

ISSN 2072-0297



МОЛОДОЙ[®] УЧЁНЫЙ

международный научный журнал



50
2017
Часть I

16+

ISSN 2072-0297

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

Международный научный журнал

Выходит еженедельно

№ 50 (184) / 2017

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Члены редакционной коллегии:

Ахметова Мария Николаевна, доктор педагогических наук

Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук

Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук

Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук

Абдрашилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам

Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук

Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук

Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук

Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук

Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук

Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук

Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук

Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук

Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук

Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук

Жураев Хуснидин Олтинбоевич, кандидат педагогических наук

Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения

Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам

Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук

Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук

Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук

Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук

Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор

Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук

Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам

Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук

Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук

Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук

Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук

Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук

Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук

Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук

Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук

Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии

Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук

Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук

Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук

Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук

Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук

Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры

Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук

Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук

Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ. Журнал включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory».

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Международный редакционный совет:

Айрян Заруи Геворковна, *кандидат филологических наук, доцент (Армения)*

Арошидзе Паата Леонидович, *доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)*

Атаев Загир Вагитович, *кандидат географических наук, профессор (Россия)*

Ахмеденов Кажмурат Максutowич, *кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)*

Бидова Бэла Бертовна, *доктор юридических наук, доцент (Россия)*

Борисов Вячеслав Викторович, *доктор педагогических наук, профессор (Украина)*

Велковска Гена Цветкова, *доктор экономических наук, доцент (Болгария)*

Гайич Тамара, *доктор экономических наук (Сербия)*

Данатаров Агахан, *кандидат технических наук (Туркменистан)*

Данилов Александр Максимович, *доктор технических наук, профессор (Россия)*

Демидов Алексей Александрович, *доктор медицинских наук, профессор (Россия)*

Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, *доктор философии (PhD) по филологическим наукам (Казахстан)*

Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, *доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)*

Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, *доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)*

Игисинов Нурбек Сагинбекович, *доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)*

Кадыров Кутлуг-Бек Бекмуратович, *кандидат педагогических наук, заместитель директора (Узбекистан)*

Кайгородов Иван Борисович, *кандидат физико-математических наук (Бразилия)*

Каленский Александр Васильевич, *доктор физико-математических наук, профессор (Россия)*

Козырева Ольга Анатольевна, *кандидат педагогических наук, доцент (Россия)*

Колпак Евгений Петрович, *доктор физико-математических наук, профессор (Россия)*

Кошербаева Айгерим Нуралиевна, *доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)*

Курпаяниди Константин Иванович, *доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)*

Куташов Вячеслав Анатольевич, *доктор медицинских наук, профессор (Россия)*

Кыят Эмине Лейла, *доктор экономических наук (Турция)*

Лю Цзюань, *доктор филологических наук, профессор (Китай)*

Малес Людмила Владимировна, *доктор социологических наук, доцент (Украина)*

Нагервадзе Марина Алиевна, *доктор биологических наук, профессор (Грузия)*

Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, *кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)*

Прокопьев Николай Яковлевич, *доктор медицинских наук, профессор (Россия)*

Прокофьева Марина Анатольевна, *кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)*

Рахматуллин Рафаэль Юсупович, *доктор философских наук, профессор (Россия)*

Ребезов Максим Борисович, *доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)*

Сорока Юлия Георгиевна, *доктор социологических наук, доцент (Украина)*

Узаков Гулом Норбоевич, *доктор технических наук, доцент (Узбекистан)*

Федорова Мария Сергеевна, *кандидат архитектуры (Россия)*

Хоналиев Назарали Хоналиевич, *доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)*

Хоссейни Амир, *доктор филологических наук (Иран)*

Шарипов Аскар Калиевич, *доктор экономических наук, доцент (Казахстан)*

Шуклина Зинаида Николаевна, *доктор экономических наук (Россия)*

Руководитель редакционного отдела: Кайнова Галина Анатольевна

Ответственный редактор: Осянина Екатерина Игоревна

Художник: Шишков Евгений Анатольевич

Верстка: Бурьянов Павел Яковлевич, Голубцов Максим Владимирович, Майер Ольга Вячеславовна

Почтовый адрес редакции: 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

Фактический адрес редакции: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; http://www.moluch.ru/.

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый».

Тираж 500 экз. Дата выхода в свет: 03.01.2018. Цена свободная.

Материалы публикуются в авторской редакции. Все права защищены.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

На обложке изображен *Янг Чжэньнин* (1922), китайский и американский физик, лауреат Нобелевской премии по физике, специалист по теоретической физике, по квантовой теории поля, теории элементарных частиц и теории фазовых переходов.

Янг Чжэньнин родился в китайской провинции Аньхун в семье профессора математики, который преподавал в университете Цинхуа. С началом войны Китая с Японией в 1937 году университет был эвакуирован в Куньмин. Там Янг Чжэньнин получил степень бакалавра, затем магистра. В 1945 году продолжил учебу в Чикагском университете в США, его научным руководителем стал Энрико Ферми. В 1948 году он защитил докторскую диссертацию. Перед отъездом в США из Китая в 1945 году Янг решил выбрать себе имя, которое американцам будет легко произносить. Он выбрал имя Франклин, потому что восхищался Бенджамином Франклином, и американские друзья называют его Фрэнк. В 1964 году он принял американское гражданство.

В 1949 году Янг и Ферми предложили первую составную модель сильно взаимодействующей элементарной частицы, предположив, что пи-мезоны представляют собой связанное состояние нуклона и антинуклона.

В 1955 году ученый стал профессором физики в Институте фундаментальных исследований в Принстоне, с 1966 года преподавал в Университете штата Нью-Йорк в Стоуни-Брук, в котором также возглавлял Институт теоретической физики. В 1999 году Янг вернулся в Китай, где, как и его отец, стал преподавать в университете Цинхуа.

Главным научным достижением Яна является опровержение закона сохранения четности для слабых взаимодей-

ствий. Это открытие он сделал вместе с Ли Цзундао в 1956 году. Ученые теоретически предсказали, что несохранение четности должно проявиться в асимметрии бета-излучения относительно направления ядерного спина. В 1957 году этот вывод успешно экспериментально доказали Чу Цзяньсюн и ее сотрудники. Тогда же Янг и Ли были отмечены Нобелевской премией за свое открытие.

Нарушение закона сохранения четности вызвало целую лавину теоретических и экспериментальных исследований. С этими новыми исследованиями ученые связывали надежды на создание единой теории поля, объединяющей четыре известных вида взаимодействия, идея которой напрямую связана с именем Альберта Эйнштейна.

Кроме того, Янг стал автором работ по теории двухкомпонентного нейтрино (совместно с Ли Цзундао и Р. Эме), теории конденсации (совместно с Ли Цзундао), по калибровочной инвариантности (в 1954 году совместно с Р. Миллсом, теория Янга — Миллса). Ученый доказал несколько теорем о существовании термодинамического предела для статистических сумм.

В 1986 году он был награжден Национальной научной медалью США, в 1995-м — медалью Альберта Эйнштейна, в 2001-м — Международной премией короля Фейсала.

Янг Чжэньнин является членом американской Национальной академии наук, Американского философского общества, Бразильской академии наук, Венесуэльской академии наук и Американского физического общества.

Екатерина Осянина, ответственный редактор

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

- Емельянов А. А., Бесклеткин В. В.,
Пестеров Д. И., Вотяков А. С., Коровин В. О.,
Соснин А. С., Быстрых Д. А.**
Моделирование асинхронного двигателя
с переменными $I_R - \Psi_m$ на выходе интегрирующих
звеньев в системе абсолютных единиц
в Simulink1

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Алимирзаев М. Г., Голубь К. Л., Апальков А. Ф.**
Повышение показателя производительности
станции технического обслуживания за счет
модернизации автомобильного подъемника
S4D-2.....14
- Безгин М. А., Улямаев К. С., Симонова А. А.**
Электростанции, использующие
энергию волн 17
- Блялова Ж. Б.**
Разработка технологии наплавки направляющих
роликов прокатных станов18
- Бушев Ю. В.**
Преимущества использования контейнерной
архитектуры в серверной разработке..... 21
- Буянов И. А., Исламов В. К.**
Автономная система ориентирования
беспилотного летательного аппарата: состав
и схема функционирования в формате 3D24
- Валишина Г. Л., Сагиндилов Э. Т.**
Разработки безглютеновых колбасных изделий
с добавлением растительного сырья 30
- Васильева Т. Н., Ерузаев М. С., Харьков А. А.**
Определение наведенных напряжений
в сетях 0,38–10 кВ32

- Гасанов А. Ф., Клиндух Н. Ю., Игнатьев Г. В.**
Совершенствование стрелового крана
для условий холодного климата36
- Гасанов И. Р.**
К методике интерпретации индикаторных линий
скважин, вскрывших несколько продуктивных
горизонтов38
- Дегтярев Н. Д.**
Система управления экологической
безопасностью (на примере организации
обрабатывающего производства) 42
- Дегтярев Н. Д.**
Оценка профессиональных рисков на рабочем
месте электрогазосварщика (на примере
ремонтно-механического завода).....44
- Дегтярев Н. Д.**
Улучшение условий труда на рабочих местах
строительно-монтажной организации
на основании анализа результатов оценки
условий труда.....46
- Досжан М. Е.**
Теория и технология диффузионной сварки
через промежуточный слой48
- Капсудина А. Ю.**
Эффективное осушение воздуха помещений
бассейнов 51
- Кенесова П. Е.**
Методика анализа и схема алгоритма анализа
динамических погрешностей отработки
программной траектории54
- Кодиленко А. С., Федотов В. Н.**
Совершенствование структуры взаимодействия
участников системы доставки нефтепродуктов
конечным потребителям.....56
- Крячик Ю. В.**
Расчет однопролетной балки59

Минеев Д. О., Поезжаева Е. В. Система дополненной реальности в роботесапёре «Уран-6»65	Садиков Х. С., Абдуллаева Д. А., Халилов А. Ж. Численное моделирование задач изгиба и колебаний вязкоупругих пластин сложной формы при различных моделях вязкости.....82
Нугман М. Б. Анализ проблемы долговечности конструкции переднего кессона и комплекса водоохлаждаемого напыльника 67	Улыбин А. В. Обоснование применения геомеханических моделей при разработке нефтяных месторождений.....85
Паньшин Г. А. Сравнительный анализ подготовки газа69	Фёдоров С. А., Глыбин С. А. Разработка узлов микропроцессорной системы 87
Перевозчикова О. А., Поезжаева Е. В. Модернизация умного чемодана 70	Фёдоров С. А., Глыбин С. А. Моделирование процессов создания и эксплуатации объектов морской техники класса «Автоматизированная система пожарной сигнализации».....91
Поезжаева Е. В., Пронькин Д. Э., Алексутин А. С. Модернизация робота-хирурга Da-Vinci73	Юмшанов А. В., Куклин И. А., Поезжаева Е. В. Модернизация боевого робототехнического комплекса «Уран-9» путем установки динамической защиты95
Savard С., Яковлева Э. В. Развитие технологий накопления электрической энергии76	

ФИЗИКА

Моделирование асинхронного двигателя с переменными $I_R - \Psi_m$ на выходе интегрирующих звеньев в системе абсолютных единиц в Simulink

Емельянов Александр Александрович, доцент;

Бескеткин Виктор Викторович, ассистент;

Пестеров Дмитрий Ильич, студент;

Вотяков Александр Сергеевич, студент;

Коровин Вадим Олегович, студент;

Соснин Александр Сергеевич, студент

Российский государственный профессионально-педагогический университет (г. Екатеринбург)

Быстрых Денис Анатольевич, начальник конструкторско-технологического бюро

АО «Уральский турбинный завод» (г. Екатеринбург)

Данная работа является продолжением статьи [1]. Проекция векторов \vec{I}_R и $\vec{\Psi}_m$ выведены на основе интегрирующих звеньев с моделированием в Simulink.

В работе [1] было получено уравнение (13) для расчета I_{Rx} в Script-Simulink:

$$U_{Sx} = \frac{R_S}{L_m} \cdot \Psi_{mx} - \left(R_S + \frac{R_{R\kappa}}{k_s} \right) \cdot I_{Rx} - \left(L_{\sigma S} + \frac{L_{\sigma R}}{k_s} \right) \cdot (I_{Rx} \cdot s) + \left(L_{\sigma S} + \frac{L_{\sigma R}}{k_s} \right) \cdot (\Omega_k \cdot I_{Ry}) - \frac{1}{k_s} \cdot \Omega \cdot z_p \cdot (\Psi_{my} + L_{\sigma R} \cdot I_{Ry}).$$

Перенесем $\left(L_{\sigma S} + \frac{L_{\sigma R}}{k_s} \right) \cdot (I_{Rx} \cdot s)$ в левую часть:

$$\left(L_{\sigma S} + \frac{L_{\sigma R}}{k_s} \right) \cdot I_{Rx} \cdot s = \frac{R_S}{L_m} \cdot \Psi_{mx} - U_{Sx} - \left(R_S + \frac{R_{R\kappa}}{k_s} \right) \cdot I_{Rx} + \left(L_{\sigma S} + \frac{L_{\sigma R}}{k_s} \right) \cdot (\Omega_k \cdot I_{Ry}) - \frac{1}{k_s} \cdot \Omega \cdot z_p \cdot (\Psi_{my} + L_{\sigma R} \cdot I_{Ry}).$$

Обозначим:

$$\begin{aligned} L_{\sigma S} + \frac{L_{\sigma R}}{k_s} &= L_{\sigma S} + \frac{L_{\sigma R} \cdot (L_m + L_{\sigma S})}{L_m} = L_{\sigma S} + L_{\sigma R} + \frac{L_{\sigma S} \cdot L_{\sigma R}}{L_m} = \\ &= \left(\frac{L_{\sigma S}}{L_{\sigma}} + \frac{L_{\sigma R}}{L_{\sigma}} + \frac{\frac{L_{\sigma S}}{L_{\sigma}} \cdot \frac{L_{\sigma R}}{L_{\sigma}}}{\frac{L_m}{L_{\sigma}}} \right) \cdot L_{\sigma} = \underbrace{\left(l_{\sigma S} + l_{\sigma R} + \frac{l_{\sigma S} \cdot l_{\sigma R}}{l_m} \right)}_{l_{\sigma \Sigma}} \cdot L_{\sigma} = l_{\sigma \Sigma} \cdot L_{\sigma} = L_{\sigma \Sigma}; \end{aligned}$$

$$R_S + \frac{R_{R\kappa}}{k_s} = R_{R6}.$$

Выразим ток I_{Rx} по оси (+1):

$$I_{Rx} = \left[\underbrace{\frac{R_S}{L_m} \cdot \Psi_{mx}}_1 - \underbrace{U_{Sx}}_5 - \underbrace{R_{R6} \cdot I_{Rx}}_3 + \underbrace{L_{\sigma\Delta} \cdot (\Omega_k \cdot I_{Ry})}_4 - \underbrace{\frac{1}{k_s} \cdot \Omega \cdot z_p \cdot (\Psi_{my} + L_{\sigma R} \cdot I_{Ry})}_2 \right] \cdot \frac{1}{L_{\sigma\Delta}} \cdot \frac{1}{s}$$

Структурная схема для определения тока I_{Rx} приведена на рис. 1.

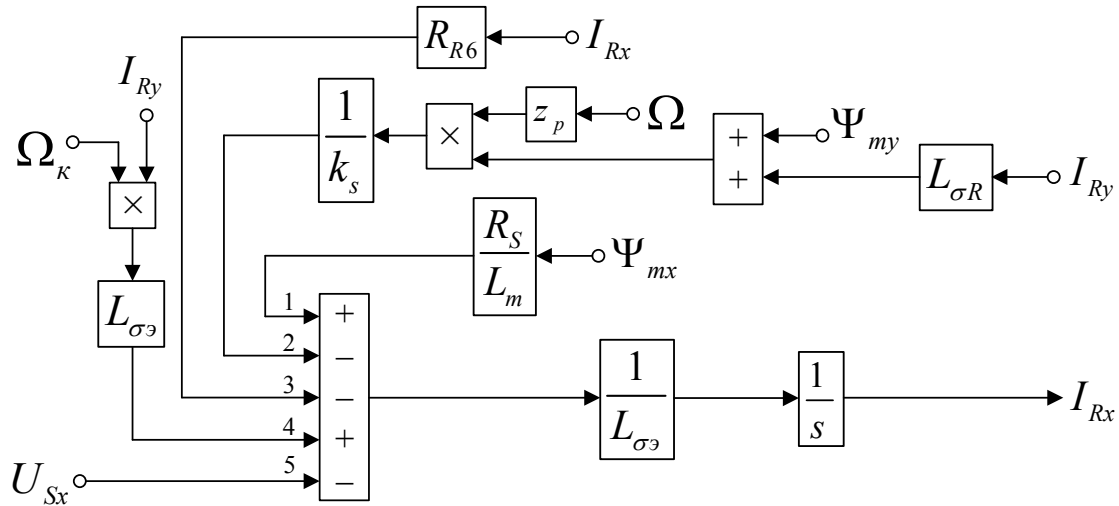


Рис. 1. Структурная схема для определения тока I_{Rx} в Script-Simulink

Преобразуем структурную схему на рис. 1 в оболочку, позволяющую производить расчет коэффициентов в отдельном блоке Subsystem. Для этого вместо операторов с коэффициентами, рассчитываемыми в Script, установим блоки перемножения, к которым подведены сигналы с результатами расчетов в Simulink, как показано на рис. 2.

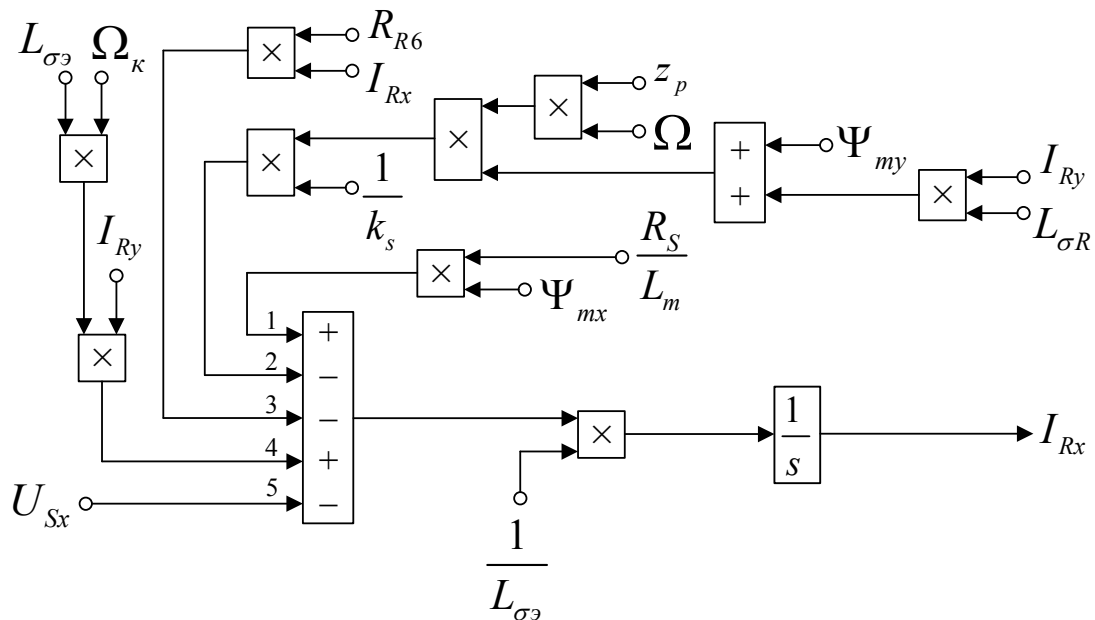


Рис. 2. Структурная схема для определения тока I_{Rx} в Simulink

Для определения потокосцепления Ψ_{mx} приведем уравнение (14) из работы [1]:

$$L_{\sigma R} \cdot U_{Sx} = \frac{L_{\sigma R} \cdot R_S}{L_m} \cdot \Psi_{mx} + (L_{\sigma S} \cdot R_{Rk} - L_{\sigma R} \cdot R_S) \cdot I_{Rx} + \underbrace{\left(\frac{L_{\sigma R}}{k_s} + L_{\sigma S} \right)}_{L_{\sigma \varepsilon}} \cdot (\Psi_{mx} \cdot s) -$$

$$- \underbrace{\left(\frac{L_{\sigma R}}{k_s} + L_{\sigma S} \right)}_{L_{\sigma \varepsilon}} \cdot (\Omega_{\kappa} \cdot \Psi_{my}) + L_{\sigma S} \cdot \Omega \cdot z_p \cdot (\Psi_{my} + L_{\sigma R} \cdot I_{Ry}).$$

Перенесем $\underbrace{\left(\frac{L_{\sigma R}}{k_s} + L_{\sigma S} \right)}_{L_{\sigma \varepsilon}} \cdot (\Psi_{mx} \cdot s)$ в левую часть:

$$L_{\sigma \varepsilon} \cdot \Psi_{mx} \cdot s = L_{\sigma R} \cdot U_{Sx} - \frac{L_{\sigma R} \cdot R_S}{L_m} \cdot \Psi_{mx} - (L_{\sigma S} \cdot R_{Rk} - L_{\sigma R} \cdot R_S) \cdot I_{Rx} + L_{\sigma \varepsilon} \cdot (\Omega_{\kappa} \cdot \Psi_{my}) -$$

$$- L_{\sigma S} \cdot \Omega \cdot z_p \cdot (\Psi_{my} + L_{\sigma R} \cdot I_{Ry}).$$

Обозначим:

$$L_{\sigma S} \cdot R_{Rk} - L_{\sigma R} \cdot R_S = R_{R7};$$

$$\frac{L_{\sigma R} \cdot R_S}{L_m} = R_{S9}.$$

Определим Ψ_{mx} по оси (+1):

$$\Psi_{mx} = \left[\underbrace{L_{\sigma R} \cdot U_{Sx}}_4 - \underbrace{R_{S9} \cdot \Psi_{mx}}_1 - \underbrace{R_{R7} \cdot I_{Rx}}_3 + \underbrace{L_{\sigma \varepsilon} \cdot (\Omega_{\kappa} \cdot \Psi_{my})}_5 - \underbrace{L_{\sigma S} \cdot \Omega \cdot z_p \cdot (\Psi_{my} + L_{\sigma R} \cdot I_{Ry})}_2 \right] \cdot \frac{1}{L_{\sigma \varepsilon}} \cdot \frac{1}{s}.$$

Структурная схема для определения потокосцепления Ψ_{mx} приведена на рис. 3.

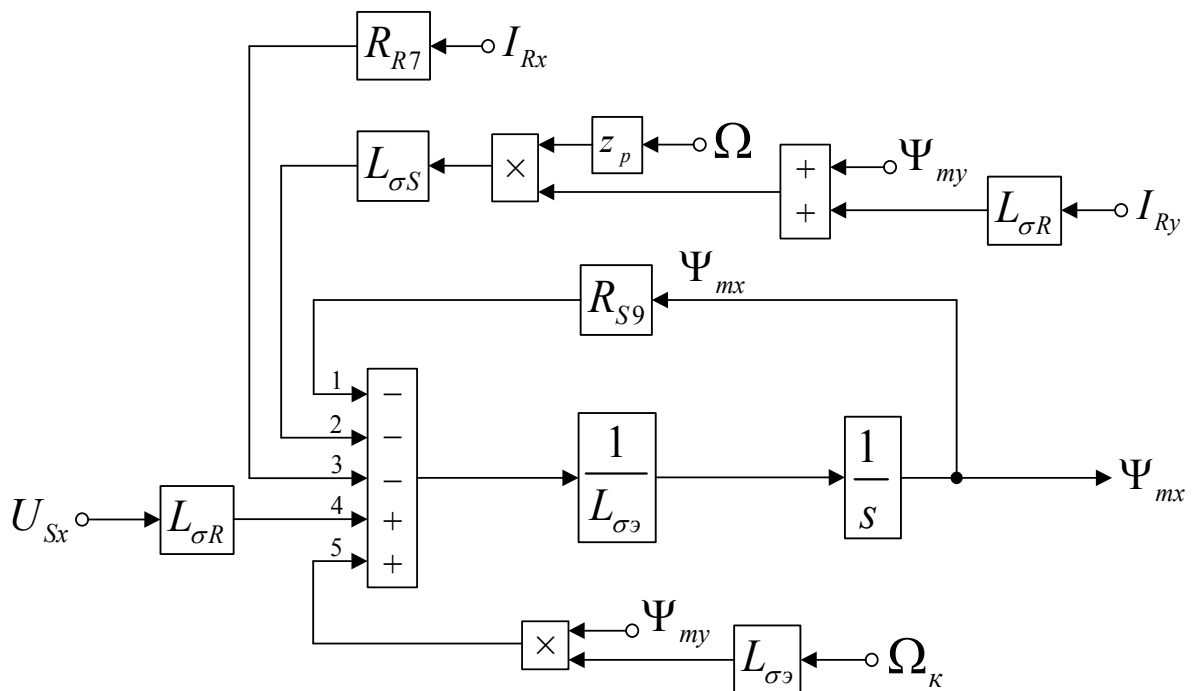


Рис. 3. Структурная схема для определения потокосцепления Ψ_{mx} в Script-Simulink

Расчет коэффициентов будем производить в отдельном блоке Subsystem, поэтому вносим в структурную схему на рис. 3 блоки перемножения (рис. 4).

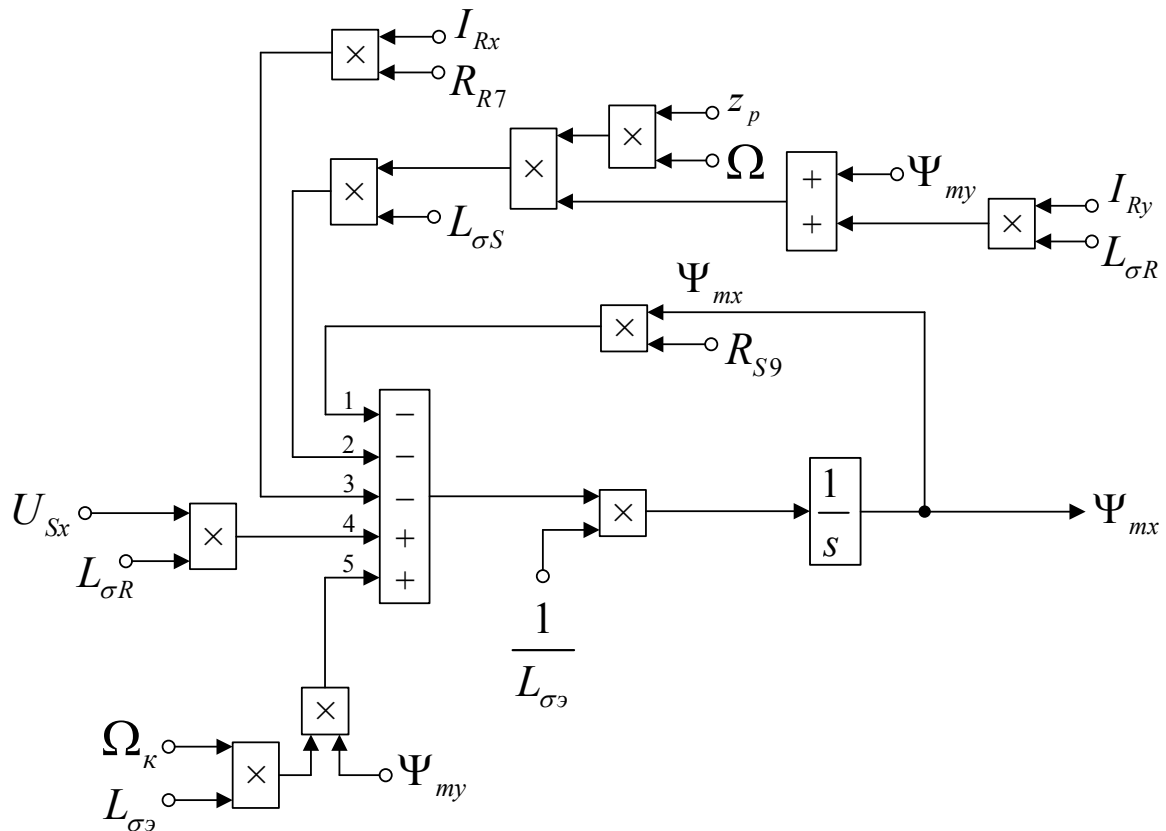


Рис. 4. Структурная схема для определения потокоцепления Ψ_{mx} в Simulink

Аналогично определим ток I_{Ry} и потокоцепление Ψ_{my} по оси (+j).
 Приведем уравнение (17) из работы [1]:

$$U_{Sy} = \frac{R_S}{L_m} \cdot \Psi_{my} - \underbrace{\left(R_S + \frac{R_{Rk}}{k_s} \right)}_{R_{R6}} \cdot I_{Ry} - \underbrace{\left(L_{\sigma S} + \frac{L_{\sigma R}}{k_s} \right)}_{L_{\sigma 3}} \cdot (I_{Ry} \cdot s) - \underbrace{\left(L_{\sigma S} + \frac{L_{\sigma R}}{k_s} \right)}_{L_{\sigma 3}} \cdot (\Omega_k \cdot I_{Rx}) + \frac{1}{k_s} \cdot \Omega \cdot z_p \cdot (\Psi_{mx} + L_{\sigma R} \cdot I_{Rx}).$$

Перенесем $\underbrace{\left(L_{\sigma S} + \frac{L_{\sigma R}}{k_s} \right)}_{L_{\sigma 3}} \cdot (I_{Ry} \cdot s)$ в левую часть:

$$L_{\sigma 3} \cdot I_{Ry} \cdot s = \frac{R_S}{L_m} \cdot \Psi_{my} - U_{Sy} - R_{R6} \cdot I_{Ry} - L_{\sigma 3} \cdot (\Omega_k \cdot I_{Rx}) + \frac{1}{k_s} \cdot \Omega \cdot z_p \cdot (\Psi_{mx} + L_{\sigma R} \cdot I_{Rx}).$$

Определим ток I_{Ry} по оси (+j):

$$I_{Ry} = \left[\underbrace{\frac{R_S}{L_m}}_5 \cdot \Psi_{my} - \underbrace{U_{Sy}}_1 - \underbrace{R_{R6} \cdot I_{Ry}}_3 - \underbrace{L_{\sigma 3} \cdot (\Omega_k \cdot I_{Rx})}_2 + \underbrace{\frac{1}{k_s} \cdot \Omega \cdot z_p \cdot (\Psi_{mx} + L_{\sigma R} \cdot I_{Rx})}_4 \right] \cdot \frac{1}{L_{\sigma 3}} \cdot \frac{1}{s}.$$

Структурная схема для определения тока I_{Ry} представлена на рис. 5.

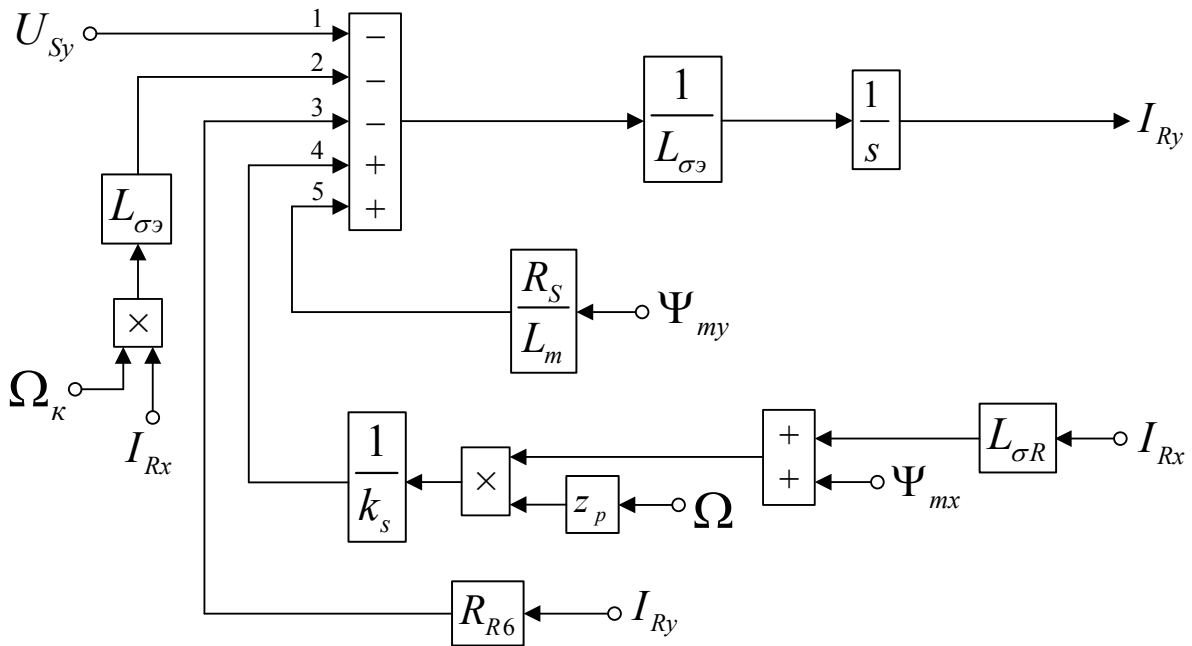


Рис. 5. Структурная схема для определения тока I_{Ry} в Script-Simulink

Схема для расчета I_{Ry} в Simulink представлена на рис. 6.

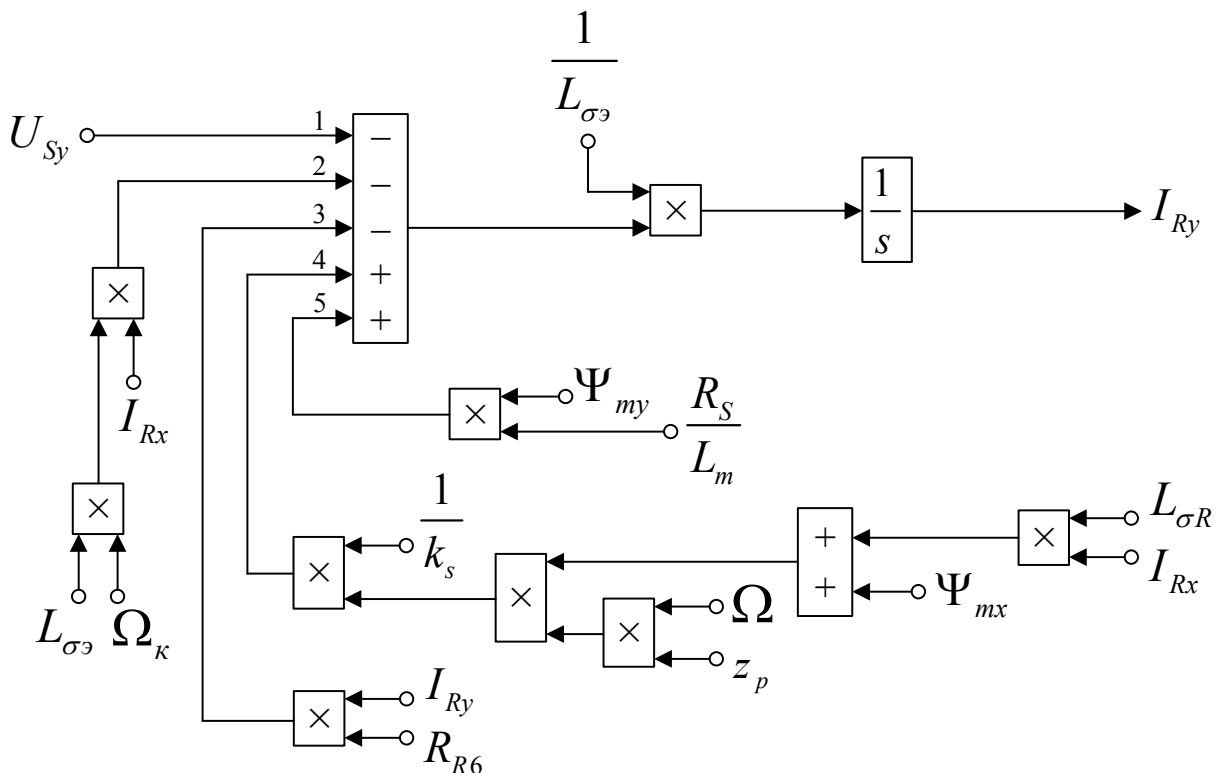


Рис. 6. Структурная схема для определения тока I_{Ry} в Simulink

Для определения потокосцепления Ψ_{my} приведем уравнение (18) из работы [1]:

$$L_{\sigma R} \cdot U_{Sy} = \left(\frac{L_{\sigma R} \cdot R_S}{L_m} \right) \cdot \Psi_{my} + (L_{\sigma S} \cdot R_{Rk} - L_{\sigma R} \cdot R_S) \cdot I_{Ry} + \underbrace{\left(\frac{L_{\sigma R}}{k_s} + L_{\sigma S} \right)}_{L_{\sigma \varepsilon}} \cdot (\Psi_{my} \cdot s) +$$

$$+ \underbrace{\left(\frac{L_{\sigma R}}{k_s} + L_{\sigma S} \right)}_{L_{\sigma \varepsilon}} \cdot (\Omega_k \cdot \Psi_{mx}) - L_{\sigma S} \cdot \Omega \cdot z_p \cdot (\Psi_{mx} + L_{\sigma R} \cdot I_{Rx}).$$

Перенесем $\underbrace{\left(\frac{L_{\sigma R}}{k_s} + L_{\sigma S} \right)}_{L_{\sigma \varepsilon}} \cdot (\Psi_{my} \cdot s)$ в левую часть:

$$L_{\sigma \varepsilon} \cdot \Psi_{my} \cdot s = L_{\sigma R} \cdot U_{Sy} - \underbrace{\left(\frac{L_{\sigma R} \cdot R_S}{L_m} \right)}_{R_{S9}} \cdot \Psi_{my} - \underbrace{(L_{\sigma S} \cdot R_{Rk} - L_{\sigma R} \cdot R_S)}_{R_{R7}} \cdot I_{Ry} - L_{\sigma \varepsilon} \cdot (\Omega_k \cdot \Psi_{mx}) +$$

$$+ L_{\sigma S} \cdot \Omega \cdot z_p \cdot (\Psi_{mx} + L_{\sigma R} \cdot I_{Rx}).$$

Выразим потокосцепление Ψ_{my} по оси (+j):

$$\Psi_{my} = \left[\underbrace{L_{\sigma R} \cdot U_{Sy}}_2 - \underbrace{R_{S9} \cdot \Psi_{my}}_5 - \underbrace{R_{R7} \cdot I_{Ry}}_3 - \underbrace{L_{\sigma \varepsilon} \cdot (\Omega_k \cdot \Psi_{mx})}_1 + \underbrace{L_{\sigma S} \cdot \Omega \cdot z_p \cdot (\Psi_{mx} + L_{\sigma R} \cdot I_{Rx})}_4 \right] \cdot \frac{1}{L_{\sigma \varepsilon}} \cdot \frac{1}{s}.$$

Структурная схема для определения Ψ_{my} представлена на рис. 7.

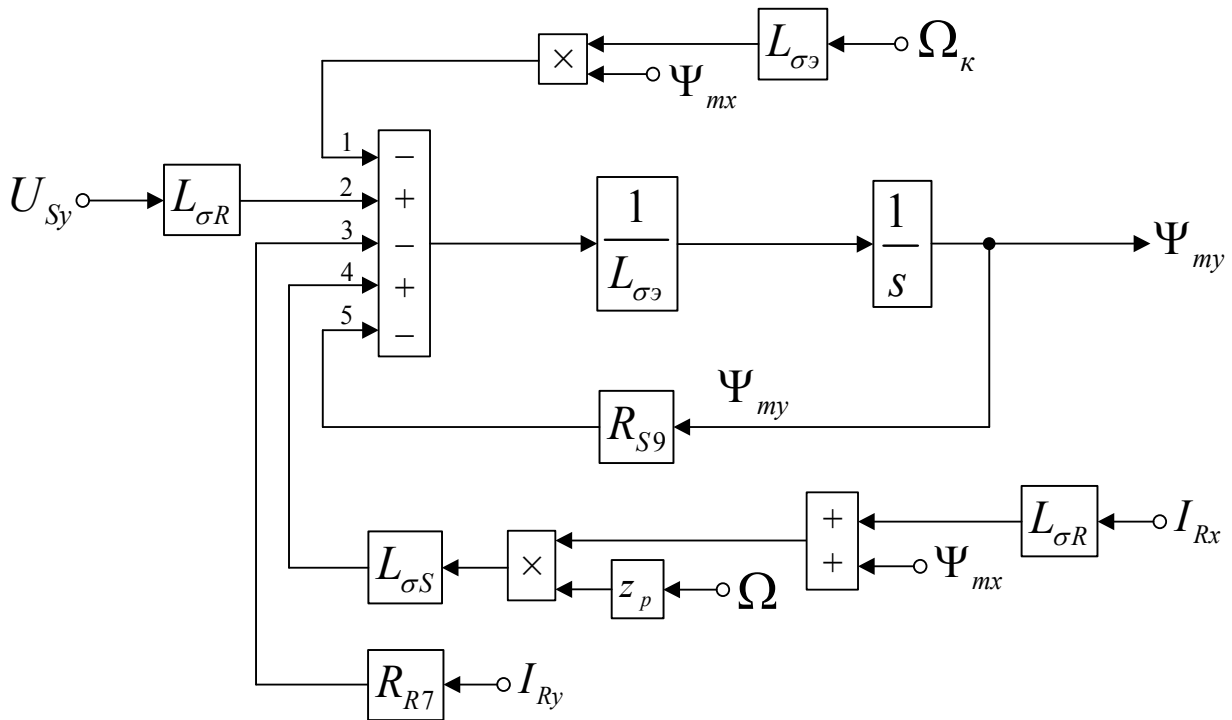


Рис. 7. Структурная схема для определения потокосцепления Ψ_{my} в Script-Simulink

Схема для расчета Ψ_{my} в Simulink дана на рис. 8.

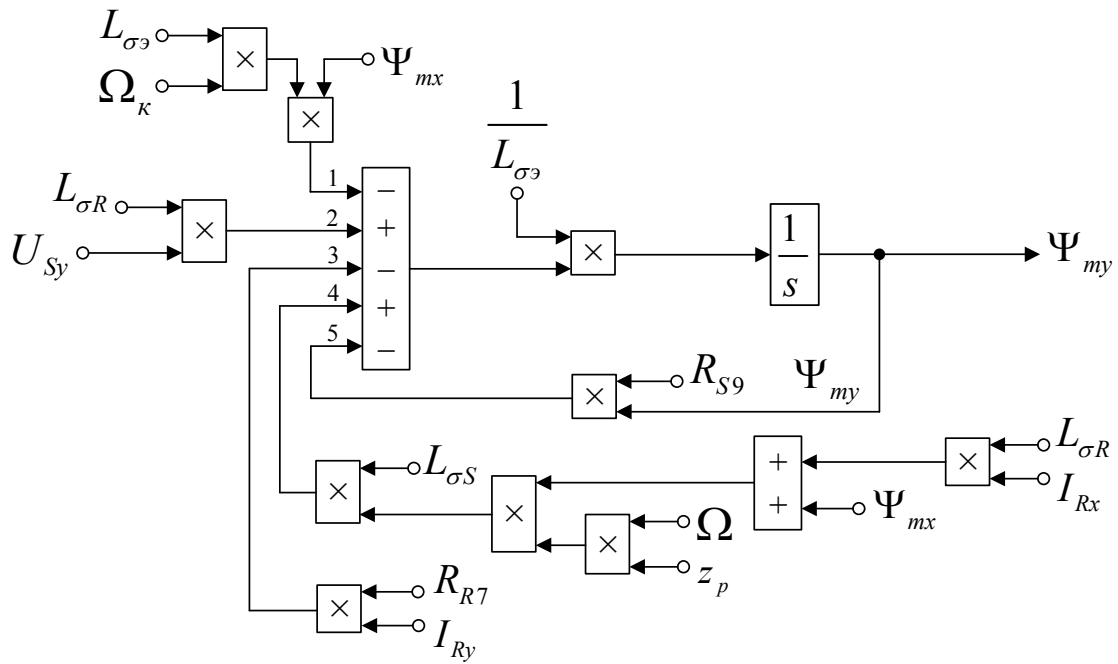


Рис. 8. Структурная схема для определения потокосцепления Ψ_{my} в Simulink

На рис. 9 представлена структурная схема для реализации уравнения электромагнитного момента:

$$M = \frac{3}{2} \cdot z_p \cdot (\Psi_{my} \cdot I_{Rx} - \Psi_{mx} \cdot I_{Ry}).$$

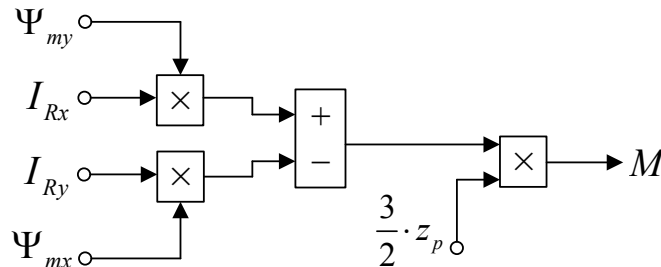


Рис. 9. Математическая модель определения электромагнитного момента M в Simulink

Из уравнения движения выразим механическую угловую скорость вращения вала двигателя (рис. 10):

$$M - M_c = J \cdot \Omega \cdot s;$$

$$\Omega = (M - M_c) \cdot \frac{1}{J} \cdot \frac{1}{s}.$$

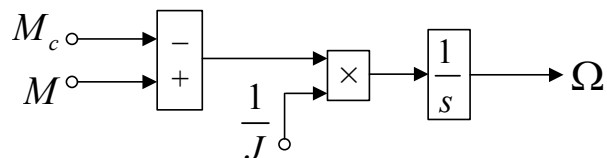


Рис. 10. Математическая модель уравнения движения в Simulink

Математическая модель асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с переменными $I_R - \Psi_m$ на выходе интегрирующих звеньев в системе абсолютных единиц в Simulink дана на рис. 11, ..., 15.

