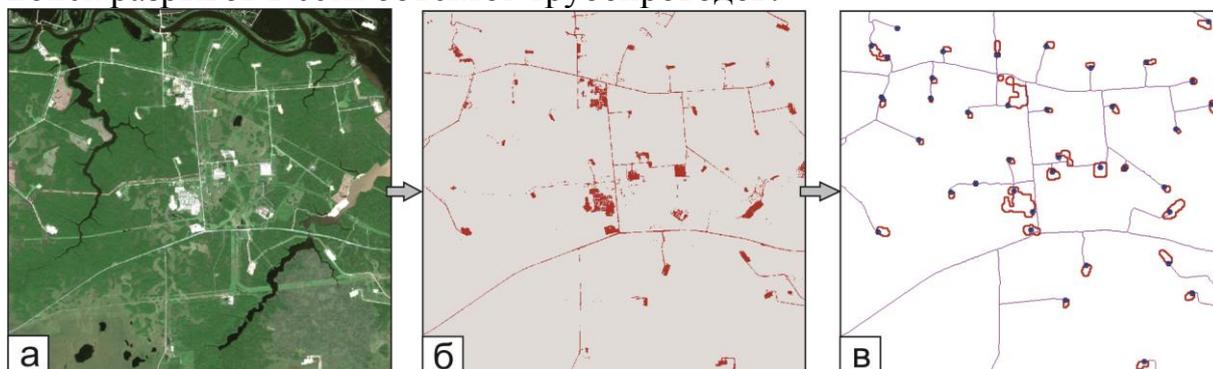


Рисунок 1. Обработка космоснимка и полученные результаты  
а) исходный космоснимок; б) результаты классификации; в) конечный результат дешифрирования

В процессе исследования выявлены ряд проблем и рисков, связанных с исходными данными: неэффективность фильтрации раstra большого размера, влияние облачности, территориальных и спектральных характеристик снимков, невозможность автоматизации дешифрирования на застроенных территориях. Минимизация указанных рисков осуществлялась за счет ручной корректировки полученных данных, создания индивидуальных обучающих выборок и использования разновременных снимков.

В процессе разработки и апробации алгоритма было обработано более 40 космоснимков с датой проведения съемки июнь-октябрь 2018 года общей площадью почти 300 000 км<sup>2</sup>. Суммарное количество полученных кустовых площадок и объектов сбора и подготовки нефти составило более 4 тысяч, а протяженность трубопроводов превысила 6 тыс. км. Проанализировав результаты применения алгоритма при обработке космоснимков с большим количеством инфраструктурных объектов, отмечается значительное снижение трудозатрат (до 50 %). В первый месяц после публикации полученных данных в картографическом сервисе «Нефтегазовая инфраструктура» к ним обратилось более 70 специалистов.

Одним из разделов пространственных данных, востребованных в процессе производственной деятельности специалистов Филиала, является информация по геолого-геофизической изученности. Компанией Digital-Globe разработана методика повышения экономической эффективности сейсморазведочных работ при планировании за счет применения космоснимков WorldView-3 [3]. Применение космоснимков также возможно и для подготовки пространственных данных о местах проведения сейсморазведочных работ. В дальнейшем возможно применение данных дистанционного зондирования Земли и для оценки изученности территорий сейсмо-

разведкой. При рассмотрении космоснимков можно отметить прослежива-ние на лесных территориях просек, выполненных при проведении сейсмо-разведочных работ 2D и 3D.

Предложенный автором алгоритм получения пространственных объ-ектов по космоснимкам был апробирован и отмечена возможность его применения в деятельности организации. В дальнейшем предполагается доработка алгоритма с целью снижению количества дефектов от спек-тральных сдвигов, облачности и интенсивного антропогенного освоения территории и продолжение подготовки инфраструктурных объектов за пределами деятельности ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь».

#### Библиографический список

1. Серебряков, В. Б. Прогнозирование перспективных участков для нефтегазопроисковых работ в районе магистрального нефтепровода ВСТО на основе результатов обработки космических снимков / В. Б. Серебряков, Д. М. Трофимов, В. Е. Тавризов // Геоматика. – 2009. – № 1. – С. 53-56.

2. Дербенев, А. Г. Применение материалов космосъемки сверхвы-сокого пространственного разрешения для проектных работ по обустрой-ству месторождений углеводородов / Дербенев А. Г // ArcReview. – 2011. – № 3 (58).

3. Бо Б. Применение данных ДЗЗ для повышения эффективности планирования сейсморазведочных работ / Б. Бо // DigitalGlobe, США [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://geomatika.ru/clauses/4-2/>

Научный руководитель: Шепелева Н.А., главный специалист Отдела адми-нистрирования, проектирования и сопровождения баз данных

### **Enhancement data security in cloud computing**

*Kotsur D.I.*

*Industrial University of Tyumen, Tyumen*

Cloud computing offers a prominent service for data known as cloud stor- age, but data security has always remained a major issue in IT and in cloud, it is particularly of serious concern since data are scattered at different places all over the globe. It can equally save an organization's time and money but trusting the system is very much important because the real asset of any organization is the data which they share in the cloud to use the needed services by putting it direct- ly in the relational database through an application. But the security concerns of users must be addressed to make cloud environment trustworthy.[1]

Data protection and security are the two main foremost factors for gaining user's trust and making the cloud successful. From the perspective of data security, which has always been an important aspect of quality of service, cloud computing inevitably poses new challenging security threats for number of reasons:

- Data stored on cloud servers is not completely secure from infection.
- The data stored in the cloud may be frequently updated by the users, including insertion, deletion, modification.
- Appending, reordering, etc. this poses another challenge in cloud computing.[2]

Benefits of cloud computing.

Cloud computing plays an important role in the advancement of Information Technology hence, adding value to human life:

- It provides availability of a huge array of software applications, seemingly unlimited storage, has given access to lightning processing power and the ability to easily share information across the globe.

- Cloud computing allows consumers and corporate structure to use all the applications offered by the cloud without the extra effort of installation and also offers access to their personal file from any computer anywhere at any time with internet access.

- It offers access to a large number of sophisticated supercomputer and their resultant processing power, connected at numerous locations around the world, thus offering speed in the tens of trillions of computations per second.

- It also promises tangible cost saving and speed to customers.

Security in Data Integrity.

- Data breaching is the biggest security issue. A capable hacker can easily intrude into a client side application and get into the client's confidential data.

- Inefficient and flawed Access Point Infrastructures and interfaces become easy targets. IT companies that provide cloud services allow third party companies to modify the APIs and introduce their own functionality which in turn allows these companies to understand the inner working of the cloud.

- Denial of service is also a major threat wherein the user is granted partial or no access to his/her data.

- Connection eavesdropping means that a hacker can scan your online activities and reproduce/replay a particular transmission to get into your private data. It can also lead the user to illegal or unwanted sites.

- Data loss is another issue. A malicious hacker can wipe the data or any natural/man-made disaster can destroy your data. In such cases having an offline copy is a big advantage. Carelessness of service provider can also lead to data loss.

- Compatibility between different cloud services is also an issue. If a user decides to move from one cloud to another the compatibility ensures that there is no loss of data.

- Cloud can also be used for wrong purposes i.e. cloud abuse. Due to the availability of latest technologies on the cloud it can be used for high end calculations which cannot be done on a standard computer.

- Insufficient understanding of cloud technologies can lead to unknown levels of risk. Companies move to cloud because it provides substantial reduction in cost but if transfer is done without proper background learning. The problem arises can be even greater.

- Inside theft in the form of a current or former employee, a contractor, etc who is able to use the data for harmful purposes.[3]

Techniques of enhancing data in cloud computing.

The encryption algorithm is the most commonly used technique to protect data cloud environment. The public data is sharable among trusted clients that provide an open environment for collaboration. Private data is client's confidential data that must be transferred in encrypted form for security and privacy. According to key characteristics, modern cryptosystem can be classified into symmetric cryptosystem and asymmetric cryptosystem. For a symmetric cryptosystem, the sender and receiver share an encryption key and decryption key. These two keys are the same or easy to deduce each other. For an asymmetric cryptosystem, the receiver possesses public key and private key. The public key can be published but the private key should be kept secret. Users should be equipped with security means so that they can make continuous correctness assurance of their stored data even without the existence of local copies. In case that user does not necessarily have the time, feasibility or resources to monitor their data, they can make or delegate the tasks to an optional trusted TPA of their respective choices. In model assume that the point-to point communication channels between each cloud server and the user is authenticated and reliable, which can be achieved in practice with little overhead. Data needs to be encrypted at all times, with clearly defined roles when it comes to who will be managing the encryption keys. In most cases, the only way to truly ensure confidentiality of encrypted data that resides on a cloud provider's storage servers is for the client to own and manage the data encrypted keys.

Conclusion.

The authors were able to examine and revealed the security issues and challenges that generally affect the integrity of data in cloud computing. They also outlined possible techniques that will assist enhancement of data reliability in cloud computing environment. In addition, the authors suggested good ways of collaboration between cloud computing providers and clients.

#### References

1. Pardede, E. New Approach Using Redundancy Technique to Improve Security in Cloud Computing. IEEE. / E. Pardede // Cloud computing. – 2013. – № 2. – P. 210.
2. The Top 5 Security Risks of Cloud Computing [Electronic resource] / J. Beckha [et al.] // 2011. - Access mode: <http://blogs.cisco.com/smallbusiness/the-top-5-security-risks-of-cloud-computing>.
3. Mariana C. Securing Virtual and Cloud Environments. / C. Mariana // Computational. – 2013. – № 4. – P. 18.

The scientific supervisor: Zaichko M. V., the interpreter of the chair of the foreign languages.

## Применение метода термодиагностики для идентификации утечек нефтегазопровода

*Кочеткова Л.И.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Трубопроводные сети могут прокладываться на поверхности земли, либо под землей. Обычно они имеют много разветвлений и могут иметь длину, достигающую более тысячи километров. Протяженность магистральных трубопроводов в России, в настоящее время, составляет более 280 тысяч километров. Согласно Федеральной службе государственной статистики, длина магистральных газо и нефтепроводов на 2017 год составляла 73 тысяч км, увеличившись в сравнении с 2016 годом на 4 тысячи км.

Возникающие утечки из трубопровода при транспортировке горючих веществ способствуют возникновению взрыва и пожара, последствиями которых могут быть гибель людей, а также разрушение производственных и жилых объектов. Постоянный мониторинг трубопровода позволяет своевременно обнаружить утечки и оперативно принимать меры по их устранению

Последствия утечек из трубопровода не всегда могут оперативно устраниться, так как некоторые причины утечек не всегда можно определить заранее, несмотря на оперативное и эффективное техническое обслуживание. Причинами утечек из трубопровода могут быть не только землетрясения и проседание почвы, но и несанкционированное подключение со стороны третьих лиц [1].

Вопрос термографического мониторинга трубопровода относится к системам трубопровода дальнего расстояния, имеющие параметры температуры отличные от окружающей среды. Используя термографические системы можно определить и локализовать дефекты целостности трубопровода, а также оперативно обнаружить утечки нефтепродуктов. В некоторых случаях утечки можно даже определить и локализовать в подземных трубопроводах.

На практике это может касаться не только нефтегазопровода, но и водопровода (горячего водоснабжения, водопроводов), паропровода, трубопроводов в химических эксплуатационных установках, пищевой промышленности, сельском хозяйстве, электростанциях, шахтах и т.д. Причем в большинстве случаев трубопровод не только транспортирует материал, но и используется для потока транспортировки тепловую энергию, связанную с видом транспортируемого материала. Это связано с вопросом теплоизоляции трубопроводов и определения потерь давления в трубопроводах. Вся транспортная система должна быть полностью герметизирована, поскольку утечка нефтепродуктов влечет за собой не только энергетические и экономические затраты, но и экологические потери.

Целостность трубопровода может нарушиться из-за неправильной конструкции, выбранного материала, дефектной конструкции всей транспортной системы или от случайного воздействия во время строительства. Этот касается систем наружных трубопроводов, которые постоянно подвержены атмосферным воздействиям, механическим повреждениям.

Из-за риска потерь вызванных дефектами в системе трубопроводов возникает потребность в их постоянном мониторинге. Трубопроводные системы часто расположены под землей или проходят длиной в 1000 км., что ограничивает доступ к трубопроводам для надлежащего контроля за их состоянием. Проверить целостность визуально в таких случаях невозможно, а установка встроенных измерительных систем (счетчиков давления, расходомеров) финансово затратна и не слишком надежна, потому что не охватывает все потенциально-опасные места.

Для решения проблемы мониторинга нефтепроводов значительной длины целесообразно применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с камерой, которые могут летать над всей длиной трубопровода, при этом реализовывать запись и отображение контролируемого участка в режиме реального времени.

Оператор, контролирующий дрон из безопасного места, имеет непосредственный обзор состояния трубопровода и при выявлении дефекта может подробно сосредоточиться и лично проверить область. Однако традиционная камера для видимого спектра обнаруживает только часть дефектов или записывает только области с видимыми повреждениями или утечками. Изображение БПЛА показано на рисунке 1.



Рисунок 1. Беспилотный летательный аппарат

Установка тепловой камеры на БПЛА позволит зафиксировать тепловое излучение трубопровода, возникшем при его разрыве. На основании разницы текущего теплового излучения поверхности трубопровода и данных, которые были получены можно обнаружить утечки нефтепровода. Возможно определить в каком месте была нарушена целостность трубопровода и где происходят тепловые потери (во время перехода теплоносителей). В случае подземных трубопроводов любое проникновение нефтепродуктов заставляет почву нагреваться, поэтому можно обнаружить где трубопровод разрушен под землей. Примеры снимков тепловой камеры изображены на рисунке 2.

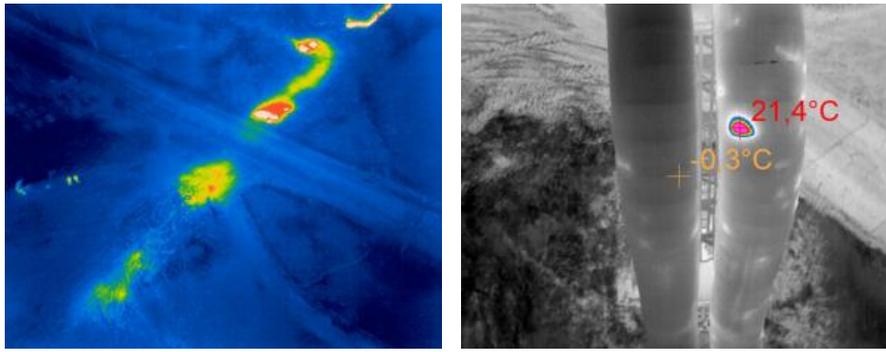


Рисунок 2. Снимки тепловой камеры

Комбинация визуального и термографического мониторинга с использованием БПЛА позволит обнаружить ряд потенциально опасных проблем, прежде чем они станут экологически опасными или финансово затратными. Более того, вся система универсальна и может также использоваться в ряде других промышленных производствах, а не только при мониторинге нефтегазопроводов.

#### Библиографический список

1. Кочеткова, Л. И. Дистанционный мониторинг трубопровода с помощью беспилотных летательных аппаратов / Л. И. Кочеткова, О. Н. Кузяков // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://openbooks.ifmo.ru/ru/file/7923/7923.pdf>.
2. Kochetkova, L. I. The effectiveness of remote monitoring of the pipeline / L. I. Kochetkova // Статья в сборнике трудов конференции.: Новые технологии - нефтегазовому региону, Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2018. – С. 257-260.
3. Исследование возможностей применения квадрокоптера для съемки береговой линии обводненного карьера с целью государственного кадастрового учета / И. М. Ламков, А. Ю. Чермошенцев, С. А. Арбузов, А. П. Гук // Вестник СТУГиТ, 2015. – Вып. 1(29). – С. 200–209.
4. Костюк, А. С. Расчет параметров и оценка качества аэрофото-съемки с БПЛА / А. С. Костюк // Гео-Сибирь. - 2010.– Т. 4. – № 1. – С. 83–87.
5. Павлов, В. И. Фотограмметрия. Теория одиночного снимка и стереоскопической пары снимков / В. И. Павлов. – Санкт-Петербург.: Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет), 2006. – 175 с.

Научный руководитель: Кузяков О.Н., д.т.н, профессор

## Использование дополненной реальности на производственных объектах

*Макарова Д.В., Родин А.К.*

*Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург*

Современные технологии дополненной реальности (AR) предполагают дополнение изображения реального мира с помощью виртуальных 3D объектов. AR технология отличается от виртуальной реальности тем, что в ней сохраняются объекты реальности, но дополняются виртуальными объектами, которые имеют непосредственное отношение к реальным объектам.

Широкое применение технологии AR на производственных объектах предполагается в сфере обучения персонала в режиме реального времени, что позволит избежать рисков повреждения дорогостоящего оборудования и порчи материалов, получение травм и возникновение несчастных случаев; позволяет воссоздать для начинающих сотрудников картину их рабочего места близкую к реальной и прочим технологических процессов, благодаря чему нет необходимости обучать персонал непосредственно на рабочем месте. Для этого необходимы специальные очки дополненной реальности и специальное программное обеспечение, разработанное для определенного технологического проекта или объекта.

Разработка программного обеспечения для очков виртуальной и дополненной реальности чаще всего осуществляется в игровом движке UnrealEngine с применением двух языков программирования: C++ и визуального языка программирования Blueprint. Последнее поколение движка Unreal содержит в себе новейшие технологии в области 3D графики, которые включают в себя систему расчета освещения, систему постобработки, реалистичную симуляцию физики, создание больших карт ландшафтов и многое другое, что позволит наиболее точно смоделировать ту или иную ситуацию.

Технология дополненной реальности может быть использована на производстве и в качестве вспомогательной опции, при сборке любого оборудования (например, шкаф автоматики). При необходимости оператор инициализирует очки AR, которые отображают информацию о порядке и технологии сборки, местоположении элементов в объекте и полную информацию о детали, которую берет в руки оператор. При полном отсутствии элементов в объекте сборки, очки будут показывать первый необходимый элемент для монтажа, либо оператор берет из коробки элемент и очки отображают расположение данного элемента в шкафу. Пример отображения расположения недостающих элементов представлен на рисунке 1.

На рисунке 1 красным выделены элементы, которых не хватает и должны быть смонтированы. Каждая деталь должна иметь специальную

метку (QR код), с помощью которой очки будут считывать необходимую информацию о детали и ее расположении.



Рисунок 8 Пример отображения расположения недостающих элементов

При изменении документации, оператор будет автоматически оповещен, и с его подтверждения программа повторно обновит свою документацию. Оператор повторно считывает содержание шкафа, если очки обнаруживают «лишние» объекты, они будут демонтированы в первую очередь. Далее сборка будет проводиться в штатном режиме. В начале и конце сессий предполагается рассылка оповещений всем участникам, непосредственно участвующим в сборке.

Новый метод применения данной технологии позволит снизить время простоев и увеличить производительность труда и качество сборки, что в свою очередь позволит снизить себестоимость продукции и увеличить прибыль предприятия. Однако мероприятия по внедрению требуют существенных капитальных вложений, поскольку стоимость одной пары очков AR колеблется от 55 000 руб до 500 000 руб, в зависимости от технических характеристик и производителя. Так же финансовые вложения потребуются на маркировку деталей, разработку программного обеспечения для каждого проекта и их внедрение.

На основе проведенного анализа рынка очков AR, можно сделать вывод о том, что наиболее оптимальным вариантом для проведения первоначальных работ являются очки Epson Moverio BT-300 стоимостью 64 000 руб. Выбранный вариант является бюджетным вариантом с хорошими техническими характеристиками. Более ранняя версия Epson Moverio BT-200 была использована в похожих проектах компании Lockheed Martin.

Вышеописанный метод применения технологии дополненной реальности скоро будет разрабатываться на предприятиях. Можно утверждать

уже сейчас, что время на сборку одного объекта заметно снизится, поскольку повысится точность и качество сборки за счет лучшей организации рабочего процесса, возможной централизации внесений изменений в проект и сокращения ошибок при монтаже.