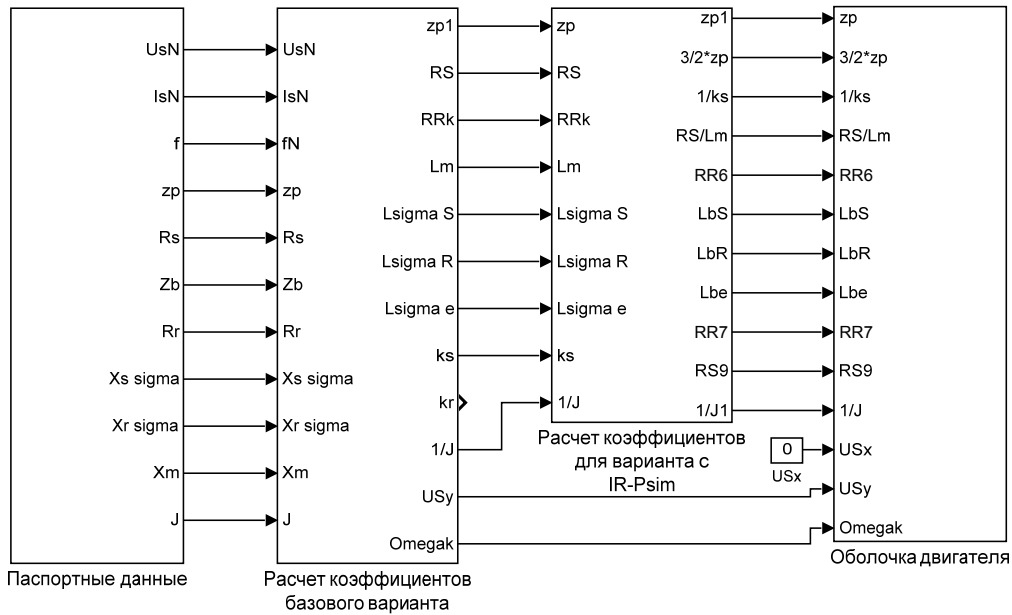


Рис. 11. Общая схема математической модели асинхронного двигателя с переменными $I_R - \Psi_m$ на выходе интегрирующих звеньев в системе абсолютных единиц в Simulink

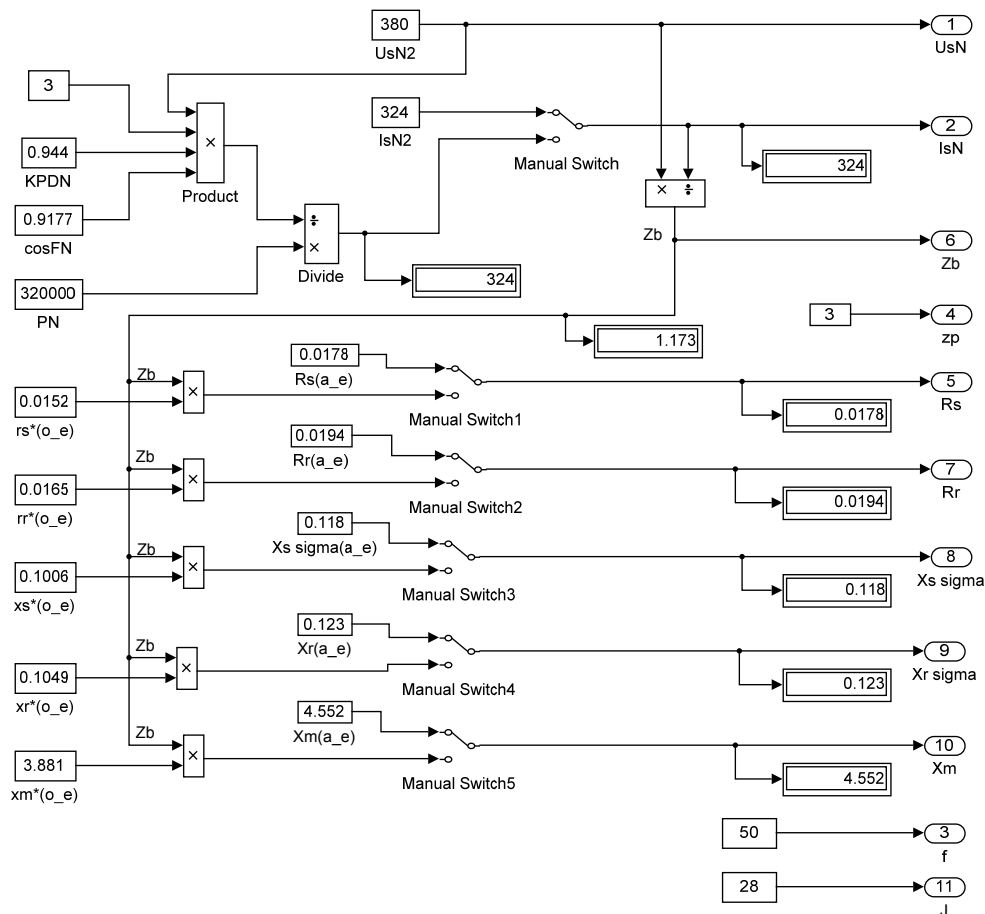


Рис. 12. Паспортные данные

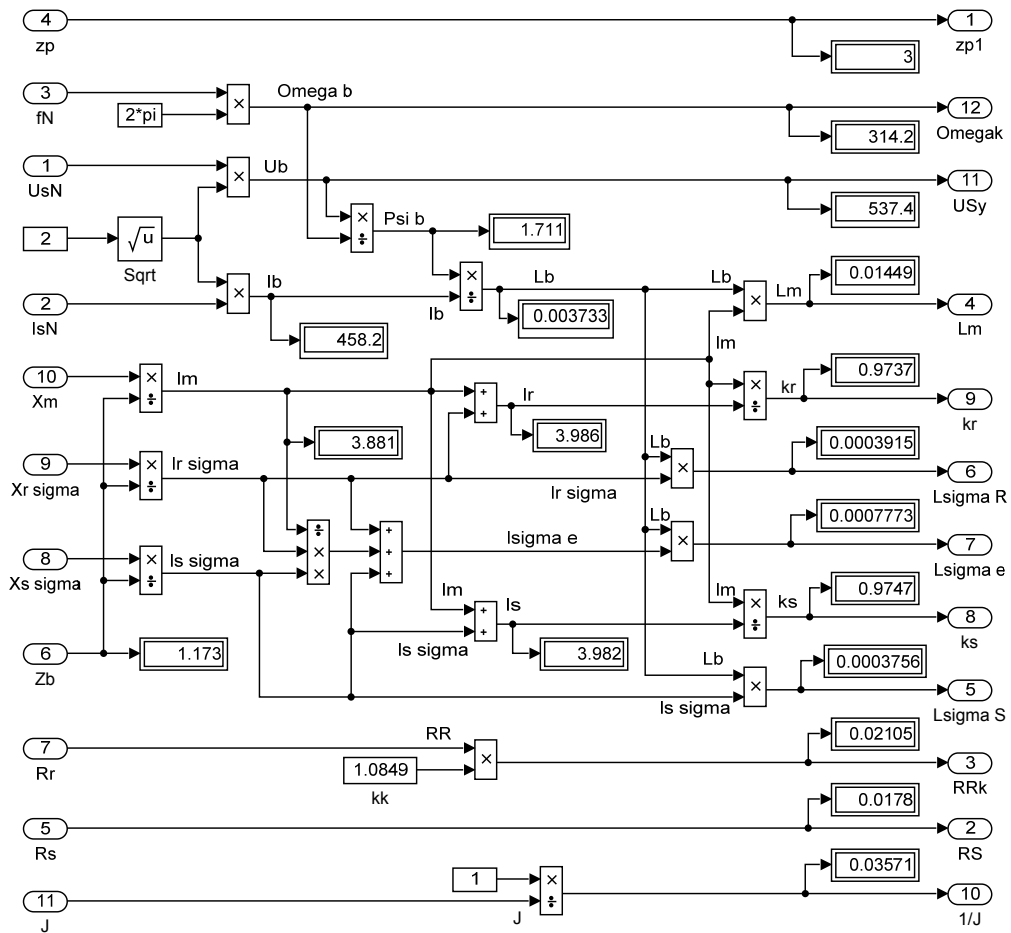


Рис. 13. Расчет коэффициентов базового варианта

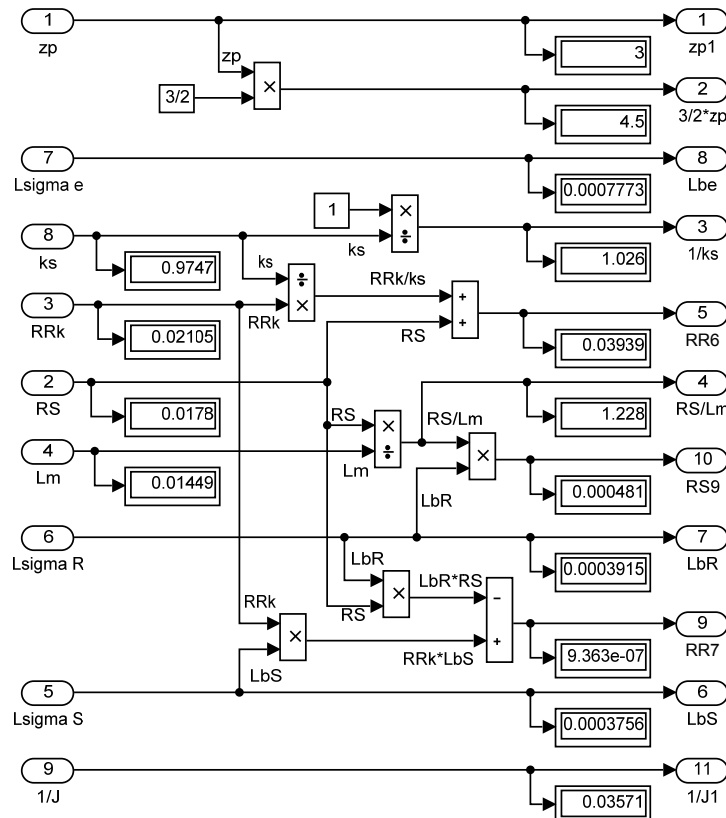


Рис. 14. Расчет коэффициентов для варианта с переменными $I_R - \Psi_m$

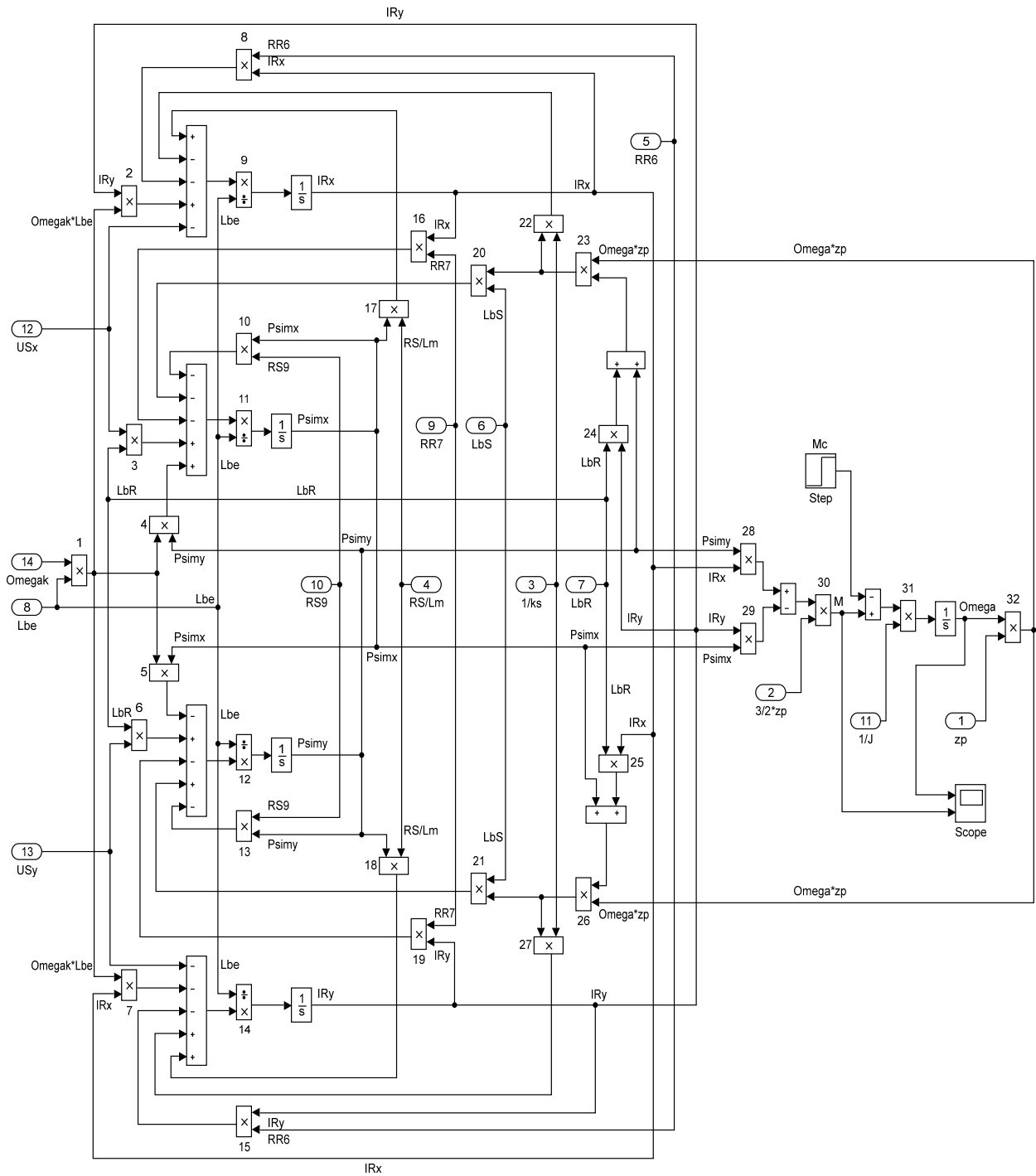


Рис. 15. Оболочка модели асинхронного двигателя с переменными $I_r - \Psi_m$ на выходе интегрирующих звеньев в системе абсолютных единиц в Simulink

Эту же схему можно представить в более компактной форме с использованием блоков Goto и From (рис. 16) и отдельных субблоков с расчетами токов и потокосцеплений, приведенных на рис. 17, ..., 20.

Результаты моделирования асинхронного двигателя представлены на рис. 21.

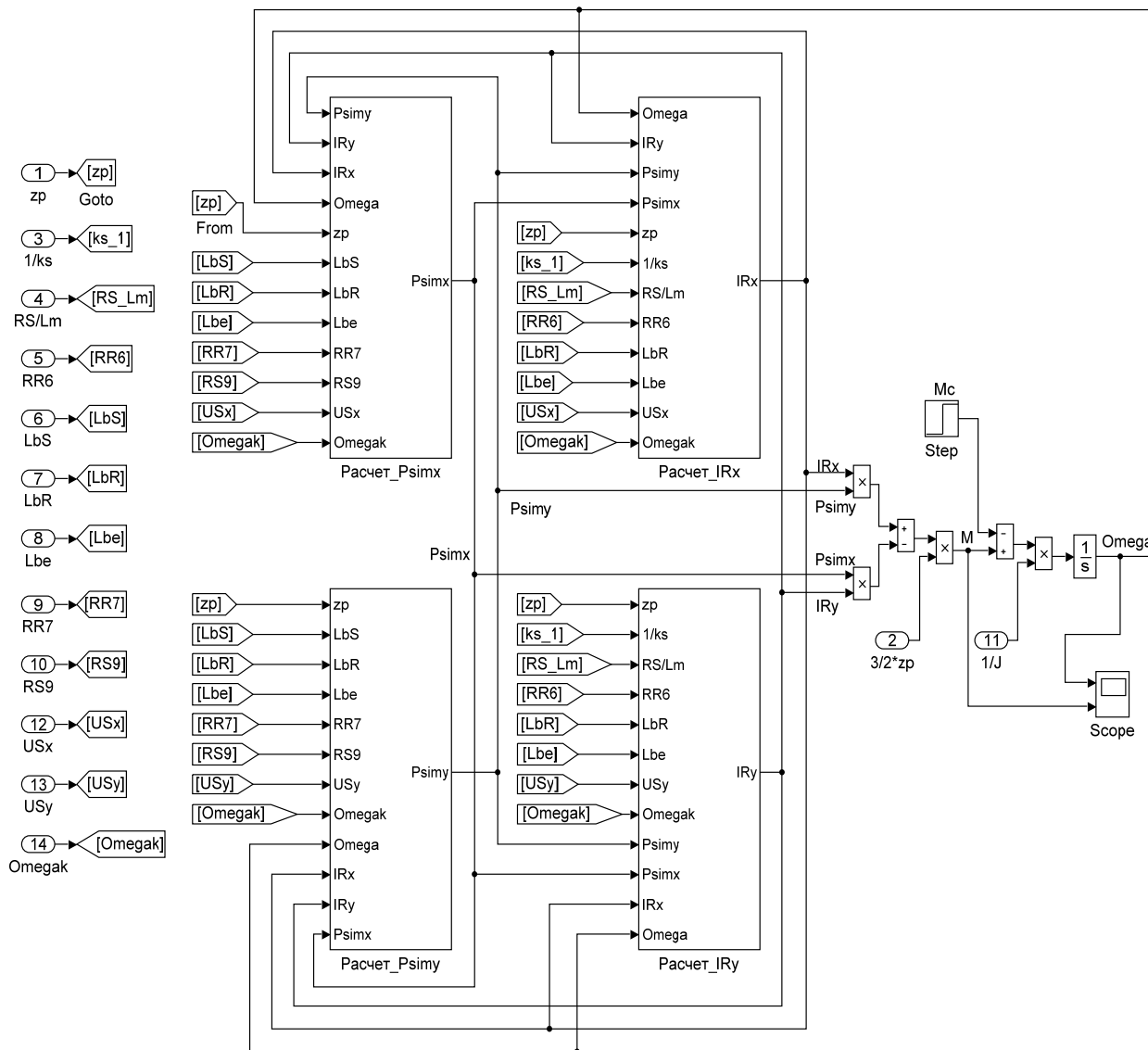


Рис. 16. Оболочка модели асинхронного двигателя с применением блоков Goto и From

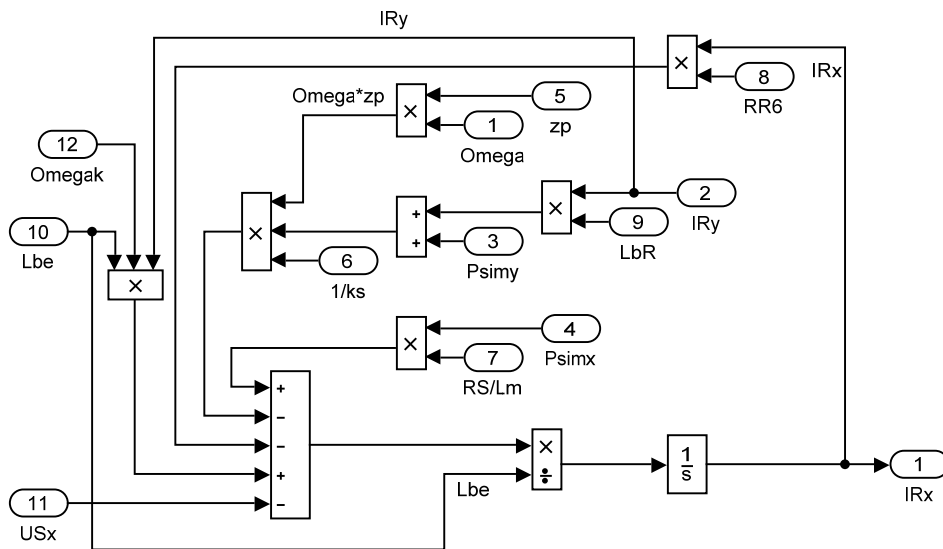


Рис. 17. Схема для расчета тока I_{Rx}

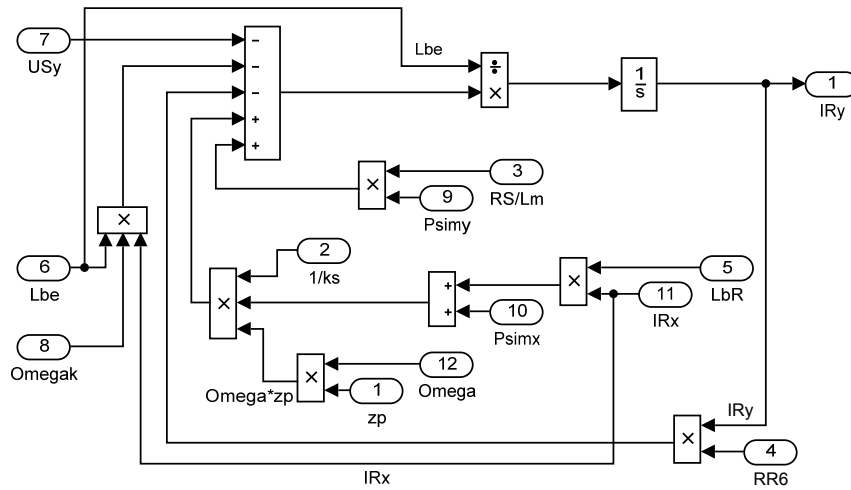


Рис. 18. Схема для расчета тока I_{Ry}

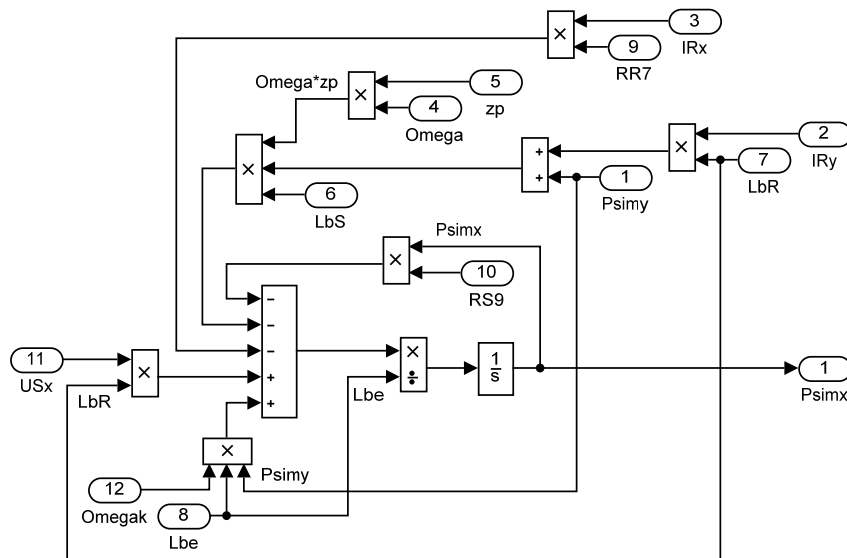


Рис. 19. Схема для расчета потокосцепления Ψ_{mx}

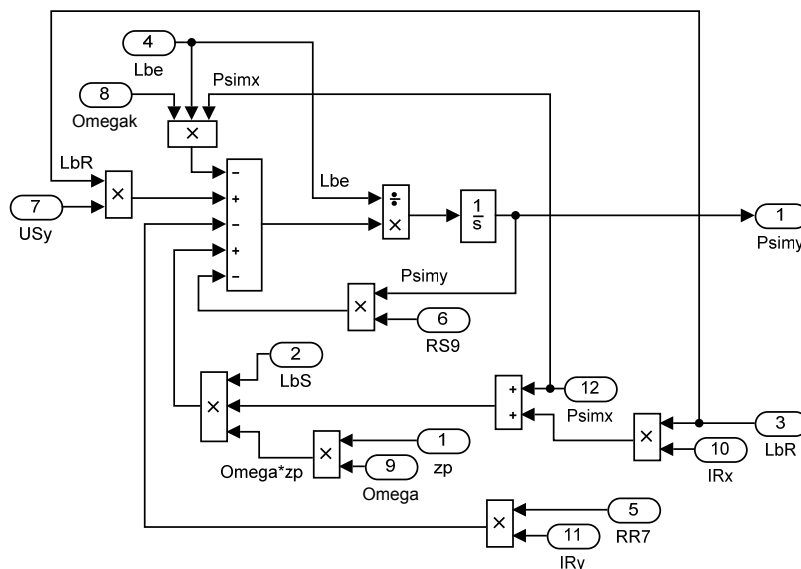


Рис. 20. Схема для расчета потокосцепления Ψ_{my}

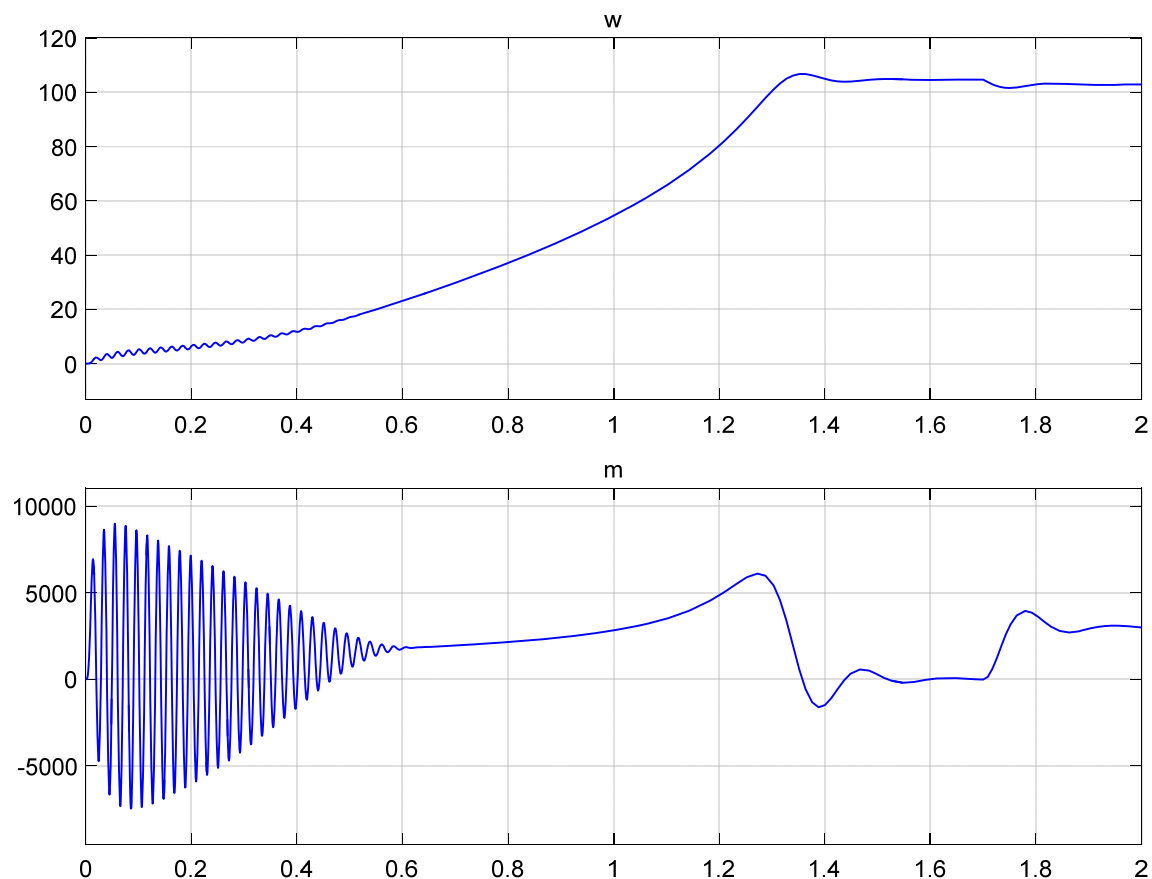


Рис. 21. Графики скорости и момента

Литература:

1. Емельянов, А. А., Бесклеткин В. В., Пестеров Д. И., Вотяков А. С., Захаров А. О., Соснин А. С., Быстрых Д. А. Моделирование асинхронного двигателя с переменными $I_R - \Psi_m$ на выходе апериодических звеньев в системе абсолютных единиц в Simulink-Script // Молодой ученый. — 2017. — №49.
2. Шрейнер, Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. — Екатеринбург: УРО РАН, 2000. — 654 с.
3. Шрейнер, Р.Т. Электромеханические и тепловые режимы асинхронных двигателей в системах частотного управления: учеб. пособие / Р.Т. Шрейнер, А. В. Костылев, В. К. Кривовяз, С. И. Шилин. Под ред. проф. д. т. н. Р.Т. Шрейнера. — Екатеринбург: ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2008. — 361 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Повышение показателя производительности станции технического обслуживания за счет модернизации автомобильного подъемника S4D-2

Алимирзаев Мурад Гасанбекович, магистрант;

Голубь Кирилл Леонидович, аспирант;

Апальков Александр Федосеевич, кандидат технических наук, профессор
Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону)

В данной статье рассмотрен электрогидравлический автомобильный подъемник. Предложен расчет показателей, характеризующий эффективность процесса модернизации электрогидравлического автомобильного подъемника.

Ключевые слова: электрогидравлический автомобильный подъемник, двухстоечный подъемник, модернизированное оборудование, напорная и сливная гидролиния гидродвигателя, производительность насоса.

В данной работе рассмотрим электрогидравлический автомобильный подъемник. Тип подъемника определяет, по какому принципу будет проводиться подъем транспортного средства, и как он закрепляется на подъемнике. В автосервисе существуют подъемники узконаправленного назначения, предназначенные для шиномонтажных работ.

В первую очередь, подъемники классифицируют по конструктивным особенностям. По этим особенностям различают подъемники ножничного типа, подъемники плунжерного типа и стоечные автомобильные подъемники.

Рассматриваемые типы оборудования могут быть оснащены приводом различных типов. Применяются пневматические, электрогидравлические и электромеханические. Так же есть подъемники смешанного привода, например, пневмогидравлические.

Наиболее большим спросом обладают электрогидравлические подъемники. Причиной такой популярности является неприхотливость в обслуживании этого типа подъемного оборудования. Обслуживать и ремонтировать гидравлические подъемники нужно реже. Надежность подъемников с электрогидравлическим приводом состоит в отсутствие вращающихся сопрягаемых деталей и надежность системы опускания и подъема. [1, 5]

Более значимая техническая характеристика автомобильных подъемников для автосервисов — это их грузоподъемности. Именно по этим показателям определяют назначение: для грузовых и легковых автомобилей.

Чаще всего на СТО применяют подъемники со стойками в виде основных несущих элементов конструкции. Количество стоек может быть от одной до восьми. Одно-

стоечные автомобильные подъемники применяют в небольших мастерских.

Наиболее востребованные универсальные — двухстоечные подъемники. Они есть на большинстве СТО по обслуживанию легковых автомобилей. Подъемники с четырьмя, шестью и восемью стойками, применяются для обслуживания грузовых машин.

Четырехстоечные подъемники используют для работ, связанных с регулировкой развала схождения, регулировкой подвески. Чаще всего на стоечных подъемниках применяется электромеханический или электрогидравлический приводы. [6]

Нас интересует вопрос связанный с модернизацией электрогидравлического подъемника S4D-2.

В данном подъемнике привод подъема автомобиля осуществляется с помощью гидропривода, состоящего из гидростанции, двух гидроцилиндров, бака с рабочей жидкостью и трубопровода. Гидростанция данного подъемника слишком громоздкая, поэтому целесообразно сделать её более компактной. Для этого необходимо сделать расчет гидроцилиндров, расчет и подбор гидронасоса и электродвигателя.

Произведем расчет параметров и выбор гидродвигателя.

Для приводов с гидроцилиндром давление в рабочей полости $p_{ц}$ предварительно принимают по максимальной расчетной нагрузке $F_{нм} = 40 \text{ кН}$, принимаем $p_{ц} = 10 \text{ Мпа}$.

В общем случае максимальная нагрузка $F_{нм}$, преодолеваемая силовым цилиндром, определяется уравнением сил, действующих на выходное звено гидроцилиндра. Для гидроцилиндра:

$$F_{\text{нм}} = G$$

где G — вес перемещаемых узлов при вертикальном расположении цилиндра;

Исходя из $F_{\text{нм}}$ и $p_{\text{ц}}$, определяют эффективную площадь S и диаметр поршня D цилиндра

$$S = \frac{F_{\text{нм}}}{p_{\text{ц}} \cdot \eta_{\text{м}}}$$

$$S = \frac{40000}{5,8 * 0,9} = 7662(\text{мм}^2)$$

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 7662}{3,14}} = 98(\text{мм})$$

Расчетное значение D округляем до ближайшего стандартного (ГОСТ 12447–80)=100 мм. По принятому значению D уточняют максимальное рабочее давление в цилиндре

$$p_{\text{ц}} = \frac{4F_{\text{нм}}}{\pi \cdot D^2 \cdot \eta_{\text{м}}}$$

$$p_{\text{ц}} = \frac{4 * 40000}{3,14 * 100^2 * 0,9} = 5,7(\text{Мпа})$$

Для привода с гидроцилиндром после определения D рассчитаем диаметр штока $D_{\text{ш}}$.

$$D_{\text{ш}} = (0,4/0,5)D;$$

$$D_{\text{ш}} = 0,8 \cdot 100 = 80 \text{ мм};$$

Расчетное значение $D_{\text{ш}}$ округляем до ближайшего стандартного (ГОСТ 12447–80) $D_{\text{ш}} = 80$ мм. По значениям D , $D_{\text{ш}}$, $L_{\text{м}}$, $\eta_{\text{м}}$ выберем типоразмер и конструкцию гидроцилиндра по нормали Г21–19, выбираем ГЦ-1–3716.

Произведем расчет параметров и выбор насоса.

По заданным скоростям ускоренных перемещений $V_{\text{бп}}$, $V_{\text{б0}}$ и рабочих перемещений $V_{\text{рп1}}$, $V_{\text{рп2}}$ исполнительного механизма определяются требуемые расходы в напорной и сливной гидролиниях гидродвигателя.

Напорная гидролиния $Q_{\text{цн}}$ Сливная гидролиния $Q_{\text{цсл}}$

$$Q_{\text{цБП}}^{\text{н}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot V_{\text{БП}}$$

$$Q_{\text{цБП}}^{\text{сл}} = \frac{\pi \cdot (D^2 - D_{\text{ш}}^2)}{4} \cdot V_{\text{БП}}$$

$$Q_{\text{цБП}}^{\text{н}} = \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} \cdot 10,6 = 0,13 \text{ л/с} = 7,8(\text{л/мин})$$

$$Q_{\text{цБП}}^{\text{сл}} = \frac{3,14 \cdot (0,1^2 - 0,08^2)}{4} \cdot 10,6 = 0,03 \text{ л/с} = 1,8(\text{л/мин})$$

Подачу (производительность) насоса постоянной производительности рассчитывают по уравнению:

$$Q_{\text{н}} = Q_{\text{max}} + \sum_{i=1}^n Q_{\text{ГА}}^{\text{H}} + Q_{\text{кл}}$$

где Q_{max} — максимальный из рассчитанных расходов; ΣQ_{yi} — суммарные объемные потери в гидроаппаратуре предлагаемой схемы привода;

$Q_{\text{кл}}$ — расход масла через предохранительный клапан, необходимый для обеспечения устойчивой работы привода ($Q_{\text{кл}} = 3/4$ (л/мин)) [2, 3];

n — количество гидроаппаратов на напорной гидролинии привода.

Объемные потери в гидроаппаратах определяются по уравнению:

$$Q_{\text{ГАi}}^{\text{H}} = r_{\text{ГАi}} \cdot p_{\text{ци}}$$

где $r_{\text{ГА}}$ — удельная утечка (ориентировочно для гидроаппаратуры $r_{\text{ГА}} = 0,017 \text{ см}^3/(\text{МПа} \cdot \text{с})$, гидроцилиндра $r_{\text{ц}} = (0,034/0,05) \text{ см}^3/(\text{МПа} \cdot \text{с})$, гидромотора $r_{\text{д}} = (0,8/1,2) \text{ см}^3/(\text{МПа} \cdot \text{с})$ [3, 4];

$p_{\text{ци}}$ — максимальное рабочее давление в гидродвигателе (при рабочих подачах с $F_{\text{нм}}$).

$$Q_{\text{ГАi}}^{\text{H}} = (0,017 + 0,05) \cdot 1 = 0,065 \text{ л/с} = 3,9(\text{л/мин})$$

$$Q_{\text{н}} = 7,8 + 3,9 + 3 = 14,7(\text{л/мин})$$

По расчетному значению $Q_{\text{н}}$ принимаем ближайшее большее значение из стандартного ряда расходов $\text{л/мин} = 16$ (ГОСТ13825–80), (СТ СЭВ 520–77)

По расходу $Q_{\text{н}}$ выбираем насос Н-11–4658.

Далее подберем электродвигатель. Мощность, потребляемая насосом

$$N_{\text{ни}} = \frac{p_{\text{ни}} \cdot Q_{\text{ни}}}{60 \cdot \eta_{\text{н}}}$$

$$N_{\text{ни}} = \frac{14 \cdot 16}{60 \cdot 0,9} = 4,7(\text{кВт})$$

Суммарные потери мощности гидропривода за весь рабочий цикл определяется уравнением:

$$\Delta N = \frac{1,5 \cdot 50}{50 + 60} = 0,68(\text{кВт}),$$

Причиной нагрева масла являются потери мощности ΔN в гидроприводе. Поверхность бака излучает тепло его в окружающую среду и служит естественным охладителем. Для обеспечения нормального теплового режима работы гидропривода без принудительного охлаждения определяют необходимый объем рабочей жидкости в гидробаке насосной установки.

При известной площади поверхности S_0 превышение установившейся температуры масла T_{y} в баке над температурой окружающей среды T_0 составляет $\Delta T = T_{\text{y}} - T_0$

$$\Delta T = \frac{\Delta N}{K_T \cdot S_6} \cdot 10^5,$$

где K_T — коэффициент теплопередачи от бака в атмосферу. При отсутствии интенсивной циркуляции воздуха вблизи стенок бака $K_T=17$ Вт/(м²·с); при обдуве стенок бака струей воздуха от вентилятора $K_T = 23$ Вт/(м²·с).

Для определения S_6 можно принимать

$$S_6 = \sqrt[3]{V_\delta^2},$$

где V_δ — объем масла в баке.

$$S_6 = \sqrt[3]{12^2} = 5,2(\text{м}^2);$$

$$\Delta T = \frac{0,68}{17 \cdot 5,2} \cdot 10^5 = 769 (^\circ\text{C})$$

При максимально допускаяем $\Delta T = 35$ необходимый объем масла в баке V определяется выражением

$$V = 27000 \sqrt{\left(\frac{\Delta N}{\Delta T}\right)^3} \quad [(\text{л})],$$

$$V = 27000 \sqrt{\left(\frac{0,68}{769}\right)^3} = 1 [(\text{л})]$$

Проведем расчет мощности приводного электродвигателя насосной установки.

Гидроприводы технологического оборудования чаще всего работают в повторно-кратковременном режиме работы. Время рабочего цикла, как правило, не превышает 10 мин. В этих условиях электродвигатель насоса выбирается по эквивалентной мощности.

$$N_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{N_{n1}^2 \cdot t_1 + N_{n2}^2 \cdot t_2 + \dots + N_{ni}^2 \cdot t_i}{t_1 + t_2 + \dots + t_i}}$$

$$N_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{(4,7)^2 \cdot 50}{50 + 60}} = 2,2 \text{ кВт}$$

Выбираем электродвигатель типа WT-1 PowerUnit 1: мощностью $N=2,2$ кВт; число оборотов-3000 об/мин.; массой — 17 кг.

В целом проведенные исследования помогли определить целесообразность работы и сократить расходы на реализацию разработки участка ТО и ТР станции технического обслуживания автомобилей, с модернизацией электрогидравлического подъёмника, что, в свою очередь, приведёт к увеличению производительности и рентабельности работы предприятия. И самое главное, предложенные нами мероприятия по модернизации электрогидравлического подъемника S4D-2 выгоднее для предприятия, так как они дешевле оборудования с такими же техническими возможностями.

Литература:

1. Производственно-техническая инфраструктура сервисного обслуживания автомобилей: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / [Н.И. Вережкин, А.Н. Новиков, Н.А. Давыдов и др.]; под ред. Н.А. Давыдова. — 2-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2013. — 400 с.
2. Канарчук, В.С. и др. Развитие производственно — технической базы предприятий автомобильного транспорта. — К.: ИСДО, 1995. — 220 с.
3. СНиП 11–92–76. Строительные нормы и правила. Часть II. Нормы проектирования. Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий. М.: Стройиздат, 1977. — 29 с.
4. Р 2.2.2006–05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда (утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 29.07.2005). — Введ. 2005–11–01.
5. <http://avtowithyou.ru/instrument-i-oborudovanie/vidy-i-os...ov-dlya-avtoservisa/>
6. http://vk.com/wall347584442_2391

Электростанции, использующие энергию волн

Безгин Михаил Александрович, студент;

Улямаев Константин Сергеевич, студент;

Симонова Анжелика Андреевна, студент

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

Если газ, нефть и каменный уголь, добываемые из недр Мирового океана, являются, в основном, энергетическим сырьем, то многие природные процессы в океане служат напрямую носителями энергии. Благодаря этому было начато освоение энергии приливов, разработаны проекты использования энергии волн, течений и прибой.

Колоссальные запасы энергии аккумулирует Мировой океан. Ее проявление встречается в различных

формах: в виде приливов и отливов, обеспечивающих теплом отдельные прибрежные государства, как градиенты солености между пресными водами в устьях стекающих рек и соленой морской водой и т. д. Любая из данных форм имеет свой потенциал по количеству энергии (таблица 1), а его сумма выражается в энергии океана.

Таблица 1

Вид источника энергии	Мощность, кВт		Коэффициент полезного действия, %
	Потенциальные ресурсы	Технически реализуемые	
Приливы	$2,7 \cdot 10^{11}$	$3 \cdot 10^{10}$	35
Течения	10^{11}	$5 \cdot 10^{10}$	75
Волны	$7 \cdot 10^{13}$	$2,7 \cdot 10^{13}$	90
Перепады температур	$5 \cdot 10^{13}$	$2 \cdot 10^{12}$	6
Градиенты солености	$3 \cdot 10^{13}$	$2,6 \cdot 10^{12}$	25
Ветер	$9 \cdot 10^{13}$	$5 \cdot 10^{11}$	60
Биомасса	$3 \cdot 10^{11}$	$2 \cdot 10^{10}$	35

Выполнен анализ представленных в таблице данных из которых можно сделать вывод, что степень освоения энергии океана, на сегодняшний день, крайне низка.

Мощность волны прилива в одном цикле прилив-отлив определяется уравнением:

$$P = \rho g F H^2 / 2t, \text{ Вт,}$$

где ρ — плотность воды, кг/м^3 ; g — ускорение силы тяжести, м/с^2 ; F — площадь приливного бассейна на, м^2 ; H — амплитуда колебаний уровня воды, м ; t — продолжительность прилива, с .

Также приливные электростанции (ПЭС) имеют ряд преимуществ перед традиционными технологиями и установками по добыче электроэнергии. Главное преимущество является то, что этим станциям топливо не нужно, а значит, и продуктов сгорания нет.

Второй плюс также важен. Что бы ни случилось, и какие бы не случились катаклизмы (землетрясения, цунами, извержения вулканов, и т. п.), самое страшное, что может случиться, это разрушение рабочего блока и генератора с подстанцией, но так как зачастую ПЭС подключена к крупным энергетическим системам, то потребители не ощутят на себе последствия аварии.

Третье достоинство является принцип работы, определяющей бережное отношение к рыбному богатству государства. Часть планктона, конечно, гибнет при прохождении водозаборников, но не более десятой части (для

сравнения: прохода лопастей гидростанций не выдерживает от 83 до 99% водной микрофауны, главного корма рыб).

Именно поэтому сегодня применять энергию приливов планируют в 139 створах побережья Мирового океана. Что должно обеспечить 12% потребляемой энергии в мире. В России отвечающие требованиям места для сооружения ПЭС с большими приливами располагаются в Охотском море — Пенжинская и Тугурская губы, а также в Мезинской губе Белого моря.

Как и строительство любого сооружения создание ПЭС связано с серьезными проблемами. Предварительно, они связаны с характером приливов, на которые нельзя повлиять. Поскольку они зависят от астрономических причин, от специфики очертаний берегов, рельефа дна и т.п.

Вопреки данным проблемам люди упорно предпринимают попытки освоить энергию морских приливов. Сегодня предложено около 300 всевозможных технических проектов строительства ПЭС. Самое экономически эффективное решение было предложено советскими учеными, а именно применение в ПЭС поворотно-лопастной (обратимой) турбины.

У данной технологии есть свои плюсы. Перечислим некоторые из них:

— Данным станциям не нужно топливо, а значит, и продуктов сгорания нет.

— Самое страшное, что может случиться, это разрушение генератора с подстанцией и рабочего блока.

— Бережное отношение к рыбному богатству государства.

Определяющим же недостатком приливных электростанций представляется невозможность их непрерывной работы, связанное с циклическим характером приливов и отливов.

В начале 2000-х годов руководство РАО «ЕЭС России» приняло решение о восстановлении Кислогубской ПЭС в качестве экспериментальной базы для отработки новых гидроагрегатов для приливных электростанций, а также технологий сооружения ПЭС. В конце 2004 года на станции был установлен новый ортогональный гидроагрегат мощностью 0,2 МВт с диаметром рабочего колеса 2,5 м, изготовленный ФГУП «ПО Севмаш» (старый гидроагрегат при этом был демонтирован), станция была введена в эксплуатацию. В конце 2006 года к станции была подведена линия электропередачи напряжением 35 кВт.

В начале 2000-х годов руководство РАО «ЕЭС России» приняло решение о восстановлении Кислогубской ПЭС в

качестве экспериментальной базы для отработки новых гидроагрегатов для приливных электростанций, а также технологий сооружения ПЭС. В конце 2004 года на станции был установлен новый ортогональный гидроагрегат мощностью 0,2 МВт с диаметром рабочего колеса 2,5 м, изготовленный ФГУП «ПО Севмаш» (старый гидроагрегат при этом был демонтирован), станция была введена в эксплуатацию. В конце 2006 года к станции была подведена линия электропередачи напряжением 35 кВт.

Сегодня Кислогубская ПЭС считается экспериментальной и используется как полигон для подготовки проектов строительства более мощных приливных электростанций. На станции экспериментируют и с другими видами возобновляемой энергии: работает солнечная батарея, ветроизмерительный комплекс.

Во многих странах, которые располагают ресурсами приливной энергии, сегодня развернуты активные работы по их использованию. При этом (аналогично подходам, принятым в России) созданию крупных ПЭС предшествуют изучение отработка возникающих проблем на специально построенных, относительно небольших ПЭС, являющихся прообразом мощных ПЭС.

Литература:

1. Использование энергии приливов и отливов // Полная энциклопедия. URL: <http://www.polnaja-jenciklopedija.ru/zhizn-okeana/ispolzovanie-energii-prilivov-i-otlivov.html> (дата обращения: 9.11.2017).
2. Энергетические ресурсы Мирового океана // География. URL: <http://biofile.ru/geo/14118.html> (дата обращения: 9.11.2017).
3. На гребне волны: как работает приливная энергетика // Новости энергетике. URL: <http://novostienergetiki.ru/na-grebne-volny-kak-rabotaet-prilivnaya-energetika/> (дата обращения: 9.11.2017).

Разработка технологии наплавки направляющих роликов прокатных станов

Блялова Жанар Болатовна, магистрант
Карагандинский государственный технический университет (Казахстан)

Невозможно назвать отрасль, которая не использует металл и прокат, изготовленный из него, для производства которого активно используется прокатный стан. Сегодня металлургические компании предъявляют очень высокие требования к оборудованию. Поэтому современные промышленные машины, в частности прокатные станы, значительно отличаются от ранее изготовленных моделей.

В зависимости от параметров конечного продукта эти машины могут быть нескольких типов. Заготовка и обработка (слябы и блюмы) предназначены для производства крупной заготовки металлического слитка, которая поставляется для дальнейшей обработки на специальном прокатном стане. Оборудование последнего типа, на котором уже выполнена металлическая прокатка требуемой конфигурации, включает секционные, трубные и проволочные станы.

Каждый прокатный стан имеет три основных рабочих элемента: рабочие клетки, передаточные устройства и приводные двигатели. Ролики, по которым перемещаются лист или профиль, входят в рабочие клетки. Также рабочая клетка включает в себя механизмы установки, проводку и наведения проката.

Все прокатные и направляющие валки подвергаются сильному термическому и абразивному износу в процессе работы (Рисунок 1).

Каждое предприятие по производству стали, стремится снизить свои затраты на ремонт прокатного оборудования, путем ремонта максимально возможного количества деталей прокатных станов. Среди методов ремонта выделяется сложности при ремонте прокатных валков.

Возможными методами по ремонту направляющих валков является наплавка. Существуют несколько де-

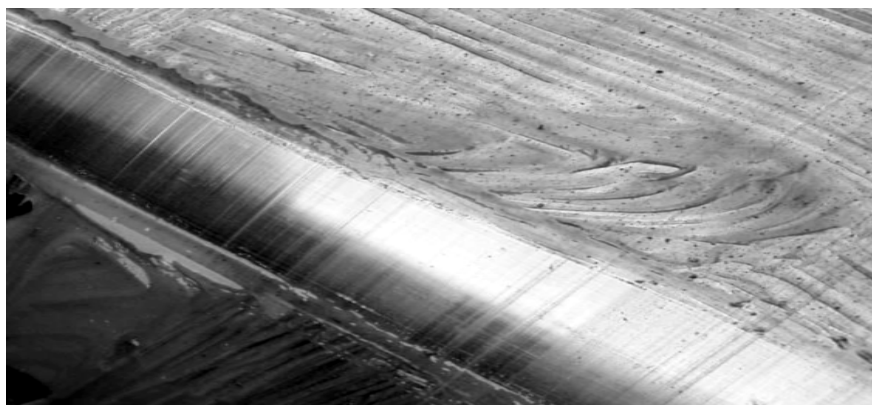


Рис. 1. Аварийное повреждение поверхности направляющего ролика, приведшего к аварийной остановке стана

сятков видов наплавки. Каждый из которых имеет свои плюсы и недостатки.

Однако, научным коллективом, было предложено использовать метод наплавки под слоем керамического флюса, так как, в данном методе возможно точное управление составом наплавленного металла.

Совершенствование способов защиты реакционной сварочной зоны, что позволяет иногда обходиться без дополнительной металлургической обработки шва либо значительно ее упрощает. Этому направлению отвечают способы сварки в вакууме, в контролируемой атмосфере, в среде защитных газов и т. п.

Флюсы, применяющиеся в настоящее время при электродуговой сварке или наплавке, изготавливают различными методами. Большую группу флюсов в нашей стране и за рубежом изготавливают путем сплавления окислов кремния, марганца, кальция, алюминия и других элементов, а также минералов, смешанных в определенной пропорции. В соответствии с технологией изготовления плавящихся флюсов нельзя вводить в их состав химически активные и летучие компоненты, так как при расплавлении эти компоненты улетучатся или будут окислены.