Таким образом, в данной работе была описана новая возможность применения технологии дополненной реальности, при применении которой можно увеличить производительность труда, сократить время простоев и сборки оборудования, повысить квалификацию сотрудников посредством высококачественного обучения.

#### Библиографический список

1. Все, что нужно знать про VR/AR-технологии [Электронный ресурс] // Rusbases. – Режим доступа: <https://rb.ru/story/vsyo-o-vr-ar/>.

Научный руководитель Шабалов М.Ю., к.э.н., доцент

#### **Development of a software module for the formation of area development documentation using geo-information technologies**

*Payvina D.D.*

*Industrial University of Tyumen, Tyumen*

Geographic information system (GIS) MapInfo is one of the most widespread in the world. Accordingly, like any other system of this level, it contains an insufficient number of ready-made tools for solving practical, narrowly focused tasks of various profiles, such as land management.

The introduction of geographic information systems and technologies based on their base provides the necessary basis for creating land management documentation at a qualitatively new level, which accounts for the relevance of the study [2].

The aim of the study is to develop a software module for the formation of land management documentation using geo-information technologies.

A map-plan of a land management object is a document that graphically displays the location, size, boundaries of a land-device object, the placement of real estate objects and its other characteristics.

A software module is created using the programming language MapBasic.

MapBasic is a powerful programming language that includes more than 300 operators and functions. In addition, since the programming language works in the MapInfo environment, it allows using the whole range of geographical features of MapInfo. Table 1 shows a comparison of the commonly used programming language BASIC and MAPBASIC [3].

Creating a code is a very long and laborious process. A snippet of code written during the creation of a software module is shown in Figure 1.

## Comparison of languages BASIC and MAPBASIC

Пример на языке BASICe	Пример на языке MapBasice
20 GOSUB 3000	Call Check_Status(quit_time)
30 IF DONE = 1 THEN	Do While Not quit_time
GOTO 90	
40 FOR X = 1 TO 10	For x = 1 To 10
50 GOSUB 4000	CallProcess_batch(x)
60 NEXT X	Next
80 GOTO 30	Loop

```

4   dim otchid,winid as integer
5   dim win_name,vladel,address as string
6
7
8   sub main
9     fetch first from uchast
10    vladel=uchast.vladel
11    address=uchast.address
12
13        Set CoordSys Layout Units "cm"
14        Layout
15
16    otchid=frontwindow()
17
18    map from hod_points,hod,uchast
19    winid=frontwindow()
20    set window winid Title "Выбор вида объекта"
21    win_name=windowinfo(frontwindow("Границы" OR "Территориальные, охранные зоны"),win_info_name)
22        Create Frame into window otchid
23        (5,5) (11,11)
24        pen (1,2,1)
25        brush (2,16777215,16777215)
26        title win_name
27
28    create text
29    into window otchid
30    ("Выбор" or "Отмена")
31    (1,1) (5,5)
32    font ("Arial Cyr",0,12,0)
33
34    set window otchid max
35    set window otchid restore
36
37    end sub

```

Figure 1. Fragment of code when creating a software module

This study provides an example of a dialog box created. The compilation of the title page, initial data, information about the object of land management all these three sections are combined into one menu item of the program. As a result, the program creates a Word document in the working folder with the name Map Plan.doc. In the working window "Map parameters (plan)" we enter (edit) the general information, according to figure 2.

The mean square error (mt) of the position of the boundary mark is selected depending on the category of land [1].

$\Delta P$  is calculated by two formulas, depending on the coefficient of elongation introduced. If it is not entered (i.e., it remains 0), the calculation is made according to the following formula:

$$\Delta P = 3.5m_t \times \sqrt{P} \quad (1)$$

If the coefficient of elongation (K) is different, then zero, then it is calculated according to the formula below:

$$\Delta P = 2m_t \times \sqrt{P} \times \sqrt{\frac{1+k^2}{2k}} \quad (2)$$

Figure 2. Map (Plan) Options

As a result of the program execution, Microsoft Word is launched and a document is created in it that includes all the initial sections of the map (plan) of the land management object (“Information about the location of borders”) stored in the subdirectory \ Map\_plan.

Thus, the map (plan) of the object of land management is a document that is prepared in case of establishing or clarifying the boundaries of such objects of land management as: administrative borders, borders of territorial zones.

The map (plan) contains the necessary information about the object of land management and the work performed and is part of the land management case in the form of a paper document, and in the form of an electronic document in XML format, certified by the electronic signature of the contractor, and transmitted to entering data into the state cadastre of real estate [4]. The process of preparing land management documentation is accelerated and optimized using additional software modules such as that obtained in this study.

#### References

1. Волков, С. Н. Землеустройство. Землеустроительное проектирование. Межхозяйственное (территориальное) землеустройство. Т.3. – Москва: Колос, 2001. – 384 с.
2. Дубровский, А. В. Геоинформационные системы: автоматизированное картографирование [Текст]: учеб.-метод. пособие / А. В. Дубровский, О. И. Малыгина, Е. Д. Подрядчикова – Новосибирск: СГУГиТ, 2015. – 76 с.
3. Руководство пользователя MapBasic. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mapbasic.ru/doc/MapBasicUserGuide-9-0.pdf>.

4. Федеральный закон «О землеустройстве» от 18.06.2001 № 78-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_32132/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_32132/).

Supervisor: Pashina A.V, Ph.D. filol. Sciences, associate professor.

### **Анализ перспективных направлений развития системы синхронизированных векторных измерений в России**

*Полкова Е.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Единая энергетическая система России состоит из 70 региональных энергосистем на территории 81 субъектов Российской Федерации, которые, в свою очередь, образуют 7 объединённых энергетических систем: Востока, Сибири, Урала, Средней Волги, Юга, Центра и Северо-Запада.

Объединённая энергетическая система Востока расположена на территории четырёх субъектов Российской Федерации: Амурской области, Приморского и Хабаровского краёв, Еврейской автономной области и Республики Саха (Якутия). Режимом работы управляет филиал АО «СО ЕЭС» ОДУ Востока. По территориально-технологическим причинам энергосистемы работают изолированно от ЕЭС России. ОЭС Востока связана несинхронно с ОЭС Сибири тремя высоковольтными линиями электропередачи. [1]

В структуре генерирующих мощностей преобладают тепловые электростанции с ограниченным диапазоном регулирования. Большая протяженность линий электропередачи обусловлена тем, что в западной части ОЭС Востока размещены основные генерирующие источники, а на юго-востоке – основные районы потребления [2].

В АО «СО ЕЭС» используются автоматизированные системы диспетчерского управления решающие задачи оперативно-диспетчерского и диспетчерского технологического управления электроэнергетическими системами. Данные системы в электроэнергетике реализуют все стадии управления, такие как: сбор, хранение, передача, обработка и анализ информации, а так же помощь диспетчеру в принятии управляющих решений, передача управляющих команд и ведение электрического режима. В России почти все технологические системы – а это в основном SCADA – изначально отечественные, созданные специально для российской энергосистемы, не имеющая аналогов во всем мире. Например, система оперативно-диспетчерского управления трехуровневая, а во всем мире одноуровневая, и это объясняется масштабами АО «СО ЕЭС». Одноуровневая система управления при столь большом количестве энергетических объектов на такой обширной территории нефункциональна, и к тому же любой сбой в ней будет иметь масштабные последствия.

Устройство синхронизированных векторных измерений (УСВИ) – устройство или функция предназначенная для измерения, обработки и расчётов векторных и скалярных параметров электроэнергетического режима. Сами синхронизированные векторные измерения (СВИ) применяются для исследования причин аварий и технологических нарушений в работе электроэнергетической системы, верификации расчётных моделей, расчётов динамических свойств электроэнергетической системы, проверки корректности работы системных регуляторов, мониторинга низкочастотных колебаний.

Кроме того, СВИ необходимы для выделения опасных сечений энергосистемы и для расчёта максимально допустимых перетоков. Существуют особые требования к входным данным в зависимости от специфики системы мониторинга переходных решений [3].

Для верификации и расследования нарушений необходимы 20-минутные архивы данных с максимальной дискретностью  $20 \cdot 10^{-3}$  сек. с не критичной оперативностью сбора данных. Но существуют и задачи с критичной оперативностью доставки данных, например, мониторинг низкочастотных колебаний и система мониторинга запаса устойчивости требуют данные с минимальными задержками в режиме online. Так же, для разных задач требуется и разный объем данных, например, для расследования технологических нарушений необходимы фазные вектора токов и напряжений, а для системы мониторинга запаса устойчивости достаточно активной и реактивной мощности, амплитуды и угла напряжения прямой последовательности.

Наилучшее решение – сбор синхронизированных векторных измерений от всех регистраторов в online режиме с максимальной дискретностью и их хранение на серверах АО «СО ЕЭС». Проблема заключается в то, что данный подход трудно реализовать из-за недостатка широкополосных каналов от энергообъектов до филиалов АО «СО ЕЭС» и большого объёма информации синхронизированных векторных измерений для хранения.

Актуальность проблемы подтверждается приказом №121 от 28 февраля 2018 года об утверждении схемы и программы развития Единой энергетической системы России на 2018 – 2024 годы Министерством энергетики Российской Федерации.

Наилучшее решение – сбор синхронизированных векторных измерений от всех регистраторов в online режиме с максимальной дискретностью и их хранение на серверах АО «СО ЕЭС». Проблема заключается в то, что данный подход трудно реализовать из-за недостатка широкополосных каналов от энергообъектов до филиалов АО «СО ЕЭС» и большого объёма информации синхронизированных векторных измерений для хранения.

Результат анализа показал, что основные проблемы заключаются не столько в создании принципиально новой аппаратной части, сколько в разработке программной составляющей, удовлетворяющей текущим и стратегическим потребностям системы мониторинга переходных режимов.

Размер кадра для 4 УСВИ на прикладном уровне составляет 248 байт из которых 192 - синхронизированные векторы, содержащие амплитуду и фазу нескольких величин. Для применения сжатия без потерь необходимо, чтобы значения были распределены неравномерно.

В таком случае, можно применить алгоритм сжатия без потерь Хаффмана, основанный на представлении числа в виде более короткого кода для часто встречающихся значений, и более длинного для наименее встречающихся. Для этого хорошо подойдут байты содержащие амплитуды величин. Затем по полученным данным создадим хэш-таблицу обеспечивающую мгновенный дешифровку при получении. Она должна быть равномерна заполнена и содержать наименьшее количество коллизий.

Поскольку поступающих данных окажется больше, необходимо обеспечить для них оптимальные условия хранения. Для этого также применим сжатие данных, но на этот раз используем алгоритм LZ0, который характеризуется высокой скоростью и надежностью.

Таким образом, было представлено одно из возможных решений для сбора с максимальной дискретностью и их хранение на серверах АО «СО ЕЭС».

#### Библиографический список

1. Летягина, Е. Н. Реформирование предприятий электроэнергетики в условиях инновационного развития / Е. Н. Летягина. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2017. – С. 44-48.

2. Об утверждении схемы и программы развития Единой энергетической системы России на 2018 – 2024 годы: приказ №121 министерства энергетики Российской Федерации от 28 февраля 2018. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/11323>

3. Полуянова, М. С. Системы мониторинга переходных режимов / М. С. Полуянова, Д. С. Соколов, Г. Ю. Киселёв. – Москва: ООО «Издательство «Спутник+», 2018. – С. 281-283.

Научный руководитель: Арясова Д.В., старший преподаватель

### **3D Metal Printing**

*Poplutin S.E*

*Industrial University of Tyumen, Tyumen.*

3D printing has been around for longer than most people think - the first 3D print was made in 1981 by Hideo Kodama. But 3D printing has come a long way since then, with prints being made at resolutions as low as two-hundredths of a millimeter. 3D printing is an innovative method of production: a three-dimensional object is visualized in detail using computer software, the data is sent to a 3D printer, and the printer creates it. Almost all consumer printers can only print in plastic, but that won't be true much longer.

Today's metal fabrication processes involves both a huge amount of energy and a substantial amount of waste: in the manufacture of some products, up to 90% of the metal used is cut away. This involves excessive use of energy as well as metal, besides making the finished product up to 60% heavier than it needs to be, the latter being an expensive handicap in the aviation industry, for instance.

3D printing, in contrast, uses almost precisely as much material as is present in the actual object, bringing wastage down to nothing whatsoever. But all this didn't count until now, because of the huge limiting factor that 3D printers could only work in plastic. But now, several companies across the world are designing 3D printers that print in metal instead of plastic. [1]

Conventional printers work by melting plastic and then depositing it, but obviously metal has much too high a melting point for this kind of procedure.

So metal printing companies created several different approaches. Only two of them are widely used. The first one is called binder jetting. Binder jetting is more than ten times as material-efficient as other metal printing techniques.

The following are the steps involved in a binder jetting print process:

The build chamber is filled with an inert gas like argon to prevent oxidation of the metal

A layer of metal powder is spread at about 20 to 50 microns thickness, varying with the flow properties, the particle size width and shape of the metal particles

A polymer compound is now automatically sprayed on specific regions of the metal corresponding to the 3D outline of the component, to create a layer

The process is now repeated to create another layer, and so on till the object is completed

The excess powder is collected and reutilized after filtering and refreshing with added unused powder

The component is separated from the build chamber using one of several techniques, and any required post-processing is performed

The printed component is typically accurate to within  $\pm 0.1$  mm

Once the build is completed and the object separated from the build plate, it is a "green" 3D printed metal object, which has poor mechanical strength and high porosity. This is treated in one of two ways:

**Sintering:** It is placed in a furnace that uses both conventional heating elements and microwave technology to heat the object to temperatures up to 1400 degrees Celsius. It gets heated to just below the melting point of the metal - but far above the melting point of the polymer. The polymer ignites and burns away, and the intense heat binds the metal molecules to fill the microscopic holes in a process called "sintering". This results in 97% of the pores being filled.

**Infiltration:** It is placed in a furnace to burn out the binder, which leaves about 60% of it as voids. It is then infiltrated with bronze to fill the voids produced by the burning out of the polymer, making it much stronger and much less porous (pores are reduced by 90%). [2]

Shrinkage is an issue with binder jetting 3D metal printing and can affect not just the accuracy of the dimensions of the final product but, because it occurs in the high temperatures of the furnace, may lead to warping and deformation due to softening of the metal. This is compensated for by the initial design and by skilful operation of the machine.

The other main technique is selective laser melting, or SLM. It's a little different from binder jetting:

- The build chamber is filled with inert gas

- A thin layer of metal powder is spread on the floor

- A laser is used to fuse the powder together as it scans the powder in the cross-sectional area of the object, to create one solid layer of the object

- The platform moves downwards by 50 to 200 microns, and a second layer of metal powder is spread using a recoater

- The laser scans and fuses the metal in this layer too to build the component up by one more layer

- Repeat until the object is complete

- Collect the excess powder for filtering and mixture with fresh powder for reuse

Since SLM actually melts the metal together to form the object, the heating and sintering process is not required. The final product has much higher mechanical strength which means this is the method of choice in components where mechanical properties such as metal fatigue, elongation at break and elastic modulus are critical.

The metal powder is reused in both techniques, which minimizes waste to less than 5%.

Almost all of the operating parameters of a metal printer are set by the manufacturer - there's really not much the user has to do other than send the machine the file and wait. Most metal printers have a layer height of 20 to 50 microns, or about half the width of a human hair.

Support structures are always required in SLM metal printing, due to the very high processing temperature, and they are usually built using a lattice pattern. The support structure consists of pieces added in by the printer to support the main object and to prevent warping as it cools.

The role of support structures is crucial in this type of 3D printing, as they not only give a platform for each layer but prevent metal warping at high temperature. They attach the component to the build plate, and also draw heat away in a safe direction to cool it down faster and in a controlled manner.

The parts are usually angled to reduce the odds of warping and to increase the strength of the component in key directions, but this again pushes up the metal and support requirement as well as the time taken and therefore, for all these reasons, the cost.

Once a metal 3D component has been built, the build chamber is typically removed, the printed part taken off the build platform, and cleaned of excess

powder by compressed air jets or a media blaster. This takes little time and gives a consistent finish quality to the printed objects.

Metal has many benefits over plastic - strength, high melting point, and flexibility are just a few of them. But 3D printing has always been expensive, and metal printing is superlatively so, with prices up to \$800,000. This technology is not aimed at consumers - at least, not yet. All the companies that have created viable metal print options are focusing exclusively on prototyping for businesses. So if you were hoping to 3D print yourself a custom-made Darth Vader helmet, you're out of luck, pal. Or maybe not - you can't print pure metal with an ordinary printer, but several companies are offering filament made of a blend of metal and plastic - enough plastic so that an ordinary 3D printer can melt it, but enough metal to give it the "metal" look and feel.

Metal printing is a relatively new technique based on an existing technology. It has proved to be invaluable in the prototyping process, but its high cost is the factor that prevents it from being used widely. Other limiting factors include the relative lack of accuracy on the small scale, and high cost of parts. We can expect, however, that this will be gradually resolved as technology advances. In conclusion, this is a good thing that's worth waiting for.

#### References

1. Knowledge base [electronic source] // introduction 3d-printing. – Access mode: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base>.
2. Metal [electronic source] // desktop metals 3d-printer revolutionize manufacturing. – Access mode: <https://all3dp.com>.

Scientific supervisor: Medvedeva I.A., chair of foreign languages, interpreter.

#### **Разработка модуля обработки и визуализации геологических данных для программного комплекса "Навигатор"**

*Романов Е.В., Ахмадулин Р.К.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

С целью разработки новых алгоритмов и подходов работы с данными исследований, в рамках работы секции геологии, моделирования, разработки месторождений Совета инженеров и ученых ПАО «Сургутнефтегаз», в 2017 г. был предложен новый подход к оперативному анализу и визуализации данных исследований по определению положения газонефтяного контакта (далее ГНК).

В 2018 г. было принято решение разработать модуль обработки, обобщения и визуализации интерпретации геофизических исследований скважин для ПК "Навигатор"

Реализовать визуализацию данных начального насыщения по результатам интерпретации геофизических исследований скважин согласно тех-

ническим предложениям предлагается в виде круговой диаграммы. Толщины коллекторов по типам насыщения суммируются в абсолютных отметках и отображаются в виде секторов разного цвета в зависимости от насыщения. Штриховкой на диаграмме обозначена перфорация, которая позволяет оценить вскрытую доли мощности для каждого типа насыщения. На рисунке 1 изображена схема расчета относительных долей секторов диаграммы.

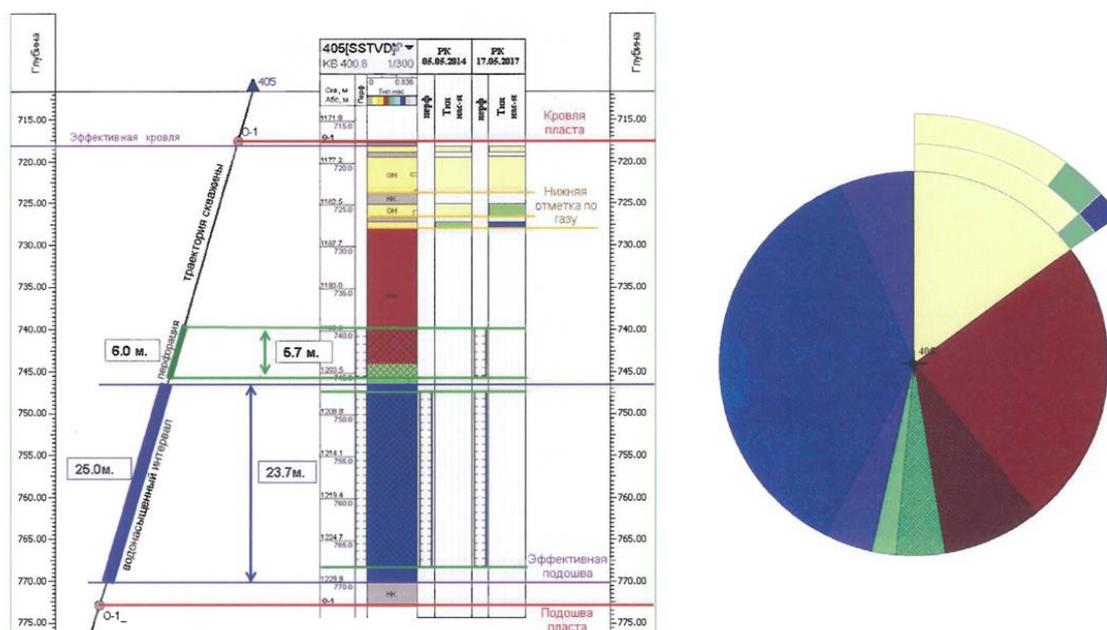


Рисунок 1. Схема расчета секторов круговой диаграммы.