Указанного недостатка лишены неплавленные флюсы — керамические, агломерированные и др. При изготовлении этих флюсов, в их состав можно вводить практически любые активные вещества, ферросплавы, лигатуры или свободные элементы, которые в процессе взаимодействия с металлом шва могут служить раскислителями, легирующими компонентами, модификаторами и т. п. В результате

этого открываются новые технические возможности электродуговой механизированной сварки. Многочисленные положительные результаты лабораторных и производственных испытаний керамических флюсов доказали необходимость широкого промышленного производства их.

Поскольку определяющее значение в массопереносе при дуговой сварке под флюсом имеют процессы, протекающие между металлом и шлаком, изучение условий и механизма их взаимодействия приобретает особенно важное значение. В общем случае обмен между металлом и шлаком может происходить либо в результате химического взаимодействия компонентов на реакционной границе раздела фаз, либо путем растворения частиц компонента в металле или шлаке. Скорость любого гетерогенного процесса в целом определяется наиболее медленным звеном в цепи явлений, обеспечивающих его протекание (подвод реагентов к границе взаимодействия, акт химической реакции или растворения, отвод продуктов взаимодействия) [1]. Для большинства гетерогенных пирометаллургических процессов лимитирующим звеном является транспорт реагентов, так как скорость растворения и скорость химического превращения быстро растут с повышением температуры, тогда как скорость массообмена при этом изменяется сравнительно мало [2 и др.].

Состав шихты флюсов существенно влияет на сумму приэлектродных падений напряжения и производительность расплавления электрода, особенно при прямой полярности [3,4]. Это влияние как при прямой, так и при обратной полярности показано в таблице 1.

Таблица 1. Влияние состава шихты флюсов на сумму приэлектродных падений напряжения и производительность расплавления электрода

Керамический флюс	$V_k + V_{ан}$, В	α_n	α_o
Глинозем	24–25	18,6–19,4 19,2	12
Кварцевый песок	23–24	19,3–19,9 19,5	11,9
Плавленый шпат	22,5–23,5	18,0–18,3 18,1	11,8
Двуокись титана	17–18	13–14,2 13,4	11,6
Магнезит обожженный	9–10	9,3–10,2 9,7	10,0
Мрамор	8–9	8,2–8,8 8,4	10,6

Данные таблицы 1 получены в лабораторных условиях при использовании однокомпонентных флюсов. При большом числе компонентов во флюсе влияние их нивелируется, однако очевидно, что путем изменения шихты флюсов можно заметным образом регулировать величину мощности, выделяющейся в приэлектродных областях, а следовательно, и производительность расплавления электрода.

По данным Б. Е. Патона для проволоки диаметром 4 мм $T_2(0)$ изменяется от 200 до 280° С при изменении тока от 500 до 900 А. Следовательно, логарифм отношения с ростом тока изменится еще меньше.

Более интенсивному росту $a_{рпн}$ по сравнению с $a_{роп}$ могут способствовать повышение катодного напряжения с ростом тока и увеличение эффективного КПД нагрева катода дугой связанное с изменением характера переноса электродного металла через дугу и улучшением условий теплопередачи от дуги электроду. Весьма заметный рост коэффициентов расплавления, как на прямой, так и на обратной полярности, наблюдается с уменьшением диаметра используемой электродной проволоки. Такой результат объясняется возрастанием плотности тока, увеличением подогрева электрода протекающим током, а также уменьшением теплоизолирующей жидкой прослойки между источником тепла и твердым электродным металлом. Также не исключена возможность роста мощности, выделяемой на катоде W_K и на аноде W_H при повышении плотности тока.

По методике ЖдМИ испытанию подвергается слой металла шва, находящийся в ТИХ, тогда как основной

металл образцов или металл шва, охладившийся ниже ТИХ, деформации не подвергается, и от их свойств результаты испытаний не зависят. Это свидетельствует о достаточной «чистоте» постановки эксперимента и приближении его условий к реальным условиям исследуемого явления, чего не удастся достигнуть при использовании других методов испытаний. Воспроизводимость результатов при повторных испытаниях по методике ЖдМИ в одинаковых условиях проверена экспериментально. Ниже представлены результаты исследований влияния сильных карбидообразующих элементов (Ti, Nb) на первичную структуру и технологическую прочность металла шва при сварке сталей под керамическим флюсом. Ввиду того, что все модификаторы обладают высоким сродством к кислороду, для их введения в металл шва через флюс необходимо, чтобы последний имел минимальную окислительную способность. Поэтому для проведения исследований был принят слабоокислительный флюс, имеющий шлакообразующую основу следующего состава: 25,5% MgO, 41,0% Al₂O₃, 25,5% CaF₂, 8% TiO₂ (Таблица 2). В качестве связующего использовали химически чистый алюминат натрия, что обеспечивало наибольший переход модификаторов в металл шва. Для оценки влияния карбидообразователей (Ti, Nb) на первичную структуру и сопротивляемость наплавленного металла от химического состава флюса против образования горячих трещин, в опытные флюсы вводили модификаторы в виде электролитически чистых металлических порошков.

Таблица 2. Состав опытных керамических флюсов с добавками Ti, %

Индекс флюса (принят условно)	Содержание компонентов, %				
	MgO	Al ₂ O ₃	CaF ₂	Ti	Nb
T-0	25,5	41,0	25,5 •	8,0	0,00
T-2	25,0	40,2	25,0	7,8	2,00
T-5	24,25	39,0	24,25	7,5	5,00
T-7	23,7	38,2	23,7	7,4	7,00
T-10	23,0	36,8	23,0	7,2	10,00
T-15	21,7	34,8	21,7	6,8	15,00
T-20	20,4	32,8	20,1	6,4	20,00

Для определения показателя под каждым флюсом наплавливали испытываемые ролики. Каждый ролик направляющий, был снят с работающего стана, для производства ремонтных работ. Все ролики для испытаний были сняты с одного прокатного стана.

Эти же образцы использовали для определения химического состава металла шва и изготовления шлифов для выявления первичной структуры.

Оптимальное содержание модификаторов оценивали по степени измельчения структуры и величине показателя

сопротивляемости против образования кристаллизационных трещин. Для повышения эффективности влияния модификаторов образцы сваривали при сравнительно большой погонной энергии и большом объеме сварочной ванны ($I = 700...750$ А, $u_d = 32...34$ В, $v_{CB} = 10$ м/ч, ток постоянный обратной полярности, проволока Св-08Г2С).

Структура металла шва на образцах из армо-железа, соответствующая определенной концентрации в шве титана, представлена на рисунке 2.

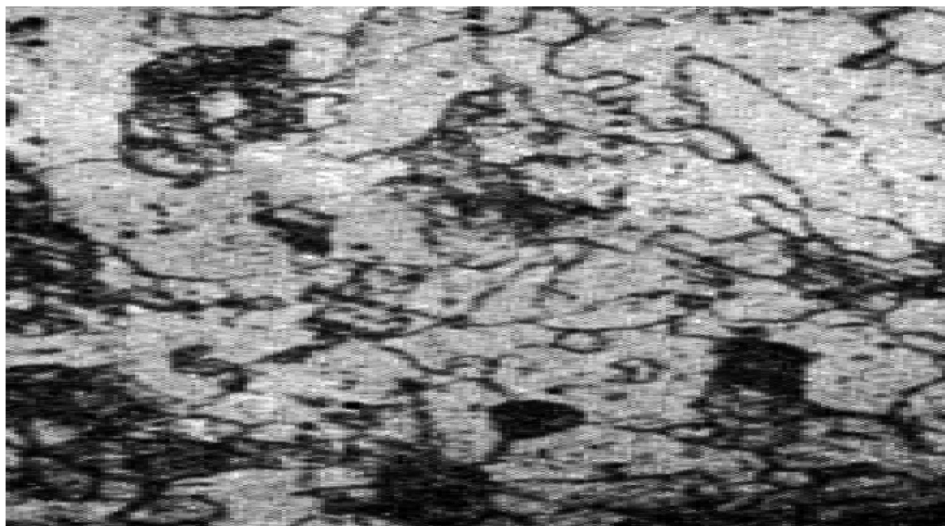


Рис. 2. Первичная структура металла шва в переходной зоны на образцах из армко-железа ($[Ti] = 0\%$), X 90 (образцы были протравлены кислотой для улучшения видимости)

Литература:

1. Багрянский, К.В., Лаврик П.Ф. Керамические флюсы с железным порошком // Автоматическая сварка. — 1996. — № 10.
2. Багрянский, К.В., Лаврик П.Ф. О механизме легирования металла капель при сварке под керамическим флюсом. — Сварочное производство. — 1999.
3. Ерохин, А.А. и др. О воздействии колебаний ультразвуковой частоты на характер кристаллизации сварочной ванны // Известия АН СССР ОТН. — 1999. — № 1.
4. Есин, О.А., Гельд П.В. Физическая химия пирометаллургических процессов. Ч. 2. — Москва-Свердловск: Metallurgizdat, 1999. — 606 с.

Преимущества использования контейнерной архитектуры в серверной разработке

Бушев Юрий Владимирович, инженер-программист
ИП Бушев Юрий Владимирович (г. Нижний Новгород)

В наши дни практически ни один Интернет-сайт или сервис не может обойтись без серверной составляющей. Той частью экосистемы, которая отвечает за хранение и обработку данных. Чем больше спектр задач, решаемый сервисом, тем сложнее и больше программных компонент работает на его серверной стороне.

Для работы над установкой, настройкой и обновлением серверных компонент требуется большой уровень компетенции системного администратора, а также большое количество человеко-часов в случае возникновения следующих гипотетических ситуаций:

- Потеря данных на дисковом массиве — требуется установить всю систему заново;

- После обновления какого-либо компонента на новую версию появились сбои в работе;

- Руководство решило мигрировать на новые сервера или работать с другой хостинговой компанией.

В дополнении к вышеперечисленным сложностям, все компоненты системы работают в одном и том же окружении, и не изолированы друг от друга, что приводит к повышению рисков, связанных как с действиями самих разработчиков, так и с угрозами извне.

Одним из решений проблемы изоляции компонент системы друг от друга и, в том числе, от корневой операционной системы является использование виртуальных машин. Однако, здесь существует несколько основных недостатков:

1. **Производительность и время загрузки.** Как известно, дополнительный слой виртуализации между физическими устройствами ввода-вывода добавляет дополнительную работу центральному процессору, и, как

следствие, отрицательно влияет на производительность системы в целом;

2. Размер образа. При каждом обновлении, пусть даже самом незначительном, например, изменении в одной строке файла исходного кода, требуется полная замена образа, что сказывается на времени развертывания и увеличении трафика при загрузке образа на сервер.

3. Сложность совместного использования ресурсов. Зачастую, не все виртуальные машины умеют и имеют возможность настройки совместного использования общих ресурсов между собой. Включая использование виртуальной сети между разными образами.

Решить, описанные выше проблемы помогает Docker, который позволяет использовать среду виртуализации на уровне операционной системы. [1]

Как и в случае виртуальной машины, Docker выполняет процессы в своей, заранее сконфигурированной опе-

рационной системе. Основное отличие в том, что процессы фактически работают на физическом Host сервере, разделяя доступные ресурсы с другими процессами, работающими в Host системе.

Подход докера находится посередине, между полной виртуализацией и выполнением задач на Host машине. Это подход называется контейнеризацией, а образы, используемые в Docker — контейнерами. На Рис. 1 показана структура и основные компоненты системы, характерные для Docker-архитектуры.

Одним из основных понятий в терминологии докера является image (или образ). Для создания образа используются специальный файл — Dockerfile. В нем содержатся команды, необходимые для построения образа. Для примера, рассмотрим Dockerfile для образа Node.js [2] приложения (Рис. 2).

На первой строке обычно указывается имя и версия образа для наследования. В этом примере мы берем за

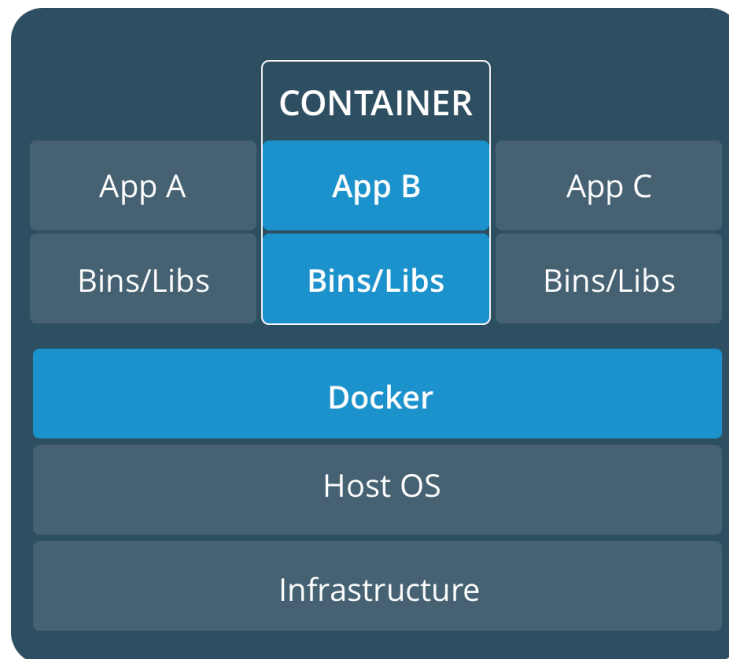


Рис. 1. Схема составляющих систем в Docker-архитектуре

```

1 FROM node:8.9.0-alpine
2
3 WORKDIR /var/proj
4
5 ADD package.json /var/proj
6 ADD package-lock.json /var/proj
7 ADD index.js /var/proj
8 ADD test.js /var/proj
9
10 RUN npm install

```

Рис. 2. Dockerfile образа Node.js приложения

основу официальный образ с предустановленной платформой Node.js на базе Alpine Linux (самый популярный и нетребовательный к ресурсам дистрибутив Linux сегодня) [3]. На 5–6 строках мы копируем необходимые файлы проекта в образ при помощи директивы ADD. Далее, используя директиву RUN, мы можем исполнять любые команды, которые поддерживает операционная система образа, в итоге, на 10 строке устанавливаем NPM зависимости проекта.

После того как нами был построен docker image можно приступить к созданию из него контейнеров на любом физическом сервере, где установлен Docker. Если image — это тиражируемый образ некоторой «машины», то container это уже сама «машина», которую можно запускать и останавливать.

При запуске, контейнеру можно передавать разнообразные параметры. Самым распространенным является

передача переменных окружения, которые будут доступны программному компоненту, работающему внутри контейнера.

Представим, что наше Node.js приложение — это WEB-сервис, главной задачей которого является обработка запросов пользователя. Обычно, такой сервис включает в себя:

- Базу данных;
- Гибко настраиваемый HTTP сервер;
- Само приложение.

Для удобства оркестрации и совместного использования нескольких контейнеров в рамках одного Docker хоста, обычно используется утилита docker-compose. Она позволяет нам хранить конфигурацию в YML файле и выполнять операции с группой контейнеров. Рассмотрим пример docker-compose.yml файла (Рис. 3) для нашего сервиса.

```

1  version: '2'
2  services:
3    NodejsApp:
4      container_name: proj
5      image: docker-registry.site.com/bushev/nodejs-app:latest
6      links:
7        - mongo
8      command: node index.js
9    mongo:
10     container_name: mongo
11     image: mongo:3.4.10
12     command: mongod
13     volumes:
14       - /etc/localtime:/etc/localtime:ro
15       - ./tests/integration:/etc/mongos
16    nginx:
17     container_name: nginx
18     image: nginx:1.13.0
19     links:
20       - NodejsApp
21     volumes:
22       - /etc/localtime:/etc/localtime:ro
23       - ./conf/nginx.conf:/etc/nginx/nginx.conf:ro
24     ports:
25       - 80:80

```

Рис. 3. Пример файла docker-compose.yml

В контейнер приложения передается ссылка на внутренний IP адрес сервера базы данных, там образом мы используем функциональность сетевого взаимодействия между контейнерами, которую даем нам Docker. На строке 25 мы привязываем порт HTTP сервера Nginx из контейнера на интерфейс Host машины, тем самым делая его доступным извне. На строках 11 и 18 мы указываем версии

контейнеров Nginx и MongoDB, которые соответствуют соответствующим версиям сервисов.

Для запуска всех контейнеров из YML файла достаточно выполнить команду: «docker-compose up-d», а для остановки «docker-compose stop».

Таким образом, используя контейнерную архитектуру на сервере, мы получаем ряд важнейших преимуществ:

1. Контролируемость. Все операции с контейнерами и набор команд в Docker-файле, позволяет разработчику видеть, из чего именно состоит система, контролировать процесс шагов для построения образа.

2. Удобное версионирование. Очень просто изменить версию сторонних сервисов и перезапустить Docker контейнер. Более того, Docker-файлы могут храниться в системе контроля версий (например GIT) и быть неотъемлемой частью разработки.

3. Предсказуемость. Сборка образов из Docker-файла позволяет избавиться от человеческих ошибок в процессе настройки сервисов.

4. Гибкость. Использование и замена программных компонент между различными стадиями разработки: qa, staging и production может быть достигнуто простым изменением конфигурационных файлов, нет необходимости пересобирать весь образ целиком.

Литература:

1. Docker. // What is Docker. URL: <https://www.docker.com/what-docker> (дата обращения: 23.11.2017)
2. Alpine Linux. // Alpine Linux. URL: <https://www.alpinelinux.org/about/> (дата обращения: 09.12.2017)
3. Node.js. // About Node.js®. URL: <https://nodejs.org/en/about/> (дата обращения: 02.11.2017).

Автономная система ориентирования беспилотного летательного аппарата: состав и схема функционирования в формате 3D

Буянов Игорь Алексеевич, студент

Высшая школа системного инжиниринга Московского физико-технического института

Исламов Вадим Кадимович, доктор технических наук, старший научный сотрудник, научный руководитель
Главный научно-исследовательский испытательный центр робототехники Министерства обороны Российской Федерации (г. Москва)

Для решения задач мониторинга территорий и объектов, как в военной, так и в гражданской сфере применяются сверхлегкие беспилотные летательные аппараты. Главным критерием гарантии выполнения поставленной задачи является точность его позиционирования в пространстве.

Как правило, основным оборудованием для определения местоположения беспилотного летательного аппарата является GPS/ГЛОНАСС приёмник. Использование автономной системы ориентирования и методов обработки изображений и распознавания объектов, являются альтернативой спутниковым системам и технологиям навигации и наведения.

В данной статье изложены основные результаты исследований в области системного инжиниринга и проектирования, сложных приборно-функциональных систем. Проведен анализ инженерных решений, характеристик и возможностей построения систем навигации, — и наведения БЛА с лазерным приборным модулем. Предложена схема построения и алгоритм функционирования бортового модуля, включающего камеру, лазерный сканер и инерциальный измерительный блок. Приборы работают совместно, синхронно и создают в формате 3D зону с характерными точками вокруг БЛА.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат (БЛА), навигационная система, автономная система ориентирования, камера, лазерный сканер, эталонное изображение, дальномеры, формат 3D.

С середины 1990-х годов благодаря появлению и началу эксплуатации Глобальной навигационной спутниковой системы GPS США стали стремительно развиваться беспилотные летательные аппараты (БЛА). Современные беспилотные машины предназначены для совершения полётов в воздушном пространстве (атмосфере) и выполнения различных задач. Отличительной чертой данного вида авиационной техники является отсутствие человека, экипажа на борту.

По сообщениям зарубежных и отечественных средств массовой информации, основным предназначением беспилотных комплексов является ведение воздушной разведки.

Беспилотные машины могут оказать действенную помощь во время катаклизмов, в случаях обнаружения и ликвидации последствий, геофизических и техногенных катастроф: вести съёмку местности, находить пострадавших людей, доставлять им еду и медикаменты, патрулировать маршруты движения транспорта, осуществлять мониторинг зданий и промышленных сооружений, уточнять состояние объектов энергетики, инфраструктуры и коммуникаций [1, 2].

Для определения местоположения и управления полётом БЛА используются американская система глобального позиционирования GPS, российский аналог — ГЛОНАСС.

НАСС, которые обеспечивают высокую навигационную точность. Отклонения позиционирования аппаратов в полёте не превышают 10 метров [2]. Однако существуют зоны и места, в которых из-за искусственных и естественных помех сигналы GPS недоступны или имеют низкое качество приёма, например, в городах с высокими застройками и источниками (полями) сильного электромагнитного излучения. Возникает необходимость применения средств и методов управления, информационно-сигнального обеспечения, навигации и ориентирования роботизированных летательных аппаратов, прежде всего малоразмерных и маловысотных БЛА без привязки к спутниковым системам. К одним из таких средств могут относиться предназначенные для применения в специализированных навигационных системах или комплексах с БЛА оптико-электронные системы с лазерными приборами и устройствами, обеспечивающими управляемый полёт с построением и реализацией 3D моделей местности и пространства.

Сегодня беспилотные машины строятся с использованием разнообразных аэродинамических схем и функциональных компонентов. В зависимости от используемой системы управления они подразделяются на два класса: БЛА с автоматизированным радиокомандным управлением и БЛА с системами программного управления. Особенностью аппаратов с дистанционным управлением (1 класса) является участие в процессе управления полётом человека-оператора, который располагается, как правило, в наземном пункте управления. Программно-пилотируемые БЛА (2 класса) — автономные воздушные роботы. Они способны совершать полёт и решать задачи по заранее составленной программе без участия человека-оператора [1, 2].

подавляющее большинство созданных и применяемых образцов БЛА имеют радиокомандную и комбинированную системы управления. Как сообщали зарубежные источники, при эксплуатации БЛА возникают трудности, связанные с управлением аппаратами в воздухе. Значительное число аварий машин произошло из-за ошибок операторов. По данным ВВС США, за 2012 год потери составили 70 беспилотных самолётов. Они объясняются, в первую очередь ошибками и недостаточным уровнем подготовки операторов. Радиоуправление остаётся задачей, решение которой требует достижения высоких профессиональных навыков. Например, в армии США операторами БЛА становятся действующие пилоты ВВС после годичной переподготовки [3].

Проектирование, построение и применение полностью автономных воздушных роботов, «умных» БЛА различного назначения является одним из приоритетных направлений развития авиационной техники и технологий двойного назначения. Многие производители пытаются создать программно-пилотируемые аппараты с применением искусственного интеллекта. При этом большую роль играет совершенствование оптико-электронных систем, создание и внедрение приборов и технологий 3D модели-

рования местности, получения голографических изображений объектов, миниатюрных комплексов сверхскоростной обработки и передачи информации.

Цель работы — на основе принципов системного инжиниринга и методов проектирования оптико-электронных систем определить состав и схему функционирования автономной лазерной системы ориентирования БЛА для моделирования процессов управления полётом и оценки параметров функционирования воздушных роботов в формате 3D.

АСО БЛА являются одним из главных средств развития автоматических систем управления движением в условиях, когда объём поучаемой информации в полёте минимален и для решения задач управления необходимо проводить анализ внешней обстановки в режиме реального времени [4].

АСО находят применение в современных космических, авиационных, наземных, надводных и подводных мобильных объектах. Поэтому определение позиционирования и построение маршрута БЛА при помощи АСО на основе 3D моделирования, является актуальной темой для исследования.

Использование технологий АСО для управления и наведения БЛА

Использование технологий АСО и методы обработки изображений и распознавания образов в формате 3D, являются альтернативой GPS/ГЛОНАСС технологиям систем навигации и наведения БЛА.

Понятие «D» (от англ. Dimension — измерение), где разделяют:

- 1D — одномерное пространство с одной пространственной характеристикой — длина;
- 2D — двумерное пространство с двумя пространственными характеристиками — длина и ширина;
- 3D — трёхмерное пространство с тремя пространственными характеристиками — длина, ширина и высота.

Таким образом, представление объектов в 2D является плоским, а в 3D многомерным.

Для ориентации в пространстве используются различные АСО: дальнометры, сонары, стереозрение и прочее. Сканирующие сонары и дальнометры формируют области точек, которые они получили. Стереозрение формирует видеoinформацию с каждой видеокамеры стереопары.

На рис. 1 показана принципиальная схема передачи изображения от датчика до устройства предобработки и процессор, информация от которого поступает к системе управления и оператору.

Основные задачи, возлагаемые на ОЭС с лазерными приборами, относят [5]:

- формирование модели окружающей внешней среды;
- фиксирование отдельных объектов и определение их параметров;
- идентификация критических (опасных) объектов при выполнении поставленных задач полёта.

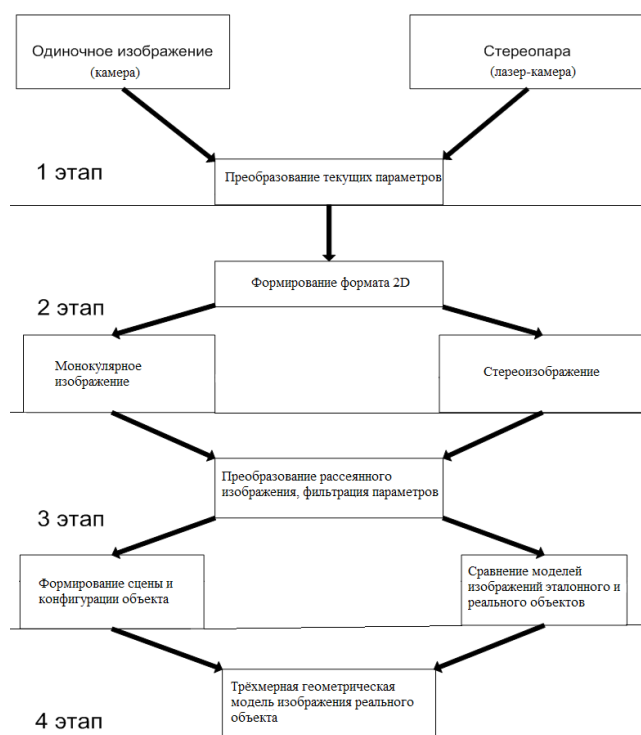


Рис. 3. Схема формирования реального изображения в АСО в формате 3D



Рис. 4. Внешний вид лазерных дальномеров

Основные технические характеристики лазерных дальномеров приведены в таблице 1.

Если 3D-лазерные сканеры, дают возможность получить 3D-модель окружающей среды, то 2D-лазерные сканеры позволяют создать 3D-модель в процессе полёта БЛА [9].

Данные обработки и определения дальности с помощью дальномеров и сонаров могут аппроксимироваться в системе при помощи метода Ramer-Douglas-Peucker [10, 11]. Обработка и определение дальности распределённых по ломаной линии предусматривает аппроксимацию кривой, позволяет строить ломаную с меньшим числом точек. Это позволяет строить и рассматривать области точек и представлять их в виде прямых.

Для стереозрения обработка данных и получение изображений объекта, выполняется с использованием библи-

отеки алгоритмов компьютерного зрения OpenCV. Алгоритм из этой библиотеки позволяет строить карту глубины по двум изображениям стереопары [12].

Определение текущих координат проводится по результатам обработки информации, поступающей от бортового 3D-лазерного сканера и малогабаритных трёхосных акселерометра и гироскопа. Измерение абсолютных значений углов наклона и крена возможно с помощью акселерометра, а гироскоп даёт значения углов наклона, крена и курса с погрешностью, из-за ухода «нуля» и ошибки интегрирования угловых скоростей. Изображения, создаваемые 3D-лазерным сканером при измеренном угле наклона и крена БЛА позволяют измерять высоту, а последовательность изображений-точек в формате 3D с учётом условий полёта и параметров, — приращения долготы, широты (или приращения горизонтальных линейных координат Δx ,

Таблица 1. Технические характеристики лазерных дальномеров

Название	Hokuyo UTM-30LX	HDL-32e
Производитель	Япония	США
Дальность действия, м	60	100
Точность измерения, см	± 5 см	± 2 см
Вертикальный угол обзора, °	25	— 10÷30
Горизонтальный угол обзора, °	270	360
Масса, г	210	1000
Габариты, мм	60 × 60 × 87	Ø85 × 144
Скорость сканирования	25 мс/скан в горизонтальной плоскости	700000 точек в секунду
Количество лазерных лучей, шт.	1	32
Цена (ориентировочно), руб.	478500	850000

Δy) и уточнять курс ($\Delta\phi$) методами экстремальной навигации. В согласовании с данными сканирующих лазерных сенсоров рассогласование измерений дальности может находиться в пределах 3–5 см. [12]. Следовательно, ошибка

вычисления приращения координат в одном цикле измерений может составлять не более 0,5 см по линейным координатам и не более 0,2 градусов по курсу. Пороговые значения ошибок приведены на графиках рисунка 6.

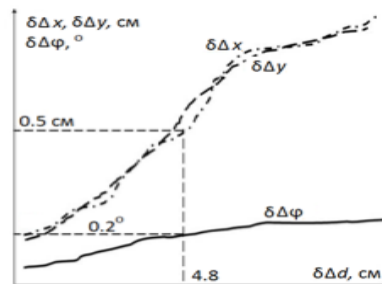


Рис. 6. Распределение ошибки вычисления приращения координат от точности измерения дальности

Основные условия и факторы обеспечения полёта

При моделировании необходимо учитывать основные условия и факторы полёта, поэтому выделяется три основных этапа автономного полёта БЛА:

1. Разработка и анализ полётного задания;
2. Определение и построение маршрута полёта (ПМП);
3. Автономный управляемый полёт БЛА с корректировкой траектории по результатам работы АСО в формате 3D.

Определение маршрута полёта — это поиск наиболее рациональной траектории полёта БЛА от начальной (стартовой) позиции до конечной, с учётом необходимости решать задачи облёта встречных преград различного типа и динамических характеристик объекта поиска (цели). Маршрут рассчитывается и определяется его задаваемыми параметрами, достигающих экстремальных значений, в качестве которых с выполнением требований от постановки задачи, например, выбираются такие характеристики, как время полёта, затрачиваемый ресурс на полёт БЛА, отклонение (промах) в конце маршрута и т. п.

В процессе полёта беспилотного аппарата, с его начала и до конца маршрут от начального до конечного положения параметры нахождения аппарата в пространстве определяются на каждом установленном расчётном этапе. Считается на основе метода управления с прогнозирующими моделями. Причём каждый отдельный участок маршрута полёта получается на временном, ограниченном интервале в результате решения задач оптимизации. Данный цикл оптимизации повторяется и продолжается в течение всего полёта. Таким образом, можно наблюдать ряд вероятных опорных точек полёта, по очереди, соединив которые, определяется полная траектория полёта БЛА (рис. 7). При этом происходит сглаживание полученных точек в режиме реального времени, чтобы возможно было рассчитать допустимую 3D пространственную траекторию с учётом динамики (эволюции) полёта БЛА.

В условиях, когда дистанционное управление БЛА затруднительно или невозможно находить применение автономной оптической навигации при помощи АСО с 3D моделированием местности, навигация и наведение БЛА происходит следующим образом:

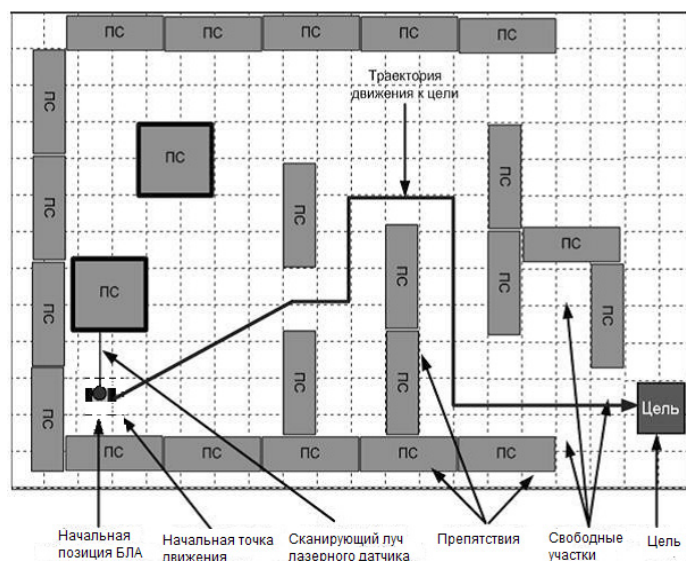


Рис. 7. Планирование полёта с учётом возникающих препятствий

Сопоставляются полученные в АСО текущее и эталонное 3D изображения, с последующим выделением на текущем изображении заданных объектов с целью формировании сигналов управления движением летательного аппарата. Объекты выделяются на трёхмерной сцене по мере обработки данных системой и нахождения новых во внешней среде. После сканирования и обработки всей

видимой области внешней среды образуется трехмерная сцена из видимых частей объектов, описанных плоскостями обнаруженных сторон объектов.

АСО должна сканировать с достаточной частотой по времени для того, чтобы быть в состоянии улавливать изменения положения и ориентации объекта для дополнения его формы и обновления его на трехмерной сцене.

Литература:

1. Исламов, В.К. История создания и применения БЛА / Труды I-й Военно-научной конференции «Роботизация ВС РФ» — М.: ФГБУ ГНИИЦ РТ МО РФ, 2016. — 470 с.: ил. — с. 118–130.
2. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / Учеб. пособие. Под ред. М.Н. Красильщикова и Г.Г. Себрякова. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 280 с.
3. Nick Turse статья в журнале TomDispatch. com «American empire project» 2012 // URL: americanempireproject.com/blog/the-crash-and-burn-of-robot-warfare
4. Техническое зрение в системах управления мобильными объектами. Труды научно-технической конференции и-семинара. Вып. 4 / Под ред. Р.Р. Назирова. — М.: КДУ, 2011. — 328 с.
5. Юревич, Е.И. Сенсорные системы в робототехнике / Учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2013. — 100 с.
6. Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов / Под. ред. М.Н. Красильщикова, Г.Г. Себрякова. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 556 с.
7. Scanning Rangefinder Distance Data Output/UTM-30LX Product Details // URL: https://www.hokuyo-aut.jp/02sensor/07scanner/utm_30lx.html
8. HDL-32E // URL: <http://velodynelidar.com/hdl-32e.htm>
9. Загоруйко, С.Н., Носков В.П. Навигация БЛА и 3D-реконструкция внешней среды по данным бортовой АСО // Мехатроника, автоматизация, управление. 2014. № 8. — с. 62–67.
10. U. Ramer. An iterative procedure for the polygonal approximation of plane curves // Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 1. 1972. 244–256 s.
11. David Douglas, Thomas Peucker. Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature // The Canadian Cartographer. № 10 (2). 1973. S. 112–122.
12. Носков, В.П., Носков А.В. Навигация мобильных роботов по дальнометрическим изображениям // Мехатроника, автоматизация, управление. 2005, № 12. — с. 16–21.

13. Носков, В. П., Рубцов И. В. Формирование объединённой модели внешней среды на основе информации видеокамеры и дальномера // Мехатроника, автоматизация, управление. 2007, № 8. — с. 2–5.

Разработки безглютеновых колбасных изделий с добавлением растительного сырья

Валишина Галия Лутфуллаевна, кандидат технических наук, старший преподаватель;
Сагиндиков Элмурод Тахирович, магистрант
Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина (г. Астана)

В данной статье показан анализ и разработка безглютеновых колбасных изделий с добавлением растительного сырья. В последние десятилетия в связи с обострением пищевых аллергий, разработка продуктов, не содержащих аллергенов, выходит на первое место. Помимо этого, разработка колбасных изделий с добавлением растительного сырья делает данный вид продукта обогащённым и высокопитательным. Разработанная нами колбасная продукция отвечает всем поставленным задачам.

Ключевые слова: глютен, растительное сырье, колбаса, аллергия, белок.

Введение. Основным сырьем для выработки колбасных изделий являются: мясо всех видов скота и птицы, обработанные субпродукты, белоксодержащие препараты животного и растительного происхождения (кровь и концентраты), животные и растительные жиры, яйца и яйцопродукты, мука, крахмал, крупа, овощи и др. [1].

Обогащённые колбасные изделия в основном предназначены для восполнения рациона питания и придания продуктам особых технологических свойств, потребительских свойств, которые положительно влияют на здоровье человека.

В последние десятилетия обострилась ситуация, связанная с пищевой аллергией, которая чаще всего, возникает вследствие непереносимости такого белка как глютен [2].

Объекты и методы исследования

В статье представлены результаты по разработке безглютеновых колбасных изделий с добавлением растительного.

Большую актуальность данной разработки придает тот факт, что в последнее время продуктов, не содержащих глютен, довольно малое количество.

Главной целью разработки продукта является подбор максимально питательных компонентов, не содержащих глютен для обогащения колбасной продукции, так же увеличение ассортимента колбасной продукции профилактического назначения.

В частности, важным аспектом является разработка колбасы безопасной для потребления людей с непереносимостью глютена, а также продукции способной добавить в рацион обычного человека необходимых питательных веществ.

Данный эффект достигается путем добавления растительных компонентов, способных увеличить питательность колбасной продукции и улучшить потребительские качества вареной колбасы.

В качестве растительного сырья были подобраны семена тыквы и гречневая крупа.

Рецептура вареных колбас была основана на ТУ фирмы Альми, полностью соответствующий всем стандартам производства вареных колбас.

Первая опытная партия разрабатываемых вареных колбас производилась в научно-производственном цеху открытым на базе КазАТУ им. С. Сейфуллина.

Рецептура вареных колбас разрабатывалась полностью индивидуально под подобранные растительные компоненты и выглядит следующим образом на таблице 1;

В процессе подбора компонентов без содержания глютена были рассмотрены бобы, семена тыквы, гречневая крупа, семена подсолнуха и риса.

Химические и пищевые свойства приведены в таблицах 2 и 3;

Результаты и их обсуждение

Наилучшие компонентами, которые мы выбрали в качестве сырья, гречневая крупа благодаря сбалансированному содержанию минеральных компонентов и большому содержанию крахмала, составляющая 20% от суточной нормы человека. Так же выбраны семена тыквы в первую очередь благодаря содержанию самого эффективного антиоксиданта и «витамина молодости» — токоферола. Кроме всего перечисленного данные компоненты обогащают продукт минералами и витаминами [3].

Нами разработана рецептура вареных колбас изделий с добавлением растительного компонента в 3% соотношении от основного сырья. Добавление 3% обусловлено

Таблица 1. Рецептура исследуемой вареной колбасы

Наименование ингредиентов	Вареная колбаса (контрольный образец)	Вареная колбаса «Тыквенная»	Вареная колбаса «Гречневая»
Мясо говядины 1го сорта, кг	1	1	1
Мясо индейки, кг	1	1	1
Куриный фарш, кг	1	1	1
Яйца, шт	3	3	3
Соль, кг	0.062	0.062	0.062
Специй, кг	0.03	0.03	0.03
Натрий	0.0001	0.0001	0.0001
Семена тыквы (мука), кг	-	0,06	-
Гречневая крупа (мука), кг	-	-	0,06
Итого, кг	3,09	3,15	3,15

Таблица 2. Пищевые показатели растительных компонентов, рассмотренных в процессе подбора

Наименование	Семена тыквы	Гречневая крупа	Семена подсолнуха	Бобы	Рис
Содержание в 100гр продукта					
Белки, гр	30.23	12.6	20.7	6	7.5
Жиры, гр	49.05	3.3	52.9	0.1	2.6
Углеводы, гр	10.71	57.1	10.5	8.5	62.3
Пищевые волокна, гр	6	11.3	5	0.1	9.7
Вода, гр	5, 23	14	8	83	14
Калорийность, ккал	559	308	601	56.8	303

Таблица 3. Содержание Микро- и Макроэлементов в составе растительных компонентов, рассмотренных в процессе подбора

Наименование	Семена тыквы	Гречневая крупа	Семена подсолнуха	Бобы	Рис
Калий, мг	809	380	647	-	314
Кальций, мг	46	20	367	-	40
Магний, мг	592	200	317	-	116
Фосфор, мг	1233	298	530	44	328
Крахмал, гр	1,47	55.4	7.1	6	61.4

тем что, добавление большего количество отрицательно влияет на потребительские и технологические свойства готовой продукции. Так же добавление именно 3% растительного сырья способствует большему сохранению изначальных вкусовых качеств колбасной продукции.

Заключение

Разработанная технология безглютеновых колбасных изделий с добавлением растительного сырья в виде семян

тыквы и гречневой крупы, является наиболее лучшим вариантом обогащения колбасной продукции полезными свойствами и улучшением потребительских качеств готового продукта. Данная колбасная продукция не только является безопасной для потребления людям с непереносимостью глютена, но также является более лучшим вариантом в употреблении обычного потребителя, так как несет в себе высокую питательность и улучшенные пищевые качества, за счет обогащения растительными компонентами.

Литература:

1. И.А. Рогов, А.Г. Забашта, Б.Е. Гутник, Справочник технолога колбасного производства.//г. Москва, Колос,1993, 431 с

2. Козубаева, Л.А. Безглютеновое печенье из смеси рисовой и гречневой муки // Вестник Алтайского аграрного университета. – 2010. – Т. 69, № 7. – с. 62–65.
3. Бельмер, С. А. Непереносимость глютена и показания к безглютеновой диете / С. Бельмер, А. Хавкин // Врач. – 2011. – № 5. – с. 17–21.

Определение наведенных напряжений в сетях 0,38–10 кВ

Васильева Татьяна Николаевна, доктор технических наук, профессор;
 Ерузаев Максим Сергеевич, студент;
 Харьков Андрей Андреевич, студент
 Рязанский государственный радиотехнический университет

Рассмотрены вопросы определения наведенного напряжения в электрических сетях напряжением 0,38–10 кВ с использованием методического указания по наведенному напряжению на отключенных воздушных линиях, находящихся вблизи действующих линий.

Ключевые слова: воздушная линия электропередачи, наведенное напряжение, действующая линия, схема замещения.

При эксплуатации воздушных линий (ВЛ) электропередачи особое внимание необходимо уделять возможности поражения персонала, осуществляющего их техническое обслуживание и ремонт, напряжением, наведенным в отключенных линиях, проходящими вблизи действующих линий. Наведенные напряжения условно подразделяются на электростатическую (емкостное влияние) и электромагнитную (индуктивное влияние) составляющие, [1,2,3]. Электростатическая составляющая зависит от величины напряжения на ВЛ. Она обуславливается емкостными связями между проводами и землей, может достигать значений нескольких киловольт. Однако, её снижение до безопасной величины возможно за счет достаточно простых мероприятий по заземлению линий. Большинство несчастных случаев связано с воздействием электростатической составляющей наведенного напряжения, появляющейся при отсутствии заземлений на отключенной ВЛ. Чем выше напряжение влияющей линии, тем выше электростатическая составляющая. Электромагнитная составляющая определяется в зависимости от тока нагрузки на влияющей ВЛ. Она зависит от расстояний между отключенной и влияющей линиями, их длины, конфигурации участков сближения, а также параметров контура протекания тока. Электромагнитная составляющая достигает меньших значений, чем электростатическая, но снизить её ниже 25 В значительно сложнее, а в некоторых случаях невозможно. Чем выше ток нагрузки на влияющей линии, тем выше электромагнитная составляющая.

Целью работы является анализ нормативных данных о влиянии линий напряжением 10 кВ, 35 кВ и 110 кВ на ВЛ 10 кВ и прогнозирование по ним влияния ВЛ 10 кВ на ВЛ 0,38 кВ.

Методика исследования. Был осуществлен анализ существующей методики расчета наведенного напряжения в отключенных линиях, проходящих вблизи действующих линий. При определении значений наведенного напряжения используется схема замещения, которая представляет собой источник электродвижущей силы E_1 , сопротивление Z_1 участка ВЛ, ограниченного заземлениями на подстанции R_{31} и на опорах линии (рис 1).

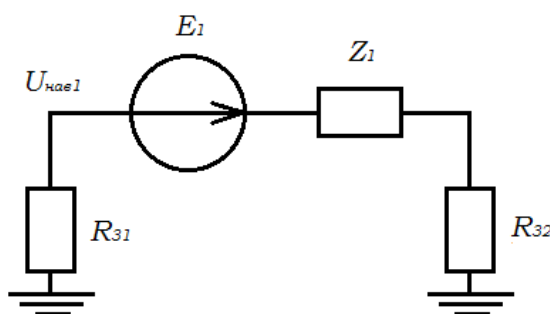


Рис. 1. Схема замещения для расчета наведенных напряжений на участке ВЛ, заземленной в двух точках

ЭДС E_i , наводимая на участке ВЛ x , ограниченном двумя заземлениями, которые находятся в пределах выделенного участка, определяется [1] по выражению:

$$E_1 = \sum_{i=1}^n F(a_{1i}) \cdot I_i \cdot l_{1i},$$

где $F(a)$ — значение расчетной функции (таблица 1), [1,2].

Значение функции $F(a)$ приводится только для отключенной ВЛ 10–35 кВ при влиянии линий различных классов напряжений от 35 до 750кВ в зависимости от расстояния между осями ВЛ;

a_{1i} , м — расстояния между отключенной и i -ой ВЛ, оказывающей влияние линии;

l_{1i} , км — протяженность участков влияющей ВЛ, которые наводят напряжение;

I_i кА — значения максимального тока, протекающего по i -ой влияющей ВЛ;

n — множество линий, оказывающих влияние на отключенную ВЛ на рассматриваемых участках.

Значения наведенного напряжения зависит от сопротивления заземляющих устройств на рабочих местах R_{31} , R_{32} и определяются по выражениям, [1]:

$$U_{нав1} = \frac{E_1 \cdot R_{31}}{\sqrt{(R_{31} + R_{32})^2 + Z_1^2}}, \quad (1)$$

$$U_{нав2} = \frac{E_1 \cdot R_{32}}{\sqrt{(R_{31} + R_{32})^2 + Z_1^2}}, \quad (2)$$

где $Z_1 = g \cdot x$ — сопротивление ВЛ на участке, ограниченном двумя заземлениями, установленными на расстоянии x друг от друга. Коэффициент g определяется по таблице 1, [1].

Результаты исследований. Значения $U_{нав}$ зависят от напряжения на отключенной линии и от расстояния между ВЛ. С учетом перечисленных факторов построен график зависимости изменения наведенного напряжения в отключенной воздушной линии от расстояния между ней и воздушными линиями напряжением 10, 35, 110 кВ (рис. 2).

С увеличением напряжения в сети отключенной линии при одном и том же расстоянии численное значение $U_{н}$ уменьшается, а в точке прогиба ниже всех оказывается график для ВЛ с наименьшим напряжением.

Для исследования влияния линии напряжением 10 кВ на отключенные воздушные линии напряжением 10, 35, 110 кВ находим отношения приращения наведенного напряжения к приращению расстояния между линиями и отношение этой величины к значению напряжения в сети влияющей линии.

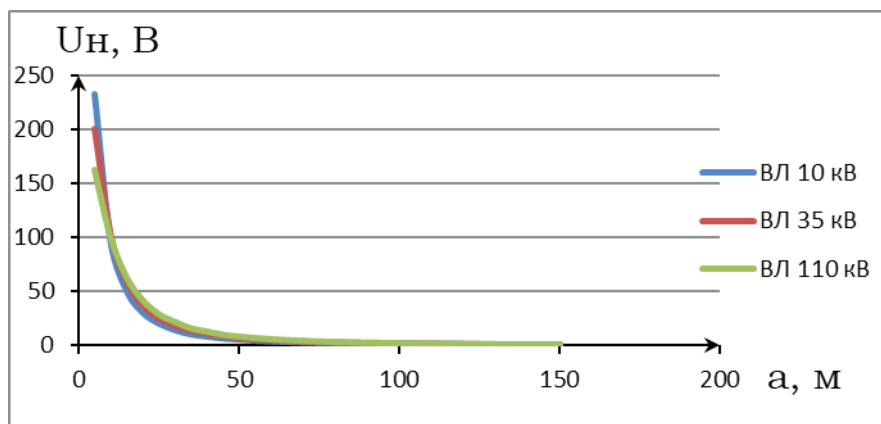


Рис. 2. Графики зависимости наведенного напряжения в ВЛ 10, 35, 110 кВ от расстояния между линиями

С целью упрощения записи введем обозначения: изменение приращения наведенного напряжения при приращении расстояния между линиями

$$\frac{U_{Hi} - U_{H(i+1)}}{a_i - a_{(i+1)}} = U'_{Hi};$$

удельное наведенное напряжение при приращении расстояния между линиями по отношению к номинальному напряжению линии

$$\frac{U_{Hi} - U_{H(i+1)}}{a_i - a_{(i+1)}} / U_{вл} = U'_{Hi уд};$$

Построены зависимости (рис. 3, рис. 4) изменения приращения наведенного напряжения для различных значений

номинального напряжения линии при расстояниях между линиями от 5 до 30 м. Изображение графиков зависимости для расстояния между линиями, равного 35 м и более, бессмысленно, так как при данном масштабе линии сольются.

Зависимость U'_{Hi} имеет сложный характер. Для расстояния между линиями, равного 5 и 10 м, это убывающая функция, при больших расстояниях — возрастающая.

График изменения удельного наведенного напряжения для различных значений номинального напряжения в линии является убывающей функцией для всех значений расстояния между линиями.

По полученным линиям определены математические функции, описывающие полученные линии тренда (таблица 1).

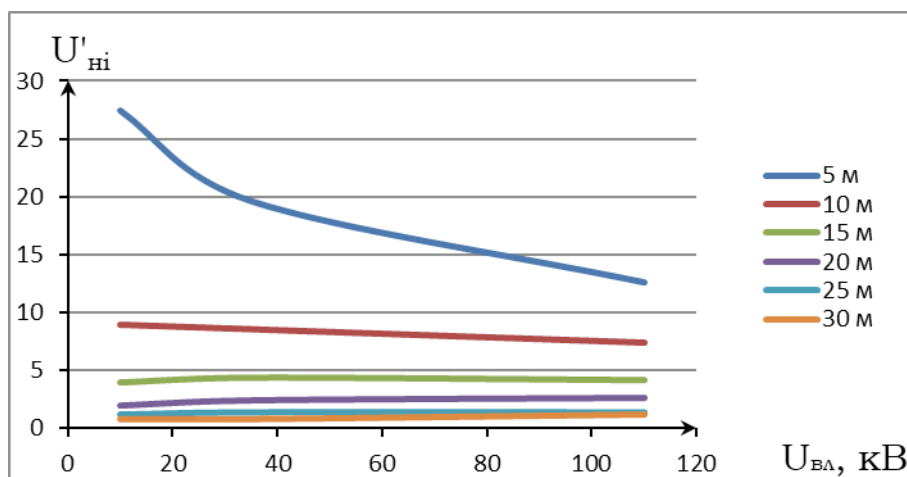


Рис. 3. Изменение приращения наведенного напряжения для различных значений номинального напряжения в линии

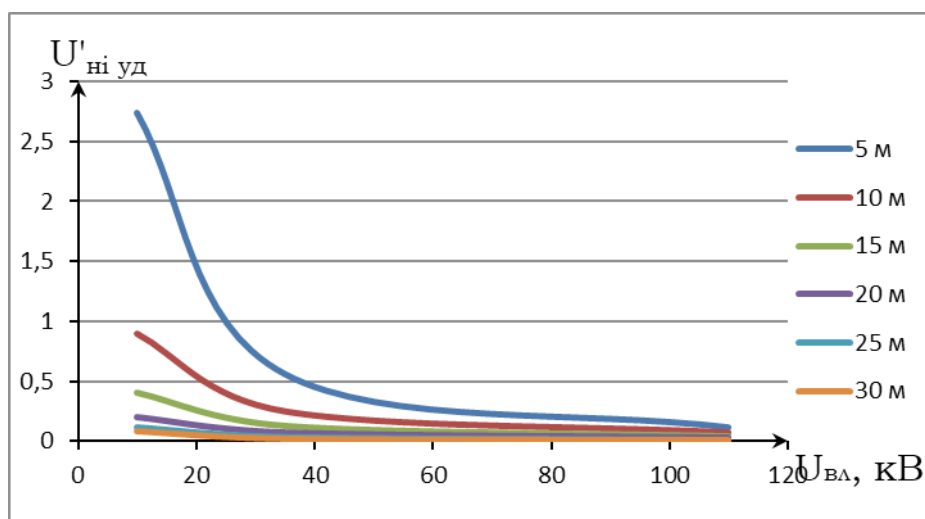


Рис. 4. График изменения удельного наведенного напряжения для различных значений номинального напряжения в линии

Таблица 1. Уравнения линий тренда

Расстояние между линиями, a_i , м	Уравнение для $U'_{ни уд}$
1	$y = 58,653x^{-1,822}$
5	$y = 28,969x^{-1,323}$
10	$y = 11,041x^{-1,081}$
15	$y = 3,8948x^{-0,979}$
20	$y = 1,5751x^{-0,89}$
25	$y = 1,0572x^{-0,935}$
30	$y = 0,5098x^{-0,834}$
35	$y = 0,2892x^{-0,831}$
40	$y = 0,1937x^{-0,749}$

В уравнениях $y = U'_{\text{нi уд}}$, $x = U_{\text{вл}}$. В каждое уравнение подставляем значение номинального напряжения $U_{\text{вл}}$, наведенное напряжение на которой нам необходимо спрогнозировать, то есть значение напряжения 0,38 кВ.

Для проверки правильности решения задачи подставим в уравнения значения напряжения соответственно, равные 10, 35, 110 кВ. При этом получаем некоторую погрешность. Так, при расстоянии между линиями $a = 10\text{ м}$ и номинальном напряжении $U_{\text{вл}} = 10\text{ кВ}$ получаем значения напряжения соответственно по методике предложенной в [1], $U'_{\text{нi уд факт}} = 0,9$, а при предлагаемом прогнозировании $U'_{\text{нi уд расч}} = 0,916$. То есть погрешность

составила менее 2% (1.78%). При других значениях расстояния между линиями и значениях напряжения погрешность в соответствии с расчетами не превышает 5%. Такая погрешность расчета допустима.

Таким образом, подставляя сначала $U_{\text{вл}} = 0,38\text{ кВ}$, а затем изменение расстояния между линиями, получим значения наведенного напряжения при влиянии линии напряжением 10 кВ на отключенную линию напряжением 0,38 кВ. Далее, по полученным данным строим график для искомого номинального напряжения $U_{\text{н}}$ и сравниваем его с графиками зависимости влияния линии напряжением 10 кВ на линии напряжением 10, 35 и 110 кВ (Рис. 5).

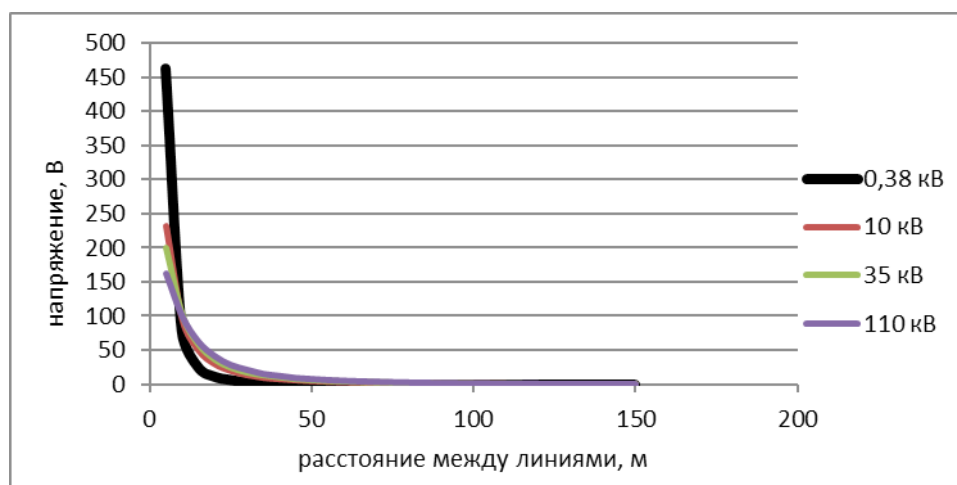


Рис. 5. График зависимости наведенного напряжения в ВЛ 0,38 кВ при влиянии ВЛ напряжением 10, 35 и 110 кВ

Для автоматического расчёта $U_{\text{нав}}$ написана программа в Microsoft Excel 2013. Она значительно упрощает вычисления (Таблица 2).

Выводы

1. С увеличением напряжения в сети отключенной линии при одном и том же расстоянии численное значение напряжения уменьшается, а в точке прогиба ниже всех оказывается график для воздушной линии с наименьшим напряжением.

2. График изменения удельного наведенного напряжения для различных значений номинального напряжения в линии является убывающей функцией для всех значений расстояния между линиями.

3. При прогнозировании влияния воздушной линии электропередачи на находящуюся вблизи отключенную воздушную линию погрешность расчетов не превышает 5%.

Таблица 2. Результаты расчета по программе наведенного напряжения в отключенной ВЛ 0,38кВ при влиянии ВЛ 10кВ

Расчет ЭДС	
Значение коэффициента F (a)	15,816
Максимальная сила тока на ВЛ, А	10
Длина участка ВЛ, км	1
Значение ЭДС, В	158,16
Расчет Унав	
Сопротивление 1-го заземления, Ом	4
Сопротивление 2-го заземления, Ом	4
Значение коэффициента g	0,563
Расстояние между ВЛ (x), м	1
Значение Унав, В	73,88065

Литература:

1. Методические указания по определению наведенного напряжения на отключенных воздушных линиях, находящихся вблизи действующих ВЛ. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» Введ. 22.01.2009, — 2008
2. Методические указания по измерению наведенных напряжений на отключенных ВЛ, находящихся вблизи действующих ВЛ напряжением 35 кВ и выше и контактной сети электрифицированной железной дороги переменного тока./ Министерство топлива и энергетики РФ. Фирма по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей ОРГРЭС. Введ. 1.07.1993. — 13 с.
3. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г.).

Совершенствование стрелового крана для условий холодного климата

Гасанов Али Фарманович, магистр;
Клиндух Надежда Юрьевна, кандидат технических наук, доцент;
Игнатъев Геннадий Васильевич, кандидат технических наук, доцент
Сибирский федеральный университет (г. Красноярск)

Приведены сведения по динамике стрелового крана для условий холодного климата. Даны рекомендации по повышению надежности стрелового крана для условий холодного климата.

Ключевые слова: *строительные краны, гидропривод, рабочая жидкость, устойчивость, температура рабочей жидкости.*

Строительные краны подвержены сильному воздействию внешних факторов жесткого климата (отрицательная температура и ветровой обдув), вызывающих дискомфортные условия работы машиниста крана. Автомобильные краны имеют одну силовую установку на базовом шасси, обеспечивающую работу системы приводов. В этих условиях наблюдается дефицит тепла в кабине машиниста. В гидроприводе, имеющем значительную протяженность гидролиний, повышается вязкость рабочей жидкости, идет рост потерь давления, ухудшаются функциональные и эксплуатационные характеристики гидросистемы [1]. Увеличение вязкости (в пределах прокачиваемости жидкости) создает большие потери при движении рабочей жидкости по каналам гидроаппаратов, а также значительному разряжению во всасывающей гидролинии, что может быть причиной кавитации насоса. В пусковых режимах работы гидропривода при прохождении рабочей жидкости через дроссель, возникает пик давления, превышающий допустимое значение и сопровождающийся шумом и кавитацией. Высокое давление рабочей жидкости ведет к разрывам трубопроводов и шлангов высокого давления, растет процент отказов гидросистемы (30–50% от отказов по машине). Для обеспечения устойчивой циркуляции рабочей жидкости пик давления не должен превышать 15–20%.

Работа строительных кранов в условиях Сибири осуществляется при температурах окружающей среды до минус 60°C. В работе [2] приведено условие обеспечения работоспособности гидропривода лесных машин в условиях жесткого климата. Для расчета времени понижения

рабочей температуры гидрожидкости t , час приведена зависимость

$$t = \frac{\sum C_i \cdot G_i}{k_T \cdot F_T} \ln \left[\frac{k_T \cdot F_T \cdot T_0 - Q_T}{k_T \cdot F_T \cdot T - Q_T} \right]$$

где T_0 — перепад между начальной (установившейся) температурой рабочей жидкости и окружающим воздухом, °C; T — перепад между конечной температурой рабочей жидкости (определяет предел функционирования гидросистемы) и окружающим воздухом, °C; C_i — удельная теплоемкость жидкости и трубопровода, кДж/кг°C; G_i — масса жидкости и трубопровода, кг; F_T — площадь трубопровода; k_T — коэффициент теплопередачи трубопроводов; Q_T — выделяемое тепло.

Для поддержания оптимального температурного состояния систем крана применяются различные методы, в том числе рециркуляционные системы. К числу известных рециркуляционных нагревательных установок относятся отопители кабины машиниста типа ПАП [3]. Они работают на новом принципе без применения электрических, плазменных и других нагревателей и имеют высокий к. п. д. равный 0,75–0,85. В этих системах создается замкнутый цикл потока воздуха или газа от центробежного вентилятора. Почти вся энергия привода превращается в тепло. Недостатком таких рециркуляционных нагревательных установок является повышенная пожаровзрывоопасность. Поэтому их применение в технологическом процессе, связанном с использованием горючих материалов выше допустимой температуры строго запрещено.

Известен гидропривод с замкнутой системой циркуляции рабочей жидкости, когда при отрицательных температурах окружающего воздуха может произойти повышение температуры рабочей жидкости. Такая система приведена в работе [4]. Однако эта система не обеспечивает необходимой интенсивности разогрева рабочей жидкости при низких температурах. Дросселирование рабочей жидкости вызывает ее разогрев. При дросселировании энергия гидравлической установки полностью переходит в тепло, вызывая нагрев жидкости. За один цикл циркуляции рабочая жидкость разогревается на $5,8^{\circ}\text{C}$. Температура рабочей жидкости на выходе дросселя, имеющего перепад давления не менее $10,0\text{МПа}$, запишется уравнением:

$$T = kt, ^{\circ}\text{C},$$

где t — коэффициент времени, эквивалентный времени прокачки всего объема жидкости через дроссель; k — показатель однократной характеристики.

Выделяемое тепло на выходе зависит от перепада давления. Величина перепада давления $\Delta P_{\text{др}}$ на дроссельном регуляторе определится:

$$\Delta P_{\text{др}} = P_{\text{др}} - P_{\text{вых}}$$

где $P_{\text{др}}$ — давление в напорной магистрали гидропривода; $P_{\text{вых}}$ — давление на выходе из дросселя.

Исследованием дроссельного процесса разогрева рабочей жидкости отмечено наличие кавитации, сопровождающаяся шумом. Кавитация возникает в результате неустойчивой работы гидроагрегатов.

Поскольку в реальной жидкости всегда присутствуют мельчайшие пузырьки газа или пара, то, двигаясь с потоком и попадая в область давления $p < p_{\text{кр}}$, они теряют устойчивость и приобретают способность к неограниченному росту. После перехода в зону повышенного давления и исчерпания кинетической энергии расширяющейся жидкости рост пузырька прекращается и он начинает сокращаться. Если пузырёк содержит достаточно много газа, то по достижении им минимального радиуса он восстанавливается и совершает нескольких циклов затухающих колебаний, а если газа мало, то пузырёк захлопывается полностью в первом периоде жизни. То есть, вблизи обтекаемого тела (например, в трубе с местным сужением) создаётся довольно четко ограниченная «кавитационная зона», заполненная движущимися пузырьками. Причиной кавитации насоса может быть увеличение вязкости (в пределах прокачиваемости жидкости) что создает большие потери при движении ее по каналам гидроаппаратов в гидросети, а также значительному разрежению во всасывающей гидролинии.

Литература:

1. Емельянов, Р.Т. Управление динамическими свойствами систем безопасности грузоподъемного оборудования. Новосибирск: НГУ-2002, 149 с.
2. Турышева, Е.С. Автоматизированный стенд для настройки ограничителей грузоподъемности кранов. / Р.Т. Емельянов, А.П. Прокопьев, Е.С. Турышева. // Известия вузов. Строительство. 2001. — № 2–3. с. 112–115.
3. Терехова, И.И. Оценка устойчивости работы приводов башенных кранов. / И.И. Терехова. Актуальные проблемы современного строительства. Пенза, 2005. с. 228–300.

Сокращение кавитационного пузырька происходит с большой скоростью и сопровождается звуковым импульсом тем более сильным, чем меньше газа содержит пузырёк. Если степень развития кавитация такова, что в случайные моменты времени возникает и захлопывается множество пузырьков, то явление сопровождается сильным шумом со сплошным спектром от нескольких сотен *гц* до сотен и тысяч *кГц*. Если кавитационная камера замыкается вблизи от обтекаемого тела, то многократно повторяющиеся удары приводят к разрушению (к так называемой кавитационной эрозии) поверхности обтекаемого тела.

Если бы жидкость была идеально однородной, а поверхность твёрдого тела, с которым она граничит, идеально смачиваемой, то разрыв происходил бы при давлении, значительно более низком, чем давление насыщенного пара жидкости. Обычно же разрыв возникает при давлениях, лишь немного меньших давления насыщенного пара. Низкая прочность реальных жидкостей связана с наличием в них так называемых кавитационных зародышей: плохо смачиваемых участков твёрдого тела, твёрдых частиц с трещинами, заполненными газом, микроскопических газовых пузырьков, предохраняемых от растворения мономолекулярными органическими оболочками, ионных образований, возникающих под действием космических лучей.

Кавитация может существенно увеличивать гидродинамическое сопротивление, в результате чего снижается коэффициент полезного действия гидравлического оборудования. Кавитация может быть причиной снижения производительности насоса и даже срыва его работы.

Рабочая жидкость для гидроприводов должна иметь температуру застывания не выше -60°C . Эта жидкость должна иметь пологий индекс вязкости и широкий температурный предел ее применения при условии прокачиваемости различными типами насосов. Кинематическая вязкость рабочей жидкости должна быть не ниже $(1,6-1,8) \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ для шестеренчатых насосов, $(1,0-1,2) \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ для пластинчатых насосов и $(6-8) \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ для аксиальных роторно-поршневых насосов.

Выводы

Для условий Сибири рекомендуется рабочая жидкость АМГ-10. При использовании рабочей жидкости ВМГЗ при низких температурах требуются специальные системы по обеспечению оптимального температурного режима гидропривода.

4. Емельянов, Р.Т. Признаки и показатели безопасности грузоподъемного оборудования / Р.Т. Емельянов // Вестн. КрасГАСА. — Красноярск, 2000. — № 3. — с. 71–76.

К методике интерпретации индикаторных линий скважин, вскрывших несколько продуктивных горизонтов

Гасанов Ильяс Раван оглы, старший инженер

Научно-исследовательский проектный институт «Нефтегаз» (SOCAR) (г. Баку, Азербайджан)

В работе предложена методика интерпретации индикаторных линий скважин, вскрывших несколько продуктивных горизонтов. Данная методика позволяет расширить круг годных к интерпретации индикаторных линий. Предложенная методика может быть использована как для обработки индикаторных линий нефтяных, так же и для газовых скважин.

Ключевые слова: интерпретация, индикаторные линии, продуктивные горизонты, скважина

In this paper, a technique is proposed for interpreting well indicator lines that have revealed several productive horizons. This technique allows expanding the range of indicator lines suitable for interpretation. The proposed methodology can be used both for processing indicator lines of oil, as well as for gas wells.

Keywords: interpretation, indicator lines, productive horizons, well

В практике разработки многопластовых месторождений часто встречаются случаи, где по различным причинам, например, с целью сокращения срока разработки, осуществляется одновременная совместная эксплуатация нескольких горизонтов одной скважиной. Для повышения эффективности разработки многопластовой залежи в подобных случаях требуется наличие надежной и достоверной информации о фильтрационных параметрах совместно эксплуатируемых горизонтов в целом.

Известно, что за последние годы в литературе многочисленными данными доказано влияние указанных свойств на форму индикаторных линий и определяемые значения параметров пласта, и разработаны эффективные методы учета этих свойств при интерпретации данных газогидродинамических исследований скважин [1, 2, 3, 4].

В связи с этим представляет также интерес разработка методики интерпретации индикаторных линий скважин, вскрывших несколько горизонтов, позволяющая определять параметры пласта с учетом изменения реальных свойств фильтрующихся флюида и коллектора в зависимости как от давления, так и от температуры, и тем самым повысить надежность и точность их значения.

С этой целью ниже рассматривается возможность использования методики, разработанной выше на основе более полного учета изменения всего комплекса физических свойств флюида и коллектора как в зависимости от давления, так и от температуры, при обработке индикаторных линий скважин, вскрывшей несколько горизонтов. В общем случае формула обработки индикаторных линий скважин, вскрывшей один пласт, была представлена в виде:

$$\frac{q}{\Delta p_c} = \eta_{пл} + \left[A_1 + F_c \left(\frac{q}{\Delta p_c} \right)^2 \right] \Delta p_c + A_2 \Delta p_c^2 + \dots + A_n \Delta p_c^n. \quad (1)$$

Здесь q — дебит скважины; Δp_c — депрессия на пласт; $\eta_{пл}$ — коэффициент продуктивности скважины при пластовом давлении $p_{пл}$; $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ — коэффициенты, характеризующие изменение комплекса физических параметров флюида и коллектора в зависимости от снижения давления и сопутствующих ему процессов; n — показатель степени полинома.

При вскрытии скважиной нескольких продуктивных горизонтов приток флюида к ее забою в каждом горизонте будет описываться формулой (1), но с различными коэффициентами $\eta_{пл}$, A_i и F_c .

Тогда, суммируя все уравнения, описывающие приток в каждом пласте, получим следующее уравнение стационарного притока флюида к забою скважины в многопластовой залежи:

$$\frac{Q}{\Delta p_c} = \eta_{плм} \left[A_{1м} + F_{см} \left(\frac{Q}{\Delta p_c} \right)^2 \right] \Delta p_c + A_{2м} \Delta p_c^2 + \dots + A_{nм} \Delta p_c^n, \tag{2}$$

где $\eta_{плм} = \sum_{i=1}^n \eta_{плi}$; $A_{1м} = \sum_{i=1}^n \eta_{1i}$; $Q = \sum_{i=1}^n q_i$; $F_{см} = \sum_{i=1}^n \frac{F_{ci} q_i^2}{Q^2}$; $n=1,2,\dots$

Принимаем, что $\Delta p_{c1} = \Delta p_{c2} = \dots = \Delta p_{cn}$. Подлежат определению коэффициенты $\eta_{плм}$, $A_{1м}$, $F_{см}$ и показатель степени полинома n . Последовательность обработки индикаторных линий производится аналогично вышеуказанной методике и определяются параметры многопластовой залежи. Следует отметить, что все три возможных случая формы индикаторных линий, рассмотренные выше, справедливы также и здесь. Поэтому по форме индикаторных линий невозможно установить, скважина эксплуатирует многопластовую или же однопластовую залежь.

Для установления справедливости и точности предлагаемой методики рассматривается следующий пример. Итак, допустим, что скважина вскрывает два изолированных газоконденсатных горизонта с известными коэффициентами:

$$\eta_{плi} = 10; 7,1 \text{ м}^3 / \text{с МПа}; A_1 = A_2 = -0,30 \text{ м}^3 / \text{с (МПа)}^2; F_{ci} = 0,02; 0,016 \text{ с} / \text{м}^3.$$

Остальные коэффициенты $A_{iм}$ формулы (2) из-за их незначительности принимаем равными нулю. С использованием значений указанных коэффициентов при различных депрессиях были рассчитаны дебиты каждого пласта в отдельности (табл.). Суммируя дебиты горизонтов, определяем общий дебит при соответствующих депрессиях Δp_c . Затем, согласно формуле (2) построена индикаторная кривая скважины в координатах $Q / \Delta p_c$ и Δp_c , но она не является прямой линией и уменьшается по нелинейному закону. В координатах же Q и Δp_c имеет форму

выпуклой к оси дебитов. Для определения значений $\eta_{плм}$ экстраполируем зависимость $\frac{Q}{\Delta p} = f(\Delta p_c)$ до точки

$\Delta p_c = 0$. По отрезку, отсекаемой этой кривой на оси ординат, определяем $\eta_{плм} = 17,1 \text{ м}^3 / \text{с МПа}$. Для уточнения

точности $\eta_{плм}$ согласно известной двухчленной формуле индикаторная линия построена в координатах $\frac{\Delta p}{Q}$ и Q ,

и определен коэффициент фильтрационного сопротивления a , который должен быть равен обратной величине коэффициента $\eta_{плм}$. Найденное значение коэффициента a из рисунка достаточно точно совпадает с обратной величиной

$\eta_{плм}$.

Таблица

Депрессия, МПа	Дебит пластов, м ³ /с		Общий дебит скважины Q, м ³ /с	Коэффициент продуктивности, $\eta_{плм}$, м ³ /с МПа	$\frac{Q / \Delta p_c - \eta_{плм}}{\Delta p_c}$, м ³ /с (МПа) ²	$(Q / \Delta p_c)^2$, (м ³ /с МПа) ²
	q ₁	q ₂				
1,8	9,43	14,06	23,49	13,05	-2,25	170,3
2,8	12,85	19,78	32,63	11,65	-1,95	135,72
3,6	14,82	23,69	38,51	10,70	-1,78	114,50
5,1	17,82	29,84	47,66	9,35	-1,52	87,42
7,0	20,05	35,93	55,98	8,00	-1,30	64,00
8,0	21,07	38,53	59,60	7,45	-1,21	55,50

После определения коэффициента продуктивности скважины, формулу (2) представляем в виде:

$$\frac{\frac{Q}{\Delta p_c} - \eta_{плм}}{\Delta p_c} = A_{1м} + F_{см} \left(\frac{Q}{\Delta p_c} \right)^2 + A_{2м} \Delta p_c + A_{3м} \Delta p_c^2 + \dots + A_{nм} \Delta p_c^{n-1}. \tag{3}$$

В соответствии с (3) индикаторная линия построена в координатах $\frac{Q}{\Delta p_c} - \eta_{плм}$ и $\left(\frac{Q}{\Delta p_c}\right)^2$ и, как видно, она достаточно хорошо аппроксимируется прямой линией. По отрезку, отсекаемому из оси ординат, определяем коэффициент $A_{1,м} = -0,60 \text{ м}^3 / \text{с} (\text{МПа})^2$, а по угловому коэффициенту значение $F_{см} = 0,086 \text{ с} / \text{м}^3$.

Следует отметить, что $F_{см}$ — переменная величина. Для ее оценки определим наибольшее и наименьшее значения функции

$$F_{см} = \sum_{i=1}^n \frac{F_{ci} q_i^2}{Q^2}. \tag{4}$$

Для этой цели используем известное неравенство

$$\left(\frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}\right)^\alpha \leq \frac{x_1^\alpha + x_2^\alpha + \dots + x_n^\alpha}{n}.$$

Подставляя $\alpha = 2$, получаем

$$\frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}{n^2} \leq \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n} \text{ или } \frac{1}{n} \leq \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}. \tag{5}$$

Учитывая в (2) $x = q$, получаем

$$\frac{1}{n} \leq \frac{\sum_{i=1}^n q_i^2}{Q^2}. \tag{6}$$

Далее в (1) вместо F_{ci} подставляем F_{\min} , где $F_{\min} = \min(F_{c1}, F_{c2}, \dots, F_{cn})$ и получаем:

$$F_{см} = \sum_{i=1}^n \frac{F_{ci} q_i^2}{Q^2} \geq \frac{F_{\min} \sum_{i=1}^n q_i^2}{Q^2}.$$

Используя (3), окончательно получим

$$F_{см} = \sum_{i=1}^n \frac{F_{ci} q_i^2}{Q^2} \geq \frac{F_{\min} \sum_{i=1}^n q_i^2}{Q^2} \geq \frac{F_{\min}}{n}. \tag{7}$$

Это и есть наименьшее значение функции $F_{см}$.

Для нахождения наибольшего значения используем неравенство

$$\frac{x_1^\alpha + x_2^\alpha + \dots + x_n^\alpha}{(x_1 + x_2 + \dots + x_n)^\alpha} \leq 1, \text{ т. е. } \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2} \leq 1, \tag{8}$$

где $x_i (i = \overline{1, n}) \geq 0$.

$$F_{см} = \sum_{i=1}^n \frac{F_{ci} q_i^2}{Q^2} \leq F_{\max} \frac{\sum_{i=1}^n q_i^2}{Q^2} \leq \frac{F_{\max}}{n}, \tag{9}$$

где $F_{\max} = \max(F_{c1}, F_{c2}, \dots, F_{cn})$.

Следовательно, $\frac{F_{\min}}{n} \leq F_{см} \leq \frac{F_{\max}}{n}$.

Как известно, для определения F_c для однопластовых залежей индикаторную линию следует перестраивать в координатах $\frac{q/\Delta p - \eta_{\text{пл}}}{\Delta p_c}$ и $\left(\frac{q}{\Delta p}\right)^2$, и F_c получается как тангенс угла наклона полученной прямой с осью абсцисс.

Однако для многопластовой залежи эта зависимость в указанных координатах представляет собой не прямую, а кривую (выпуклая или вогнутая) и прямая, у которой тангенс угла наклона

$$tg\alpha = \lim_{\Delta p \rightarrow 0} \frac{\sum_{i=1}^n F_{ci} q_i^2}{Q^2} = \lim_{\Delta p \rightarrow 0} \frac{\sum_{i=1}^n F_i \left(\frac{q_i}{\Delta p}\right)^2}{\left(\frac{Q}{\Delta p}\right)^2} = \frac{\sum F_c \eta_{\text{пл}i}^2}{\eta_{\text{пл}M}^2} \quad (10)$$

является касательной к этой кривой в точке $(0, A_{1M})$, при условии, если $q/\Delta p$ увеличивается.

Следовательно, если кривая вогнутая, она будет находиться между двумя прямыми, где $\frac{F_{\text{min}}}{n} \leq F_{cm} \leq \frac{\sum F_c \eta_i^2}{\eta_{\text{пл}M}^2}$. Если

ли эта кривая выпуклая, то она будет находиться между прямыми, где $\frac{\sum_{i=1}^n F_c \eta_i^2}{\eta_{\text{пл}M}^2} \leq F_{cm} \leq \frac{F_{\text{max}}}{n}$.

Как видно из приведенных расчетов, значения коэффициентов $\eta_{\text{пл}M}$, A_{1M} и F_{cm} , определенных из индикаторной скважины, хорошо согласуются с их расчетными значениями, найденными по формулам. Действительно, $\eta_{\text{пл}M} = \eta_{\text{пл}1} + \eta_{\text{пл}2} = 10 + 7,1 = 17,1 \text{ м}^3 / \text{с} \cdot \text{МПа}$, $A_{1M} = A_1 + A_2 = -0,60 \text{ м}^3 / \text{с} (\text{МПа}^2)$,

$$\frac{F_{\text{min}}}{2} \leq F_{cm} \leq \frac{F_{\text{max}}}{2} \Rightarrow \frac{0,015}{2} \leq F_{cm} \leq \frac{0,02}{2} \Rightarrow 0,0075 \leq F_{cm} \leq 0,01 \Rightarrow 0,075 \leq 0,086 \leq 0,01.$$

Таким образом, разработанную ранее нами методику интерпретации индикаторных линий скважин можно с высокой точностью применять для интерпретации скважин, вскрывших многопластовые залежи, и при этом более точно и достоверно определять параметры залежи. Кроме того, эта методика позволяет, как было отмечено ранее, резко расширить круг годных к интерпретации индикаторных линий. Эта методика может быть применена и для обработки индикаторных линий как нефтяных, так и газовых скважин. При этом разница состоит лишь в структуре коэффициентов, входящих в формулу притока.

Разницу в значениях забойных давлений в отдельных горизонтах при значительной мощности залежи можно учитывать с введением соответствующих поправок.

Литература:

1. Временное руководство по гидрогазодинамическим методам изучения фильтрационных свойств залежей нефти и газа, характеризующихся высокими пластовыми давлениями /М. Т. Абасов, Э. Х. Азимов, М. К. Абдуллаев и др. — Баку: Элм, 1978. — 128 с.
2. Азимов, Э. Х. Методика интерпретации индикаторных линий нефтяных скважин // Изв. АН АзССР. — Сер. Наук о Земле. — 1986. — № 5. — с. 43–50.
3. Абасов, М. Т., Азимов Э. Х. К методике обработки индикаторных линий скважин // Докл. АН АзССР. — 1987. — Т. 43. — № 4. — с. 33–37.
4. М. Т. Абасов, Э. Х. Азимов, И. Р. Гасанов. Методика прогнозирования изменения коэффициента продуктивности газовых и газоконденсатных скважин по данным их исследований при установившихся режимах // Фундаментальные проблемы нефтегазогеологической науки. — Книга 2 /Под ред. проф. Э. А. Бакирова и доцента Ю. А. Сударикова. — М.: ВНИИОЭНГ, 1990. — с. 37–46.

Система управления экологической безопасностью (на примере организации обрабатывающего производства)

Дегтярев Никита Дмитриевич, магистрант
Омский государственный технический университет

В статье выполнена оценка экологической безопасности, выявлены вредные вещества, рассчитан экономический ущерб предприятия от загрязнения атмосферы.

Ключевые слова: экологическая безопасность, металлообрабатывающая отрасль, выбросы, вредные вещества, экономический ущерб.

Целью данной работы является проведение оценки экологической безопасности организации металлообрабатывающей отрасли. Оценка экологической безопасности промышленного производства базируется на системе критериев, охватывающей все уровни взаимодействия производства и окружающей среды. В качестве информационной основы для системы критериев используется существующая нормативно-правовая и информационная база.

В Российской Федерации (далее РФ) управление охраной окружающей природной среды осуществляется на двух уровнях: федеральном и региональном. На первом уровне оно осуществляется Федеральным собранием, Президентом, Правительством РФ и специально уполномоченными органами, главным из которых является Министерство природных ресурсов РФ. На втором уровне управление охраной окружающей среды ведется представительными и исполнительными органами власти, местными органами самоуправления, а также территориальными органами специально уполномоченных ведомств. [1, 2]

На всех уровнях разработка предписаний по выполнению мероприятий, которые обязательны для исполнения и обеспечивают санитарно-эпидемиологическое благополучие населения, отведена органам Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Данная служба осуществляет согласование разрешений на все основные виды природопользования. В основе управления охраной окружающей среды лежат законодательные и подзаконные акты, которые предполагают единую систему управления в стране [3, 4].

Несмотря на предпринятые практические решения по развитию экологической безопасности, РФ отстает в этом вопросе от стран Запада. Основными факторами этого отставания являются:

1) Недостаток и неполнота нормативно-правовой базы на федеральном уровне;

2) отсутствие законодательных механизмов по обязательному экологическому страхованию, экологическому аудиту, контролю качества окружающей среды, внедрению наилучших современных доступных технологий, поэтапному сокращению воздействия на окружающую среду;

3) недостаток информации о важности экологического аудита;

4) недостаток финансирования, имеющегося у организаций.

Предметом плановой проверки государственным органом надзора и контроля в сфере экологической безопасности является соблюдение юридическим лицом, индивидуальным предпринимателем в процессе осуществления своей деятельности совокупности предъявляемых обязательных требований, установленных муниципальными правовыми актами.

В ежегодных планах проведения плановых проверок юридических лиц и индивидуальных предпринимателей указываются следующие сведения:

— наименования юридических лиц, фамилии, имена, отчества индивидуальных предпринимателей, деятельность которых подлежит плановым проверкам;

— цель и основание проведения каждой плановой проверки;

— дата начала и сроки проведения каждой плановой проверки;

— наименование органа государственного контроля (надзора) или органа муниципального контроля, осуществляющих конкретную плановую проверку.

Рассматриваемая авторами организация расположена на территории города Омска. Данное предприятие обладает собственной производственной базой, включающей литейное и металлообрабатывающее производство, конструкторское бюро, испытательную лабораторию службы качества и электротехническую лабораторию. Основными видами деятельности являются: ремонт динамического оборудования, ремонт технологического оборудования объектов нефтепереработки и нефтехимии, изготовление литейной продукции, металлообработка, изготовление нестандартного технологического оборудования, ремонт и техническое обслуживание электрооборудования.

В перечень основных выбрасываемых в атмосферу вредных веществ входят: алюминия оксид, железо (II, III) оксиды, марганец и его соединения, оксид никеля, свинец и его соединения, хром шестивалентный, азот (IV) оксид, аммиак, азот (II) оксид, водород хлористый, углерод черный (сажа), сера диоксид, углерода оксид, фтористые газообразные соединения, бензол, ксилол, стирол, толуол,

метанол, этанол, фенол, формальдегид, ацетон, бензин нефтяной, углеводороды, пыль неорганическая.

Экономический ущерб от загрязнения атмосферы предприятием рассчитан по формуле: $U = \gamma \cdot \sigma \cdot f \cdot M$, $M = \sum (A_i \cdot m_i)$, где γ — удельный ущерб от загрязнения; σ — поправка, учитывающая характер рассеивания примесей в атмосфере; f — поправка, учитывающая характер рассеивания примесей в атмосфере; M — приведенная масса загрязняющих веществ; A_i — агрессивность i -й примеси; m_i — фактическая масса i -й примеси в тоннах. Таким образом, ущерб составил 2624784,2 руб.

В выбросах предприятия содержатся вещества, аккумулирующиеся в организме: свинец (0,0006 т/год), хром шестивалентный (0,0005311 т/год). Был проведен расчет аккумуляции этих токсинов в организме по формуле: $\text{воздействие} = (\text{концентрация в среде} \cdot \text{степень контакта}) / \text{вес тела}$, при этом учитывалось поступление вещества с воздухом, водой и пищей. У детей подросткового возраста, проживающих вблизи предприятия, ежедневно может накапливаться до 43,32 мкг хрома на кг массы тела, у взрослого населения — 23,16 мкг/кг, у работающих на предприятии накапливается до 121,23 мкг/кг. Таким образом, в организме детей аккумулируется хрома примерно в 2 раза больше, чем у взрослых. Следует принимать во внимание также факт повышенной восприимчивости детей к большинству токсических веществ из-за растущего организма, особенностей детской иммунной системы. Аккумуляция токсинов у работников предприятия (8 часов в день) примерно в 5 раз больше, чем у неработающих. Соединения хрома, наряду с общетоксикологическим действием, способны вызывать мутагенный и канцерогенный эффекты. Организм приобретает большую склонность к воспалительным и язвенным изменениям желудочно-кишечного тракта и катаральному воспалению легких. Среди рабочих хромовых производств отмечена повышенная заболеваемость раком легких [6].

При осуществлении производственного экологического контроля в области обращения с отходами проводятся следующие мероприятия:

- анализ существующих производств, с целью выявления возможных способов снижения количества и степени воздействия опасных образующихся отходов;
- проверка организации работ в области обращения с отходами;
- контроль учета и движения образовавшихся отходов;
- контроль соответствия класса опасности отхода, указанному в паспорте, фактическому;
- мониторинг состояния окружающей среды на объектах образования отходов;
- проверку выполнения планов мероприятий по безопасному обращению с отходами;
- проверку наличия согласованных с территориальными природоохранными органами нормативных документов, регламентирующих образование и размещение отходов;
- контроль образования и размещения массы отходов в соответствии с выданными лимитами.

Таким образом, производство рассматриваемой организации соответствует передовым технологиям, обеспечивающим высококачественное выполнение всех видов работ. Использование современного технологического оборудования вместе с газоочистным оборудованием позволяет в значительной степени сократить выброс загрязняющих веществ в атмосферу и, вместе с тем, повысить производительность предприятия в целом. Для уменьшения влияния на атмосферный воздух вредных веществ на предприятии установлены газопылеулавливающие установки. Все циклоны функционируют исправно, регулярно обслуживаются и позволяют в значительной степени снизить выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Средняя эффективность работы пыле-газоочистного оборудования на предприятии составляет более 90%. Поддержание экологической безопасности осуществляется благодаря производственному Экологическому контролю, который проводится в соответствии с нормативно-правовым актом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

Литература:

1. Краснова, И. О. Экологическое управление в США: Штатный уровень /И. О. Краснова. // Правоведение. — 1988. — № 5. — с. 77–80
2. Краснова, И. О. Экологическое право США: Сравнительно-правовое исследование: автореф. дис. ... докт. юр. наук: 12.00.06 / И. О. Краснова. — М., 1997. — 35 с.
3. Сорокин, Н. Д.. Настольная книга эколога предприятия: государственный экологический надзор. — М.: Библиотека Интеграл, 2013. — 611 с.
4. Развитие экологического аудита в России // Государственный надзор. — 2014. — № 3 (15). — с. 9–11
5. Источники загрязнения атмосферы. Нормирование качества атмосферного воздуха. Промышленные выбросы: Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Промышленная экология». Омск: ОмГТУ, 2002. — 32 с.
6. Влияние некоторых тяжелых металлов и микроэлементов на биохимические процессы в организме человека / Зинина О. Т. // Избранные вопросы судебно-медицинской экспертизы. — Хабаровск, 2001. — № 4. — с. 99–105.

Оценка профессиональных рисков на рабочем месте электрогазосварщика (на примере ремонтно-механического завода)

Дегтярев Никита Дмитриевич, магистрант
Омский государственный технический университет

Проведена идентификация и оценка производственных факторов, определены возможные ущербы жизни, здоровью работника и вероятности их наступления. Выполнена оценка профессиональных рисков конкретного рабочего места. Предложен примерный перечень мероприятий для рабочего места электрогазосварщика по улучшению условий труда и управлению рисками в области охраны труда.

Ключевые слова: вредные и опасные производственные факторы, оценка профессионального риска, оценка условий труда, риск, система управления рисками, средства индивидуальной защиты.

Оценка (расчет) рисков включает в себя выявление опасностей, определение (расчет) для каждой из них размеров возможных ущербов здоровью, вероятностей их наступления, проведение расчета значения показателя рисков. Эти задачи можно решить с помощью прямых методов оценки рисков. Данные методы используют статистическую информацию по выбранным показателям рисков или показатели ущерба и вероятности их наступления. Для оценки рисков с помощью косвенных методов используются показатели, характеризующие отклонение существующих (контролируемых) условий (параметров) от норм и имеющие причинно-следственную связь с рисками [1].

Оценка профессиональных рисков позволяет:

- получить научно обоснованные данные о фактическом уровне риска для здоровья работника в зависимости от условий труда;
- принять решения для снижения риска здоровья работающего;
- информировать работника о фактическом уровне профессионального риска на его рабочем месте и мерах, предпринимаемых работодателем, по снижению этого риска;
- обосновать и рассчитать страховые платежи, скидки и надбавки в системе обязательного социального страхования;
- обосновать льготы и компенсации за вредные и опасные условия труда;
- разработать и оценить эффективность системы средств коллективной и индивидуальной защиты.

Целью исследования является оценка профессиональных рисков на рабочем месте (РМ) электрогазосварщика.

Задача исследования — оценка рисков на рабочем месте электрогазосварщика с помощью прямого метода исследования.

Определить количественные показатели в исследуемой организации позволяет процедура — специальная оценка условий труда (СОУТ), которая проводится один раз в пять лет, на основании Федерального закон от 28.12.2013 г. № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».

Рассматриваемая в данной статье организация расположена в городе Омске и относится к отрасли машиностроения и металлообработки.

В состав предприятия входят:

- Ремонтно-механические цеха по ремонту технологического оборудования: № 13, № 30, № 35, № 38.
- Литейный цех № 28;
- механический участок;
- кузнечно-сборочный участок.
- Цех по ремонту электрооборудования технологических установок № 51.
- Цехи по техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования технологических установок: № 21, № 89

Процедура специальной оценки условий труда проводилась в 2015 году. В ходе проверки было аттестовано 888 человек.

Анализ результатов СОУТ показал, что большинство рабочих мест относятся к вредному классу УТ — 55% от их общего количества, из которых 8% относятся к классу 3.1, 47% к классу 3.2. Результаты анализа представлены на рисунке 1.

Проведя анализ результатов, представленный на рисунке 2, было выявлено, что наиболее вредным подразделением является цех № 89, в котором к вредному классу условий труда относится 98% рабочих мест, из которых 83,5% относятся к классу 3.2.

Рассмотрим подробнее рабочее место электрогазосварщика цеха № 28, на котором по результатам СОУТ присутствуют вредные условия труда. Фактическая оценка условий труда на РМ показала, что нижеперечисленные производственные факторы имеют вредные классы условий труда: химический фактор — 3.1; уровень шума — 3.1; микроклимат — 3.2.

Для выявления и оценки возможных видов опасностей, возникающих на рабочем месте электрогазосварщика, используя фактическую оценку условий труда, можно использовать «дерево событий».

Итак, примем условные обозначения для каждой из возможных опасностей [1]: P_1 — химический фактор;

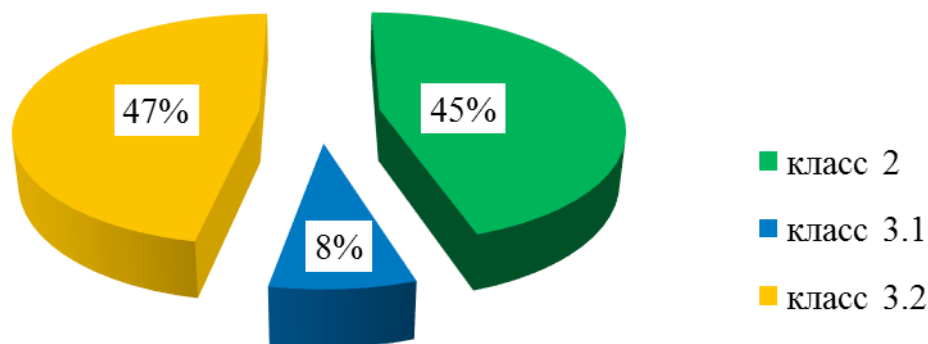


Рис. 1. Анализ результатов СОУТ 2015 г.

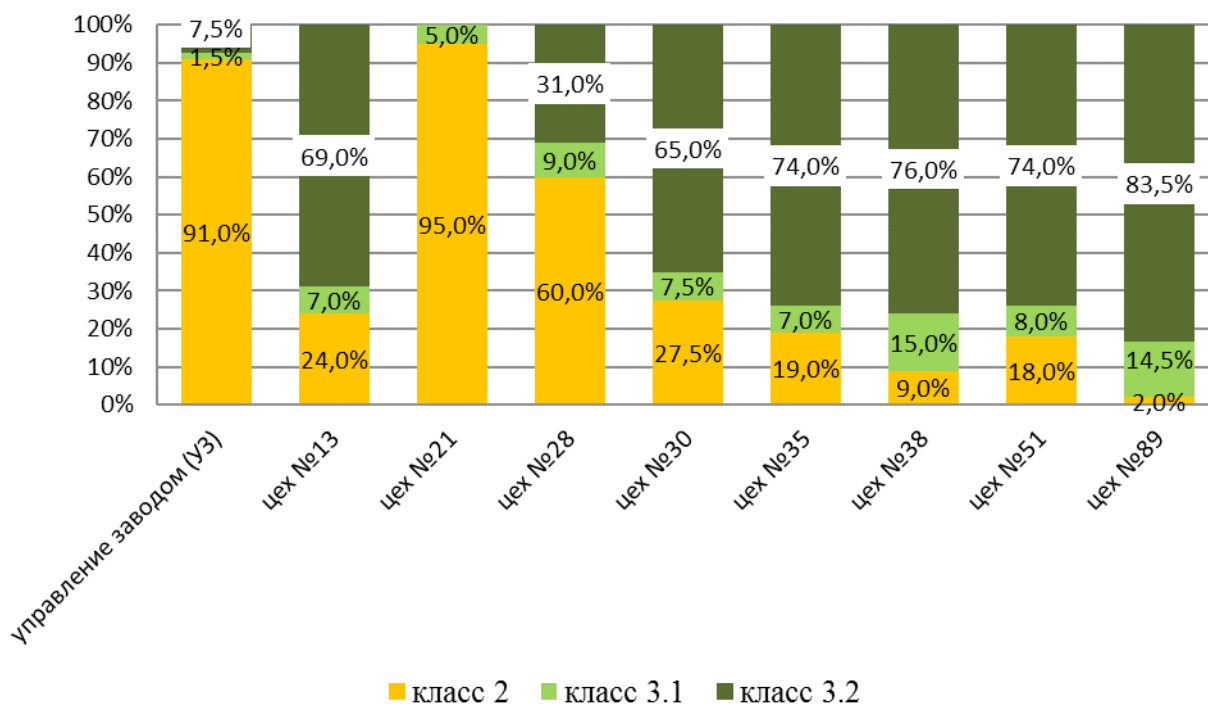


Рис. 2. Анализ результатов СОУТ по подразделениям

P_2 — шум; P_3 — микроклимат; P_4 — электрический ток; P_5 — исход, не связанный с наступлением ущерба.

Принимаем численные значения вероятностей (частот) [1]: $P_1 = 3/16$; $P_2 = 3/16$; $P_3 = 7/16$; $P_4 = 3/16$; $P_5 = 3/16$.

Трехуровневая шкала тяжести ущерба [1]: $P_1 = 10$ (средний); $P_2 = 10$ (средний); $P_3 = 15$ (большой); $P_4 = 10$ (средний); $P_5 = 0$.