Такая визуализация позволяет наглядно оценить распределение типов насыщения в интервале пласта по эффективной мощности, а также их перфорированные доли. Для удобства восприятия, насыщение полученное при проведении промыслово геофизических исследований накладывается в виде дополнительных секторов к начальному насыщению. Каждый дополнительный сектор закрашивается соответственно насыщению и сопровождается подписью даты исследования и абсолютной отметки (подошвы) с присутствием газового компонента, что позволяет сопоставлять изменение отметок контакта с газом в процессе эксплуатации скважины относительно первоначального.

С использованием открытой библиотеки Docking Frames[1] и языка программирования Java[2] был разработан и внедрен в ПК "Навигатор" модуль реализующий представленный выше подход визуализации данных необходимых для оперативного анализа положения ГНК. Скриншот результата работы модуля приведен на рисунке 2.

В будущем планируется использовать модуль для других целей, например для комплексной визуализации данных по определению качества цементирования скважин.

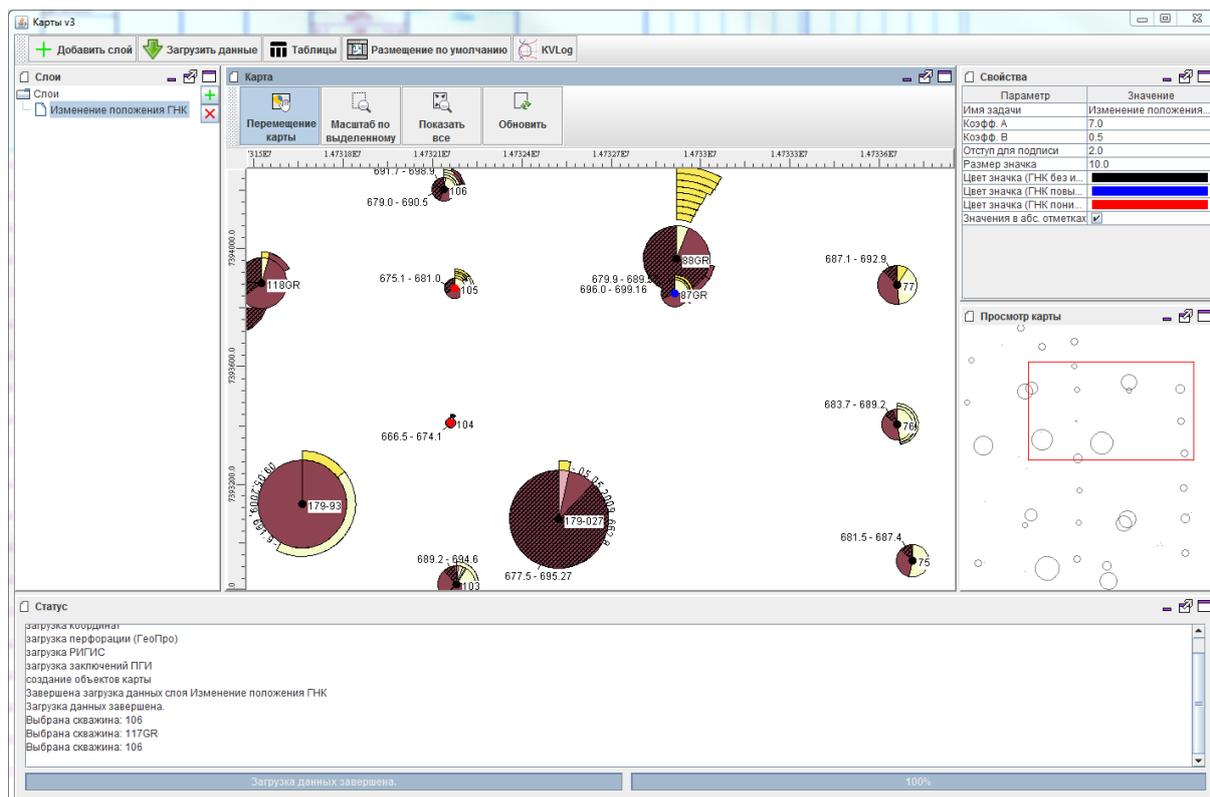


Рисунок 2. Модуль обработки, обобщения и визуализации интерпретации геофизических исследований скважин

### Библиографический список

1. Docking Frames [Электронный ресурс] // Docking Frames – Режим доступа: <http://docking-frames.org>.
2. Java SE Development Kit 8 [Электронный ресурс] // Java SE Development Kit 8 – Режим доступа: <https://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/2133151>

### Перспективы развития программной составляющей системы мониторинга переходных режимов ЕЭС России

*Сабитов М.А., Гилязетдинов А.О.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

На сегодняшний день в сфере энергетики широко используются автоматизированные системы диспетчерского управления, решающие задачи оперативно-диспетчерского и диспетчерского технологического управления в целях разработки и ведения оптимальных режимов энергосистем [1]. Данные системы реализуют широкий спектр операций, включающий сбор, хранение, передачу, обработку и анализ информации, служащей для обоснования и принятия решений в области управления энергосистемой или ее частью.

Ярким представителем систем подобного типа является система мониторинга переходных режимов (СМПР), введенная в эксплуатацию АО «СО ЕЭС» и предназначенная для непрерывного измерения и регистрации векторных величин параметров электроэнергетического режима, синхронизированных с помощью сигналов системы единого времени. СМПР открывает большие возможности для анализа поведения энергосистемы в процессе возникновения и ликвидации аварийных событий, мониторинга низкочастотных колебаний, верификации модели энергосистемы для анализа ее динамических свойств и проверки оптимальности настроек систем автоматического регулирования.

Ключевым звеном СМПР является устройство синхронизированных векторных измерений (УСВИ). Требования к современным УСВИ достаточно высоки: устройства должны обеспечивать как высокую точность, так и высокую частоту синхронизированных измерений, а также обладать высокой степенью достоверности контроля параметров режима энергосистемы в условиях интенсивных электромагнитных и электромеханических переходных процессов [2].

Внедрение СМПР – это большой и важный шаг, который позволил оценить возможные перспективы в области управления режимами энергосистемы, но в то же время выявил ряд актуальных проблем по использованию технологии векторных измерений:

1. Ограниченная пропускная способность линий связи для передачи векторных измерений;
2. Необходимость адаптивной организации хранения векторных измерений, удовлетворяющей потребности в анализе и верификации динамической модели энергосистемы.
3. Отсутствие интеллектуальной системы поддержки принятия решений.

Первые две проблемы в значительной степени определяются аппаратной составляющей и подчинены требованиям используемых стандартов. Как формирование кадра данных синхронизированных векторных измерений, так и его передача производятся по стандарту международного протокола (таблица 1).

Третья проблема является наиболее интересной и притягивает с каждым годом все большее внимание. В настоящее время полностью автоматизированы только гидроэлектростанции, а тепловые и атомные электростанции управляются автоматизированными системами, предполагающими эпизодическое вмешательство в их функционирование дежурного оператора электростанции [3]. Требования к опыту и умениям операторов повышаются, при этом закономерным решением представляется внедрение интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР), графическая оболочка которой уже, по сути, существует – это наглядное представление диспетчеру информации от СМПР, осуществляемое с помощью инфографики, диаграмм, мнемосхем и географических карт.

## Структура кадра С37.118-2011

п/п	Поле	Размер поля, байт		Описание
1	SYNC	2		Байты синхронизации и типа кадра
2	FRAMESIZE	2		Количество байт в кадре
3	IDCODE	2		Идентификационный код УСВИ (КСВД)
4	SOC	4		Целочисленная часть метки времени
5	FRACSEC	4		Нецелочисленная часть метки времени и описатель качества времени
6	STAT	2		Биты состояния УСВИ
7	PHASORS	4(фт)	x N <sub>сви</sub>	Синхронизированные векторы в формате с фиксированной или плавающей точкой
		8(пт)		
8	FREQ	2(фт)		Частота в формате с фиксированной или плавающей точкой
		4(пт)		
9	DFREQ	2(фт)		Скорость изменения частоты в формате с фиксированной или плавающей точкой
		4(пт)		
10	ANALOG	4(фт)	x N <sub>a</sub>	Аналоговые величины в формате с фиксированной или плавающей точкой
		8(пт)		
11	DIGITAL	2 x N <sub>д</sub>		Дискретные значения
Повтор полей 6-11 по количеству PMU				
N	CHK	2		Контрольная сумма

В качестве основы ИСППР выгоднее всего использовать искусственные нейронные сети, поскольку существующие наработки в области верификации электроэнергетических систем [4] и прогнозирования энергопотребления [5] опираются на данный тип моделей. Выработку рекомендаций ИСППР можно представить в виде задачи классификации, при этом результат обучения нейронной сети зависит от формирования обучающей выборки – здесь важно проанализировать верность действий персонала в типовых ситуациях, оценить вариативность управляющих воздействий, установить функциональную связь действий оператора с показателями качества и устойчивости энергосистемы.

Таким образом, имеются все предпосылки для интеграции существующих наработок в области анализа и прогнозирования режимов работы энергосистем и создания интеллектуальной системы, решающей целый спектр задач, связанных единой целью – обеспечения качества управления и устойчивости энергетических систем.

## Библиографический список

1. Калентионюк, Е. В. Оперативное управление в энергосистемах : учебное пособие / Е. В. Калентионюк, В. Г. Прокопенко, В. Т. Федина; под общ. ред. В. Т. Фебина. – Минск : Высш. шк., 2007. – 351 с.
2. Мокеев, А. В. Особенности разработки, испытаний и внедрения устройств синхронизированных векторных измерений / А. В. Мокеев // Современные подходы к обеспечению надежности электроэнергетических систем. – Сыктывкар, 2014. – С. 56-62.
3. Овчаренко, Н. И. Автоматика энергосистем : учебник для вузов / Н.И. Овчаренко; под ред. чл.-корр. РАН, докт. техн. наук, проф. А.Ф. Дьякова. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2016. – 476 с.
4. Готман, Н. Э. Верификация топологии электроэнергетической системы на основе нечетких нейронных сетей / Н. Э. Готман, Г. П. Шумилова, Т. Б. Старцева // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2015. – №4. – С. 70-78.
5. Староверов, Б. А. Определение наиболее перспективных нейронных сетей и способов их обучения для прогнозирования электропотребления / Б. А. Староверов, Б. А. Гнатюк // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2015. – № 6. – С. 59-64.

Научный руководитель: Козлов В.В., канд. техн. наук, доцент.

### **Перспективы применения кондуктометрического метода измерения солеотложений в автоматизированных ингибиторных установках**

*Самохвалов Н.С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Аналитические измерения при определении состава и концентрации веществ широко применяются для контроля производственных процессов, в химических, биологических, геологических, космических исследованиях, в сельском хозяйстве, медицине и в ряде других областей. Осуществление регулирования сложных технологических процессов по косвенным параметрам (расход, температура, давление) недостаточно эффективно – требуются быстродействующие и точные средства измерения, которые в составе автоматизированных систем управления технологическими процессами обеспечивали бы требуемую точность измерения и качество регулирования процесса [1].

В большом числе случаев имеющееся водоподготовительное оборудование (установки) не обеспечивает необходимый технологический эффект, степень очистки исходной и очищенной воды оценивается выборочными пробами, которые не учитывают изменчивость во времени количественного показателя содержания солей в воде [2].

Для повышения эффективности и улучшения технологических режимов работы автоматизированных ингибиторных установок, оборудованных насосами-дозаторами реагента, возможно применение кондуктометрического метода измерения величины солеотложений в исходной и подготовленной воде с целью определения количественного показателя солей в воде и формирования управляющих сигналов на насосы-дозаторы [3].

Кондуктометрия представляет собой электрохимический метод анализа, основанный на изменении электропроводности растворов, применяющийся для определения концентрации растворов солей, кислот, оснований, контроля состава промышленных растворов [4].

Датчик (чувствительный элемент) предлагаемого контактного кондуктометрического анализатора представляет собой электронную ячейку, погруженную в контролируемую среду, с помощью которой измеряется электрическая проводимость, зависящая от состава и количества находящихся в среде веществ, от размеров электродов и расстояния (взаимного расположения) между ними, их формы и объема раствора.

На рис.1 показана электрическая схема установки на базе кондуктометрических датчиков, предназначенного для измерения содержания солей в воде.

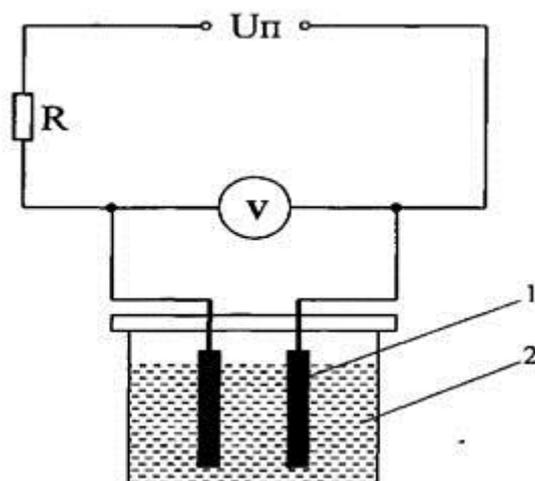


Рисунок 1. Электрическая схема установки

Под цифрой 1 представлен графитовый стержень (электрод) датчика, под цифрой 2 представлена контролируемая среда.

Измерительная установка представляет собой кондуктометрический концентратомер и состоит из датчика, вольтметра, емкости и источника питания. Electroдами в датчике являются два графитовых стержня.

При подключении данной измерительной установки к комплексу водоподготовки возможно достижение автоматического регулирования солеотложений на этапе ингибирования с помощью контроллера, включенного в общую схему с кондуктометрической измерительной установкой и насосами-дозаторами [5]. По заданной программе управления (уставке ве-

личины солеотложений в подготавливаемой воде), контроллер обрабатывает поступающую с датчиков информацию и формирует управляющий сигнал на насос-дозатор, подающий ингибитор в поток подготавливаемой воды. При достижении величины солеотложений минимального значения, контроллер прекращает формирование управляющих импульсов, реализуя, таким образом, обратную связь между насосом-дозатором и контроллером.

Полученная установка ингибирования солеотложений с кондуктометрическим методом измерения обладает рядом преимуществ:

- Непосредственное измерение количественного показателя величины солеотложений в измеряемой среде
- Высокая скорость реакции на изменение величины солеотложений
- Возможность формирования управляющих импульсов на дозирующие установки
- Отсутствие человеческого фактора при проведении анализа подготавливаемой воды

Дальнейшая перспектива применения кондуктометрического метода заключается во внедрении измерительной установки с функцией управления на существующие водоподготовительные комплексы, производящие подготовку воды для закачки в пласт или подачи исходной воды на водогрейное оборудование [6]. Внедрение кондуктометрической измерительной установки не влечёт глубокой модернизации технологического процесса водоподготовки, а также позволяет реализовать данное техническое решение на всех известных комплексах водоподготовки

#### Библиографический список

1. Безменов, В. С. Автоматизация процессов дозирования жидкостей в условиях малых производств / В. С. Безменов, В. А. Ефремов, В. В. Руднев. – Москва: Ленанд, 2010. – 216 с.
2. Фрог, Б. Н. Водоподготовка: учеб. пособие для вузов / Б. Н. Фрог, А. Г. Первов. – Москва: Издательство АСВ, 2015. – 512 с.
3. Дытнерский, Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии: В двух томах / Ю. И. Дытнерский. – Москва: Альянс, 2015. – 368 с.
4. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учеб. для вузов / А. Г. Касаткин. 11-е изд., стереотип., дораб. – Москва: Альянс, 2005. – 753 с.
5. Ощепков, А. Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB: учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. / А. Ю. Ощепков. – Санкт-Петербург: Лань, 2013. – 208 с.
6. Гвоздев, В. Д. Прикладная метрология: Величины и измерения. Учебное пособие / В. Д. Гвоздев. – Москва: МИИТ, 2015. – 74 с.

Научный руководитель: Музипов Х.Н., канд. техн. наук, доцент

## **Уменьшение затрат при строительстве куста скважин.**

*Сурель М.А., Милевская А.В.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Нефтяная промышленность России является основным сектором топливно-энергетического комплекса страны. Удельный вес экспорта нефти и нефтепродуктов в общей валютной выручке страны составляет приблизительно 27%. Роль нефтяного комплекса России как источника бюджетных поступлений постоянно растет [1].

Таким образом, любое технологическое решение, приводящее к уменьшению затрат при строительстве нефтегазодобывающих объектов, а также в дальнейшем применяемое повсеместно на территории России, может положительно отразиться на экономике страны.

Одним из нефтегазодобывающих объектов, где возможно применение более экономически выгодного технологического решения, служит куст скважин № 316 Восточно-Мессояхского месторождения. При проектировании данного куста были рассмотрены несколько вариантов технологических решений.

Первым вариантом является возможность применить типовую технологическую схему куста, заключающуюся в следующем: продукция добывающих скважин по выкидным линиям поступает на измерительную установку, а после по системе нефтегазосборных сетей на дожимную насосную станцию, при этом от каждой скважины до автоматизированной групповой замерной установки (далее – АГЗУ) проходит отдельный трубопровод. Переключение на замер каждой скважины в современных АГЗУ осуществляется автоматически по заданной программе или с диспетчерского пульта оператора промысла с помощью многоходового переключающего устройства [2].

Вторым вариантом является применение трехходовых кранов для переключения скважин на замер, что позволит сэкономить на капитальных вложениях – вместо отдельных трубопроводов от каждой скважины до АГЗУ обустраивается всего одна, но более протяженная труба, соединяющая последовательно каждую скважину и АГЗУ. Благодаря этому можно подключать неограниченное количество скважин [3].

Компанией «ОЗНА» был разработан переключатель потока, который предназначен для перекрытия и распределения потоков рабочей среды на объектах нефтегазодобывающей промышленности.

Принцип работы переключателя потока заключается в следующем: переключение потока продукции нефтяных скважин в необходимые технологические линии происходит за счет поворота шаровой пробки трехходового крана. От электродвигателя через понижающий редуктор крутящий момент передается на шпindel трехходового крана и от него на шаровую пробку. Трехходовой кран направляет поток в один из двух трубопроводов: либо на измерительную установку, либо в нефтесборный коллектор [4].

Управление трехходовыми кранами осуществляется дистанционно через полевую шину RS-485 (протокол Modbus RTU). Краны обвязываются шлейфом, информация с последнего по счёту крана передаётся непосредственно в станцию управления кустом скважин.

Была рассчитана примерная сметная стоимость для строительства куста скважин №316 Восточно-Мессояхского месторождения по одному из двух вариантов, приведенных в таблице 1, где первым вариантом является типовая обвязка АГЗУ и скважин, а вторым – вариант с использованием трёхходовых кранов.

Таблица 1

Примерная сметная стоимость строительства куста скважин № 316

Вариант, п/п	Общая сметная стоимость	Сметная стоимость			Средства на оплату труда	Сметная трудоемкость
		Строительных работ	Монтажных работ	Оборудования		
	тыс. руб.	тыс. руб.	тыс. руб.	тыс. руб.	тыс. руб.	чел. час
№1	82648,2	18620,0	5405,8	58622,4	161,1	14528,9
№2	57360,4	26355,7	5126,7	25877,9	93,4	8382,5

Таким образом, можно сделать вывод, что посредством применения на производстве вышеперечисленной схемы технологической обвязки скважин и АГЗУ с использованием трёхходовых кранов можно добиться существенного уменьшения затрат при строительстве подобных объектов нефтяной промышленности.