Трехуровневая шкала оценки значимости рисков [1]: $P_1 = 1,8$ (низкий); $P_2 = 1,8$ (низкий); $P_3 = 6,45$ (умеренный); $P_4 = 1,8$ (низкий); $P_5 = 0$.

Из таблицы 1 видно, что оценка значимости риска на РМ идентифицированных опасностей имеет уровень — «высокий».

Необходимо разработать план мероприятий по улучшению условий труда и управлению рисками в области охраны труда. Для данного документа можно предложить следующие мероприятия на РМ электрогазосварщика:

- в условиях воздействия интенсивного шума ввести дополнительные регламентированные перерывы на 10 минут;
- отдых в период регламентированных перерывов и в обеденный перерыв следует проводить в оптимальных акустических условиях (при уровне звука не выше 50 дБА);
- в холодный период года ввести регламентируемые перерывы по 10 минут через каждые 1,5 часа непрерывного пребывания на открытой территории;
- в условиях повышенного уровня шума использовать СИЗ (беруши, наушники).

Таким образом, проведены:

- идентификация и оценка производственных факторов (химический фактор, уровень шума, микроклимат);
- оценка профессиональных рисков конкретного РМ, которая показала «высокий» уровень.

Кроме того, предложен примерный перечень мероприятий для РМ электрогазосварщика по улучшению условий труда и управлению рисками в области охраны труда.

Таблица 1. Результаты оценки профессионального риска на РМ электрогазосварщика

Идентифицированные опасности	Возможный ущерб	Весовой коэффициент ущерба	Качественное значение вероятности наступления ущерба	Весовой коэффициент вероятности наступления ущерба	Численное значение вероятности (частоты) наступления ущерба	Риски по идентифицированным опасностям	Оценка значимости риска по отдельной опасности	Риск на рабочем месте	Оценка значимости риска на рабочем месте
Химический фактор	средн.	10	средн.	3	3/16=0,18	1,8	низк.	11,85	высокий
Шум	средн.	10	средн.	3	3/16=0,18	1,8	низк.		
Микроклимат	больш.	15	высок.	7	7/16=0,43	6,45	умерен.		
Электрический ток	средн.	10	средн.	3	3/16=0,18	1,8	низк.		
Исход, не связанный с наступлением ущерба	0	0	средн.	3	3/16=0,18	0			

Литература:

1. ГОСТ 51898—2002 Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты [Текст]. Введен 05.06.2002. — М.: Стандартинформ, 2006. 3 с.
2. Руководство Р 2.2.2006—05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда (утв. Роспотребнадзором 29.07.2005) // Бюллетень нормативных и методических документов госсанэпиднадзора. № 3. 2005.
3. ГОСТ Р 12.0.010—2009 ССБТ. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков [Текст]. Введен 10.12.2009. — М.: Стандартинформ, 2011. 16 с.
4. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]. — Гарант: информационно-правовой портал. — Режим доступа: <http://base.garant.ru/12125268/33/#1033> (дата обращения 11.11.2015).

Улучшение условий труда на рабочих местах строительно-монтажной организации на основании анализа результатов оценки условий труда

Дегтярев Никита Дмитриевич, магистрант
Омский государственный технический университет

Данная статья посвящена вопросам анализа результатов оценки условий труда на рабочих местах строительно-монтажной организации, последующему улучшению условий труда.

Ключевые слова: *строительно-монтажная организация, оценка условий труда, аттестация рабочих мест по условиям труда, вредные производственные факторы, мероприятия по улучшению условий труда.*

Целью данной работы является улучшение условий труда на рабочих местах строительно-монтажной организации, на основании анализа результатов оценки условий труда, а именно, аттестации рабочих мест по условиям труда (далее АРМ по УТ).

Рассматриваемая в данной статье организация расположена в г. Омске и относится к строительно-монтажной

отрасли. Данная организация осуществляет ремонт технологического оборудования нефтеперерабатывающих заводов, осуществляет монтаж фасадов, кровлю, а также внутреннюю отделку помещений. Предприятие имеет собственный парк различной техники. За время существования были проведены ремонты на многих крупнейших нефтехимических и газоперерабатывающих заводах не только

Российской Федерации, но и Республики Казахстан, проложены и смонтированы сотни километров трубопроводов и эстакад. Неизменными основными принципами работы организации уже много лет являются скорость и высокое качество выполняемой работы, что в полной мере отвечает основным и главным требованиям любого заказчика.

В соответствии с Федеральным законом РФ от 28.12.2013 г. № 426-ФЗ «О специальной оценке условий

труда», в организациях на рабочих местах должна осуществляться специальная оценка условий труда (далее СОУТ). В настоящее время в рассматриваемой строительно-монтажной организации процедура СОУТ не проводилась и еще действительны результаты АРМ по УТ, проведенной в 2013 году, в ходе которой было аттестовано 440 рабочих мест (далее РМ).

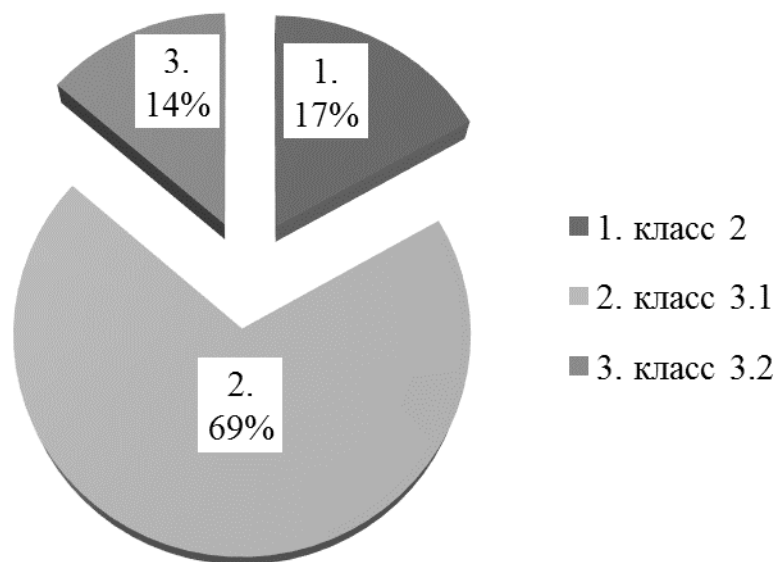


Рис. 1. Анализ результатов АРМ по УТ

На рисунке 1 представлен анализ результатов АРМ по УТ, который показывает, что наибольшее количество РМ соответствует вредному классу условий труда — 83% от общего числа рабочих мест, из которых 69% принадлежат классу 3.1, а 14% классу 3.2.

Наиболее вредными являются рабочие места электрогазосварщика, монтажника технологического оборудования, водителя и машиниста крана. К основным вредным факторам, негативно влияющим на условия труда, относятся шум, вибрация, запыленность воздуха рабочей зоны и тяжесть труда. Анализ класса условий труда на рабочих

местах по вредным факторам, указанных выше, представлены в таблице 1.

Для улучшения условий труда на РМ необходимо реализовать и внедрить мероприятия, снижающие негативное воздействие вредных факторов рабочей среды на организм работника.

Следующим вредным фактором, негативное воздействие которого необходимо уменьшить, является производственный шум. Для снижения высокого уровня шума существуют следующие методы: снижение шума в источнике; изменение направленности излучения; рацио-

Таблица 1. Вредные производственные факторы на рабочих местах

Рабочее место	Класс условий труда							
	Химический фактор	шум	Вибрация общая	Вибрация локальная	Микроклимат	Световая среда	Тяжесть труда	Напряженность труда
Водитель	—	3.1	3.1	3.1	2	2	3.1	2
Машинист крана	—	3.1	3.1	3.1	3.1	2	3.1	2
Монтажник	2	2	—	—	2	2	3.1	2
Электрогазосварщик	2	3.1	—	—	2	2	2	2

нальная планировка предприятий и цехов; уменьшение шума на пути его распространения; акустическая обработка помещений [2]. В данном случае, учитывая специфику работы организации и отсутствие постоянного рабочего места по рассматриваемым профессиям, защита от шума будет осуществляться применением современных средств индивидуальной защиты органов слуха и соблюдением рационально режима труда и отдыха.

Для снижения запыленности воздуха рабочей зоны предлагается установить местное передвижное вытяжное устройство, предназначенное для очистки воздуха от мелко- и среднedisперсных частиц различных видов пыли.

Снижение уровня вибрации на рабочем месте водителя может быть достигнута путем совершенствования амортизации рабочего места (сиденья), а также медицинская профилактика вибрационной болезни.

Профилактикой вибрационной болезни является отстранение от работы людей с заболеваниями центральной и периферической нервной системы, сердечно-сосудистыми заболеваниями, хроническими заболеваниями опорно-двигательного аппарата, а также желудочно-кишечного тракта.

Для сохранения здоровья и высокой работоспособности работника, а также в целях профилактики ре-

комендуются водные процедуры, массаж, производственная гимнастика, ультрафиолетовое облучение и витаминизация. При обнаружении начальных признаков заболевания рекомендуется амбулаторное и санаторно-курортное лечение. При своевременном лечении и рациональном трудоустройстве прогноз вибрационной болезни благоприятен.

Для достижения допустимых показателей по фактору тяжести трудового процесса необходимо провести механизацию трудового процесса.

Таким образом, анализ результатов АРМ по УТ в исследуемой организации показал наличие в организации преобладающего количества РМ с вредным классом условий труда — 83 % от общего числа рабочих мест, из которых 14 % — класс 3.2.

Предложенные мероприятия, направленные на улучшение условий труда на рабочих местах электрогазосварщика, монтажника технологического оборудования, водителя и машиниста крана, а именно на снижение негативного влияния вредных производственных факторов, выявленных при анализе результатов АРМ по УТ обеспечивают нормируемые значения и могут быть реализованы в трудовом процессе организации.

Литература:

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: информационно-правовой портал. — Режим доступа: <http://www.consultant.ru/popular/tkrf/> (дата обращения 26.02.2017 г.).
2. В. С. Сердюк, Л. Г. Стищенко, Е. Г. Бардина, Производственная санитария и гигиена труда.: учеб. пособие — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. — 244 с.

Теория и технология диффузионной сварки через промежуточный слой

Досжан Макат Ерланулы, магистрант

Карагандинский государственный технический университет (Казахстан)

В качестве материалов для плавления промежуточных слоев наиболее часто используются припои различных сортов и оксидов щелочных металлов, которые взаимодействуют с оксидной пленкой на поверхности основного металла. Выбор химического состава слоя зависит от типа свариваемых материалов и требований сварного соединения, сварка проводится при температурах, близких к температуре плавления припоя, с учетом того, что необходимо обеспечить течение диффузионных процессов между сварными материалами и компонентами прослойки. Жидкая фаза облегчает отделение, диспергирование и растворение оксидных слоев, как это происходит при обычных типах и видах сварки. В большинстве случаев промежуточные слои обеспечивают очистку поверхностей и вытесняются из зоны контакта во время процесса диффузионной сварки. Основным недостатком такого способа диффузионной

сварки, является низкое качество соединений, по качеству сварного соединения, подобный тип равен паяному соединению, учитывая сходство этой технологии с процессом пайки, мы не будем рассматривать ее в будущем.

Существует еще один способ обеспечить соединение через жидкий промежуточный слой, который образуется при эвтектической температуре в результате слияния материала, входящего в его состав, с контактными объемами подлежащих сварке материалов.

Механизм действия промежуточного слоя, подобен действию припоя при пайке, он смачивает поверхности, которые будут сварены в течение относительно короткого периода времени и образует интегральную связь при охлаждении. Например, титан с никелем образует эвтектику с массовой долей Ni 7 % (что соответствует 5,8 % атомов этого компонента).

Преимущество этого метода диффузионной сварки перед процессом, основанного на использовании припоя, заключается в том, что основной материал — эвтектический промежуточный слой — в системе не имеет явной границы раздела и тем самым резко изменяет физико-химических и механических свойств, характерных для системы основного материала — припой — основной материал. Эвтектический сплав основного материала с промежуточным слоем обладает свойствами обоих материалов. [1, с. 224]

В качестве материалов для неплавящихся промежуточных слоев применяют металлы обладающих высокой пластичностью, среди них: золото, серебро, никель, медь, алюминий и т. д. Обычно, они используются в виде фольги, проволоки, порошков и пленок, которые гальванически наносят на свариваемые поверхности, но более эффективным, но в тоже время, экономически более затратным, путем вакуумного осаждения.

Путем диффузионной сварки, в сочетании с образованием интерметаллических соединений в зоне соединения невозможно получить достаточно прочную связь нельзя только из алюминия и его сплавов со сталью, остальные стали и сплавы в различных сочетаниях выдают отличные прочностные характеристики. Например, алюминий-АМС сплав приварен к стали 15 через слой никеля, который гальванизован слой медной подложки, причем на свариваемый материал, таким же методом нанесена медь.

Сварка осуществляется в следующем режиме: температура сварки 560°C , давление сварки 15 МПа, время выдержки 2,1 мин. В механических испытаниях сварных соединений для растягивающего напряжения трещина только по алюминию, что показывает качество сварного соединения.

Для повышения прочностных свойств сварных соединений меди (и ее сплавов) с железом и стали используется никелированный гальванический промежуточный слой толщиной от 25 до 35 мкм.

Этот слой образует сплошную серию твердых растворов на основе железа и меди (при $T = 910$ и 960°C), что важно для сварки. Диффузионное соединение сплавов на основе ниобия и других тугоплавких металлов осуществляется при температурах ниже температуры рекристаллизации, необходимой для предотвращения их насыщения газами и роста зерен при нагревании.

Усиление диффузионных процессов достигается за счет промежуточных слоев, которые наносятся вакуумным распылением на сварные поверхности. Толщина напыленного слоя составляет от нескольких микрометров до десятков микрометров. Такие слои имеют мелкозернистую структуру. Они растворяются в сварных металлах и не оказывают существенного влияния на прочность сварного соединения. При сварке вольфрамо-ниобиевого сплава ВН-3 в качестве материала промежуточного слоя используется никель и имеет низкую растворимость в ниобии. При температуре 1100°C коэффициент диффузии никеля в ниобие на три порядка ниже, чем коэффициент ниобия в ни-

келе. Параметры режима сварки следующие: $T = 1010$, $P = 21$ МПа и время сварки 35 мин. Прочностная адгезия в 0,95 раза превышает прочность на разрыв основного материала, подлежащего сварке.

Соединения никелевого сплава ХН60В с ниобием ВН2АЭ, твердым сплавом ХН60В, получают с использованием двойных промежуточных слоев молибдена-палладия или молибдена-вольфрама, осажденных путем вакуумного осаждения. Эти металлы образуют твердые растворы друг с другом и оба сварных металла.

Прочность на растяжение связующего соединения молибден-палладий выше, чем у слоя молибден-вольфрама, и составляет около 80% сплава ВН2АЭ.

При производстве режущих биметаллических элементов, тиснение, основание из стали 5ХГС сочетается с твердым вольфрамовым кобальтовым сплавом ВК20 с помощью никелевого слоя, нанесенного на сварные поверхности химическим методом, а также в виде фольги из никеля или пермаллоя 50Н толщиной 0,3 мм. Сварка осуществляется при T порядка $1125\text{...}1175^{\circ}\text{C}$, $P = 5$ МПа и $t = 12$ минут. Разрушение соединения через твердый сплав.

В большинстве случаев при сварке различных металлов и сплавов материалом промежуточного слоя является никель, благодаря его благоприятным физико-химическим свойствам и хорошей металлургической совместимости с другими металлами.

Никель, который относится к переходным металлам, обладает высокими прочностными свойствами и пластичностью, которые сохраняются при низких температурах. Для большинства металлов, используемых в промышленности (Au, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pd, Pt и т. Д.), Он образует сплошную серию твердых растворов или упорядоченных стабильных фаз, что приводит к сварке разнородных металлов.

Ограниченная растворимость никеля в других металлах (Ag, Be, Bi, Ca, Mo и Nb) и этих металлах объясняется разницей в их атомных радиусах. Эта разница при взаимной диффузии вызывает заметное изменение периода кристаллической решетки никеля, что приводит к образованию неустойчивых промежуточных фаз. Тем не менее использование никелевых прослоек приводит к образованию зоны интерметаллидов в сварном шве, которая имеет чрезвычайно высокую хрупкость и твердость.

Свойства диффузионного соединения через прослойки никеля также определяются повышенной пластичностью и сопротивлением ползучести никеля по сравнению с другими металлами.

Приведенные примеры показывают важную роль, которую играют компактные прослойки в диффузионном склеивании металлов. Кроме того, он увеличивается при сварке неметаллических материалов (керамика, стекло, сапфир, поликор и т. д.) Как друг с другом, так и с металлами. [2, с. 208]

Из работы профессора Н. Ф. Казакова и его коллег известно, что с использованием диффузионного связы-

вания можно получить высококачественные соединения металлов при температурах, составляющих (0,7... 0,9) T_1 этих материалов. Этот температурный диапазон достаточен для обеспечения безопасного физического контакта соединяемых поверхностей, образуются активные центры взаимодействия и инициируется процесс ускоренного диффузионного обмена.

Условия и параметры диффузионного соединения металлов и неметаллических материалов сильно различаются. Несмотря на то, что процесс взаимодействия металлов и неметаллов является топохимической реакцией, которая протекает в трех стадиях на активных участках, характер образованных в соединении связей определяется характером материалов. Поэтому в зависимости от их физических и химических свойств могут меняться некоторые параметры сварки, в частности температура процесса. Учитывая особенности структуры аморфного стекла, повышенную активность стеклянной фазы в керамике по сравнению с кристаллической фазой, а также ограниченную деформируемость всех неметаллических материалов, их нагревают до температуры размягчения для получения сильного неметаллического соединения. Как следствие, образцы деформируются даже без эффекта нагрузки. Задача объединения неметаллических материалов была решена с помощью металлических промежуточных слоев, аналогичных тем, которые использовались при диффузионном склеивании металлов. Диффузионная сварка неметаллических материалов с металлом осуществляется с помощью микропластических деформаций промежуточного слоя или металлической части. Формирование надежной связи между неметаллами и металлом возможно благодаря взаимодействию между низкими оксидами металлов и оксидной системой неметалла. Поэтому разработка технологии неметаллической диффузионной связи между металлом и металлом ограничивается выбором типа металлической прослойки, имеющей на своей поверхности слой оксида значительной толщины и площади сварки. Наиболее распространенными промежуточными соединениями для неметалла являются алюминий, медь, ковар 29KN, ниобий и титан, которые используются в качестве пленки толщиной не более 0,2 мм. С увеличением толщины металл действует как самонесущий конструкционный материал. [3, с. 312]

Многочисленные исследования показывают, что большинство металлов и неметаллов образуют только соеди-

нения, когда между ними находится третий материал — промежуточный слой в виде металлической фольги, распыленного или оцинкованного покрытия и металлического порошка. Этот слой выполняет множество функций, наиболее важным из которых является металлургическая совместимость двух сварных поверхностей.

Установлены основные принципы и конкретные технологии для производства высокоактивных промежуточных слоев на основе анализа металла и их смесей. Показано, что единственным способом получения энергонасыщенного соединения является термическое разложение металлических формиатов и оксалатов и их механических смесей различных составов. Была продемонстрирована и продемонстрирована полезность использования промежуточных слоев в виде пористых лент, полученных прокатки UDP без потери активности частиц порошка, обладающих требуемыми свойствами (толщина, пористость и шероховатость поверхности). Проведенные исследования легли в основу разработки технологии диффузионной сварки изделий различного назначения из разных материалов. Математическая обработка полученных результатов подтвердила обоснованность гипотетической гипотезы о роли поверхностной энергии нанокристаллических материалов при их твердофазном спекании с компактными металлическими и неметаллическими материалами. Разработанное технологическое оборудование для диффузионной сварки в вакууме и водороде, а также специализированное технологическое оборудование обеспечивают производство высококачественных соединений разнородных материалов с воспроизводимыми свойствами и позволяют повысить производительность процесса.

Следующим шагом в развитии диффузионных сварных соединений является создание новых промежуточных слоев на основе многокомпонентных смесей сверхдисперсных материалов, которые расширят список сварных материалов.

В ходе анализа, была выяснена потребность в промежуточном слое материала для диффузионной сварки. Цель промежуточного слоя, скрепление разнородного материала для обеспечения различных свойств внутренней и внешней поверхности, для повышения эксплуатационных свойств.

Вывод: из полученных данных следует, что указанный метод, а именно диффузионная сварка, является передовым методом получения сварных соединений с заданным набором необходимых свойств.

Литература:

1. Мазур, А. И. Процессы сварки и пайки в производстве полупроводниковых приборов / А. И. Мазур, В. П. Алехин, М. Х. Шоршоров. — М.: Радио и связь, 1981.
2. Мусин, Р. А. Диффузионная сварка жаропрочных сплавов / Р. А. Мусин, В. Н. Анциферов, В. Ф. Квасникий. — М.: Металлургия, 1979.
3. Казаков, Н. Ф. Диффузионная сварка материалов / Н. Ф. Казаков — М.: Машиностроение, 1976.

Эффективное осушение воздуха помещений бассейнов

Капсудина Антонина Юрьевна, магистрант
Иркутский национальный исследовательский технический университет

На сегодняшний день в виду роста количества коттеджей и многоквартирных домов строительство бассейнов переживает настоящий бум. Однако кроме строительства самого бассейна необходимо заблаговременно позаботиться об инженерном оборудовании помещения, в котором предполагается его установка, в том числе об приточно-вытяжной вентиляции.

Основной задачей, стоящей перед специалистом, занимающимся проектированием систем вентиляции помещений бассейнов, является определение расчетной величины воздухообмена, ведь от неё на прямую зависит эффективность работы вентиляции и величина энергии потребляемой в течение всего ее срока эксплуатации.

Основной вредностью для помещений бассейнов являются значительные влаговыделения возникающие в основном при испарении воды с открытой поверхности бассейна, которые при правильно спроектированной системе вентиляции эффективно ассимилируются вентиляционным воздухом. Уменьшение объема вентиляционного воздуха уменьшит энергозатраты, возникающие при работе оборудования вентиляции, но в то же время приводит к увеличению влажности и ухудшению качества внутреннего воздуха. И наоборот увеличение объема вентиляционного воздуха увеличит энергозатраты, но приведет к уменьшению влажности и улучшению качества внутреннего воздуха.

Последствиями неправильной работы вентиляционных систем являются:

- высокое содержание водяного пара;
- конденсация паров влаги на поверхностях, вызывающая коррозию, гниение материалов, снижение термического сопротивления тепловой изоляции в результате увеличения коэффициента теплопроводности;
- разрушение наружных ограждающих конструкций в результате их увлажнения и замерзания влаги в их капиллярах;
- разрушение металлических несущих конструкций в результате ржавения;
- образование грибковой плесени появление влаги на мебели, стенах и потолках;
- запотевание окон помещения; аллергические раздражения и нездоровый микроклимат;
- пониженное электрическое сопротивление изолирующих материалов;
- при повышении влажности до уровня более 70%, условия внутри бассейна становятся не комфортными для присутствующих.

Для правильного определения величины воздухообмена требуется знать количество влаги, выделяющееся в помещении в единицу времени. Для этого решается уравнение воздушного баланса по влаге:

$$\Sigma W + G_i d_i - G_o d_o = 0 \quad (1)$$

где: ΣW — суммарные влаговыделения в помещение, кг/ч; d_i , d_o -соответственно влагосодержание приточного и удаляемого воздуха, кг/кг; G_i , G_o — соответственно расход воздуха, подаваемого и удаляемого из помещения системами вентиляции кг/ч;

Тогда при решении уравнения воздушного баланса по формуле 1, расчетная величина воздухообмена при работе общеобменной приточно-вытяжной вентиляции примет вид:

$$G_o = G_i = \frac{\Sigma W}{(d_o - d_i)} \quad (2)$$

Основной проблемой при нахождении воздухообмена по формуле 2 является нахождение суммарных влаговыделений в помещение, от величины, которых напрямую будет зависеть расчетный воздухообмен помещения бассейна.

Влаговыделения в помещение кроме открытой поверхности воды будут происходить также с поверхности кожи и при дыхании людей, испарения с поверхностей на которых находятся брызги воды, инфильтрация воздуха, кроме того, в помещении будут происходить и поглощение влаги конструкциями, холодными трубопроводами и др.

Борьба с избыточной влагой в помещении бассейна с применением только систем вентиляции приводит к значительным потерям энергии и низкой их эффективности. Способность поглощения воздухом водяных паров ограничена и не постоянна, зависит от времени года, температуры и влажности атмосферного воздуха, так зимой наружный воздух имеет меньшее влагосодержание и имеет большую способность к поглощению влаги, а летом наоборот уличный воздух имеет большее влагосодержание и меньшую способность поглощать влагу. Использование только вентиляции характеризуется повышенным энергопотреблением в виду того, что чистый воздух, выбрасывается наружу, не отдав явное и скрытое тепло приточному воздуху (утилизация тепла влажного воздуха с влажностью 65% и более при низких температурах наружного воздуха практически невозможна), т. к. основной проблемой в помещении бассейна является влаж-

ность, а величина воздухообмена, рассчитанная по санитарной норме составляет 80 м³/ч наружного воздуха на одного занимающегося и 20 м³/ч на одного зрителя, ничтожно мала по сравнению с воздухообменом для борьбы с влажностью, а для нагрева наружного воздуха требуется энергия.

Достижение экономии и увеличения эффективности осушения воздуха может быть достигнуто при использовании рециркуляционных осушителей воздуха, работа которых основывается на конденсационном методе (охлаждения влажного воздуха ниже точки росы, в результате чего происходит конденсация влаги на поверхности испарителя, которая затем удаляется в канализацию), и расчету систем вентиляции на минимальную величину воздухообмена (рисунок 1.), а именно санитарную норму в соответствии [1]. При этом при работе осушителя скрытая теплота конденсации пара и тепло возникающее при механической работе компрессора используется для подогрева осушенного воздуха или дополнительного нагрева до требуемой температуры санитарной нормы свежего воздуха.

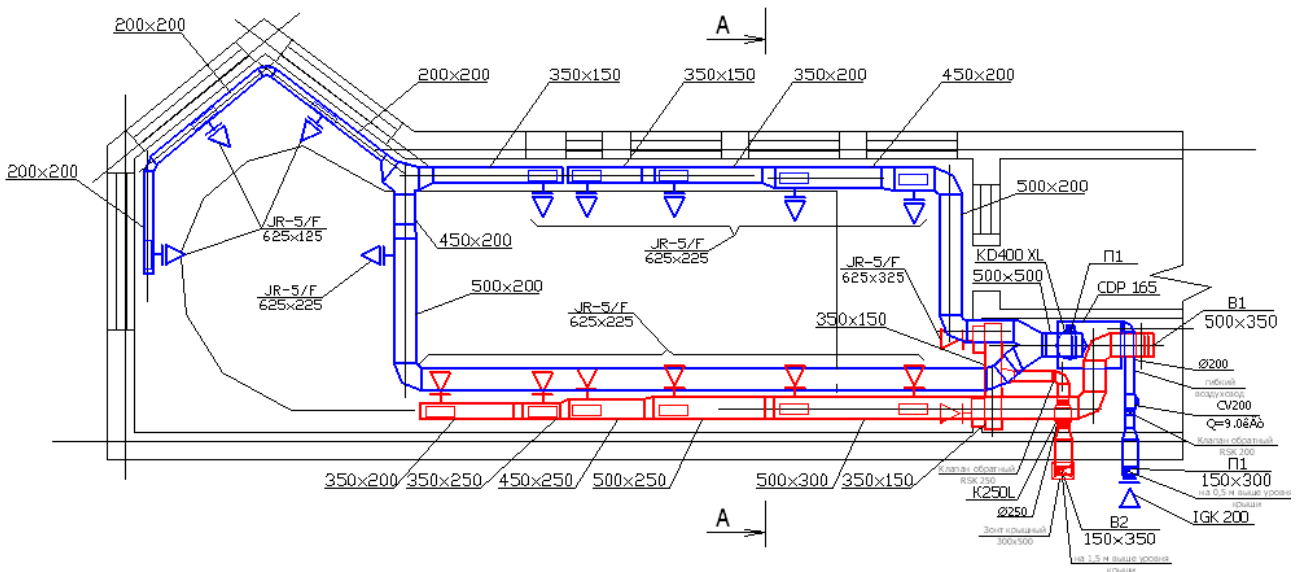


Рис. 1. Совмещение приточно-вытяжной вентиляции с осушителем воздуха в помещении бассейна. П1-система подачи осушенного рециркуляционного и санитарной части приточного воздуха; В1 — система удаления влажного воздуха для его осушения в осушителе; В2 — система удаления санитарной нормы воздуха

Работа осушителей основана на принципе конденсации влаги, находящейся в воздухе. Влажный воздух с помощью вентилятора подается в испаритель, где охлаждается до температуры ниже точки росы, в результате чего пары воды преобразуются в капельки конденсата, который затем удаляется. Тепловая энергия, предварительно извлеченная в испарителе из влажного воздуха, возвращается к холодному осушенному воздуху при прохождении его через конденсатор и, фактически, за счет высвобождаемой теплоты испарения и тепловой энергии, получаемой в результате работы компрессора, осушенный воздух приобретает большее количество тепла, чем было извлечено из него до охлаждения. Это обеспечивает повышение температуры подаваемого в помещение воздуха (рисунок 2) примерно на 5°С, по сравнению с температурой рециркуляционного воздуха. При непрерывной циркуляции воздуха с обработкой его в осушителе происходит плавное и одновременно быстрое снижение относительной влажности окружающей среды.

Тогда формула баланса по влаге (1) примет вид:

$$\Sigma W + G_n^{min} d_n - G_y^{min} d_y - G_{осуш.} \Delta d_{осуш.} = 0 \quad (3)$$

где: G_n^{min} , G_y^{min} - соответственно санитарный расход воздуха, подаваемого и удаляемого из помещения системами вентиляции в соответствии с [2], кг/ч; $G_{осуш.}$ - расход рециркуляционного воздуха проходящего через осушитель кг/ч;

$\Delta d_{осуш.}$ - разность влагосодержаний воздуха входящего и выходящего из осушителя воздуха кг/кг;

Расчет влаговыделений и затрат энергии на осушение

В соответствии с [1] в плавательных бассейнах температуру поверхности воды необходимо поддерживать на уровне 26–28°С. При этом температура воздуха должна быть на 1–2°С выше температуры воды, то есть 27–30°С. Нормируемая относительная влажность воздуха 50–65 %.

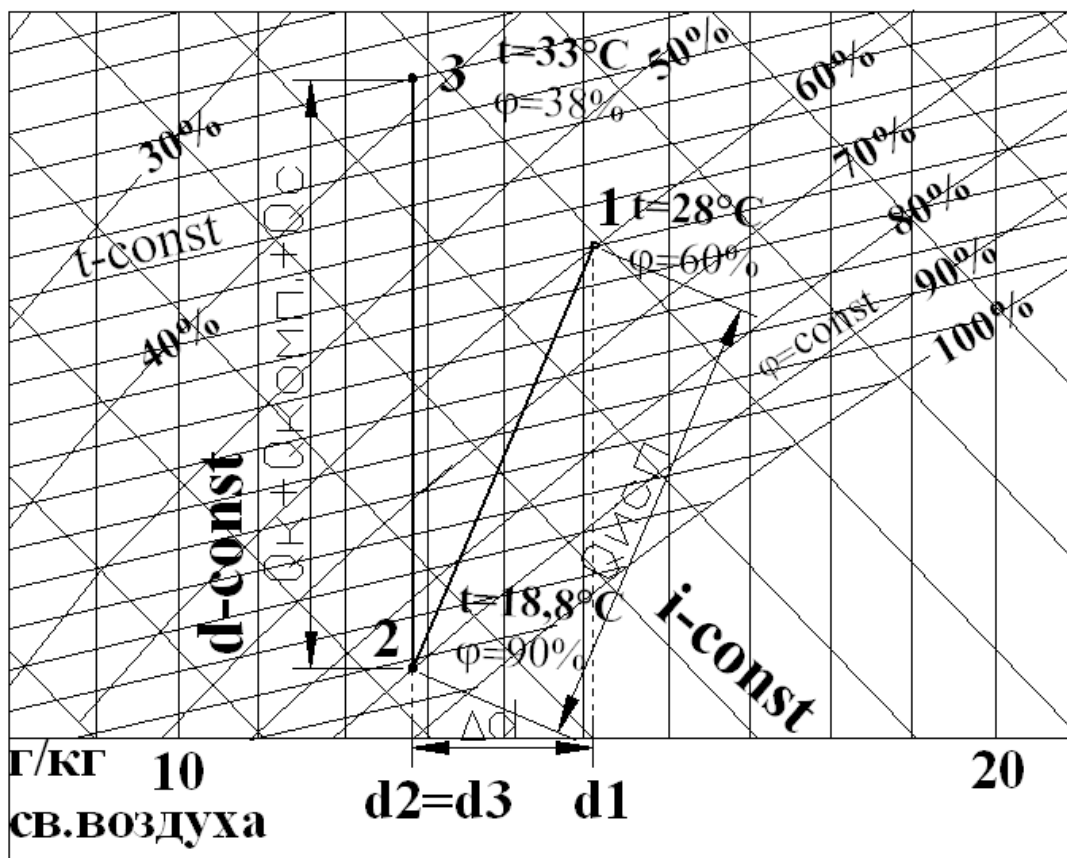


Рис. 2. Процесс обработки воздуха осушителем воздуха на I-d диаграмме. Характерные точки: 1 — параметры воздуха на входе в осушитель воздуха; 2 — параметры воздуха на выходе из испарителя; 3 — параметры воздуха после конденсатора; $Q_{исп}$ — холодильная мощность испарителя, Вт; $Q_{к}$ — мощность конденсатора, Вт; $Q_{комп}$ — мощность компрессора, Вт; Q_c — скрытая теплота в результате конденсации влаги из воздуха, Вт;

Влага, испаряющаяся в помещение, является основным технологическим показателем «вредности», по которому проводится расчет требуемого воздухообмена и определение мощности вентиляционного оборудования по воздухопроизводительности.

Существует современная методика финских и немецких специалистов, которые вводят специальный эмпирический коэффициент, учитывающий изменение интенсивности испарения при различной активности купающихся:

Интенсивность испарения рассчитывается следующим образом в соответствии со стандартом VDI-2089 (Общество немецких инженеров), используемого для расчета размеров закрытых плавательных бассейнов.

$$W_{от} = e \cdot F \cdot (P_w - P_1 / 10^3);$$

где: $W_{от}$ — количество влаги, испаряющейся с открытой водной поверхности плавательного бассейна, кг/час;

F — площадь открытой водной поверхности, м²;

$P_w - P_1$ — давление водяных паров насыщенного воздуха в бассейне при заданных температуре и влажности воздуха;

e — эмпирический коэффициент равный:

0,5 — закрытая поверхность бассейна;

5 — неподвижная поверхность бассейна;

15 — небольшие частные бассейны с ограниченным количеством купающихся;

20 — общественные бассейны с нормальной активностью купающихся;

28 — бассейны для отдыха и развлечений;

35 — бассейны с водяными горками и значительным волнообразованием;

Пример расчета:

Площадь открытой водной поверхности, $F = 72 \text{ м}^2$; температура внутреннего воздуха, $t_{вн} = 28^\circ\text{C}$, температура воды, $t_w = 26^\circ\text{C}$; относительная влажность воздуха 60 %; эмпирический коэффициент $e = 15$; давление водяных паров насыщенного воздуха в бассейне $P_w = 33,609 \text{ гПа}$; давление водяных паров насыщенного воздуха в бассейне при температуре $t_{вн} = 28^\circ\text{C}$ и влажности воздуха 60 % $P_1 = 22,677$; в формулах необходимо учесть отклонение барометрического давления от 760мм.рт.ст. равного для Иркутска 715мм.рт.ст.; подставив известные данные получим:

$$W_{от} = e \cdot F \cdot (P_w - P_i / 10^3) = 15 \cdot 72 \cdot (33,609 - 22,677 / 10^3) \cdot 0,9 = 10,81 \text{ кг/ч.}$$

Для борьбы с таким количеством влаги только с помощью системы вентиляции в зимний период:

$$G_y = G_n = \frac{10,81}{(0,0145 - 0,0002)} = 756 \text{ кг/ч, или } L = \frac{756}{1,2} = 630 \text{ м}^3/\text{ч, этот расход соответствует согласно [2]}$$

$$\frac{630}{80} = 7,9 \text{ занимающимся} \quad \text{или} \quad \frac{630}{20} = 31,5 \text{ зрителю, для нагрева потребуется}$$

$$Q_{нагр.} = \frac{630}{3600} 1,2(28 + 36) = 13,5 \text{ кВт тепла, тогда как максимальная электрическая мощность осушителя}$$

4,3 кВт.

В летний период воздухообмен при тех же параметрах внутреннего воздуха и том же количестве выделяющейся

$$\text{влаги: } G_y = G_n = \frac{10,81}{(0,0145 - 0,0132)} = 8315 \text{ кг/ч или } L = \frac{8315}{1,2} = 6930 \text{ м}^3/\text{ч, что в 11 раз больше чем}$$

расход воздуха в зимний период, в результате в виду различной ассимилирующей способности воздуха в теплый и холодный периоды года вентиляционное оборудование приходится подбирать с этим излишним запасом.

Вывод: в помещениях бассейнов в виду одинаковой влагоосушающей способности при постоянной влажности в разные периоды года безусловными преимуществами обладает совместное *использование осушителей воздуха конденсационного типа и системы приточно-вытяжной вентиляции*, рассчитанной на санитарную (минимальную) величину. Однако для окончательного принятия решения необходим анализ величины потребляемой ими энергии в течение всего срока их эксплуатации.

Литература:

1. СНиП 41–01–2003 «Отопление вентиляция и кондиционирование»;
2. Справочное пособие к СНиП 2.08.02–89* «Проектирование бассейнов»;
3. <http://www.dantherm.ru> «Осушители воздуха»;
4. Анализ особенностей использования основных методов осушения воздуха С. О. К. № 3 | 2004 г. к. т. н. Е. П. Вишневский.
5. В. Н. Богословский, О. Я. Кокорин, Л. В. Петров, «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» М.: Стройиздат 1985 г.

Методика анализа и схема алгоритма анализа динамических погрешностей отработки программной траектории

Кенесова Перизат Еркинкызы, магистрант
Карагандинский государственный технический университет (Казахстан)

В данной статье рассмотрены методики анализа динамических погрешностей отработки программной траектории. На основе проведенного исследования автором предлагается блок-схема обобщенного алгоритма вычисления погрешности.

Ключевые слова: динамические погрешности, рабочая точка, программные траектории.

Предлагается следующая методика анализа динамических погрешностей.

1. Формулирование требований к законам изменения координат рабочей точки и углов ориентации рабочего органа во времени (может быть, в различных системах координат и разных способах: координаты прямоугольные или иные, как функции времени, скорости, как функции вре-

мени или координат, или длины дуги, или координаты, как функции длины дуги, преимущества и недостатки представлений).

2. Решение обратных задач геометрии и кинематики, определение программ изменения обобщенных координат и обобщенных скоростей тоже в различных формах (в зависимости от времени, условного пара-

метра, длины дуги, друг от друга, что упрощает реализацию).

3. Переход к законам перемещения выходных звеньев двигателей, определение законов перемещения выходных звеньев двигателей и соответствующих скоростей.

4. Расчет составляющих вектора погрешностей для двигателя каждого привода в зависимости от времени.

5. Расчет составляющих вектора погрешностей по программной траектории в зависимости от длины дуги или координат конечной точки.

6. Расчет отклонений (в том числе максимальных), по заданным направлениям (в частности, по нормали и бинормали реальной траектории от программной траектории).

7. Определение таких программных скоростей, при которых максимальные отклонения лежат в допустимых пределах.

8. Определение отклонений от программной скорости по траектории вследствие динамических погрешностей.

9. Расчет компенсирующих динамические погрешности поправок на координаты по траектории.

10. Определение приемлемых или наилучших законов аппроксимации реальных траекторий кривыми, принадлежащими тому же семейству для реализации вычисленных поправок.

11. Окончательный выбор параметрических поправок к программным траекториям, при которых получается достаточная или наилучшая для выбранного класса аппроксимация (в разных вариантах, например, вписанной и описанной окружностей, при односторонних допусках).

12. Анализ остаточных погрешностей после введения поправок. В упрощенном варианте блок-схема обобщенного алгоритма вычисления погрешности обработки программной траектории представлена на рисунке 1 [1, с 55].

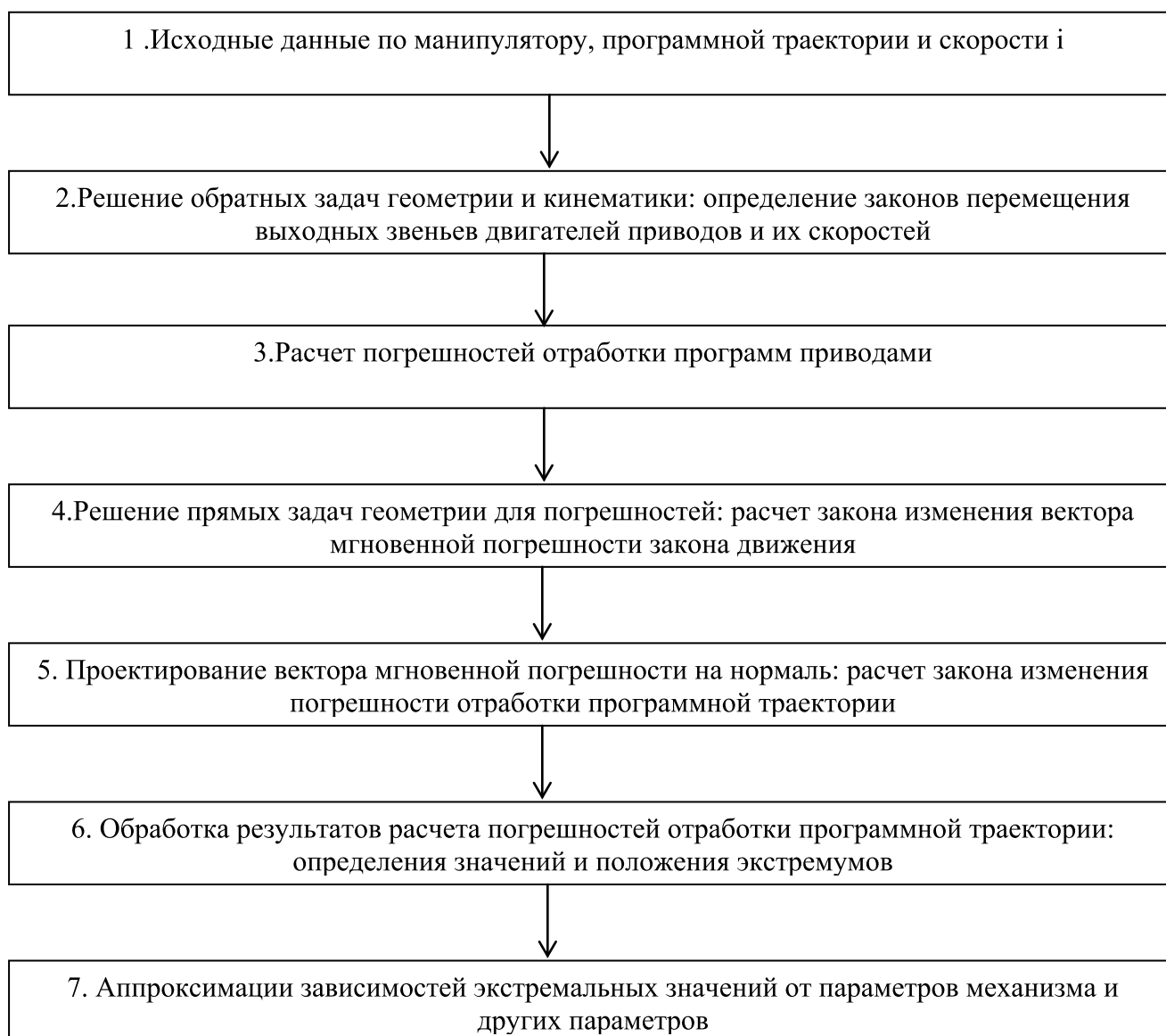


Рис. 1. Блок-схема обобщенного алгоритма вычисления погрешности

Решение обратных задач геометрии и кинематики (заданы траектория движения рабочей точки манипулятора и закон изменения программной скорости, определяются законы движения двигателей приводов) на этапе 2 должно осуществляться точно, в больших углах и в полных диапазонах перемещений.

Для достаточно сложных кинематических схем решение обратной задачи на этапе 2 разбивается на два подэтапа: сначала определяются обобщенные координаты механизма, а затем законы движения выходных звеньев двигателей приводов. На большинстве последующих этапов может быть использована линеаризация, если она дает практическое упрощение вычислительных процедур. При проектировании вектора синхронной погрешности на нормаль необходимо знать направление последней; если программная траектория задается как прямая, окружность или их сопряжение, то одновременно задаются и нормали. Для других, более сложных кривых, тем более пространственных, необходим под этап расчетного определения направления нормали.

На этапе 6 первичной обработки результатов расчетов помимо определения экстремальных значений отклонений может быть предусмотрено определение, например, их положения, среднеквадратичных отклонений и т. п. Воз-

можно также осуществление статистического моделирования при различным образом задаваемых случайных влияющих факторов.

На последнем этапе 7 может осуществляться аппроксимация самих реальных траекторий простыми аналитическими зависимостями, что определяет конструктивные пути построения корректирующих поправок (они рассмотрены подробно далее); аппроксимации могут быть также полезными также для описания зависимостей характеристик остаточных погрешностей (после введения корректирующих поправок) от различных параметров манипулятора и привода.

Погрешность изменяется по дуге контура и может изменять знак. Она будет считаться положительной, если ее вектор направлен от центра кривизны программной траектории, и отрицательной, если направлен к центру кривизны. Если программная траектория — прямая, то выбор положительного направления произволен. Наибольший интерес представляют экстремальные значения погрешности воспроизведения траектории, причем значимость отклонений в одну и другую сторону от программной траектории может быть различной, поэтому их нужно регистрировать отдельно.

Литература:

1. Никифоров, С.О., Мархадаев Б.Е. Алгоритм формирования точностных показателей промышленных роботов. // Вестник машиностроения, 2001, № 4, 2001.

Совершенствование структуры взаимодействия участников системы доставки нефтепродуктов конечным потребителям

Кодиленко Александр Сергеевич, аспирант;
Федотов Владислав Николаевич, аспирант
Волгоградский государственный технический университет

В данной статье рассматривается структурное взаимодействие между участниками системы доставки нефтепродуктов. Намечены пути ее совершенствования.

Ключевые слова: светлые нефтепродукты, грузовые перевозки, система доставки.

Нефтяная и нефтехимическая отрасль в российской экономике имеет высочайшую социально экономическую значимость. Применение современных информационных технологий, методов и инструментов в организации логистики доставки нефтепродуктов, систем контроля за сохранностью груза и обеспечении безопасности дорожного движения способны существенно улучшить качество работы существующей системы снабжения нефтепродуктами.

Качественная и бесперебойная работа автозаправочного комплекса (АЗК) зависит, прежде всего:

а) от стабильности доставки груза с нефтеперерабатывающего завода до перевалочной нефтебазы «точно в срок»;

б) от емкости нефтехранилищ на нефтебазах и АЗС (для хранения отдельных сортов бензина, дизельного топлива, различных групп масел), способных обеспечить наличие нефтепродуктов в период между очередными поставками и в расчете на изменение объекта реализации;

в) от поддержания определенного режима поставок бензина и дизельного топлива (ДТ) на АЗС, в соответствии с имеющимися у них в наличии емкостями, интенсивностью продажи и т. д.

г) от системы контроля качества и сохранности нефтепродуктов при доставке нефтепродуктов от производителя до конечного потребителя.

Социотехнический «каркас», который определяет всю деятельность АЗК, выстраивает и его организационные структурные связи, функциональные «блоки». Продвигая свой материалопоток (ГСМ), фирма интегрирует подвоз топлива и смазочных материалов, их хранение в необходимом объеме и реализацию этой продукции. Фактически, центральным звеном управления становится обеспечение условий для максимально интенсивной и непрерывной продажи ГСМ, поскольку ее основной целью является прибыль от реализации, покрывающая необходимые издержки.

Известно, что любая открытая система, способна адаптироваться к внешнему окружению. Но характер, специфика такой адаптации прямо зависит от свойств данной системы, ее гибкости, масштабов способности к «самонастройке». Для АЗК жестким ограничением выступают именно технические условия: совокупная емкость для хранения ГСМ, возможности их подвоза (количество бензовозов) «точно в срок», наличие или отсутствие нефтепродуктов на нефтебазах у посредников.

Отсюда возникает несколько направлений выработки стратегии, которые позволяют сохранить необходимый уровень рентабельности АЗК, его конкурентоспособность. Первая стратегия — максимального приближения к существующему пределу прибыли за счет сокращения внутренних издержек (на транспорте, на хранении запасов ГСМ, услуг разного рода и т. д.). Именно здесь первостепенное значение приобретает точное логистическое регулирование, оптимизация социального (профессионального) и технического взаимодействия. Практически это означает создание системы логистического управления, которое выявляет и поддерживает наиболее эффективный режим функционирования той социотехнической системы, в рамках которой действует данный АЗК (включая отношения с посредниками и др.).

Оптимизация алгоритма управления запасами, все компоненты которого являются переменными величинами, оказывающими воздействие на результаты расчета, необходима для выбора варианта формирования запаса.

Минимизация запасов здесь означает их максимизацию в обороте (подвозе и продаже) и тем самым — уменьшение количества не востребуемых запасов ГСМ, т. е. их избыточности при данном режиме продаж.

При этом важно определить критерии необходимости подвоза ГСМ. Нужно ли отправлять бензовозы на нефтебазу и на АЗС тогда, когда освободившиеся емкости уже могут принять емкость бензовоза (хотя при этом торговля идет слабо и её оживления не предвидится), или же подвоз относить к скорости реализации — с опережением освобождающихся емкостей и с учетом времени, к которому необходимо подвезти бензин — «точно в срок»?

Выбор в данной ситуации определяется стратегией фирмы, опытом её руководства, стремлением сделать риск ошибки минимальным. Если речь идет о стратегии ограниченного роста, тогда, вероятнее всего, подвоз будет связан с освобождением самих емкостей. Но при стратегии роста, когда одновременно повышается степень допустимого

риска, подвоз целесообразнее увязать с темпами продажи нефтепродуктов, т. е. «впрок».

Для выбора необходимого варианта очень важно иметь представление о тенденциях продажи нефтепродуктов за длительный период (от года и более) и соответственно уметь прогнозировать изменение спроса. Кроме того, целесообразно выделить необходимую страховую часть запаса, которая должна являть собой величину, обеспечивающую минимум суммарных затрат и потерь. Эта величина всегда меньше, чем экономически целесообразная партия поставки. Её уровень уменьшается при возрастании частоты поставок и возрастает, когда эти поставки становятся более редкими.

Для эффективного управления запасами АЗК важное значение имеет определение нормативов, нормирование, которое составляет основу системы управления материальными запасами. Натуральные и денежные измерители норм характеризуют абсолютную величину запаса, а запас в днях — относительную. Последний определяют путем деления абсолютного запаса на среднесуточное потребление соответствующего ресурса, которое рассчитывают делением плановой потребности в ресурсе на число дней в плановом периоде.

Максимально текущий запас определяют произведением объема среднесуточного календарного потребления на интервал поставок в днях данного вида или позиции специализированной номенклатуры сырья, материалов и топлива. Этот запас соответствует тому моменту, когда при полном исчерпании запаса к началу интервала поступления прибывает на предприятие очередная поставка. После этого запас, достигнув максимального значения, начинает уменьшаться до полного исчерпания. В настоящее время структура системы доставки нефтепродуктов имеет следующие варианты (см. рис. 1 и 2).

Каждая из данных систем имеет свои особенности. В частности, в случае наличия логистической службы в составе Заказчика приоритетной задачей логистов является обеспечение стабильной работы автозаправочного комплекса, обслуживаемого региона. В результате логистическая служба Заказчика ставит своим критерием эффективности поддержание максимально возможных запасов нефтепродуктов на АЗС, что негативно сказывается как на эффективности денежных вложений Заказчика, так и на эффективности используемого автопарка.

При управлении запасами на АЗС логистической службой со стороны Перевозчика происходит повышение эффективности работы транспортных средств. Однако зачастую транспортные компании отвечают за небольшое количество АЗС, не видят ситуации, которая складывается на участках других Перевозчиков. В результате чего усложняется процесс оптимизации погрузки транспортных средств и в значительной степени снижается вариативность возможных решений при управлении запасами во всей системе в целом.

Одним из путей решения существующих проблем является разработка автоматизированной системы управления

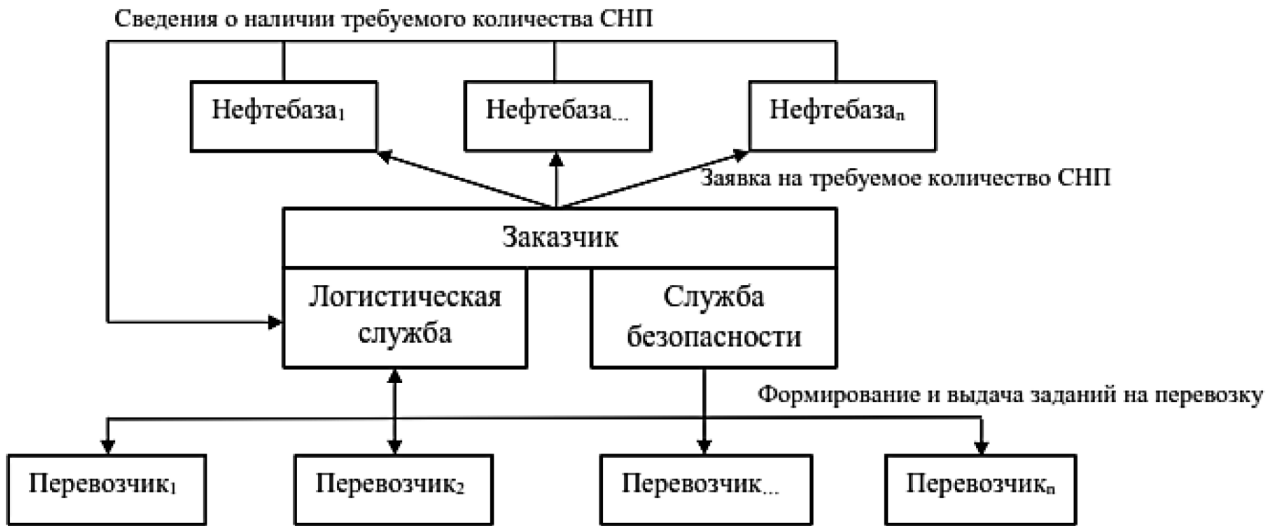


Рис. 1. Логистическая служба в составе подразделений Заказчика

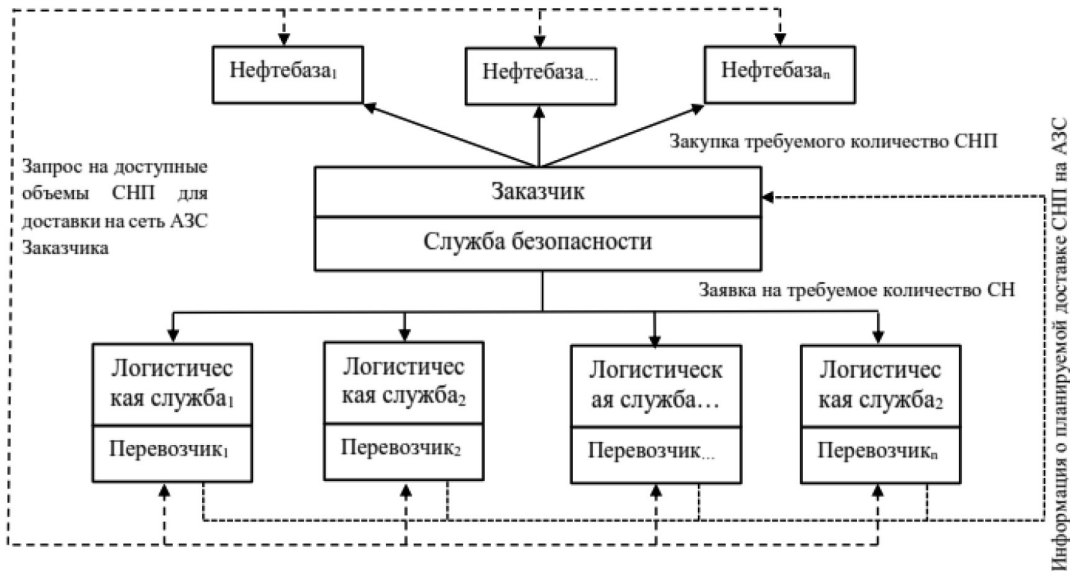


Рис. 2. Логистическая служба в составе подразделений Перевозчика

доставкой светлых нефтепродуктов, учитывающей движение материальных потоков и имеющихся запасов на основе оперативного отслеживания изменений и обработки информационного потока, а также создание общих стандартов и формирование единой диспетчерско-логистической системы.

Возможная структура данной системы показана на рисунке 3.

Согласно представленной структуре решения о пополнении запасов нефтепродуктов на АЗС, подбор подвижного состава и согласование времени погрузо-разгрузочных работ принимаются с применением инженерно-математических методов расчета в едином автоматизированном диспетчерском центре. Это позволяет сократить необходимое для принятия решения время и максимально снизить долю человеческого фактора при передаче информации и принятии решений. Кроме того,

данная структура система позволит: оптимизировать внутренние затраты каждого из участников системы доставки нефтепродуктов; принимать комплексные логистические решения в соответствии с оперативно складывающейся ситуацией на обслуживаемом секторе; разбить сложную задачу обеспечения бесперебойной доставки нефтепродуктов на АЗС на более простые подзадачи, которые будут выполнимыми для каждого из участников системы; оптимизировать этапы транспортного процесса; ускорить внедрение инновационных информационных технологий, направленных на повышение безопасности дорожного движения, повышению сохранности количества и качества нефтепродуктов, а также снижению издержек участников системы доставки светлых нефтепродуктов; сформировать более профессиональный и конкурентоспособный рынок перевозчиков опасных грузов.

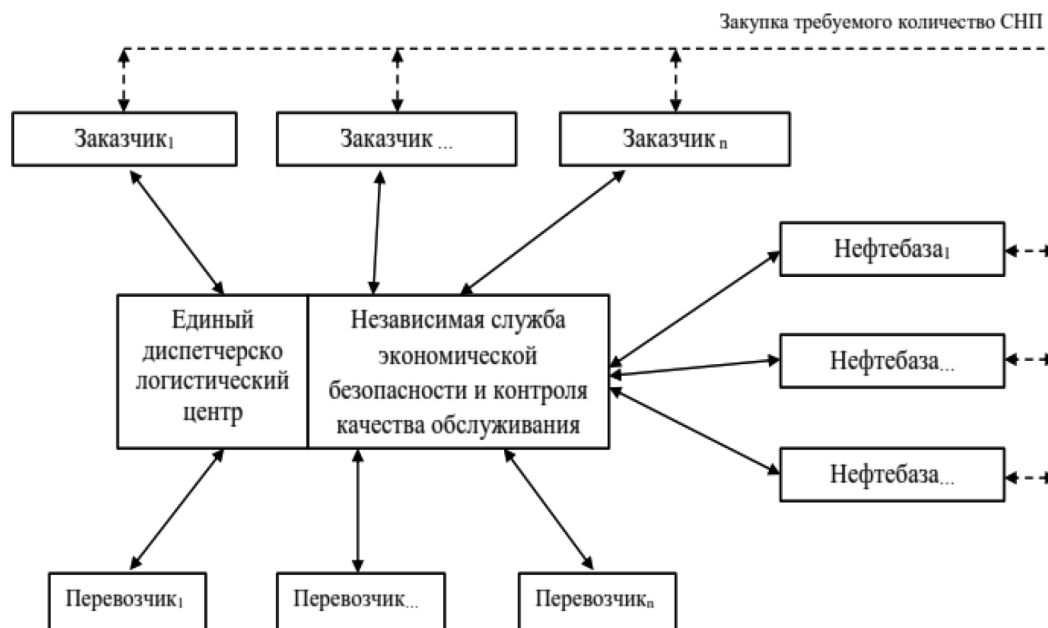


Рис. 3. Система доставки нефтепродуктов с единым диспетчерско-логистическим центром

Литература:

1. Привалов, П. Ю. Повышение эффективности функционирования системы доставки нефтепродуктов с использованием автомобильного транспорта. — Волгоград: ВолгГТУ, 2013. — 179 с.
2. Ширяев, С. А., Кашеев С. А. Особенности функционирования системы доставки грузов в торговую сеть автомобильным транспортом. — Волгоград: ВолгГТУ, 2015. — 159 с.

Расчет однопролетной балки

Крячик Юлия Вячеславовна, студент
Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

В данной статье мы произведем расчет методом конечных элементов однопролетной балки с данными, которые мы зададим для примера. Балка разбивается на пять конечных элементов имеющих одинаковую длину и изгибную жесткость (EI). Для решения этой задачи нам необходимо:

- 1) Привести все исходные к системе СИ
- 2) Изобразить расчетную схему балки в соответствии с вариантами закрепления и обозначить на ней величины нагрузки и размеры;
- 3) Построить эпюры $N(x)$, $M(x)$ для всей конструкции в целом.

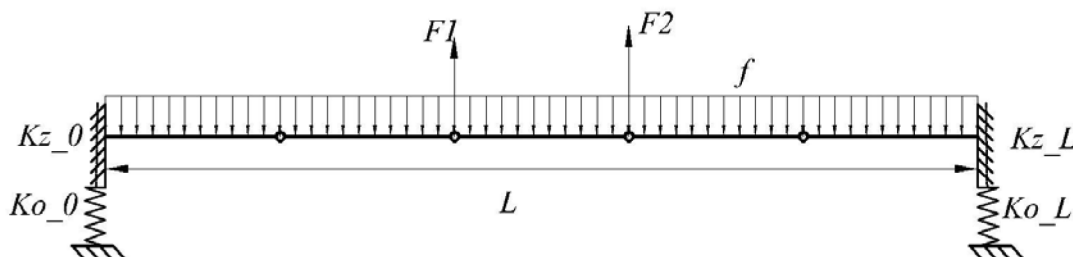
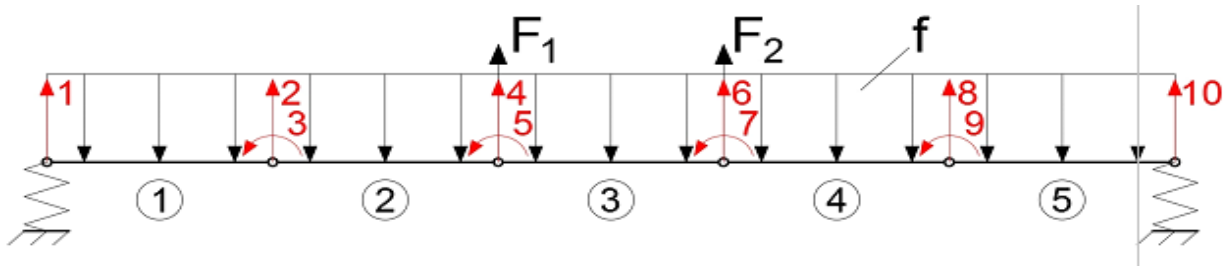


Рис. 1. Однопролетная балка

Исходные данные

длина балки	$L, м$	8
сила	$F1, кН$	20
	$F2, кН$	27
распределенная нагрузка	$f, кН/м$	9,8
модуль упругости	$E, ГПа$	200
момент инерции сечения	$I, см^4$	9840
Варианты закрепления концов балки (жесткости упругих опор и заделок)		
Ko_0		∞
Kz_0		0
Ko_L		∞
Kz_L		0



ORIGIN := 1
 Исходные данные:
 Длина балки $L_{балки} := 8 м$

Длина КЭ $L := \begin{pmatrix} 1.6 \\ 1.6 \\ 1.6 \\ 1.6 \\ 1.6 \end{pmatrix} м$

Модуль упругости $E := 200 \cdot 10^9 \frac{Н}{м^2}$

Сила $F1 := 20 \cdot 10^3 Н$
 $F2 := 27 \cdot 10^3 Н$

Распределенная нагрузка $f := \begin{pmatrix} -9.8 \cdot 10^3 \\ -9.8 \cdot 10^3 \\ -9.8 \cdot 10^3 \\ -9.8 \cdot 10^3 \\ -9.8 \cdot 10^3 \end{pmatrix} \frac{Н}{м}$

Момент инерции сечения $I := \begin{pmatrix} 9.84 \cdot 10^{-5} \\ 9.84 \cdot 10^{-5} \\ 9.84 \cdot 10^{-5} \\ 9.84 \cdot 10^{-5} \\ 9.84 \cdot 10^{-5} \end{pmatrix} м^4$

Вычисление коэффициентов матрицы жёсткости

$$k_{ee}(L, I) := \begin{pmatrix} 12 \cdot \frac{E \cdot I}{L^3} & 6 \cdot \frac{E \cdot I}{L^2} & -12 \cdot \frac{E \cdot I}{L^3} & 6 \cdot \frac{E \cdot I}{L^2} \\ 6 \cdot \frac{E \cdot I}{L^2} & 4 \cdot \frac{E \cdot I}{L} & -6 \cdot \frac{E \cdot I}{L^2} & 2 \cdot \frac{E \cdot I}{L} \\ -12 \cdot \frac{E \cdot I}{L^3} & -6 \cdot \frac{E \cdot I}{L^2} & 12 \cdot \frac{E \cdot I}{L^3} & -6 \cdot \frac{E \cdot I}{L^2} \\ 6 \cdot \frac{E \cdot I}{L^2} & 2 \cdot \frac{E \cdot I}{L} & -6 \cdot \frac{E \cdot I}{L^2} & 4 \cdot \frac{E \cdot I}{L} \end{pmatrix}$$

Матрица жёсткости конечного элемента

Используем матрицу индексов для формирования матрицы жесткости K. Для формирования матрицы жесткости нужно найти все строки, в которых одновременно встречается индексы i и j и соответствующие коэффициенты матрицы жесткости конечного элемента просуммировать.

Номер столбца, в котором находится j определяет левый индекс матрицы жесткости конечного элемента. Номер столбца, в котором находится индекс i определяет второй индекс матрицы жесткости конечного элемента.

Формирование матрицы коэффициентов системы уравнений

	I	II	III	IV
1	0	1	2	3
2	2	3	4	5
3	4	5	6	7
4	6	7	8	9
5	8	9	0	10

Матрица жёсткости всей системы

$$K = \begin{pmatrix} ke_{1,2,2} & ke_{1,2,3} & ke_{1,2,4} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ ke_{1,3,2} + ke_{2,1,1} & ke_{1,3,3} + ke_{2,1,1} & ke_{1,3,4} + ke_{2,1,2} & ke_{2,1,3} & ke_{2,1,4} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ ke_{1,4,2} + ke_{2,2,1} & ke_{1,4,3} + ke_{2,2,1} & ke_{1,4,4} + ke_{2,2,2} & ke_{2,2,3} & ke_{2,2,4} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & ke_{2,3,1} & ke_{2,3,2} & ke_{2,3,3} + ke_{3,1,1} & ke_{2,3,4} + ke_{3,1,2} & ke_{3,1,3} & ke_{3,1,4} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & ke_{2,4,1} & ke_{2,4,2} & ke_{2,4,3} + ke_{3,2,1} & ke_{2,4,4} + ke_{3,2,2} & ke_{3,2,3} & ke_{3,2,4} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & ke_{3,3,1} & ke_{3,3,2} & ke_{3,3,3} + ke_{4,1,1} & ke_{3,3,4} + ke_{4,1,2} & ke_{4,1,3} & ke_{4,1,4} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & ke_{3,4,1} & ke_{3,4,2} & ke_{3,4,3} + ke_{4,2,1} & ke_{3,4,4} + ke_{4,2,2} & ke_{4,2,3} & ke_{4,2,4} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & ke_{4,3,1} & ke_{4,3,2} & ke_{4,3,3} + ke_{5,1,1} & ke_{4,3,4} + ke_{5,1,2} & ke_{5,1,4} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & ke_{4,4,1} & ke_{4,4,2} & ke_{4,4,3} + ke_{5,2,1} & ke_{4,4,4} + ke_{5,2,2} & ke_{5,2,4} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & ke_{5,4,1} & ke_{5,4,2} & ke_{5,4,4} \end{pmatrix}$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4.92·10 ⁷	-4.612·10 ⁷	2.46·10 ⁷	0	0	0	0	0	0	0
2	-4.612·10 ⁷	1.153·10 ⁸	0	-5.766·10 ⁷	4.612·10 ⁷	0	0	0	0	0
3	2.46·10 ⁷	0	9.84·10 ⁷	-4.612·10 ⁷	2.46·10 ⁷	0	0	0	0	0
4	0	-5.766·10 ⁷	-4.612·10 ⁷	1.153·10 ⁸	0	-5.766·10 ⁷	4.612·10 ⁷	0	0	0
5	0	4.612·10 ⁷	2.46·10 ⁷	0	9.84·10 ⁷	-4.612·10 ⁷	2.46·10 ⁷	0	0	0
6	0	0	0	-5.766·10 ⁷	-4.612·10 ⁷	1.153·10 ⁸	0	-5.766·10 ⁷	4.612·10 ⁷	0
7	0	0	0	4.612·10 ⁷	2.46·10 ⁷	0	9.84·10 ⁷	-4.612·10 ⁷	2.46·10 ⁷	0
8	0	0	0	0	0	-5.766·10 ⁷	-4.612·10 ⁷	1.153·10 ⁸	0	4.612·10 ⁷
9	0	0	0	0	0	4.612·10 ⁷	2.46·10 ⁷	0	9.84·10 ⁷	2.46·10 ⁷
10	0	0	0	0	0	0	0	4.612·10 ⁷	2.46·10 ⁷	4.92·10 ⁷

Формируем вектор внешних воздействий P_all. Чтобы сформировать вектор эквивалентных нагрузок, берем конечный элемент стандартного вида и накладываем его на конечный элемент расчетной модели. Устанавливаем соответствие между параметрами конечного элемента стандартного вида и параметрами всей расчетной модели.

$$P_{ekv} := \begin{pmatrix} pe1_2 \\ pe1_3 + pe2_1 \\ pe1_4 + pe2_2 \\ pe2_3 + pe3_1 \\ pe2_4 + pe3_2 \\ pe3_3 + pe4_1 \\ pe3_4 + pe4_2 \\ pe4_3 + pe5_1 \\ pe4_4 + pe5_2 \\ pe5_4 \end{pmatrix} \quad P_{ekv} = \begin{array}{c|c} & 1 \\ \hline 1 & -2.091 \cdot 10^3 \\ 2 & -1.568 \cdot 10^4 \\ 3 & 0 \\ 4 & -1.568 \cdot 10^4 \\ 5 & 0 \\ 6 & -1.568 \cdot 10^4 \\ 7 & 0 \\ 8 & -1.568 \cdot 10^4 \\ 9 & 0 \\ 10 & 2.091 \cdot 10^3 \end{array}$$

Вектор узловых перемещений всей расчётной модели

$$Q := K^{-1} \cdot P_{all}$$

	1
1	-1.544 · 10 ⁻³
2	-2.037 · 10 ⁻³
3	-8.169 · 10 ⁻⁴
4	-2.564 · 10 ⁻³
5	3.469 · 10 ⁻⁶
6	-2.37 · 10 ⁻³
7	1.786 · 10 ⁻⁴
8	-1.794 · 10 ⁻³
9	7.259 · 10 ⁻⁴
10	1.362 · 10 ⁻³

$$Q =$$

	1
1	-0
2	-0
3	-0
4	0
5	-0
6	-0
7	0
8	0
9	-0
10	0

проверка $K \cdot Q - P_{all} =$

Вектор узловых перемещений КЭ

$$q^1 := \begin{pmatrix} 0 \\ Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \end{pmatrix} \quad q^2 := \begin{pmatrix} Q_2 \\ Q_3 \\ Q_4 \\ Q_5 \end{pmatrix} \quad q^3 := \begin{pmatrix} Q_4 \\ Q_5 \\ Q_6 \\ Q_7 \end{pmatrix} \quad q^4 := \begin{pmatrix} Q_6 \\ Q_7 \\ Q_8 \\ Q_9 \end{pmatrix} \quad q^5 := \begin{pmatrix} Q_8 \\ Q_9 \\ 0 \\ Q_{10} \end{pmatrix}$$

$$q^1 = \begin{pmatrix} 0 \\ -1.544 \times 10^{-3} \\ -2.037 \times 10^{-3} \\ -8.169 \times 10^{-4} \end{pmatrix} \quad q^2 = \begin{pmatrix} -2.037 \times 10^{-3} \\ -8.169 \times 10^{-4} \\ -2.564 \times 10^{-3} \\ 3.469 \times 10^{-6} \end{pmatrix} \quad q^3 = \begin{pmatrix} -2.564 \times 10^{-3} \\ 3.469 \times 10^{-6} \\ -2.37 \times 10^{-3} \\ 1.786 \times 10^{-4} \end{pmatrix} \quad q^4 = \begin{pmatrix} -2.37 \times 10^{-3} \\ 1.786 \times 10^{-4} \\ -1.794 \times 10^{-3} \\ 7.259 \times 10^{-4} \end{pmatrix} \quad q^5 = \begin{pmatrix} -1.794 \times 10^{-3} \\ 7.259 \times 10^{-4} \\ 0 \\ 1.362 \times 10^{-3} \end{pmatrix}$$

Из уравнения равновесия конечного элемента $[k]\{q\} = \{r\} + \{p\}$ выражаем вектор реактивных усилий $\{r\} \{r\} = [k]\{q\} - \{p\}$

Узловые усилия для каждого КЭ

$$r1 := ke1 \cdot q1 - pe1 \quad r2 := ke2 \cdot q2 - pe2 \quad r3 := ke3 \cdot q3 - pe3 \quad r4 := ke4 \cdot q4 - pe4 \quad r5 := ke5 \cdot q5 - pe5$$

$$r1 = \begin{pmatrix} 1.64 \times 10^4 \\ -4.093 \times 10^{-11} \\ -720 \\ 1.37 \times 10^4 \end{pmatrix} \quad r2 = \begin{pmatrix} 720 \\ -1.37 \times 10^4 \\ 1.496 \times 10^4 \\ 2.304 \times 10^3 \end{pmatrix} \quad r3 = \begin{pmatrix} 5.04 \times 10^3 \\ -2.304 \times 10^3 \\ 1.064 \times 10^4 \\ -2.176 \times 10^3 \end{pmatrix} \quad r4 = \begin{pmatrix} 1.636 \times 10^4 \\ 2.176 \times 10^3 \\ -680 \\ 1.146 \times 10^4 \end{pmatrix} \quad r5 = \begin{pmatrix} 680 \\ -1.146 \times 10^4 \\ 1.5 \times 10^4 \\ 4.547 \times 10^{-12} \end{pmatrix}$$

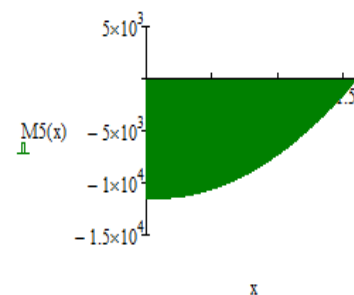
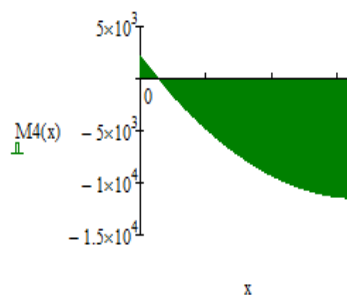
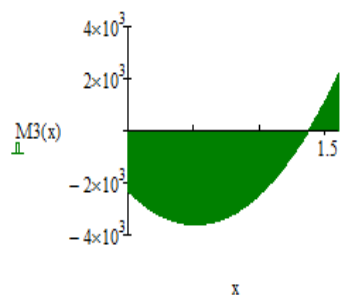
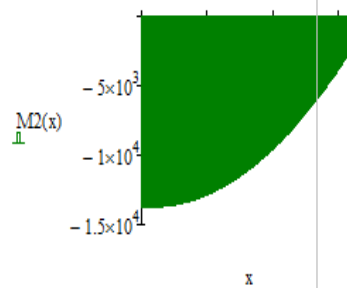
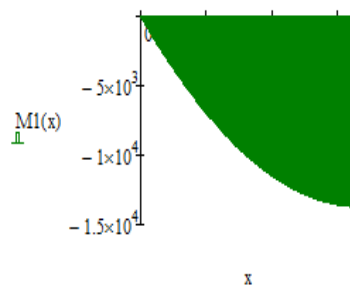
$$M1(x) := (r1)_2 - (r1)_1 \cdot x - \frac{(f_1 \cdot x^2)}{2}$$

$$M2(x) := (r2)_2 - (r2)_1 \cdot x - \frac{(f_2 \cdot x^2)}{2}$$

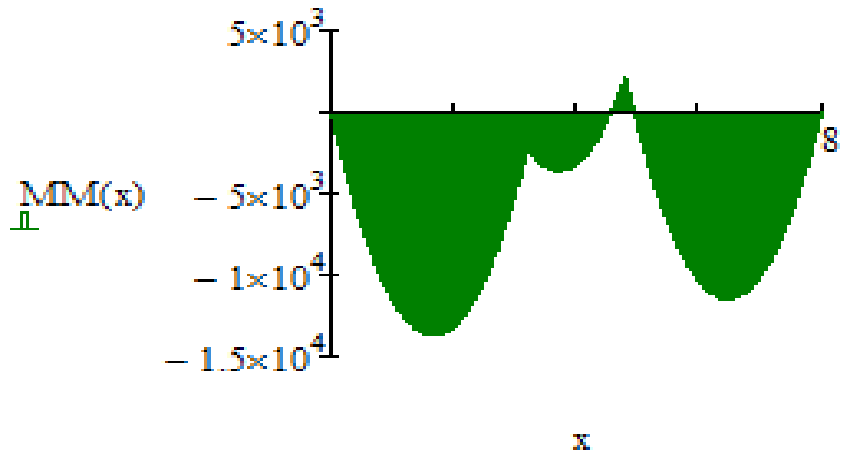
$$M3(x) := (r3)_2 - (r3)_1 \cdot x - \frac{(f_3 \cdot x^2)}{2}$$

$$M4(x) := (r4)_2 - (r4)_1 \cdot x - \frac{(f_4 \cdot x^2)}{2}$$

$$M5(x) := (r5)_2 - (r5)_1 \cdot x - \frac{(f_5 \cdot x^2)}{2}$$



$$MM(x) := \begin{cases} M1(x) & \text{if } 0 \leq x \leq L_1 \\ M2(x - L_1) & \text{if } L_1 \leq x \leq L_1 + L_2 \\ M3[x - (L_1 + L_2)] & \text{if } L_1 + L_2 \leq x \leq L_1 + L_2 + L_3 \\ M4[x - (L_1 + L_2 + L_3)] & \text{if } L_1 + L_2 + L_3 \leq x \leq L_1 + L_2 + L_3 + L_4 \\ M5[x - (L_1 + L_2 + L_3 + L_4)] & \text{if } L_1 + L_2 + L_3 + L_4 \leq x \leq L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



Эпюра изгибающих моментов жестко заделанной балки

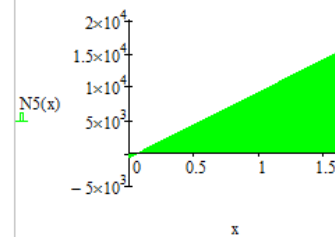
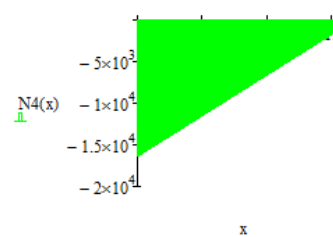
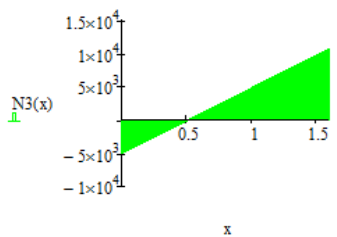
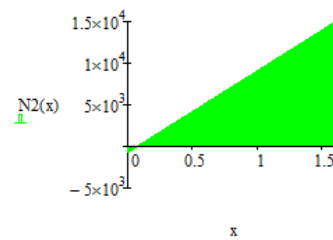
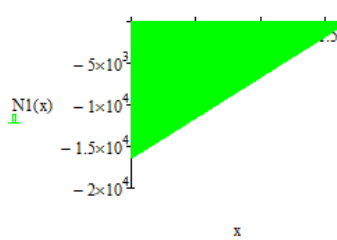
$$N1(x) := -r1_1 - f_1 \cdot x$$

$$N2(x) := -r2_1 - f_2 \cdot x$$

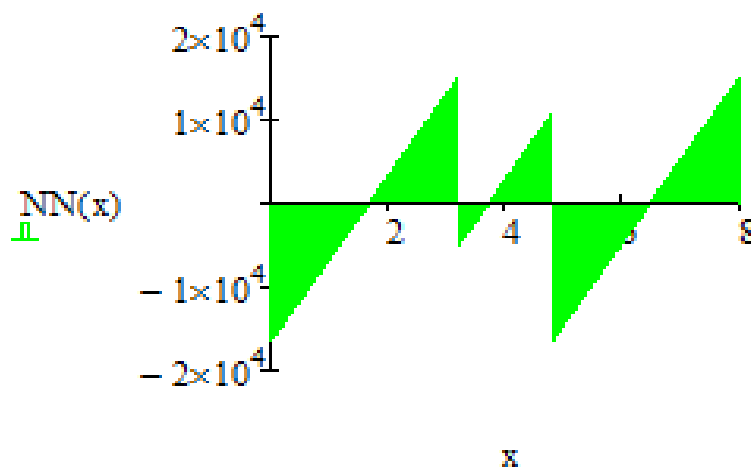
$$N3(x) := -r3_1 - f_3 \cdot x$$

$$N4(x) := -r4_1 - f_4 \cdot x$$

$$N5(x) := -r5_1 - f_5 \cdot x$$



$$NN(x) := \begin{cases} N1(x) & \text{if } 0 \leq x \leq L_1 \\ N2(x - L_1) & \text{if } L_1 \leq x \leq L_1 + L_2 \\ N3[x - (L_1 + L_2)] & \text{if } L_1 + L_2 \leq x \leq L_1 + L_2 + L_3 \\ N4[x - (L_1 + L_2 + L_3)] & \text{if } L_1 + L_2 + L_3 \leq x \leq L_1 + L_2 + L_3 + L_4 \\ N5[x - (L_1 + L_2 + L_3 + L_4)] & \text{if } L_1 + L_2 + L_3 + L_4 \leq x \leq L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



Эпюра перерезывающих сил жестко заделанной балки

В ходе выполнения данной задачи для расчетов и построения графиков мы использовали программное средство MathCAD. Рассчитав методом конечных элементов однопролетную балку, мы построили эпюры перерезывающих сил и изгибающих моментов для нее.

Система дополненной реальности в роботе-сапёре «Уран-6»

Минеев Дмитрий Олегович, студент;

Поезжаева Елена Вячеславовна, кандидат технических наук, профессор

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Модернизация, а затем последующие анализ и синтез абсолютно новых механизмов и машин — одна из наиболее интересных проблем в теории механизмов. Поиски лучших способов усовершенствования устройства являются предметом исследования данной работы. Можно назвать их несколько, но автор останавливается на одном — системе дополненной реальности.

Ключевые слова: система дополненной реальности, робот-сапёр «Уран-6», смешанная реальность, виртуальное и реальное, дистанционно-управляемая машина разминирования «Уран-6», роботизированный сапёрный комплекс.

В современном мире в связи с бурным развитием науки и техники появляется всё больше новшеств в самых различных областях. Лет 50 назад никто бы и подумать не мог, что роботы станут практически незаменимы в жизни современных людей. Наука стремительно продвигает наш нынешний мир вперёд. Поэтому человечество старается делать различные нововведения для упрощения неко-

торых задач. Одним из таких нововведений является система дополненной реальности.

Дополненная реальность (англ. augmented reality, AR — «расширенная реальность») — результат введения в поле восприятия любых сенсорных данных с целью дополнения сведений об окружении и улучшения восприятия информации [1]. Её использование в быту

может придать яркий оттенок жизни обывателям этого мира. Мечта наших предков, которые могли себе только представлять работу этих устройств, начинает медленно, но верно воплощаться в нашем веке. С помощью этой системы человек способен управлять не только пространством (визуально), но и различными устройствами (в том числе и роботами).

Роботы создаются для различных целей: одни создаются для защиты мирного течения нашей жизни, другие — для поддержки здоровья. Роботы армии — не исключение. В военной промышленности роботы выполняют функции, как действующей силы, так и помощников для военнослужащих. Они значительно упрощают работу, требующую физической нагрузки, а также они могут в разы уменьшить вероятность рисков, которые могут навредить военнослужащим. Роботизированные сапёрные комплексы разминирования являются одним из примеров роботов армии.

Роботы-сапёры способны решать проблемы, которые возникали в прошлом. До их появления армия могла иметь процент смертности среди военнослужащих на поле боя. Человек, к несчастью, зачастую способен совершать ошибки, а в условиях поля боя они недопустимы и непоправимы. Эта ошибка может нести в себе опасность даже для окружающих (особенно если речь идёт о взрывоопасных веществах и снарядах). Поэтому для предотвращения получения вреда для жизни человека создали роботов-сапёров. И робототехнический комплекс «Уран-6» является новейшим среди всех.

«Уран-6» представляет собой гусеничный самоходный радиоуправляемый минный трал. В зависимости от задач, которые ставятся перед комплексом, на него может быть установлено до 5 различных тралов, а также бульдозерных отвалов. Оператор может управлять комплексом на удалении до 1000 метров (на устройстве имеется 4 видеокamеры, которые обеспечивают круговой обзор). Роботизированный сапёрный комплекс «Уран-6» в состоянии обнаружить, идентифицировать и по команде уничтожить любой взрывоопасный предмет, мощность которого не превышает 60 кг в тротиловом эквиваленте. При этом робот обеспечивает полную безопасность личного состава. Обнаруженные на местности боеприпасы «Уран-6» обезвреживает либо, разрушая их физическим способом, либо приводя их в действие [2], [3].

На основе роботизированного сапёрного комплекса «Уран-6», рассмотренного выше, можно модифицировать его и оснастить системой дополненной реальности, которая может расширить возможности управления данным роботом.

Оператор носит на спине и груди ноутбук весом около 10 кг и тяжёлое устройство радиосвязи с роботом. И чтобы избавиться от лишнего веса, предлагается оснастить оператора очками дополненной реальности, имеющие функции слежения за движениями глаз и за жестами человека, а также функциями управления камерами

робота-сапёра. Данное устройство увеличит работоспособность человека и позволит ему более комфортно управлять роботом. Примером данного девайса служат Microsoft HoloLens.

Очки Microsoft HoloLens — это компактный компьютер в виде шлема, одевающегося на голову. Он мобилен и не привязан к сторонним гаджетам: смартфону, ноутбуку, камере и проч. Отсутствует проводное подключение.

Устройство построено на основе собственного уникального процессора Holographic Processing Unit (HPU), имеет встроенную акустическую систему, камеру, видеускоритель и сенсоры.

HoloLens оборудован двумя камерами, аналогичными тем, которые используются в Kinect: одна работает в обычном спектре, другая — в инфракрасном. Они анализируют и считывают окружающее пространство. Это — база устройства.



Голограммы выводятся на экран, представленный полупрозрачным стеклом, которое не мешает воспринимать настоящий мир. Такое взаимодействие и создает эффект дополнительной реальности.

Набор датчиков представлен гироскопом, магнитометром и акселерометром. HoloLens распознает жесты и следит за тем, куда смотрит человек. В зависимости от направления взгляда изменяется положение голограмм на экране. Помимо этого, устройство полностью совместимо с Cortana, поэтому поддерживает управление голосом.

Управлять HoloLens можно тремя способами:

1. Физически. Управление осуществляется с помощью кнопок, расположенных по бокам гаджета. Они меняют громкость звука, яркость воспроизводимых объектов.

2. Голосом. Поскольку в устройство интегрирована Cortana, управлять им можно с помощью голосовых команд. Но, в отличие от голосового помощника для настольного ПК, ее функции расширены: пользователь с помощью голоса управляет голограммами на экране.

3. Жестами. Благодаря встроенным камерам устройство распознает жесты пользователя и выполняет определенную команду с голографическими объектами (поворот или перемещение) [4].

Литература:

1. Солдатов, С., Кузьмина Н. Интерфейс будущего — системы дополненной реальности // Современные технологии автоматизации. — 2016. — № 1. — с. 1.
2. [Робот-сапёр «Уран-6»]. — URL: <https://topwar.ru/> (19.11.2017).
3. [Робототехнический комплекс разминирования «Уран-6»]. — URL: <http://766uptk.ru/> (19.11.2017).
4. <https://russkue-cka3ku.ru/ochke/ochki-s-dopolnennoj-realnostyu.html>. Очки с дополненной реальностью

Анализ проблемы долговечности конструкции переднего кессона и комплекса водоохлаждаемого напыльника

Нугман Меруерт Бахредденкызы, магистрант
 Карагандинский государственный технический университет (Казахстан)

Долговечность кессонов, работающих в условиях охлаждения отработанных газов, может быть увеличена с помощью следующих мер:

- 1) выбор конструкционного материала, который устойчив к агрессивным воздействиям рабочей среды;
- 2) путем выбора подходящей структурной формы;
- 3) нанесение на обычные конструкционные стали прочных покрытий;
- 4) получение защитной пленки на металлической поверхности путем химической или электрохимической реакции;
- 5) защита основного конструкционного материала слоем коррозионностойкого материала (облицовки или облицовки);
- 6) подача электрической энергии к структуре листового металла, ток защиты от коррозии (катодная защита). Ток должен быть противоположен по знаку, корродирующему току. Либо подключение тока к специальному электроду, находящемуся в защищаемом изделии (протекторная защита);

Получение защитного покрытия обычных болтов, с помощью гальванизации. Высокопрочные болты, предназначенные для крепления внутренней арматуры и крепления самого кессона кадмируются.

8) В некоторых случаях, при сборе не ответственных веществ, возможно введение ингибиторов в собираемые вещества, для снижения их агрессивности. [1, с. 49]

Пластиковые покрытия, нанесенные на углеродистую сталь на стороне агрессивной среды, путем распыления (подобный материал называется металл-пластом), увеличивают долговечность конструкции. Также необходимо отметить, что сложность нанесения лакокрасочных покрытий колеблется от 0,1 до 0,3 человеко-часов, гальванических покрытий — 0,15 человеко-часов, а пластмассовые, распыленные, составляет всего 0,05 человеко-часа. [2, с. 131]

Чтобы получить высококачественное покрытие, внутренняя поверхность кессона должна быть хорошо очищена от ржавчины, окалина, жира, пыли и грязи. Лучший

способ очистки структуры листового металла — пескоструйная обработка, поскольку она создает шероховатость, которая увеличивает адгезию покрытия к структуре. Пескоструйная поверхность металла быстро ржавеет и поэтому должна быть немедленно загрунтована. Для уменьшения образования пыли используется метод гидропескоструйной обработки, в котором используется смесь песка и воды. Чтобы металл не ржавел в воде, добавляют соответствующие химикаты (1–5 г/л), что замедляет коррозию и позволяет сохранять чистую поверхность в течение 5–20 часов. При очистке всех конструкций из листового металла в специально оборудованных помещениях вместо кварцевого песка используют металлическую окалину или дробь. [3, с. 92]

В тех случаях, когда пескоструйная обработка или дробеструйная обработка невозможны, используются концевые щетки из стальной проволоки, прикрепленные к удлиненному гибкому валу электродвигателя. После очистки поверхности используют пылесос, чтобы удалить остатки песочной пыли и пятна смазки.

Наиболее опасной формой разрушения металлоконструкций является хрупкое разрушение.

Главными причинами хрупкого разрушения кессонов является:

1. Хладоломкость стали;
2. Несоответствие наплавленного и основного металла, вследствие чего возникают усталостные и горячие трещины в наплавленном металле, которые имеют свойство проникать в основной металл.
3. Неудачные конструктивные решения при создании конструкции кессона.

Процесс хрупкого разрушения кессона, как и любой другой конструкции, состоит из двух последовательных фаз. Первой фазой является образование хрупкой трещины, второй фазой является спонтанное распространение трещины в различных направлениях, вне зависимости от места приложения нагрузки или наличия дефектов. [4, с. 140]

Проведенный анализ на предприятии по изготовлению и ремонту кессонов и напыльников водоохлаждаемых показал следующие результаты:

1) трещина распространяется со скоростью 1,2–1,8 км/с;

2) Трещины являются хрупкими, без значительной остаточной деформации (рисунок 12);

3) Хрупкая трещина обычно возникает при отрицательных температурах и неполной нагрузке.

Возникновение и распространение хрупкой трещины определяется методом получения стали, толщины металла, температуры, коэффициента концентрации напряжений (конструктивная форма), скорости приложения нагрузки или скорости снижения температуры при экстремальных температурах, размером кристаллической решетки металла.

Устойчивость к ударам при низких температурах (-40°C или -70°C) представляет собой стойкость к коррозии стали от растрескивания, а также зернистость и волокнистость до трещиностойкой стали.

Наиболее хорошо сопротивляется хрупкому разрушению мелкозернистая сталь (по ГОСТ 5639–65).

Конструкция кессона верхнего выполняется из спокойной углеродистой стали. Спокойная углеродистая сталь менее подвержена появлению хрупкого разрушения. [5, с. 23]

Анализ показал, что уменьшение толщины стального листа снижает критическую температуру появления хрупких трещин.

Как известно, некоторые объёмные листовые конструкции, собирают на месте монтажа из рулонов, которые изготавливаются на заводах. Влияния такого метода, при производстве, может не учитываться. Так как было проведено компьютерное моделирование процессов, происходящих при получении рулона, и оно показало минимальное влияние на развитие процесса хрупкого разрушения. Однако, деформационное упрочнение на 1,5–2% значительно снижает прочность стали при хрупком разрушении. [6, с. 29]

Одним из методов, предлагаемых в рамках этой работы, является создание демпферов хрупкого разрушения, в виде тонких наружных полос, которые сжимают более толстые нижние швы. [7, с. 121]

Это предложение объясняется тем, что для тонких листов критическая температура развития хрупкой трещины намного ниже, чем для толстых листов.

Использование двухслойных нижних поясов такого типа или относительно тонких лент, обернутых высоко-

прочной проволокой, позволяет исключить возможность хрупкого разрушения. [8, с. 37]

Наиболее действенной методикой по борьбе с появлением хрупких трещин, является термическое упрочнение стали. Однако, необходимо учитывать следующий аспект. Чем больше толщина термоупрочняемой стали, тем менее она действенна.

Наиболее подходящей сталью для изготовления кессона переднего, для эксплуатации напыльника водоохлаждаемого, является сталь с повышенным содержанием марганца (1,3–1,7%) с учетом содержание кремния (0,5–0,8%) и низким содержанием углерода (0,07–0,11%). С минимальным содержанием фосфора (не более 0,04%) и серы (не более 0,04%) для обеспечения надежной эксплуатации, является сталь 09Г2С (ГОСТ 5058–65), с толщинами от 4 до 60 мм. [9, с. 64]

Еще одной причиной разрушения конструкции кессона являются неудачные конструктивные решения конструкций из листового металла, которые заключаются в использовании упорного угла в стыке между стенками и днищем, усиление прокладки в стыках наружных листов, в использовании односторонней сварки критических стыковых швов, использование нахлесточных швов при монтаже переходов, патрубков, фитингов.

Эти неуспешные решения создают повышенную жесткость и концентрацию напряжений в отдельных местах структур листового металла, которые при наличии даже незначительных технологических дефектов в сварных швах и при отрицательной температуре могут привести к возникновению трещины, ее мгновенному распространению и хрупкому разрушению структуры. [10, с. 48]

Правильное расположение оборудования — люки, валы, форсунки и т. д. — имеет большое значение для надежности и долговечности конструкций из листового металла.

Сварное полотно не должен содержать более трех сваренных листов; расстояние между швами, закрепляющими оборудование на корпусе кессона и продольными швами корпуса, должно составлять не менее 500 мм, а расстояние до периферийных швов должно быть не менее 200 мм;

Сварка устройств с базовой конструкцией должна выполняться на заднем шаге с предварительным нагревом.

В ходе исследования были выявлены основные проблемы, возникающие при ремонте и производстве кессонов передних, в комплексе напыльника водоохлаждаемого.