#### Библиографический список

1. Чернопятков, А. М. Основные направления и механизмы совершенствования институциональной среды российского предпринимательства / В. Н. Швецов. – Raleigh: Lulu Press, 2015. – 79 с.
2. Козлов, В. В. Автоматизация технологических процессов нефтяного месторождения / В. В. Козлов, В. М. Спасибов. – Тюмень: ТИУ, 2017. – 106 с.
3. Компания «ОЗНА» поставит устройства переключения скважин на базе трехходовых кранов для «Юганскнефтегаза» [Электронный ресурс] // Портал трубопроводной арматуры. – Режим доступа: <https://armtorg.ru/news/22390/>.
4. Переключатель потока «ОЗНА-МАТИК» [Электронный ресурс] // Комплектующие к измерительным установкам. – Режим доступа: <http://ozna.ru/upload/iblock/452/4520cb6a73377ba6bedb7c7461278d11.pdf>.

Научный руководитель: Спасибов В.М., профессор, доктор техн. наук, академик международной академии информатизации.

## О математической интерпретации бизнес-процесса разработки локальной сметы в нефтегазовой промышленности

Хамидуллин Р.И.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Последние исследования показали, что в настоящий момент не более пятой части строительства в нефтегазовой отрасли можно считать успешными с точки зрения соответствия заявленных времени и затрат на работы реальным показателям в ходе процесса [1]. Это связано с неточностью в расчетах (рис.1), что приводит к дефициту материальных и трудовых ресурсов, тем самым увеличивая время и затраты на строительство.



Рисунок 9. Сравнение показателей прогнозов первоначальной и окончательной сметы.

При анализе данной проблемы в первую очередь стоит обратиться к терминологии таких понятий, как "процесс" и "бизнес-процесс" в международном стандарте ISO 9000:2011, где второе понятие является совокупностью взаимосвязанных мероприятий или работ [2]. Они направлены на создание определённого продукта или услуги для потребителей, и основополагающим регламентом и требованием успешности той или иной деятельности. Сметная документация согласно проведенным исследованиям и опроса экспертов является ключевым и тот процесс, от которого зависит почти 80% с успешности проекта, так как данная документация составляется для определения объема денежных средств, которые необходимы для осуществления строительства в соответствии с проектными, нормативными и расходными материалами. Итоговая цель составления сметного рас-

чета – это определение размера капитальных вложений и формирование цен на строительную продукцию, оплату расходов по приобретению оборудования и доставке его на стройки, а также возмещения других затрат, предусмотренных сводным сметным расчетом [3,4].

К решению проблем сметного проектирования нужно применять подходы, решающие основные задачи по предоставлению оптимальной модели бизнес-процесса и ее математической интерпретации для увеличения прозрачности [5] и технологичности бизнеса, точности прогнозирования, скорости работы, уменьшения материальных и трудовых затрат, контроль над большими массивами данных.

Количество и активность поступающего потока заявок, вероятность приема и обслуживания, частота и скорость загрузки каналов обслуживания и другие имеющиеся показатели являются основными параметрами математического аппарата при составлении математической модели бизнес-процесса – теории массового обслуживания. Анализ других методологий определил необходимость исследования такого метода в моделировании бизнес-процессов – теории массового обслуживания, главными преимуществами которой заключаются в следующем: учет соотношения между входными и выходными параметрами системы; оптимизация бизнес-процессов по заданным показателям в реальный момент необходимости преобразований или рационализации.

#### Библиографический список

1. Совершенствование инструментов стратегического планирования на основе моделирования бизнес-процессов: автореф. дис. Захаркиной, Н.В. кандидата экон. наук: 08.00.05 / Н. В. Захаркина: Брянский ГТУ – Брянск, 2006. – 23 с.

2. Хамидуллин, Р. И. Системный анализ и математическое регулирование бизнес-процесса учета затрат на строительство объектов нефтяной и газовой промышленности / Р. И. Хамидуллин // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2019. – № 1. – С. 82-89.

3. Дубовицкая, Е. А. Существующие проблемы оценки стоимости нефтегазовых объектов / Е. А. Дубовицкая, М. А. Ткаченко // Вестник ПМСОФТ.– 2015. – № 11. – С. 16-20.

4. Концепция создания линейки программных продуктов для оценки затрат на разных стадиях реализации нефтегазовых проектов / С. В. Чижиков, Е. А. Дубовицкая, М. А. Ткаченко, И. Е. Юнусов // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 9. – С. 20-23.

5. Хамидуллин, Р. И. Основные концепции разработки математической модели бизнес-процесса сметных расчетов строительства вспомогательных нефтегазовых объектов / Р. И.Хамидуллин // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2018. – № 3.–С.102-108.

Научный руководитель: Кузяков О.Н., доктор технических наук, доцент.

## К вопросу об использовании попутного нефтяного газа

Цыденова Э.Ю., Слюсаренко А.В.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Попутный нефтяной газ (ПНГ) – это смесь газообразных углеводородов, растворенных в нефти и выделяющихся в процессе добычи и подготовки нефти.

В отличие от природного газа попутный нефтяной газ содержит в своем составе кроме метана и этана большую долю пропанов, бутанов и паров более тяжелых углеводородов. Во многих попутных газах, в зависимости от месторождения, содержатся также неуглеводородные компоненты: сероводород и меркаптаны, углекислый газ, азот, гелий и аргон [1].

Начальные стадии освоения месторождений обычно характеризуются большими ежегодными объемами добычи ПНГ с большей долей метана в своем составе. При длительной эксплуатации месторождения дебит ПНГ сокращается, и большая доля газа приходится на тяжелые составляющие.

Нефтяные компании до сих пор предпочитают сжигать попутный газ, выходящий на поверхность при добыче нефти вместо того, чтобы инвестировать в прокладку труб и установку перекачивающих станций для поставки этого газа потребителям. Статистика по данным Всемирного банка по сжиганию попутного газа приведена на рисунке 1 [2].



Рисунок 1. Статистика по данным Всемирного банка по сжиганию попутного газа

По оценкам Минприроды РФ ряд компаний уже выполняют требования постановления правительства о 95-процентной утилизации. На рисунке 2 представлена статистика операций утилизации ПНГ за пять лет.

В отличие от природного газа, компонентный состав ПНГ может сильно различаться в зависимости от месторождения. Более того, даже на одном и том же нефтяном месторождении в разные периоды времени компонентный состав ПНГ может быть разным.

Компании, предприятия	Использование ПНГ					Сожжено на факелах					Добыча, всего				
	2009	2010	2014	2015	2015 / 2014, %	2009	2010	2014	2015	2015 / 2014, %	2009	2010	2014	2015	2015 / 2014, %
<b>Нефтяные компании (ВИНК)</b>	<b>31,2</b>	<b>32,2</b>	<b>45,9</b>	<b>53,9</b>	<b>17,3</b>	<b>6,3</b>	<b>11,2</b>	<b>9,8</b>	<b>7,5</b>	<b>-23,2</b>	<b>37,5</b>	<b>43,4</b>	<b>55,7</b>	<b>61,4</b>	<b>10,1</b>
ЛУКОЙЛ	5,9	6,6	8,5	9,4	9,6	1,7	2,0	1,1	0,9	-20,1	7,5	8,6	9,6	10,2	6,3
«Роснефть»	6,8	6,8	20,2	26,8	32,6	2,3	5,8	6,6	4,4	-33,3	9,1	12,6	26,9	31,2	16,4
«Сургутнефтегаз»	13,6	13,4	9,3	9,4	1,4	0,4	0,6	0,1	0,1	-24,7	14,0	14,0	9,4	9,5	1,1
«Газпром нефть»	2,1	2,4	4,6	4,8	3,5	1,1	1,9	1,5	1,7	14,8	3,2	4,3	6,1	6,5	6,2
«Татнефть»	0,8	0,8	0,8	0,9	3,7	0,1	0,1	0,1	0,1	-3,0	0,8	0,8	0,9	0,9	3,3
«Башнефть»	0,3	0,4	0,4	0,4	11,7	0,1	0,1	0,2	0,2	13,6	0,4	0,4	0,5	0,6	12,3
«Славнефть»	0,9	0,9	0,7	0,8	16,5	0,3	0,3	0,2	0,1	-30,9	1,2	1,2	0,9	0,9	5,2
«РуссНефть»	0,9	1,0	1,3	1,4	3,6	0,3	0,4	0,1	0,1	-12,4	1,2	1,5	1,5	1,5	2,4
<b>Независимые производители</b>	<b>14,60</b>	<b>15,60</b>	<b>12,30</b>	<b>12,20</b>	<b>20,4</b>	<b>2,6</b>	<b>3,9</b>	<b>2,1</b>	<b>2,6</b>	<b>20,8</b>	<b>17,2</b>	<b>19,5</b>	<b>14,4</b>	<b>14,8</b>	<b>2,6</b>
Операторы СРП	2,10	2,00	2,10	2,20	-7,8	0,2	0,3	0,3	0,3	7,8	2,3	2,3	2,4	2,4	0,0
<b>Всего по России</b>	<b>47,9</b>	<b>49,8</b>	<b>60,3</b>	<b>68,2</b>	<b>13,0</b>	<b>9,1</b>	<b>15,4</b>	<b>12,2</b>	<b>10,4</b>	<b>-14,9</b>	<b>57,0</b>	<b>65,2</b>	<b>72,5</b>	<b>78,6</b>	<b>8,3</b>

Рисунок 2. Статистика по данным Всемирного банка по сжиганию попутного газа

На рисунке 3 представлена диаграмма примерного состава ПНГ.

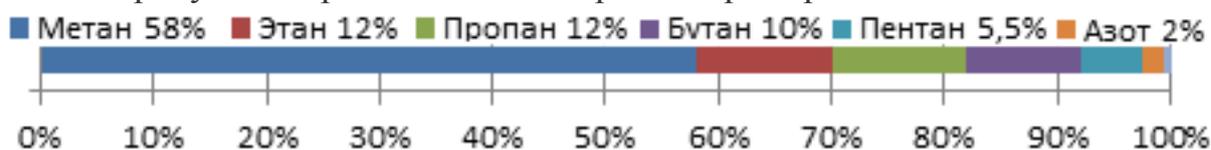


Рисунок 3. Диаграмма примерного состава ПНГ

На рисунке 4 представлен состав ПНГ Шапшинской группы месторождений и Западно-Салымского месторождения.