Литература:

1. Каскевич, Н. М. Исследование влияния конструктивной формы алюминиевых и стальных профилей на их стойкость против коррозии в средах сернистых нефтей. В сб.: «Защита металлов» № 3. Изд. АН СССР.
2. Стрелецкий, Н. С. К вопросу долговечности в расчете конструкций. «Промышленное строительство», 1963.
3. Носков, К. С., Самохина Т. Н. О выборе типа и состава гидроизоляции. «Промышленное строительство», 1964.
4. Фалькевич, А. С., Анучкин М. П. Прочность и ремонт сварных резервуаров и трубопроводов. Гостехиздат, 1955.

5. Абаринов, А. А., Семенов А. В., Чернова М. П. Об изготовлении элементов листовых сферических стальных конструкций. «Промышленное строительство», 1964.
6. Броуде, Б. М. Практические методы расчета тонких оболочек на устойчивость. В сб. ЦНИИСК «Исследования по стальным конструкциям», вып. 13, Стройиздат, 1962.
7. Гольденвейзер, А. Л. Теория упругих тонких оболочек, Гостехиздат, 1953.
8. Давиденков, Н. Н. Усталость металлов. Изд. АН УССР, Киев, 1949.
9. Лейтес, С. Д. О несущей способности стальных оболочек вращения. «Промышленное строительство», 1963.
10. Лессиг, Е. Н., Лилее в А. Ф., Соколов А. Г. Стальные листовые конструкции. Госстройиздат, 1956.

Сравнительный анализ подготовки газа

Паншин Геннадий Артурович, магистрант;

Научный руководитель: Апасов Гайдар Тимергалеевич, кандидат технических наук, доцент

Тюменский индустриальный университет

Добыча газа в России обеспечивается за счет эксплуатации газовых и газоконденсатных месторождений северных регионов, в том числе Западной Сибири. На повышение качества газа, которые отражаются в отраслевом стандарте (точка росы по воде, и по углеводородам) влияет большая отдаленность добывающих промыслов, суровые климатические условия, геолого-промысловые особенности. В настоящее время на крупных северных месторождениях применяются разные технологии подготовки газа: низкотемпературной сепарации, абсорбционной и адсорбционной осушки.

Низкотемпературной сепарацией называют процессом выделения и отделения из сырого газа всех высококипящих компонентов. Технология процесса заключается однократной конденсации углеводородов при понижении температуры газа до -25 — -30°C за счет его дросселирования. Вместо дросселирования через клапан может быть использовано расширение газа в турбодетандере, что позволяет более эффективно использовать перепад давления газа.

Абсорбционная осушка с применением жидких поглотителей влаги (абсорбентов), обычно концентрированных водных растворов гликолей: диэтиленгликолем (ДЭГ), триэтиленгликолем (ТЭГ) и др. Гликоли — водные растворы двухатомных спиртов жирного ряда: ДЭГ имеет молекулярную массу 106, относительную плотность 1,118, температуру кипения $244,8^{\circ}\text{C}$, а ТЭГ — соответственно молекулярную массу 150, относительную плотность 1,126, температуру кипения $278,3^{\circ}\text{C}$; температура их замерзания около минус 7°C , они обладают низкой токсичностью.

Сущность **адсорбционной осушки** состоит в избирательном поглощении поверхностью пор твердого адсорбента молекул воды с последующим извлечением их из пор внешними воздействиями (повышением температуры адсорбента или снижением давления среды). Осушка газа твердыми осушителями осуществляется в аппаратах периодического действия с неподвижным слоем осушителя.

Полный цикл процесса осушки состоит из стадий адсорбции, регенерации и охлаждения адсорбента. В качестве осушителей применяют силикагели, алюмосиликагели, активированный оксид алюминия, бокситы и молекулярные сита (цеолиты).

Сравнение этой технологий показывает, что их технико-экономические показатели довольно близки, и оба варианта технологии осушки газа могут использоваться в промысловых условиях практически одинаково успешно. В настоящее время наибольшее распространение в России получил абсорбционный метод с применением диэтиленгликоля (ДЭГа) в качестве основного адсорбента, тогда как за рубежом чаще всего используют более эффективный осушитель — триэтиленгликоль (ТЭГ). Выбор в пользу ДЭГа в свое время мотивировался наличием собственной промышленной базы на химических производствах (хотя практически весь период эксплуатации северных месторождений частично использовался ДЭГ и импортной поставки), а также ожидаемой низкой температурой контакта в абсорберах, что не вполне подтвердилось впоследствии (при понижении температуры контакта газ — гликоль в абсорбере преимущества ТЭГа полностью элиминируются). [1]

По ряду причин (износ оборудования, отсутствие эффективной системы очистки раствора гликоля от примесей, недостаточная степень вакуумирования и т. д.) в условиях производства такая степень регенерации раствора практически трудно достижима. В тоже время при осушке газа ТЭГом достаточно 98,6%-ной концентрации. Требуемый уровень остаточного давления в системе должен быть не ниже 400 мм. рт. ст. [2]

Зависимость вязкости гликолей от температуры показывает, что вязкость ТЭГа немного, но превышает вязкость ДЭГа (рис. 1). Но эта разница не требует дополнительной теплоты на подогрев гликоля и соответственно, не дает большого преимущества ДЭГу.

В литературе описан опыт [2] применения ТЭГа на полупромышленной установке производительностью

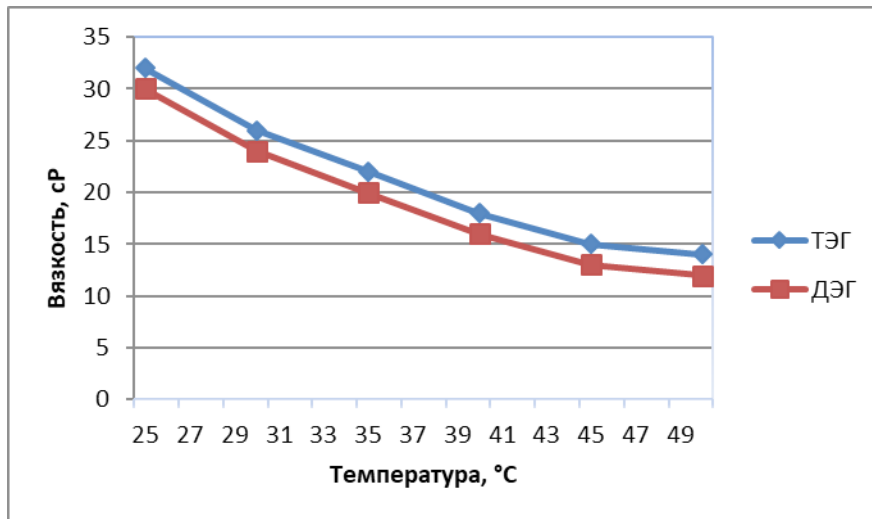


Рис 1. Зависимость вязкости гликоля от температуры

3,8...4,0 тыс м³/час Испытания проводились на установках Ставропольского края. Эксперименты велись при давлении 4,7...5,3 МПа, температура контакта 26...34°С. Суммарные потери ТЭГа составили не более 5 г/1000 м³. Эта цифра в 3–4 раза меньше, чем на лучших промышленных установках осушки газа раствором ДЭГа.

ТЭГ является более дорогим абсорбентом, чем ДЭГ. Расчеты опирающиеся на тот факт, что потери ДЭГ с сухим газом больше ТЭГ. При осушке газа ДЭГом необходимо добавлять специальные присадки, что влечет дополни-

тельные затраты не только на приобретение, но и на хранение реагента.

Таким образом, анализ показал, что с технологической точки зрения ТЭГ имеет ряд значительных преимуществ по сравнению с ДЭГом, но имеет большую цену. Однако совокупность таких факторов как более низкий расход, более низкая допустимая концентрация регенерированного раствора, более низкие потери с осушенным газом обеспечивают благоприятные условия для использования ТЭГа в абсорбционной технологии осушки природного газа.

Литература:

1. Овчаренко, Д. А. Анализ эффективности осушки газа// Современные технологии разработки — 2000 — № 1 — с. 765.
2. Технология переработки природного газа и конденсата. — 2ч-: Недра, 2002. — 517 с.
3. Лавчанов, Г. А., Технологические процессы подготовки природного газа и методы расчета оборудования. Недра, 2002. — 274 с.

Модернизация умного чемодана

Перевозчикова Ольга Андреевна, студент;

Поезжаева Елена Вячеславовна, кандидат технических наук, профессор

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

В данной статье рассматривается возможность модернизации работа — умного чемодана. Кроме уже имеющихся функций, предлагается встроить в корпус чемодана солнечные батареи Sphelar, датчик Холла, беспроводное зарядное устройство.

Ключевые слова: робот, умный чемодан, солнечные батареи, датчик Холла, беспроводное зарядное устройство.

В современном мире существует множество различных чемоданов: на колесиках, или без них, стильные и вычурные или сугубо деловые, массивные, крупногабаритные,

туристические. Для многих чемодан — это всегда рутинная, дискомфорт, нервозность, поправки во времени и прочие неудобства, и особенно остро их ощущают те, чей график пе-

реездов и перелетов максимально уплотнен. Но чемодан не должен являться обузой для людей, что и продемонстрировано в концепции умного чемодана Olive. Основной целью работы было усовершенствование умного чемодана Olive.

Olive — первый и единственный в своем роде умный чемодан, который напомнит своему владельцу о необходимости поторопиться [1]. Он оповестит о превышении допустимого веса, проанализирует расстояние до ближайшего терминала и, в случае достаточной его удаленности, выдвинет подставку для ног, приглашая совершить увлекательную поездку, а при необходимости, станет резервным источником электроэнергии для смартфона или планшета.

В состав комплектации новинки, помимо пары колес внушительного размера, как и у самого настоящего мини-сегвея, входит электропривод, блок аккумуляторов, гироскопы, 3D-акселерометры и система управления. А для полного консенсуса со своим владельцем разработчики снабдили Olive модулями Bluetooth и Wi-Fi, GPS и 3G/4G.

Гаджет снабжен миниатюрной стереоскопической камерой слежения, способной создавать в режиме реального

времени визуальную карту своего окружения. Благодаря этой же камере и заложенной в программе возможности поддержки алгоритмов контурного отслеживания чемодан проследует за своим владельцем или же направится к нему по команде с некоторого расстояния даже в многолюдном помещении.

Определение владельца осуществляется путём дистанционного сканирования лица, а захват и следование за ним поддерживаются на основе алгоритмов, отслеживающих его походку и осанку.

Постановка солнечных батарей в корпус чемодана

Можно встроить сферические солнечные батареи Sphelar в корпус чемодана. Элементы Sphelar (рис. 1) представляют собой капли затвердевшего кремния размерами 1,8 мм. в диаметре. Основным преимуществом этих элементов является высокий уровень прозрачности. Солнечные элементы, встроенные в корпус чемодана способны поглощать свет в любом направлении и под любым углом. Таким образом, в конечном итоге это даст 20% роста эффективности.



Рис. 1. Сферические солнечные батареи Sphelar

Внедрение беспроводной зарядки для смартфона.

Имеется возможность внедрения беспроводной зарядного устройства. Принцип работы беспроводной зарядки использует электромагнитную индукцию. Беспроводная зарядка (рис. 2), то есть панель, на которую кладется

смартфон, подключается к источнику питания и является передатчиком энергии. А приемником этой энергии становится телефон. Во всех флагманских смартфонах приемник для беспроводной зарядки скрыт внутри корпуса.



Рис. 2. Беспроводная зарядка для смартфона, встроенная в корпус чемодана

Установка датчика Холла

Для более комфортного использования чемодана Olive можно встроить электропривод. Электропривод (додводчик) использует комфортную эксплуатацию и служит для дистанционного открытия/закрытия крышки чемодана (рис. 3). Она позволяет не только плавно открывать чемодан, но и закрывать его без участия человека. Датчик

Холла и сенсорные планки используются для защиты от заземления при закрывании (открывании) и дублируют друг друга.

Система имеет собственный электронный блок, который принимает сигналы от входных устройств. Угол открывания можно индивидуально настроить и сохранить в памяти блока управления.

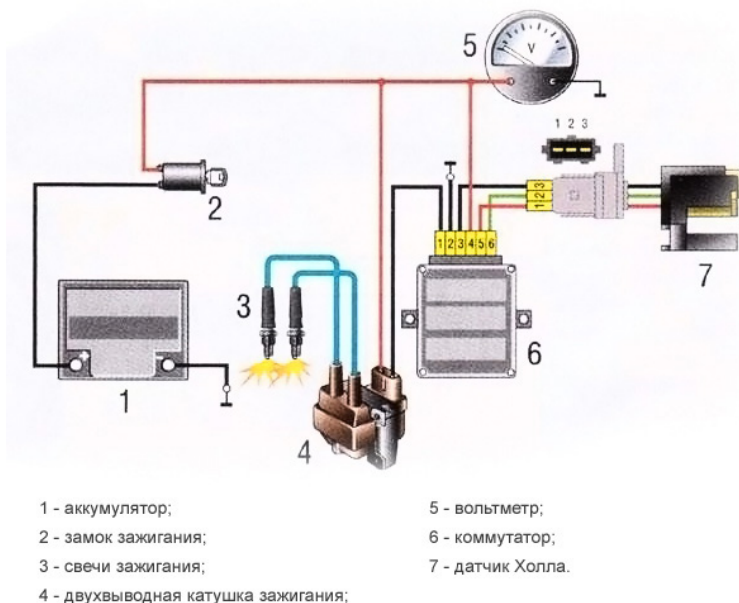


Рис. 3. Пример использования датчика Холла

Благодаря установке дополнительных функций: солнечных батарей Sphelag, датчика Холла и беспроводного зарядного устройства для смартфона — имеется возмож-

ность повысить уровень комфорта от использования данного робота.

Литература:

1. Е. В. Поезжаева. Концепции развития робототехники / Е. В. Поезжаева-ПНИПУ, 2017.
2. Е. В. Поезжаева. Теория механизмов и механика систем машин / Е. В. Поезжаева — ПНИПУ, 2015.

Модернизация робота-хирурга Da-Vinci

Поезжаева Елена Вячеславовна, кандидат технических наук, профессор;

Пронькин Денис Эдуардович, студент;

Алексутин Андрей Сергеевич, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

В статье рассмотрена конструкция робота-хирурга, предназначенного для робот-ассистированной лапароскопии. Представлено расширение возможности данного робота, при помощи системы отслеживания движения глаз хирурга и передачи ему тактильных ощущений.

Ключевые слова: хирургическая система, консоль хирурга, графический процессор, медицина, робот-хирург, система отслеживания, оптоволоконный жгут, линза

Хирургическая система Da-Vinci представляет собой сложную роботическую платформу, предназначенную для расширения возможностей хирурга. Система состоит из трех консолей: консоли хирурга, консоли пациента и консоли технического зрения.

Хотя ее часто называют «робот», система Da-Vinci не может двигаться или действовать самостоятельно, она полностью находится под управлением хирурга.

Одно из основных отличий комплекса Da-Vinci — то, что доктор оперирует не стоя, а сидя за консолью хирурга. В стереовидеоискатель хирург видит сильно увеличенное 3D-изображение операционного поля (внутренностей организма). Для работы хирург использует манипуляторы, которые действуют как джойстики. Через манипуляторы Da-Vinci транслирует все движения рук хирурга (и пальцев, и запястий) в точные движения миниатюрных инструментов, находящихся на консоли пациента.

Консоль пациента вмещает до трех миниатюрных инструментов EndoWrist и одну 3D-камеру. Инструменты и камера вводятся в тело пациента (в нужную анатомическую область) через разрезы длиной 1–2 см. Для выполнения каждого вида операций используется свой особый набор инструментов, специально разработанный для наиболее эффективной и удобной работы хирурга. Во время проведения операции один ассистент должен находиться у консоли пациента. Этот член операционной команды помогает хирургу с переключением между инструментами. На сенсорном экране консоли технического зрения ассистент видит то же изображение, что и хирург в стереовидеоискателе. Консоль технического зрения содержит центральный обрабатывающий центр и видеосистему, включая основной блок, блок управления камерой и осветитель

В настоящее время присутствует сложность выполнения лапароскопической операции. Проблема состоит в том, что графический процессор, который установлен в консоли хирурга, не способен создавать статическую 3D-модель сердца, но присутствует возможность запрограммировать хирургического робота Da-Vincitак, чтобы он сам компенсировал биения сердца, т. е. хирург (за пультом управления) видит перед собой неподвижное

сердце и спокойно проводит на нем операцию, а робот Da-Vinci двигает скальпелем и манипуляторами, самостоятельно компенсируя движения сердца.

Для расширения возможностей необходимо оборудовать манипулятор робота Да Винчи системой отслеживания глаз хирурга и передачи ему тактильных ощущений, как будто он проводит операцию своими руками. То есть манипуляторы передают обратную связь от роботизированной руки, которая непосредственно касается пациента (рис. 1).

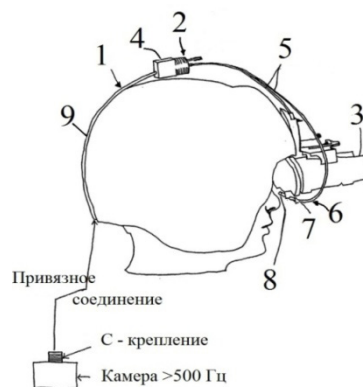


Рис. 1.

Предлагается модернизация данной конструкции: устройство может включать один или большее число компонентов, включая камеру, имеющую, по меньшей мере, один объектив, направленный в сторону, по меньшей мере, одного глаза пользователя.

С помощью камеры может осуществляться мониторинг движений глаз пользователя, а движение глаз может быть сопоставлено с указателем на дисплее, чтобы указатель следовал за движением глаз, например, подобно компьютерной мыши. При желании, камера может осуществлять мониторинг глаз пользователя по заданным показателям, например, по морганиям в заданные промежутки времени, которые могут соответствовать инструкциям по выполнению одной или большего числа команд, отождествляемых с указателем на дисплее, например, подобно двойному щелчку компьютерной мыши.

Как показано, устройство включает шлем 1, который может надеваться на голову пользователя, и биосенсорную конструкцию 2. Шлем 1 включает очки 3. Как показано, биосенсорная конструкция 2 включает камеру 4, установленную на верхней части шлема 1, например, используя липучку типа «Velcro», полоски и/или другие временные или сменные фиксаторы. Это может позволить снимать камеру 2, когда она не применяется.

Для получения изображения глаз пользователя от одной или большего числа «эндокамер» биосенсорная конструкция 2 также включает один или большее число оптоволоконных жгутов 5, которые проходят от камеры 4 к передней стороне шлема 1. Как показано, пара оптоволоконных жгутов 5 проходит от камеры 4 к соответствующим трубкам очков 3.

Концы 6 оптоволоконных жгутов 5 могут быть присоединены постоянно или присоединяться съемно к очкам 3, например, к кронштейнам 7, присоединенным к очкам 3, или иным образом отходящим от них.

Конец 6 каждого оптоволоконного жгута 5 может включать одну или большее число линз, например, линзу 8

объектива, которая может фокусировать световод на глаз пользователя. Кроме того, линза 8 объектива может оптимизировать дистанцию обзора, например, до приблизительно двух дюймов, таким образом, улучшая фокусирование в глазах пользователя.

Внешняя камера может позволить или облегчить временную и пространственную синхронизацию, позволяя перекрывать или наслаивать изображение (я) с эндокамеры на изображения с внешней камеры для отслеживания глаза идентифицировать «куда», «на что» и/или «как долго» глаза пользователя смотрят по отношению к направлению положения головы пользователя.

Изображения от камеры 4 могут быть переданы от устройства по кабелю 9. Например, устройство отображения может преобразовывать оптические изображения из активной области в электрические сигналы, которые могут быть переданы по кабелю 9 на один или большее число процессоров и/или контроллеров.

Данная модернизация возможна, если заменить стандартный графический процессор на новый от компании NVidia — NVIDIA TESLA P100 (рис. 2).

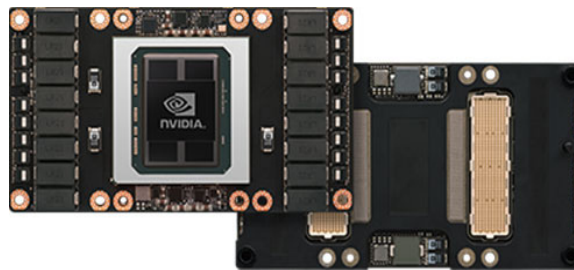


Рис. 2

На данный момент NVIDIA Tesla — ведущая мировая платформа для ускоряемых дата-центров. Она объединяет в себе графические ускорители, ускоренные вычислительные системы, технологии коммуникации, инструменты для разработки и приложения для ускорения

научных открытий и анализа данных. В основе платформы NVIDIA Tesla лежат массивно параллельные графические процессоры, которые обеспечивают значительно более высокую скорость обработки данных для задач, требующих большого объема вычислений.

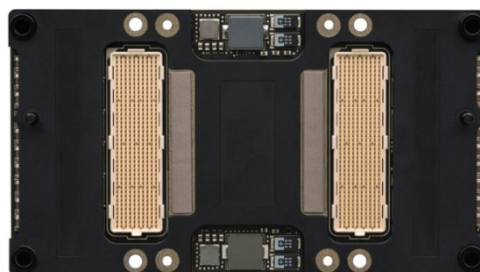


Рис. 3.

В этом году NVIDIA порадовала любителей нерядовых новинок в сегменте дискретной графики картами на 16-нм чипах GP100 и GP102. Различия между старшим GPU для HPC-систем (GP100) и его производным — адаптером для широкого круга задач (GP102) оказались весьма су-

щественными (рис. 3). В частности, проприетарный интерфейс NVLink, отличающий серверный графический процессор от собрата, способен обеспечивать пропускную способность в 40 Гбайт/с на один порт. Для сравнения, аналогичное значение для разъёма PCI Express 3.0 x16

составляет 16 ГТ/с (15,75 Гбайт/с), а для будущего PCI Express 4.0 x16—32 ГТ/с (31,5 Гбайт/с). При этом одним соединением NVLink дело не ограничивается. Так, у уско-

рителя Tesla P100 на чипе Pascal GP100 четыре порта NVLink (рис. 4), и, соответственно, пиковая пропускная способность достигает 160 Гбайт/с (4 × 40 Гбайт/с).

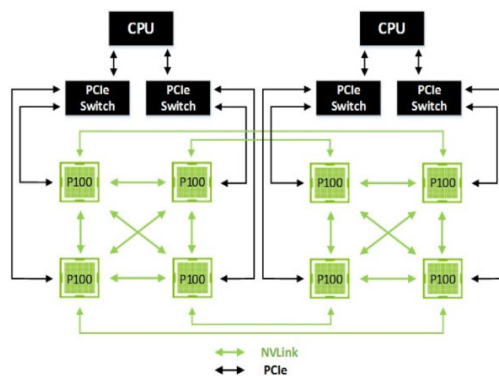


Рис. 4.

Вторая версия NVLink принесёт увеличение пропускной способности интерфейса с 20 до 25 Гбит/с на контакт, с 40 до 50 Гбайт/с на один порт и со 160 до 200 Гбайт/с на один GPU. Преимущество NVLink над PCI Express 4-го поколения будет весьма впечатляющим — 6,35 раза (четыре порта NVLink против 16-скоростного PCI-E 4.0).

— Простой контроль и управление кластерами на основе GPU с помощью инструментов для управления системой NVIDIA

— Плавное развертывание приложений благодаря сертификации НППО

— Тестирование на отсутствие ошибок в самых тяжелых условиях

Таким образом, данное решение предоставит хирургам бесконтактный доступ к критически важным и срочным данным в операционной, позволяя им просто использовать свой взгляд. Это поможет снизить необходимость сложных взаимодействий между инструментами медицинской визуализации и хирургом, что, следовательно, сделает процесс гораздо более эффективным и безопасным, а с помощью данного Nvidia Tesla p100 хирург сможет видеть четкую и статическую 3D-модель сердца (рис. 5).



Рис. 5.

Литература:

1. Консоли робота // da Vinci. Хиркргия. URL: <http://www. robot-davinci. com/about/units/> (дата обращения: 11.11.2017).
2. Робот да Винчи // LiveMD. URL: http://www. livemd. ru/tags/robot_da_vinchi/ (дата обращения 11.11.2017).
3. Поезжаева, Е. В., Теория механизмов и механика машин. Промышленные роботы: учеб. Пособие: Изд-во Перм. Гос. техн. ун-та, 2016.-Ч. 2. — 185 с. Гриф УМОАМ.
4. Поезжаева, Е. В. Промышленные роботы: учеб. пособие 3 кн. — Пермь: Издательство ПГТУ. Пермь 2009. Гриф МГТУ им. Н.Э. Баумана.

5. Поезжаева, Е. В. Концепция развития робототехники: учеб. Пособие: Изд-во Перм. Гос. техн. ун-та, 2017. — 480 с. Гриф МГТУ им. Н. Э. Баумана.
6. TESLA // Nvidia. URL: <http://www.nvidia.ru/object/tesla-p100-ru.html> (дата обращения 11.11.2017).
7. ISC 2017 // Servernews URL: [https://servernews.ru/tags/tesla %20p100](https://servernews.ru/tags/tesla-%20p100) (дата обращения 11.11.2017).

Развитие технологий накопления электрической энергии

Savard Christophe, PhD
Laboratoire AMPERE

Яковлева Эмилия Владимировна, кандидат технических наук, доцент
Санкт-Петербургский горный университет

В этой статье рассмотрены различные виды энергии. Особое внимание уделено электрической, механической и химической энергии. Представлены основные методы хранения энергии каждого типа, а также преобразования одного вида в другой. Сравнивается производительность трех технических решений для хранения электрической энергии: маховик, суперконденсаторы и литий-ионные батареи. Если электричество станет энергоносителем будущего, необходимо будет иметь системы хранения, которые будут соответствовать параметрам сети и потребителей. При этом эти системы хранения должны отвечать требованиям по энергоэффективности и энергобезопасности.

Ключевые слова: энергия, хранение энергии, аккумуляторная батарея, суперконденсаторы, сверхпроводники

Электрическая энергия является энергетическим вектором. Это означает, что электричество можно производить, передавать и хранить. Физически электричество определяется перемещением электронов в проводнике. В силу динамической природы, его хранение затруднительно. Существует два пути хранения электрической энергии. Первым вариантом является применение некоторого технологического решения, позволяющего

сохранить энергию в электростатическом или электродинамическом виде. Вторым путем является преобразование электрической энергии в другие виды энергии. Единицей измерения энергии является или Джоуль, или Ватт час. Известно, что один Ватт час составляет 3600 Джоулей.

Различные классы энергии представлены на рисунке 1. Помимо электрической энергии существуют механиче-

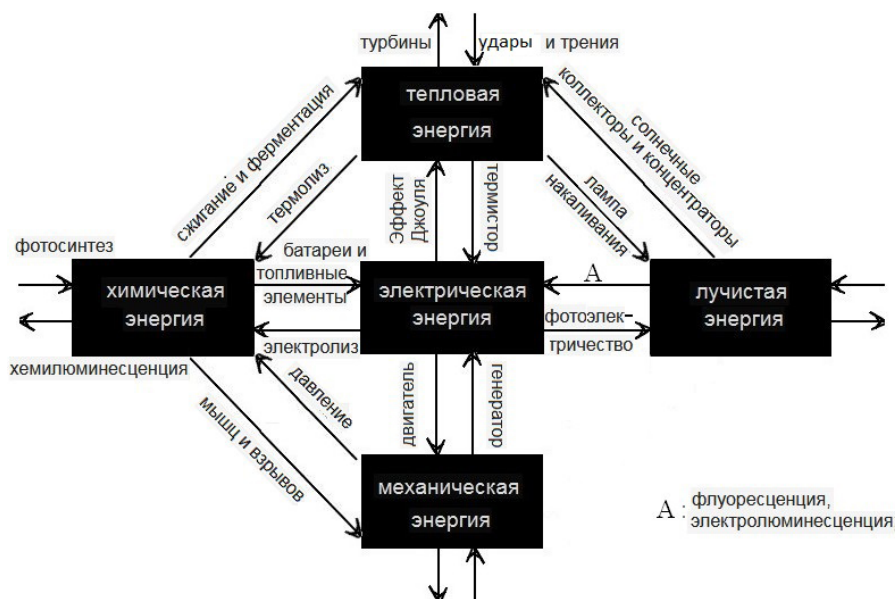


Рис. 1. Классы энергий и виды перехода из одного типа в другой

ская, химическая, тепловая и лучистая энергия. Кроме этого, можно добавить шестой класс — ядерную энергию.

Описывая эти различные виды энергии и их компоненты, в данной работе описываются основные методы хранения энергии. Затем в статье рассмотрены принципы хранения электрической энергии. В заключении приведено сравнение эффективности различных видов хранения энергии и дан прогноз энергетического баланса завтрашнего дня.

1. Классы энергии

1.1. Механическая энергия

Механическая энергия существует в двух формах — кинетическая и потенциальная. Все движущиеся объекты обладают кинетической энергией, пропорциональной массе объекта m и квадрату его скорости.

$$E = \frac{mv^2}{2} \quad (1)$$

Любой неподвижный объект на Земле может прийти в движение, особенно из-за силы тяжести. Иными словами, он содержит потенциальную механическую энергию, пропорциональную массе m , ускорению свободного падения g (9,81 м/с² на поверхности Земли) и высоте h между его центром тяжести и расстоянием до поверхности Земли:

$$E = mgh \quad (2)$$

1.2. Химическая энергия

Химическая энергия — это энергия, проявляющаяся при химических реакциях. Она обеспечивает связь между атомами материала, состоящего из молекул. Так как химическая реакция разрушает эти связи, энергия высвобождается. Например, при горении, часть этой энергии переходит в тепло.

1.3. Тепловая энергия

Этот вид энергии обусловлен броуновским движением в веществе. Чем выше температура, чем больше пространства между атомами, тем дальше они могут передвигаться и тем большим запасом кинетической энергии они обладают. Эта тепловая энергия пропорциональна массе m , разности температур ΔT и коэффициенту C , зависящему от свойств материала. Этот коэффициент называется теплоемкостью материала.

$$E = mC\Delta T \quad (3)$$

Таким образом, охлажденный объект (соответственно нагретый) будет терять (набирать) определенное количество тепловой энергии, значение которой дается уравнением (3).

1.4. Лучистая и ядерная энергия

Лучистая энергия включает в себя все формы энергии, передаваемой излучением. Если фотоны, переносящие эту энергию обладают длиной волны видимого спектра, то эта энергия называется видимым излучением. Для упрощения, энергия и длина волны связаны соотношением:

$$E = h\lambda \quad (4)$$

где h — это постоянная Планка, равная $6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж/с.

Наконец, ядерная энергия представляет собой силу, содержащуюся в атомах. В случае деления атома или спонтанно (радиоактивные материалы) испускаются различные виды частиц (альфа-частицы, состоящие из двух нейтронов и двух протонов, бета-частиц, состоящих из электрона, гамма-излучения, испускаемые по длинам нанометровые и пикометрические волны).

2. Хранение электрической энергии, преобразованной в другие виды энергии

Поскольку существует множество видов энергии, которые могут храниться. Поэтому электрическую энергию возможно хранить в преобразованном виде. На рисунке 1 описаны основные технические решения для преобразования энергии из одной формы в другую. В этой статье рассмотрено только хранение энергии в электрических, механических и химических формах.

2.1. Механическая энергия

С помощью электродвигателя электрическая энергия преобразуется в механическую. Одной из самых древних систем накопления энергии в механической форме, еще со времен Античной Греции, является маховик.

Маховик представляет собой вращающуюся массу, которая приводится в движение электродвигателем или вручную. Его кинетическая энергия определяется как функция массы, ее угловой скорости и момента инерции J :

$$E = \frac{J\omega^2}{2} \quad (5)$$

Когда источник энергии отключается, маховик продолжает вращение по инерции. Если к маховику подводится электрическая энергия, то он возвращает ее обратно в сеть в силу обратимости электродвигателя. Самые маленькие маховики позволяют накапливать несколько киловатт часов, тогда как самые большие маховики накапливают сотни мегаватт часов [1].

Кроме этого, существует второй способ хранения механической энергии — в потенциальной форме. Такой метод используется в гидроаккумулирующих электростанциях [2]. В частности, необходимо наличие двух резервуаров с водой, располагающихся на различной высоте H . Для того чтобы запастись электрической энергией воды, из резервуара 1, находящегося на меньшей высоте, закачивается вода с помощью насосов в другой резервуар 2. Для высвобождения энергии этот запас воды сбрасывается в резервуар 1, при этом проходя через турбину, генерирующую электрическую энергию за счет сброса воды. Мощность, вырабатываемая в Ваттах пропорциональна напору воды H , расхода воды Q и коэффициенту полезного действия турбины (0,93–0,96 %):

$$P = 9.81QH\eta \quad (6)$$

Этот метод иногда используется для накопления избыточной энергии тепловых или атомных электростанций.

Другие решения включают в себя хранение сжатого воздуха в естественных полостях или старых шахтах, как в Хунторфе в Германии, который имеет емкость 290 МВт. Это хранилище сжатого воздуха (CAES) работает с конца 1970-х годов [3].

2.2. Химическая энергия

Хранение энергии в химической форме является наиболее естественным способом хранения на Земле. В зависимости от массовой плотности энергии — количества энергии, накопленной на единицу массы, химическое соединение может содержать более или менее эквивалентную энергию для той же массы. Ископаемые виды топлива имеют очень высокие массовые энергии, что объясняет их нынешнее господство. Например, массовая энергия бензина составляет 13,13 кВтч/кг. Водород можно использовать не только в качестве топлива вместо бензина, но также и в топливных элементах. Наиболее эффективными для этого являются углеводородные виды топлива. Сжатый при 700 бар, водород имеет плотность энергии 36,79 кВтч/кг, в то время как древесина составляет всего 4,5 кВтч / кг.

Для того чтобы преобразовать химическую энергию в другую, более легко используемую форму, самым простым решением является сжигание материала для получения энергии в тепловой форме. Затем эта тепловая энергия может быть преобразована в другой вид энергии, а затем

в электрическую энергию. Химическая энергия также может быть преобразована в электрическую энергию непосредственно, когда хранение выполняется электрохимически в батареях или аккумуляторах.

3. Прямое хранение электрической энергии

Чаще всего электрическая энергия преобразуется в химическую энергию для хранения. Однако она может быть запасена в своей первоначальной форме в потенциальном или кинетическом виде.

3.1. Электрохимическая форма

Электрохимический накопитель предусматривает накопление положительных и отрицательных электрических зарядов посредством химической реакции (окисление и восстановление). В упрощенной форме в химии окисление представляет собой потерю электрона в атоме. Эта форма хранения применяется в аккумуляторах, формирующих аккумуляторные батареи. Это объясняется тем, что величины напряжения и тока единичного аккумулятора могут не отвечать требованиям специфики потребителя, который будет получать накопленную электрическую энергию. В аккумуляторе или ячейке электрические заряды накапливаются на обкладках двух электродов, которые разделены электролитом, как показано на рисунке 2. Мембрана служит для того, чтобы предотвратить перемещение ионов с одного электрода на другой, при этом пропуская беспрепятственно электроны.

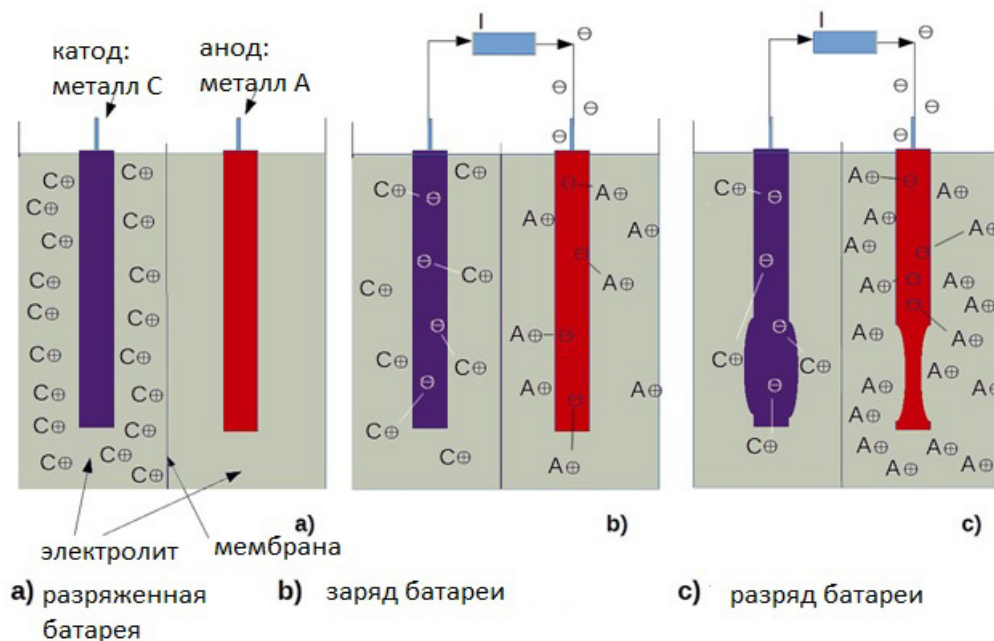


Рис. 2. Процесс разряда батареи

На рисунке 2, иллюстрирующем процесс разряда батареи, медный электрод собирает положительные заряды — ионы Cu^+ . Когда внешняя нагрузка потребляет ток, аккумулятор разряжается. Это приводит к уменьшению числа ионов Cu^+ за счет восстановления, окислению другого электрода, происходящему из-за возник-

новения ионов Zn^+ на этом электроде из цинка. Батарея будет полностью разряжена, если в ней больше не останется ионов Cu^+ .

Работа аккумулятора основана на том же принципе. Однако, разряжаясь (извлечение энергии, содержащейся в нем в электрохимической форме) аккумулятор также

может быть перезаряжен подачей внешнего тока. Поэтому химические реакции должны быть обратимыми. Это достигается путем выбора материалов электродов. Сочетание этих материалов дает конкретную разность потенциалов для каждого типа аккумулятора — напряжение холостого хода (U_{xx}).

Существует три основных типа аккумуляторов: свинцовый, щелочной или литий-ионный. Для свинцового аккумулятора напряжение холостого хода U_{xx} составляет 2.1 В. Это обусловлено электродами аккумулятора данного типа — оксид свинца (IV) для отрицательного электрода PbO_2 и Pb свинец или Pb^3O_4 для положительного электрода. Электролитом является серная кислота H_2SO_4 . Щелочные батареи реализованы из никеля или кадмия, или из комбинации редкоземельных металлов и металлов переходной группы. Из этих металлов выполнены электроды. В качестве электролита выступает гидроксид калия (KOH). Напряжение холостого хода U_{xx} для данного типа составляет 1.2 В. Наконец, литий-ионные батареи используют ионы лития для переноса зарядов от одного электрода к другому. В данном типе аккумуляторов отрицательный электрод выполнен из графита, положительный электрод и электролит могут быть разной природы. Согласно положительному электроду, напряжение холостого хода U_{xx} варьируется от 3.2 до 3.8 В.

3.2. Электростатическая форма

Существует возможность напрямую хранить электрическую энергию за счет положительных и отрицательных электрических зарядов, не прибегая к химической реакции. Этот принцип реализован в суперконденсаторах.

Суперконденсатор представляет собой специфический технологический конденсатор, который может обладать емкостью в несколько тысяч Фарад в объеме, сравнимом с аккумулятором. Он состоит из двух электродов, разделенных электролитом. Электроды изготовлены из проводящего полимера, оксида металла или активированного угля. В отличие от обычного конденсатора, электролит суперконденсатора имеет проводящий и недиэлектрический характер, причем изоляционная функция возникает на границе раздела электролита-электрода. Активированный уголь обладает свойством адсорбции — увеличение концентрации молекул вещества у поверхности раздела двух фаз вследствие нескомпенсированности сил межмолекулярного взаимодействия на разделе фаз. Поэтому достаточно приложить энергию слабой величины, разрушающую эти связи, и, таким образом, освободить накопленную энергию.

3.3. Электродинамическая форма

Наконец, существует возможность накапливать электрическую энергию в кинетической форме с помощью применения технологии хранения энергии в магнитном поле сверхпроводников (проводники в которых отсутствуют электрические потери). Суть метода заключается в протекании постоянного тока через катушку, выполненную из сверхпроводящего провода, которая охлаждена до крити-

ческой температуры. Затем производится режим короткого замыкания. Это приводит к тому, что закрытая сама по себе магнитная цепь становится источником постоянного магнитного потока. Критическая температура — это такая температура, при которой сверхпроводник имеет нулевое удельное сопротивление. Только сверхпроводники, критическая температура которых близка к температуре окружающей среды, могут быть использованы в данном методе. Например, диборид магния MbB_2 становится сверхпроводящим ниже $-39^\circ K (-234^\circ C)$. Однако эта технология должна в первую очередь рассматриваться как источник импульсного тока, а не для массового хранения электрической энергии.

4. Применение

Плотность энергии батарей в настоящее время невысока: порядка 35 Втч / кг для свинцовых аккумуляторов и до 250 Втч / кг для литий-ионных. Текущие исследования направлены на повышение эффективности этих систем хранения, поскольку, по сравнению с ископаемым топливом, они имеют неоспоримое преимущество обратимости. Действительно, когда литр бензина или дизельного топлива сжигается, для перемещения автомобиля примерно на 15 километров, обратный процесс невозможен — бензобак не заполнится. Когда потребляется киловатт-час электрической энергии от батареи, можно перезарядить батарею, изменив направление электрического тока.

4.1. Сравнение основных характеристик

Классическим методом представления и сравнения характеристик различных режимов хранения энергии в зависимости от их плотности энергии и плотности мощности является диаграмма Рагона [4]. Согласно этому методу при одинаковой мощности маховики имеют в среднем плотность энергии в четыре раза выше, аккумуляторы в сорок и углеводороды в восьмьсот раз выше, чем у суперконденсаторов. Это отчасти объясняет, почему сегодня производители приступили к технологическому прорыву и замене бензина электрохимическими батареями в качестве источника энергии транспортных средств.

Также возможно сравнить альтернативные методы хранения энергии. На рисунке 3 сравниваются механический режим (маховик), электрохимический режим (литий-ионный аккумулятор) и электростатический режим (суперконденсатор) [5].

Для каждого вида максимальная производительность изображена выделенной сплошной линией, минимальная — пунктирной линией. Значение 1 объясняется лучшей производительностью. Цикличность соответствует количеству циклов перезарядки разряда, которые может обеспечить устройство хранения. Суперконденсатор можно использовать до миллиона раз, маховик может поддерживать более 100000 циклов, в то время как батарея может выдерживать только несколько тысяч циклов [6]. Ожидаемая продолжительность жизни также учитывает так называемое «старение» (естественное старение, происходящее даже в состоянии покоя). Для ак-

кумуляторов оно составляет порядка 5 лет, в три-четыре раза меньше, чем в двух других методов. Саморазряд позволяет определить потери. Батарея теряет менее 3% заряда в месяц, конденсатор может потерять до трети своего заряда в день, а маховик остановится через несколько часов из-за трения. Маховик может работать при более

высоких температурах, в то время как батареи и суперконденсаторы не применяются при температуре выше шестидесяти градусов по Цельсию. В целом общая энергетическая эффективность зависит в основном от того, как устройство перезаряжается. Во всех случаях она составляет выше 90%.

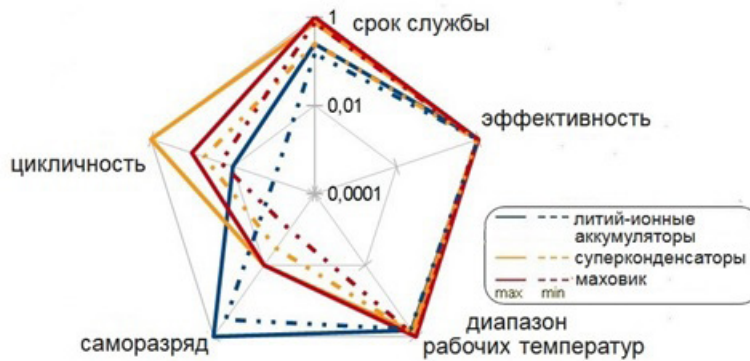


Рис. 3. Сравнение параметров методов хранения энергии

Таким образом, маховик подходит только для кратковременного хранения энергии. Это, может быть случай для трамваев или троллейбусов, штанги которых отсоединены от контактных воздушных линий, когда транспортное средство проезжает перекресток. Суперконденсатор возможно использовать дольше и чаще, чем батареи. Однако батареи являются наиболее эффективными для хранения электрической энергии в течение длительного времени.

4.2. Аккумуляирование электроэнергии

Сегодня стационарные аккумуляторы применяются как встроенные источники питания: в электромобилях и во всевозможные мобильных электронных устройствах (телефоны, смартфоны, ноутбуки и др.). При этом развитие таких систем хранения электрической энергии продолжится по двум причинам. Во-первых, производство электроэнергии движется в направлении большей децентрализации, а именно применению микро энергетических систем — автономных электрических сетей, объединяющих несколько локальных потребителей и источников энергии. Такие сети возможно использовать для производства, хранения и потребления электроэнергии в труднодоступных географических зонах и в зонах, в которых подключение к сети труднореализуемого [7]. Это приведет к повышенному спросу систем хранения электроэнергии. Во-вторых, чтобы лучше управлять сетями и микросетями, внедрение систем хранения данных может минимизировать или даже устранить пики ежедневного потребления [8]. Кроме этого, ожидается, что доля электрической энергии, вырабатываемой возобновляемыми источниками энергии (солнечная энергия, ветер...), с каждым годом будет возрастать. Однако пики производства электроэнергии солнечными электростанциями не соответствуют пикам потребления, которые соответствуют вечернему вре-

мени. Таким образом, необходимо хранить избытки выработанной электроэнергии в течение дня, для того чтобы потреблять ее ночью и вечером.

4.3. Взлет электрической энергии

В настоящее время принято считать, что образ жизни человечества в глобальном формате не может продолжаться устойчиво. В целях сохранения окружающей среды крайне важно сократить выбросы CO_2 в атмосферу, которые способствует увеличению парникового эффекта, путем резервирования в долгосрочной перспективе использования ископаемого топлива для других целей.

Для этого необходимо воспользоваться всеми потенциальными энергиями, которые находятся в пределах нашей досягаемости, свободными, универсальными, экологически чистыми и возобновляемыми: солнечной энергией, ветром, приливным потоком, приливами, геотермальной энергией и др. Генерируемая такими источниками энергия в виде постоянного тока (DC), а не AC (AC). Проект Super-grid нацелен на изучение того, как энергосистема может в более или менее короткие сроки переключиться на DC, разрешив все технические проблемы, связанные с использованием DC [9]. В качестве примера, появление больших токов короткого замыкания происходит гораздо быстрее в сети DC, чем в AC [10], важно определить их внешний вид и отключить потребителей от сети до того, как авария распространится по всей сети.

Использование электричества в качестве основного вектора энергии не возможно, если электричество, о котором идет речь, не производится без использования углеводородного топлива. Было бы не разумно производить электрическую энергию из углеводорода для того, чтобы зарядить батареи электромобиля. Не говоря уже о потерях при переходе из одного режима энергии в другой.

Действительно, поскольку энергия является так называемой глобальной величиной (в отличие от так называемых локальных величин, таких как электрический потенциал или температура, например, которые существуют только в локальном контексте), она остается инвариантной. Это означает, что количество исходной электрической энергии E_1 будет преобразовано в количество запасенной энергии E_2 , сопровождающееся потерями, чаще всего эффектом Джоуля, количества E_3 :

$$E_1 = E_2 + E_3 \quad (7)$$

Таким же образом, если потребителю поставляется некоторое количество электрической энергии E_4 , последний фактически будет использовать только количество энергии E_5 , так как часть E_6 подаваемой энергии будет потеряна.

$$E_4 = E_5 + E_6 \quad (8)$$

Ограничивая преобразования между энергетическими формами, потери уменьшаются. Поэтому, поскольку энергия будет потребляться в будущем в основном в виде электричества, представляется целесообразным производить ее также в ее электрической форме.