Рисунок 4. Состав ПНГ Шапшинской группы месторождений и Западно-Салымского месторождения

ПНГ представляет собой сложную смесь с различными физико - химическими свойствами входящих в неё компонентов. Разделение нефтяного газа является сложной технической задачей. Этот процесс облегчается, если нефтяной газ предварительно переводится в жидкое состояние сжатием, расширением и охлаждением, а затем осуществляется его покомпонентное разделение на составные части с использованием разности температур кипения низкокипящих (НТК) и высококипящих (ВТК) компонентов. На рисунке 5 представлена температура кипения некоторых компонентов ПНГ под атмосферным давлением.

Если жидкий нефтяной газ подвергать испарению, то сначала будет испаряться преимущественно метан, обладающий более низкой температурой кипения. По мере улетучивания метана жидкость обогащается высо-

кокипящими компонентами. Многократное повторение процессов испарения и конденсации, то есть ректификации, позволяет достичь желаемой степени разделения НТК и ВТК по фракциям.

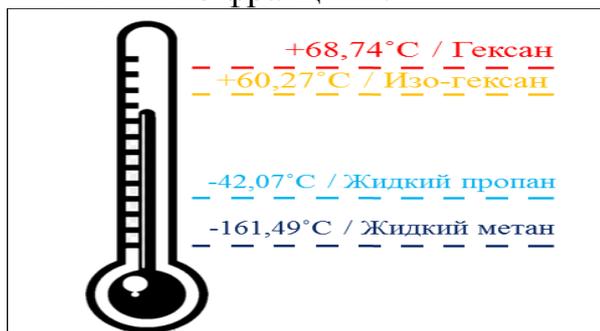


Рисунок 5. Температура кипения под атмосферным давлением гексана, пропана и бутана

После проведения необходимых технологических операций (осушки, очистки от серы и углекислого газа, удаления механических примесей, компримирования) полученные газовые компоненты используются для промышленного назначения в различных целях, например как топливо для получения электрической энергии [3].

Качественное разделение ПНГ на фракции зависит от стабильности этого технологического процесса, связанного с физическими закономерностями газовой среды, поэтому необходим контроль важных параметров, таких как давление, температура и расход. Назначение автоматизированной системы управления данным технологическим процессом заключается в обеспечении надежной и эффективной работы основных и вспомогательных объектов за счет оптимального управления режимами их работы в соответствии с требованиями технологических регламентов [4].

#### Библиографический список

1. Попутные нефтяные газы [Электронный ресурс] // Справка. – Режим доступа: <https://ria.ru/20100201/206673791.html>.
2. Статистика газового комплекса [Электронный ресурс] // Министерство энергетики Российской Федерации. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/activity/gas/>.
3. Попутный нефтяной газ [Электронный ресурс] // Состав, способы утилизации. – Режим доступа: <https://promdevelop.ru/poputnyj-neftyanoj-gaz-sostav-sposoby-polucheniya-utilizatsii.html>.
4. Козлов, В. В. Автоматизация технологических процессов нефтяного месторождения / В. В. Козлов, В. М. Спасилов. – Тюмень: ТИУ, 2017. – 106 с.

Научный руководитель: Макарова Л.Н., канд. техн. наук, доцент

## Технология Интернет вещей - будущее нефтегазовой отрасли

*Шарара С.*

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

Характерной чертой современного развития цифровых и интеллектуальных месторождений углеводородов (УВ) является внедрение информационно-коммуникационных технологий по всей цепочке производственного цикла. Принятие решений на иерархических уровнях от низшего до высшего осуществляется в цифровом и интеллектуальном пространстве с использованием SCADA[1].

Некоторые считают, что благодаря технологическому прогрессу и ряду новых систем и методов мониторинга, которые позволяют подключаться через смартфоны и интернет-облако, времена SCADA подходят к концу. Идёт развитие новой технологии - интернет вещей. Это соединение через Интернет вычислительных устройств, встроенных в повседневные объекты, позволяющих им отправлять и получать данные. Масштабируемость, стандартизация и анализ данных стали возможными благодаря Интернету вещей. Наше видение - интернет вещей можно рассматривать как технологию, реализованную поверх SCADA. Интернет вещей - это то, что поднимет системы SCADA на новый уровень, вместо того, чтобы сражаться друг с другом, технологии могут вместо этого интегрировать и улучшить автоматизацию отраслей.

Что может принести интернет вещей в нефтегазовую отрасль?

Во-первых, нахождение реальной стоимости. Интернет вещей позволяет собирать информацию практически обо всем. Многие нефтегазовые компании уже используют датчики для объединения данных оборудования и персонала. Самая большая проблема заключается в поиске ценности в информационной куче. Данные ценны только в том случае, если они используются для достижения целей бизнеса. В настоящее время не большая часть информации доступна для лиц, принимающих решения. Большая часть остаётся не востребованной. Теряются новые разработки и технологии[2]. Важные показатели эффективности должны быть переданы по цепочке командования, чтобы иметь значение в повседневной деятельности. Точки данных являются не чем иным, как числами в электронной таблице, если они не превращены в действенную осведомленность.

Во-вторых, возможность сделать удаленные сайты менее удаленными. Когда сотрудники находятся на удаленных буровых площадках, доступ к связи в режиме реального времени имеет первостепенное значение для безопасности работников. Ассоциированных работников легче сохранить в безопасности. Технология Интернета вещей может быть использована для быстрого реагирования на ситуации и удаленной диагностики проблем. Мобильная конференц-связь с надежным соединением обеспечивает немедленную связь, объединяя работников из отдаленных районов для сов-

местной работы. Лучшее общение также позволит уменьшить людей на местах. Как известно, размещение рабочих на буровых площадках опасно и дорого. Используйте эту технологию, чтобы создать более безопасную рабочую среду с меньшим временем простоя и лучшим решением проблем[3].

Проанализируем проблемы, с которыми может столкнуться технология Интернета вещей в нефтегазовой отрасли.

1. Идентификация вещей в Интернете. Чтобы Вещи могли общаться друг с другом, они должны быть однозначно идентифицируемыми в Интернете. В истории это было достигнуто с помощью уникального IP-адреса. При внедрении в отрасль триллионы вещей потребуют подключения. Внимание направлено на принятие стандарта IP версии 6, который может однозначно идентифицировать больше адресуемых элементов (по сравнению только с 4 миллиардами адресуемых элементов, использующих сегодняшний стандарт IP версии 4). Этот диапазон будет более чем соответствовать требованиям промышленного интернета вещей[4].

2. Обнаружение вещей и данных, которыми они обладают. Как только вещь сможет быть идентифицирована, следующая проблема заключается в том, как другие заинтересованные стороны узнают, что она существует, и какими данными она обладает. Конечно, вещь должна быть в состоянии ограничить обнаружение некоторых или всех своих данных, основываясь на требованиях безопасности. Уравновешивание простоты обнаружения с жесткими ограничениями безопасности будет иметь основополагающее значение для успеха Интернета вещей в нефтегазовой отрасли.

3. Управление огромными объемами данных. Эти триллионы вещей создадут нечто гораздо большее, чем триллионы точек данных, которые необходимо будет собрать, проанализировать и, возможно, сохранить. Перемещение этого объема данных через Интернет приведет к использованию новых уровней пропускной способности, что может привести к ухудшению качества обслуживания, а также к более высоким затратам для интернет-операторов, поставщиков услуг и, в конечном итоге, конечных пользователей. Кроме того, хранение этих данных для будущего использования потребует огромных объемов хранения данных и нового поколения масштабируемых аналитических приложений, способных своевременно улучшать отдельные точки интереса.

4. Навигация при сбое подключения. Вещи, составляющие промышленный Интернет вещей, а также средства связи, которые их связывают, не будут обладать 100%-й доступностью, что приведет к периодическим или даже долговременным сбоям. Это может серьезно повлиять на системы, в которых потеря данных недопустима или когда необходимо отслеживать отклонения данных в режиме реального времени.

5. Интеграция существующей инфраструктуры в новые стратегии Интернет. Учитывая, что типичный жизненный цикл промышленных ве-

щей превышает 20 лет, можно ожидать интеграции существующих в новые стратегии Интернета вещей. Открытие этих частных сетей и содержащихся в них данных в Интернете потребует подробных оценок безопасности, чтобы минимизировать риск эксплуатации.

#### Заключение

Нефтяная и газовая промышленность не в полной мере осознали всю ценность Интернета вещей. Однако технология Интернета вещей значительно улучшает условия тем компаниям, которые используют его, осуществляет сбор важной информации, что приводит к принятию более обоснованных деловых решений. Умная нефть и газ были и будут долгое время развиваться. Интернет вещей не изменит этих месторождений кардинальным образом, но предоставит нефтегазовым компаниям уникальное преимущество.

#### Библиографический список

1. Козлов, В. В. Автоматизация технологических процессов нефтяного месторождения / В. В. Козлов, В. М. Спасибов. – Тюмень: ТИУ, 2017. – 106 с.
2. Пат. 2124617 Российская Федерация, МПК E21B4/02, E21B4/08 Способ формирования осевой нагрузки на долото и устройство для его осуществления / Г. А. Кулябин, В. М. Спасибов : заявл.16.07.1996 : опубл. 10.01.1999.
3. Steyn, N. IoT and SCADA is one going to replace the other? / N. Steyn // IoT.nxt. – Access mode: <https://www.iotnxt.com/2018/07/18/iot-or-scada/>.
4. Tracy, P. Importance of iot in the upstream oil and gas industry / P. Tracy // IoT enterprise insights. – Access mode: <https://enterpriseiotinsights.com/20160909/internet-of-things/upstream-oil-and-gas/>.

Научный руководитель: Спасибов В.М. д.т.н., профессор

*Научное издание*

## **НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – НЕФТЕГАЗОВОМУ РЕГИОНУ**

Том III

*Проблемы экологии и техносферная безопасность*

*Машиностроение, материаловедение*

*Транспортные и транспортно-технологические системы*

*Электроэнергетика, электротехника и теплотехника*

*Новые информационные технологии и системы*

*Составитель А. В. Куликов*

Подписано в печать 01.10.2019. Формат 60x90 1/16. Усл. печ. л. 17,12.  
Тираж 500 экз. Заказ № 1631.

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.