Литература:

1. M. Farhadi and O. Mohammed, Energy storage technologies for high-power applications, IEEE Transactions on Industry Applications, 52 pp. 1953–1961 (2016).
2. K. H. Tseng, C. K. Shum, J. W. Kim, X. Wang, K. Zhu and X. Cheng, Integrating landsat imageries and digital elevation models to infer water level change in Hoover dam, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, (2016).
3. Zschocke, Compressed Air Energy Storage, one promising technology in the future energy storage business, E. ON Innovation Center Energy Storage, IPHE Workshop, Sevilla (2012).
4. Lièvre, Développement d'un système de gestion de batterie lithium-ion à destination de véhicules mild-hybrid, détermination des indicateurs d'état SoC, SoH, SoF, Université Claude Bernard de Lyon 1, 2015, French.
5. L. Lu, X. Han, J. Li, J. Hua and M. Ouyang, A review on the key issues for lithium-ion battery management in electric vehicles, Journal of Power Sources (2013).
6. C. Savard, PhD Thesis, Amélioration de la disponibilité opérationnelle des systèmes de stockage de l'énergie électrique multicellulaires, INSA de Lyon, Université de Lyon 1, november 2017, French.
7. S. Ci, N. Lin and D. Wu, Reconfigurable battery techniques and systems: a survey, IEEE Access, 4, pp. 1175–1189 (2016).
8. S. Whittingam, History, evolution and future status of energy storage, Proceedings of the IEEE, 100, pp. 1518–1534 (2012).
9. M. Laly, E. Cheriyan and A. Mathew, Soft computing optimization based optimal operation of power grid with renewable energy sources and storage systems, 2016 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), Taipei, pp. 564–569, 2016.
10. W. Leon-García, P. Tixador and B. Raison, Full-selective protection strategy for MTDC grids based on R-type superconducting FCLs and mechanical DC circuit breakers, RGP 2016, London.
11. Silver, 4 new ways to store renewable energy with water, IEEE Spectrum, p. 11 (2017).
12. T. Thang, A. Ahmed, C. Kin and J. Park, Flexible system architecture of stand-alone PV power generation with energy storage device, IEEE Transactions on Energy Conversion, 30, pp. 1386–1396 (2015).

5. Заключение

В ближайшем будущем для аккумулирования электроэнергии электрическим операторам придется прибегать к банку хранилищ, содержащему устройства различной природы, чтобы использовать преимущества каждого отдельного решения. Действительно, если накопитель энергии в магнитном поле со сверхпроводниками может быть эффективным в связи с его очень низкими потерями и быстродействием. Другие решения, не представленные здесь, такие как единичные накопители большой мощности, установленные в непосредственной близости с потребителем. В дополнение к существующим гидроаккумулирующим электростанциям [11] необходимо разработать пневматические хранилища. Наконец, на объектах, где источниками электроэнергии служат возобновляемые ресурсы, целесообразно применять аккумуляторы для дальнейшего распределения энергии в сеть [12].

Таким образом, предполагается, что энергетический микс в будущем будет состоять в основном из источников, не содержащих углерода, возобновляемых источников, регулируемых системами хранения как на производственных площадях, так и в местах потребления.

Численное моделирование задач изгиба и колебаний вязкоупругих пластин сложной формы при различных моделях вязкости

Садиков Холмирза Содикович, кандидат физика, математических наук, доцент;
 Абдуллаева Дилдора Анваровна, преподаватель;
 Халилов Азим Журакулович, преподаватель
 Навоийский государственный горный институт (Узбекистан)

Работа посвящена численному моделированию задач изгиба и колебаний вязкоупругих пластин сложной формы при различных моделях вязкости.

Ключевые слова: жесткость вязкоупругих пластин, изгиб, коэффициент Пуассона, объемный модуль упругости, R — функция, полные системы координатных функций.

Математическая модель задач изгиба вязкоупругих пластин описывается уравнением

$$\frac{\partial^2 M_x^*}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 M_{xy}^*}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_y^*}{\partial y^2} + q(x, y, t) = 0 \tag{1}$$

Если при формулировке основных физических соотношений используется гипотеза о постоянстве коэффициента Пуассона, изгибающие и крутящие моменты определяются следующими зависимостями:

$$\begin{aligned} M_x^* &= -D(1-R^*) \left\{ \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right\}; \quad M_y^* = -D(1-R^*) \left\{ \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right\}; \\ M_{xy}^* &= -D(1-\mu)(1-R^*) \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y}, \end{aligned} \tag{2}$$

где D — жесткость вязкоупругих пластин; R^* — интегральный оператор с ядрами релаксации $R(t)$, т. е. $R^*W = \int_0^t R(t-\tau)W(x, y, \tau) d\tau$; $W(x, y, t)$ — прогиб пластины;

μ — коэффициент Пуассона; $q(x, y, t)$ — интенсивность внешней нагрузки.

Если же используется гипотеза об упругости объемных деформации, тогда для изгибающих и крутящего моментов справедливы зависимости

$$\begin{aligned} M_x^* &= - \left[2G(1-R_c^*) \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + L^* \left\{ \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right\} \right] \cdot \frac{h^2}{12}; \\ M_y^* &= - \left[2G(1-R_c^*) \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + L^* \left\{ \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right\} \right] \cdot \frac{h^2}{12}; \\ M_{xy}^* &= -D(1-\mu)(1-R_c^*) \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \cdot \frac{h^2}{12}, \end{aligned} \tag{3}$$

где $G = E/2(1+\mu)$ — модуль сдвига; E — модуль упругости; R_c^* — интегральный оператор с ядрами сдвиговой релаксации $R_c(t)$; L^* — интегральный оператор, т. е.

$$L^* = \left\{ \frac{2}{3} + K[2G(1-R_c^*)]^{-1} \right\}^{-1} \left[K - \frac{2}{3}G(1-R_c^*) \right];$$

$K = E/3(1-2\mu)$ — объемный модуль упругости; h — толщина пластины.

Для получения уравнения движения достаточно вместо $q(x, y, t)$ в уравнение (1) подставить выражение $q(x, y, t) = \rho h \frac{\partial^2 W}{\partial t^2}$ и получим следующие уравнение колеблющейся тонкой вязкоупругой плиты

$$\frac{\partial^2 M_x^*}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 M_{xy}^*}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_y^*}{\partial y^2} + q(x, y, t) = \rho h \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} \tag{4}$$

где ρh — масса плиты, отнесенная к единице поверхности.

Уравнения (1) и (4) решаются при соответствующих граничных и начальных условиях

$$L_t W \Big|_{\Gamma_t} = \varphi_t(x, y); \quad \Gamma = \cup_{i=1}^n \Gamma_i; \quad W_{\tau=0} = W_0; \quad \frac{\partial W}{\partial \tau} \Big|_{\tau=0} = W_0^t, \tag{5}$$

где L_i — дифференциальные операторы, зависящие от граничных условий; Γ — граница области; W_0^i и W_0^f — начальные значения.

Решения уравнений (1) и (4) ищем в виде

$$W(x,y,t) = \sum_{i=1}^N T_i(t) \varphi_i(x,y) \tag{6}$$

где $\varphi_i(x,y)$ — полные системы координатных функций (полиномы Чебышева, степенные, тригонометрические, сплайны Шенберга и т. д.) СКФ, удовлетворяющие всем граничным условиям, которые строятся с помощью метода R — функций В. Л. Рвачева [1]; $T_i(t)$ — неизвестные функции, являющиеся функциями времени t.

После применения метода Бубнова — Галеркина решение уравнения (1) и (4) сводится к решению системы интегральных (ИУ) и интегро-дифференциальных уравнений (ИДУ) относительно функций времени. Отметим, что при решении задач изгиба и колебаний вязкоупругих пластин сложной формы используется ортонормированные СКФ по бигармоническому и единичному операторам соответственно. Здесь использование ортонормированной СКФ существенно облегчает решение систем интегральных и ИДУ.

В случае задачи изгиба после ортонормированные СКФ по бигармоническому оператору основные разрешающие уравнений приводятся к автономным системам ИУ. В случае задачи колебаний, основные разрешающие уравнений с помощью метода разложения собственных форм колебаний, приводятся к автономным системам ИДУ. Для решения автономным систем интегральных и ИДУ применяется численный метод, основанный на использовании квадратурных формул [2]. На основе этого метода описан алгоритм численного решений.

Исследована сходимость вычислительного алгоритма и показана достоверность результатов, полученных с помощью комплекса программных средств путем их сопоставления с точным решением или решениями, полученными другими авторами.

Рассмотрим задачи изгиба вязкоупругой пластины (рис.1). Пусть пластина, материал, который характеризуется упругими объемными деформациями, жестко зашкреплена по всему контуру и находится под действием равномерно распределенной нагрузки ($q=1$). Исследуется характер поведения прогиба W , изгибающих M_x^* , M_y^* и крутящего M_{xy}^* моментов в зависимости от изменение границы области. В качестве ядра сдвиговой релаксации используется ядро $R(t) = \varepsilon e^{-\beta t}$.

Уравнение геометрии области для пластины, представленной на рис.1, имеет вид:

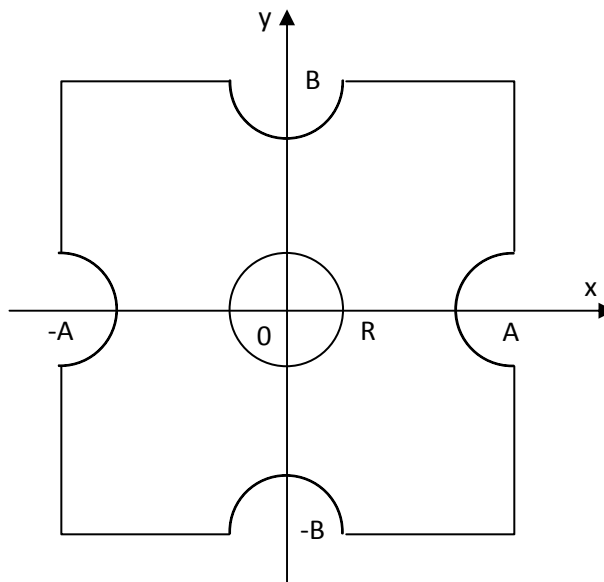


Рис. 1.

$$\Omega = (((\Omega_1 \wedge_0 (\Omega_3 \wedge_0 \Omega_5))) \wedge_0 (\Omega_2 \wedge_0 (\Omega_4 \wedge_0 \Omega_6))) \wedge_0 \Omega_7$$

где $\Omega_1 = (a^2 - x^2)/2a,$

$\Omega_2 = (b^2 - y^2)/2b,$

$\Omega_3 = ((x+a)^2 + y^2 - R^2)/2R,$

$\Omega_4 = (x^2 + (y+b)^2 - R^2)/2R$

$\Omega_5 = ((x-a)^2 + y^2 - R^2)/2R,$

$\Omega_6 = (x^2 + (y-b)^2 - R^2)/2R, \Omega_7 = (x^2 + y^2 - R^2)/2R$

\wedge_0 — оператор логический конъюнкции нулевого порядка.

На рис.2, а показано изменение прогиба во времени (пунктирная линия) в точке с координатами $x=0.5; y=0.5$, а на рис.2,б — изменение изгибающего M_x^* и крутящего M_{xy}^* моментов (пунктирная линия) в той же точке.

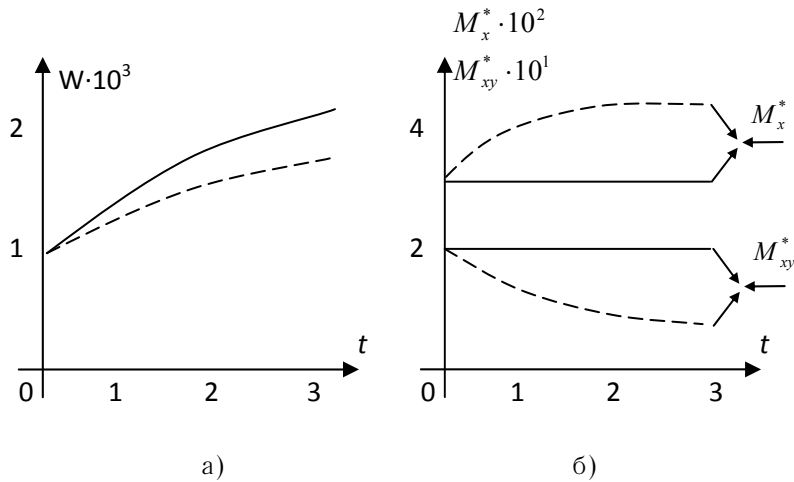


Рис. 2. а, б

Для сравнения на тех же рисунках (сплошными линиями) показано изменение тех же величин для пластины с постоянными во времени коэффициентом Пуассона и ядром релаксации, совпадающим с ядром $R_c(t)$ для рассматриваемой пластины.

Результаты получены при следующих значениях безразмерных параметров:

$$\Lambda = a/b = 1; \quad r = R/a = 0.2; \quad \epsilon = 0.05; \quad \beta = 0.075; \quad \mu = 0.17$$

Из рис.2 видно, что если материал вязкоупругих пластин характеризуется упругими объемными деформациями, тогда даже при постоянных внешних нагрузках прогиб, изгибающий и крутящий моменты изменяется, т. е. прогиб и изгибающий момент увеличивается во времени, а крутящий момент уменьшается. Результаты полученные на основе гипотезы об упругости объемных деформаций хорошо согласуются с результатами эксперимента. Однако для простоты в инженерных расчетах часто делается предположение, что коэффициент Пуассона является постоянной во времени величиной. А также результаты получено для пластины с постоянным во времени коэффициентом Пуассона при использовании различных ядер релаксации, в частности, ядер экспоненциального вида, ядер Ржаницына — Колтунова и Абеля. Результаты показывает, когда в качестве ядра релаксации используется ядра Абеля, то с увеличением времени t значение прогиба увеличивается гораздо быстрее. Поставленная задача решена при различных значениях безразмерных параметров. Сравнительный анализ показывает, что частично изменение формы границы области приводит к довольно существенному изменению напряженно-деформированного состояния пластин.

Далее рассмотрим вынужденные колебания жестко защемленных вязкоупругих пластин (рис.1) и находящихся под действием равномерно распределенной нагрузки при начальных условиях $W|_{t=0} = 0, W'|_{t=0} = 0$. В качестве ядра сдвиговой релаксации используется экспоненциальное ядро.

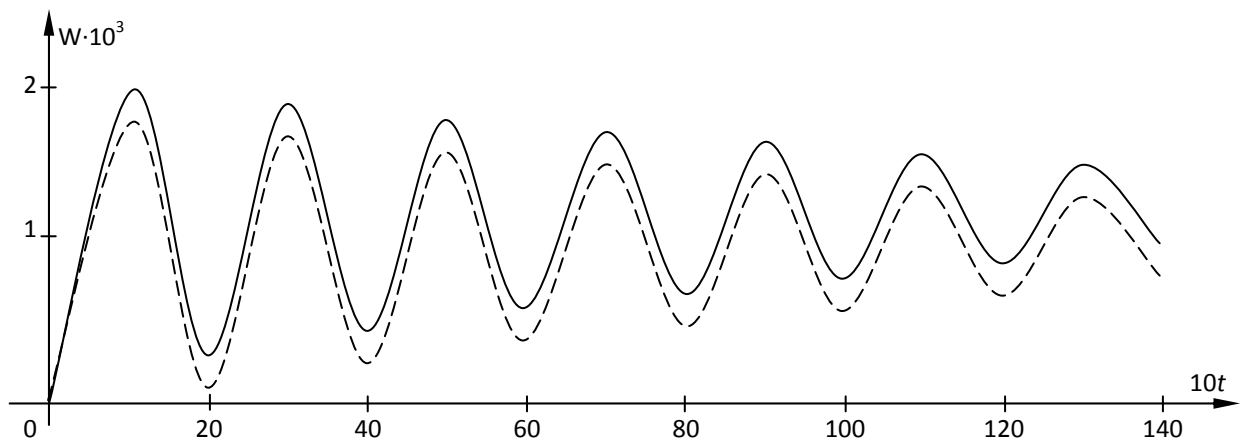


Рис. 3.

Результаты получены при следующих значениях безразмерных параметров:

$$\Lambda = a/b = 1; \quad r = R/a = 0.2; \quad \varepsilon = 0.05; \quad \beta = 0.075; \quad \mu = 0.17$$

На рис.3 показано изменение прогиба пластины $W(0.5;0;t)$ во времени t (пунктирными линиями), полученные на основе гипотезы об упругости объемных деформаций. Для сравнения сплошными линиями показано изменение прогиба пластины $W(0.5;0;t)$, полученное на основе гипотезы о постоянстве коэффициента Пуассона. Из рисунка видно, что учет упругости объемных деформации приводит к уменьшению амплитуды колебаний, а процесс затухания происходит медленно. Отметим, что при $\varepsilon=0$ процесс колебаний вязкоупругих пластин совпадает с процессом колебаний упругих пластин. Интересно отметить, что при $\varepsilon < 0.001$ мы фактически рассматриваем процесс колебаний упругой пластины, и надо подчеркнуть, что при $\varepsilon=0,1$ процесс затухания колебаний происходит быстрее, чем $\varepsilon=0,05$ и $\varepsilon=0,001$.

Задача решена при различных значениях безразмерных параметров, подробно исследовано влияние учета вязкоупругих свойств материала на амплитуду и частоту колебаний в зависимости от внешней нагрузки и граничных условий. Учет вязкоупругих свойств материала пластинки приводит к снижению амплитуды колебаний и вызывает ее затухание по экспоненциальному закону. При затухании колебаний огромную роль играет реологический параметр ε .

Численные результаты показывают, что выбор той или иной гипотезы при формулировке физических соотношений приводит к довольно существенному изменению напряженно-деформированного состояния пластин.

На основе предложенного алгоритма задач разработан комплекс программных средств, с помощью которых оперативно решаются задачи наследственной теории вязкоупругости для тел с произвольной конфигурацией [3–4].

Литература:

1. Рвачев, В. Л., Курпа Л. В. R-функций в задачах теории пластин. Киев: Наукова думка. 1987. 176 с.
2. Бадалов, Ф. Б. Методы решения интегральных и интегро-дифференциальных уравнений наследственной теории вязкоупругости. Ташкент. Мехнат. 1987. 289 с.
3. Назиров, Ш. А., Садиков Х. С. Комплекс программных средств для решения краевых задач вариационными методами./Алгоритмы. Ташкент: РИСО АН Уз. Вып. 65. 1988.
4. Садиков, Х. С., Халилов А. Ж. Компьютерное моделирование и исследование краевых задач вязкоупругости произвольной конфигурации в среде системе Maple. Материалы научно-технической конференции «Перспективы науки и производства химической технологии в Узбекистане». Навои. 22–24 мая 2014 г. с. 247–248.

Обоснование применения геомеханических моделей при разработке нефтяных месторождений

Улыбин Александр Валерьевич, магистрант
Тюменский индустриальный университет

В данной статье приведено понятие геомеханического моделирования. Приведён результат использования геомеханической модели на Приобском месторождении. Указаны основные проблемы разработки месторождений, решаемые геомеханическим моделированием. Обозначены направления решения данных проблем.

Ключевые слова: геомеханическое моделирование, геомеханика, напряжения, устойчивость ствола скважины, прочность породы, пескопроявление, деформации, фильтрационно-емкостные свойства, просадки, сейсмические явления.

Разработка месторождений связана с вторжением в недра как на этапе разбуривания, так и на этапах последующей откачки углеводородов (УВ) из системы скважин и применения таких технологий, как поддержание пластового давления (ППД) и гидроразрыв пласта (ГРП).

Все эти вторжения вносят в недра нарушение естественных напряжений пород: при разбуривании — перераспределение полей напряжений локально в области скважины; при работе скважины — образование так называемой воронки депрессии, расширяющейся по мере «выработки» обрабатываемого ею коллектора; работа

системы скважин перераспределяет внутренние напряжения продуктивных, а затем и непродуктивных пластов.

Геомеханическое моделирование представляет собой последовательный процесс определения механических свойств горной породы и её реакций на воздействия в процессе разработки месторождения [1]. Геомеханические модели используются при проектировании бурения, строительства и эксплуатации скважин, а также при разведке ресурсов УВ.

Применение геомеханических моделей при проектировании разработки месторождений позволяет в последующем продолжительнее удерживать систему на режиме «Максимального дебита» и наиболее полно забрать УВ из недр. **При проведении ГРП знание механических свойств участка недр помогает предсказать направление образования искусственных трещин.** Повышается эффективность разработки месторождений.

Например, в 2003–2004 гг. на Приобском месторождении «Юганскнефтегаз» совместно с Schlumberger с помощью пластового электромикросканера провели семь специальных исследований процесса гидроразрыва. Определили преимущественное направление максимального стресса, которое составило 340–350°. Позднее этот тренд был подтвержден закачкой индикаторных жидкостей. Целью исследования являлось определение направления техногенной трещиноватости. Приборами являлись микроимиджеры и акустический каротаж широкополосный (АКШ). Установлено, что 87% азимутов трещин лежит в диапазоне 310–350°.

ООО «РН-Юганскнефтегаз» в 2010 г. приняло решение о выделении опытного участка для испытания технологии горизонтальных скважин с многозонным ГРП

(ГС + МзГРП) с бурением этих скважин в 2011–2012 гг.

Согласно моделированию для Приобского месторождения оптимальным по пусковому дебиту является бурение ГС с продольными трещинами ГРП и переводом под закачку наклонно-направленных скважин (ННС). Расположение трещины — по всей длине ствола. Расчетный дебит ННС с ГРП — 227 м³/сут, а ГС с МсГРП — 355 м³/сут.

Реализация проекта начата бурением скважины 5869Г с длиной горизонтального участка — 800 м и проведением 7ми-стадийного ГРП. Дебит жидкости оказался в 1,5–2 раза выше, чем окружающих ННС с ГРП. [2]

Геомеханическое моделирование помогает разрешить и следующие ситуации:

Обеспечение устойчивости ствола скважины

При бурении происходит замещение выработанной породы на струю бурового раствора. Буровой раствор, в отличие от замещаемой породы, не может противостоять сдвиговым напряжениям. Происходит перераспределение напряжений, пик которых оказывается на стенке скважины. При возрастании напряжений окружающая порода может деформироваться, образуя вывалы и трещины.

Неустойчивость окружающих стенку пород может вызвать такие неблагоприятные ситуации, как прихват бурового инструмента, уход траектории, обвалы.

Для решения этой проблемы необходимо производить расчёты эффективных напряжений на стенке скважины и безопасное окно бурения (свойств циркулирующего раствора).

Предотвращение разрушения призабойной зоны и пескопроявления

Разрушение призабойной зоны пласта сопровождается выносом в скважину песка с цементом породы. Происходит это по вине большого перепада давления на забое. Сцепление частиц пористой среды ослабевает под действием изменений давления при эксплуатации скважины. Если градиент давления превышает некоторую максимально допустимую величину, разрушается призабойная зона скважины и твердые частицы выносятся на её забой.

Определение допустимой депрессии связано с изучением прочностных характеристик горных пород. В этой связи для оценки устойчивости стенок скважин и разрушения призабойной зоны используются решения трехмерных задач теории упругости и пластичности в сочетании с различными теориями прочности.

Согласно теории нормальных напряжений разрушения начинаются в случае, если максимальное нормальное напряжение достигает временного сопротивления разрыву, при этом оно достигается вследствие положительного удлинения.

Для решения этой проблемы необходимо производить расчёт напряжённно-деформированного состояния (НДС) в упругой пористой среде.

Прогнозирование необратимых деформаций и ухудшение фильтрационно-емкостных свойств коллекторов

При работе добывающей скважины вокруг неё образуется воронка депрессии, которая со временем становится всё больше. Поровое давление уменьшается, повышается влияние вертикальной нагрузки на прискваженные породы, их сжимает в вертикальной плоскости, и они уже в меньшем количестве могут содержать в себе УВ и пропускать их через себя, «дебит к скважине» уменьшается.

Кроме того, в процессе накапливается всё большее количество необратимых деформаций. А неучтённые необратимые деформации — залог высокой вероятности потери извлекаемых запасов, невозможности их извлечения в дальнейшем, потому как «лабиринты извлечения» (трещины, каверны, поры) закроются. Месторождения Западной Сибири страдают этим.

Необходимо использовать ППД с оглядкой на геомеханические свойства для более «безболезненной» компенсации отбора. Корректировать систему расстановки скважин для более полного извлечения УВ месторождения.

Сохранность инженерных сооружений на земной поверхности и предупреждение техногенных сейсмических явлений.

Логическим продолжением деформации коллекторов являются деформации земной поверхности, просадки. Последствия таких деформационных процессов состоят главным образом в смятиях обсадных колонн, в частичном подтоплении поверхности из близлежащих источников воды. Сопутствует порча наземных сооружений, разрыв коммуникаций. Экологические последствия являются, как правило, необратимыми.

Техногенные землетрясения широко сопровождают масштабную добычу подземным способом твердых полезных ископаемых. Сейсмические события на разрабатываемых месторождениях углеводородов возникают как при интен-

сивном отборе флюида и снижении пластового давления, так и при вторичном воздействии на пласт, при этом отсутствует зависимость между началом разработки месторождений углеводородов, т. е. количеством отобранного флюида, и началом возникновения сейсмической активности. [3]

Для решения данной проблемы следует применять прогноз деформационных процессов, маркшейдерско-геодезический мониторинг и сейсмозондирование. В настоящее время предупреждать техногенные сейсмозывозы затруднительно.

Вывод: геомеханическое моделирование вносит существенно полезную часть в разработку месторождений как с точки зрения дебита, так и с точки зрения безопасности извлечения УВ. Целесообразно геомеханические модели применять совместно с геологическими и гидродинамическими, образуя кросс-модель.

Литература:

1. Хасанов, М. М., Жуков В. В., Овчаренко Ю. В., Тимофеева Т. Н., Лукин С. В. (ООО «Газпромнефть НТЦ»). Геомеханическое моделирование для решения задачи ограничения пескопроявления. Журнал «Нефтяное хозяйство» — 2016—12, С. 48—51
2. Черевко, М. А., Янин А. Н., Янин К. Е. «Разработка нефтяных месторождений Западной Сибири горизонтальными скважинами с многостадийными гидроразрывами пласта». — Тюмень — Курган, Издательство «Зауралье», 2015 — стр. 46—49
3. Кашников, Ю. А., Ашихмин С. Г. Механика горных пород при разработке месторождений углеводородного сырья. — М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2007. с. 285

Разработка узлов микропроцессорной системы

Фёдоров Сергей Анатольевич, студент;

Глыбин Сергей Александрович, студент

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

В настоящее время цифровая техника получила бурное развитие. Аналоговая аппаратура вытесняется цифровой в самых различных областях, таких как промышленная автоматизация, управление летательными аппаратами, телевидение, телефония. Эта тенденция приобретает в последнее время массовый характер. Традиционные цифровые устройства, особенно микропроцессорные устройства (МПУ), также не стоят на месте, обуславливая совершенствование отладочных средств.

Основным отличием МПУ от традиционных электронных устройств является наличие в их структуре двух четко разграниченных категорий средств аппаратурных и программных. Поэтому МПУ обладают свойством программируемости как при разработке, так и при внесении изменений в их алгоритм функционирования. Наличие программных средств определяет особенности проектирования, производства и эксплуатации, т. е. специфику всего жизненного цикла МПУ.

Модуль центрального процессора КР580ВМ80А — функционально законченный однокристалльный параллельный микропроцессор с фиксированной системой команд, применяется в качестве центрального процессора в устройствах обработки данных и управления.

Микропроцессор имеет отдельные 16-разрядный канал адреса и 8-разрядный канал данных. Канал адреса обеспечивает прямую адресацию внешней памяти объемом до 65536 байт, 256 устройств ввода и 256 устройств вывода [3, с. 58].

МикроЭВМ на основе микросхем комплекта К580 строится по модульному принципу, который обеспечивает подключение к единой магистрали модулей центрального процессора (ЦП), запоминающего устройства (ЗУ) и устройств ввода — вывода (УВВ). Магистральная структура связей между модулями минимизирует аппаратуру, уменьшает число схем сопряжения и обеспечивает возможность простого расширения системы. Выдачу информации на магистраль в любой момент времени производит один из мо-

дулей — передатчиков. Прием информации осуществляет один или несколько приемников [2, с. 154]. Одновременная работа двух пар модулей передатчик-приемник невозможна.

Структурная схема системы управления на базе микропроцессорного комплекта БИС серии КР580 принимает вид, приведенный на данной схеме.

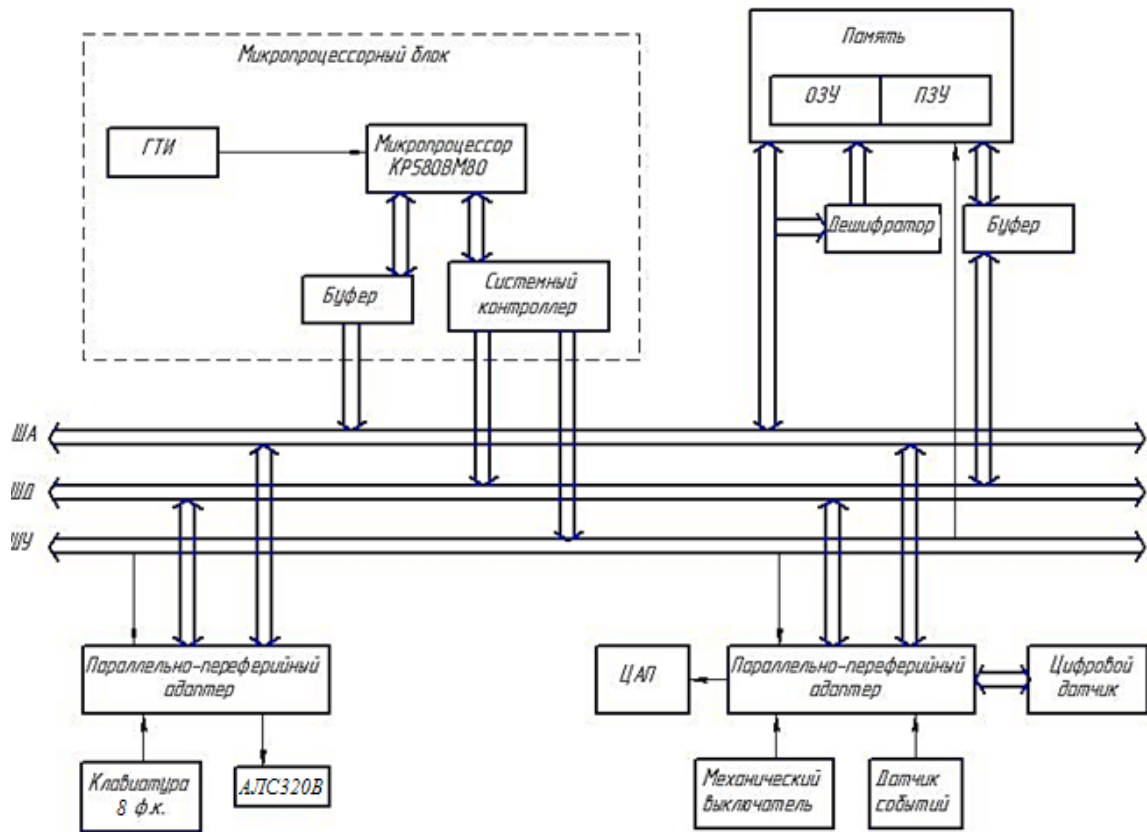


Рис. 1. Структурная схема МП системы управления

Тактовый генератор служит для синхронизации микропроцессорных систем на основе комплекта К580. Генератор формирует: высокоуровневые тактовые сигналы F1 и F2 с несовпадающими фазами; тактовый сигнал F2T, по уровню совместимый с ТТЛ и синхронизированный с сигналом F2; сигнал STSTB «Строб состояния», который, поступая на системный контроллер, фиксирует состояние шины данных микропроцессора; сигнал RESET «Установка». Системный контроллер нужен для фиксации слова состояния МП, выработки системных управляющих сигналов, буферизации шины данных МП и управления направлением передачи данных. В качестве тактового генератора используем КР580ГФ24. Эта БИС дополнительно содержит схемы. Системный контроллер реализуем на БИС КР580ВК28 [1, с. 45].

В таблице 1 перечислены элементы принципиальной схемы микропроцессорной системы К580, их наименования, обозначения, количество и документ, устанавливающий технические требования, которым должен удовлетворять конкретный элемент.

Память является одним из основных структурных элементов любой ЭВМ. Микросхемы памяти представляют собой функционально и конструктивно законченные микроэлектронные изделия, предназначенные для реализации оперативных (ОЗУ) и постоянных (ПЗУ) запоминающих устройств. ПЗУ предназначено для хранения программ, констант и осуществляет только чтение данных. Отличительной особенностью ПЗУ является хранение информации без поступления питания. ОЗУ энергозависимый тип памяти, предназначен для оперативных задач чтения и записи информации. Основной способ использования такого типа памяти заключается в хранении в ней входных\выходных и промежуточных данных, обрабатываемых процессором и хранение машинного кода.

Одной из составляющих схемы является ПЗУ. Микросхема КР556РТ17 представляет собой электрически программируемое постоянное запоминающее устройство емкостью 4 кбит (512x8), с тремя состояниями на выходе. Время выборки адреса: $t_A(A) = 50$ нс.

Тип микросхем	Емкость, бит	tA (A), нс	P _{сст} мВт	Тип выхода	Исходное состояние	Тип корпуса
КР556РТ17	512x8	50	900	ТТЛ-3	1	239.24 2

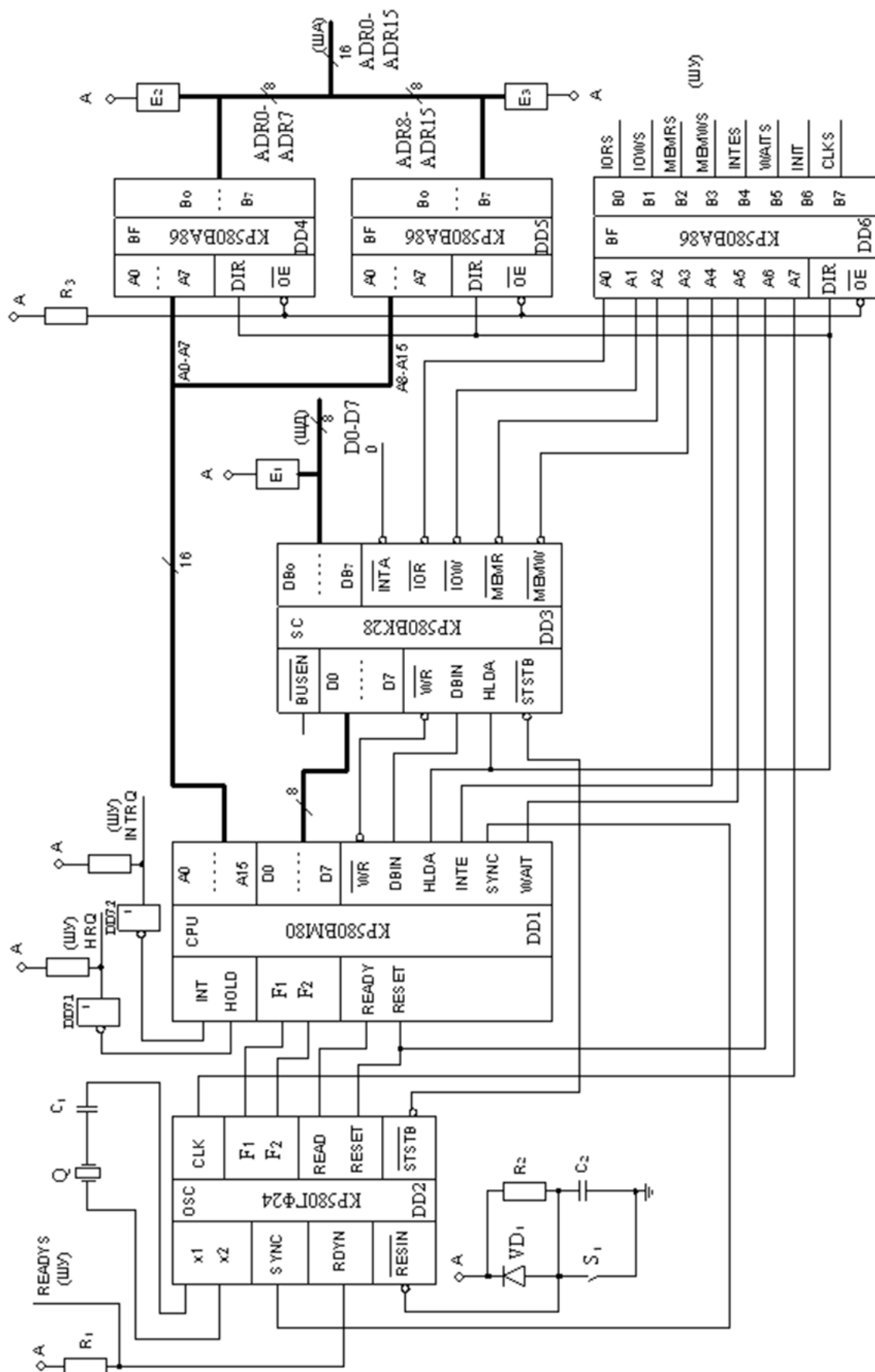


Рис. 2. Схема микропроцессорной системы

Таблица 1

№	Обозначение	Элемент	Наименование	Кол-во	ТУ
1.	DD1	Микросхема	КР580ГФ24	1	ГОСТ 11305.910–80
2.	DD2	Микросхема	КР580ВМ80	1	ГОСТ 11305.910–80
3.	DD3	Микросхема	КР580ВК28	1	ГОСТ 11305.910–80
4.	DD4 — DD6	Микросхема	КР580ВА86	3	ГОСТ 11305.910–80
5.	R1 — R5	Резистор	Резистор С2–33Н — 0,125–1,5кОм — ±5%	5	АБШК. 434110.046 ТУ
6.	E1 — E3	Резисторная сборка	НР1–19–3–10кОм — ±2%	3	ОЖО. 467.416 ТУ
7.	C1	Конденсатор керамический	К10–17А — 8 нФ — ±5%	1	ОЖО. 460.172 ТУ
8.	C2	Конденсатор керамический	К10–12пФ — ±1пФ — ПЗЗ	1	ГОСТ 25814–83
9.	Q1	Кварцевый резонатор	РК374 МД — 225006 В С	1	ГОСТ 21712
10.	DD7	Микросхема	К555ЛН1	1	ГОСТ 23622–79
11.	VD1	Диод	Д206	1	ГОСТ 18986.4–73
12.	S1	Кнопка	МВ2400	1	ГОСТ 31.0101.01–89

ОЗУ предназначено для временного хранения данных. Микросхема К537РУ6А представляет собой статическое оперативное ЗУ емкостью 4 Кбит (4Кх1) со схемой управления. Управляющие сигналы имеют сле-

дующие назначения: DI — информационный вход, CS — выбор микросхемы, W/R — вход сигнала «запись-считывание» [1, с 282].

Тип микросхем	Емкость, бит	$t_{CY}, \text{нс}$	$t_{CS}, \text{нс}$	$t_{SU(A-CS)}, \text{нс}$	$t_{W(CS)}$	$P_{CC(P_{CC})}, \text{мВт}$	Условное графическое обозначение	Тип корпуса
К537РУ6А	4Кх1	340	220	20	220	40 (0,25)	Рис. 5	427.18 2

Стоит отметить что, модуль связи с оператором имеет ключевое значение в микропроцессорной системе. Устройство связи с оператором состоит из устройства ввода — клавиатуры и устройства вывода — светодиодных индикаторов. Клавиатура выполнена в виде матрицы дискретных механических контактов, а блок индикации — в виде одного семисегментного светодиодного индикатора АЛС320В. Подключение этих устройств к магистральям ЭВМ целесообразно выполнить с помощью большой интегральной схемы параллельного интерфейса КР580ВВ55.

Программируемый периферийный адаптер (ППА) КР580ВВ55 представляет собой три канала ввода/вывода А, В и С по 8 бит каждый. Существует три режима работы микросхемы. В режиме 0 три упомянутых канала могут быть независимо друг от друга запрограммированы на ввод или вывод информации. Режим 1 позволяет передавать информацию по каналам А и В, используя отдельные биты канала С для управления обменом данными. В режиме 2 канал А приобретает свойство двунаправленной шины, управляемой опять же отдельными битами канала С. Кроме того, возможны установка и сброс отдельных битов канала С. Микросхема выпускается в 40-выводном DIP-корпусе.

Основные особенности микросхемы:

- 3 канала ввода/вывода, 8 бит каждый;
- 3 режима работы (1 — статический ввод/вывод, 2 — тактируемый ввод/вывод, 3 — двунаправленный ввод/вывод);

— отдельное программирование каждого канала на ввод или вывод.

В эту схему можно включить АЛС320В — одnorазрядный цифробуквенный индикатор с высотой цифры 5 мм. Индикатор АЛС320В изготавливается на основе светодиодных эпитаксиальных структур галлий-фосфор. Данный индикатор предназначен для визуальной индикации.

Индикатор имеет семь сегментов, излучающих свет при воздействии прямого тока.

Различные комбинации сегментов, обеспечиваемые внешней коммутацией, позволяют воспроизвести цифры от 0 до 9. Выпускаются в пластмассовом корпусе.

Масса не более 0,3 г. Тип прибора определяется по цвету корпуса и цветным точкам.

Для индикатора АЛС320В:

1. цвет корпуса — зеленый;
2. цветные точки на корпусе — одна белая.

В системе можно использовать простую не кодирующую клавиатуру, состоящую из 8 функциональных клавиш в виде кнопок-контактов. Будем использовать параллельный ввод.

Алгоритм определения активности той или иной клавиши: в нажатом (активном) состоянии клавиши на контакт ППА, к которому эта клавиша подключена, будет поступать логическая единица, соответственно при не нажатой клавиши будет поступать логический ноль. Таким образом, при периодическом сканировании канала, к которому подключена клавиатура, система будет реагиро-

вать в соответствии с программным алгоритмом, активированным нажатой клавишей.

Клавиатура будет подключена к выходам КВ0-КВ7 канала В, программируемого периферийного адаптера, так как количество выводов канала соответствует количеству выводов клавиатуры.

При программно-управляемом вводе/выводе все связанные с этим действия выполняются процессором, по его инициативе. Процессор выполняет программу, которая в простейшем случае содержит команду ввода или вывода, и, получив такую команду, выполняет ввод или вывод.

Для подключения цифрового датчика используем канал А ППА, для подключения ЦАП используем канал В ППА.

Как и обращение к памяти, операции ввода/вывода также предполагают наличие некоторой системы адресации, позволяющей выбрать одно из УВВ и соответственно одно из внешних устройств (ВУ). Адресное пространство ввода/вывода может быть совмещено с адресным пространством памяти или быть выделенным. Принято наглядно изображать распределение адресного пространства ЭВМ в виде графической схемы, называ-

емой картой памяти. Соответственно ЭВМ может иметь одну (совмещенную) карту памяти или две (раздельные) карты, как в разрабатываемой системе.

Адресное пространство задается системным контроллером с помощью формирования на ШУ разных сигналов записи/чтения для памяти и УВВ, а адресация устройств в выбранном адресном пространстве с помощью ША. Для обращения к УВВ, применяются специальные команды. В общем случае можно разделить шины для работы с памятью и шины ввода/вывода, что дает возможность совмещать во времени обмен с памятью и ввод/вывод. В микропроцессорах и микроконтроллерах малой разрядности предназначенных для решения задач управления используется общая система шин для памяти и УВВ.

Микропроцессорные устройства используются практически во всех областях человеческой деятельности, имеют самое разнообразное назначение и выполняют различные функции. При всем многообразии конкретных функций общими функциями МПУ являются управление устройствами ввода и вывода, обработка и преобразование информации.

Литература:

1. Хвощ, С. Т., Варлинский Н. Н. Попов Е. А. «Микропроцессоры и микроЭВМ в системах автоматического управления» справочник, 1987
2. Лебедев, О. Н., Мирошниченко А. И., Телец В. А.. «Изделия электронной техники. Микросхемы памяти. ЦАП И АЦП». М., «Радио и связь», 1994
3. Иванов, В. И., Аксенов А. И., Юшин А. М., «Полупроводниковые оптоэлектронные приборы», справочник, М., «Энергоатомиздат», 1988

Моделирование процессов создания и эксплуатации объектов морской техники класса «Автоматизированная система пожарной сигнализации»

Фёдоров Сергей Анатольевич, студент;

Глыбин Сергей Александрович, студент

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

Прототипом современных систем пожарной сигнализации и оповещения о пожаре в давние времена была пожарная каланча со штатом пожарных служителей, оповещавших о возникновении пожара в какой-либо части населенного пункта. С ростом городов и этажности зданий каланча утратила свое назначение и ей на смену стали приходиться механические и электрические приспособления, предназначенные для обнаружения и сигнализации о пожаре.

Первые попытки создать устройства автоматического извещения о пожаре относятся к 40-м годам XIX века. В 1846 году российский журнал «Отечественные записки» поместил описание такого устройства, изобретенного в Англии. Оно предназначалось для исполь-

зования в жилых домах и включало в себя металлическую гирию, подвешенную на, протянутый через комнату, шнур. При резком повышении температуры шнур перегорал. А гирия падала на взрывное устройство. Оглушительный звук извещал всех жителей дома о надвигающейся опасности.

Подобного рода извещатели использовались и в промышленности. В фабричных помещениях под потолком протягивали тонкий жгут, на одном из концов которого подвешивался груз. Правда, при падении груза происходил не взрыв, а приводился в действие пружинный завод колокола тревоги.

На одну из подобных конструкций в 1807 г. В России была выдана привилегия Карлу Диону. Предложившему

использовать для включения механической системы извещателя нагретый воздух.

Механические системы сигнализации применялись недолго. За сравнительно короткий промежуток времени был создан ряд электрических систем, основанных на изменении формы или объема жидкости, пружины и пр. Эти изменения использовались для прерывания цепи тока.

Успехи в области электротехники привели к появлению большого количества разнообразных автоматических извещателей. Немалую лепту в их создание внесли и самоучки, среди которых был и наш соотечественник московский крестьянин Яков Казаков. В 1899 г. Он получает привилегию на автоматический пожарный контакт, выполненный из массивной цинковой рамы и закрепленной на ней пластинке того же материала. При плавных изменениях температуры удлинение, как рамы, так и пластинки было одинаковым, и прибор не выдавал сигналов. При сравнительно быстром повышении температуры окружающей среды пластинка принимала ее температуру и вследствие этого расширялась. Но так как ее концы укреплялись на массивной раме, то пластинка изгибалась и касалась контакта, замыкая электрическую цепь звонка.

Современные автоматические пожарные сигнализации почти всегда являются частью комплекса, объединяющего системы безопасности с инженерными системами здания. Такая интеграция позволяет создать единый центр управления систем контроля доступа, оповещения, пожаротушения, дымоудаления и пр.

АСПС — совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения факторов пожара, формирования, сбора, обработки, регистрации и передачи в заданном виде сигналов о пожаре, режимах работы системы, другой информации и, при необходимости, выдачи сигналов на управление техническими средствами противопожарной защиты, технологическим, электротехническим и другим оборудованием [2, с. 99].

Автоматические системы обнаружения пожара включают: основной и аварийный источники питания, приемное устройство, пожарные извещатели, звуковую и световую сигнализацию.

Неавтоматические дымосигнальные устройства обнаружения пожара бывают двух типов: оптические и устройства обнаружения по запаху дыма.

Сигнал о возникновении пожара в охраняемом помещении подается на приемную станцию с помощью специального прибора или устройства извещателя. Извещатели могут быть ручными и автоматическими.

Ручные извещатели устанавливаются в коридорах, производственных помещениях, машинном и котельном отделениях, отделении холодильных машин, на открытых палубах. Располагают извещатели в легкодоступных местах так, чтобы они были хорошо заметны — корпус окрашивается в красный цвет. Рядом с извещателем крепится молоточек, чтобы разбить стекло и краткая инструктивная надпись, например: «Разбей стекло, нажми и отпусти кнопку!».

Автоматические извещатели (датчики) устанавливаются в жилых и служебных помещениях, в кладовых для хранения взрывчатых и легковоспламеняющихся материалов.

В состав автоматической системы пожарной сигнализации входят: извещатели пожарные; приборы приемно-контрольные пожарные; приборы управления пожарные; технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные; системы передачи извещений о пожаре; другие приборы и оборудование для построения систем пожарной автоматики [1, с. 61].

Современные автоматические пожарные сигнализации почти всегда являются частью комплекса, объединяющего системы безопасности с инженерными системами здания. Такая интеграция позволяет создать единый центр управления систем контроля доступа, оповещения, пожаротушения, дымоудаления и пр.

В зависимости от типа задачи, которую необходимо решить с помощью пожарной сигнализации, в состав АПС входит оборудование трех основных групп:

1) оборудование централизованного управления АПС, например, центральный компьютер с установленным на нем ПО для управления АПС и системой оповещения (в небольших системах АПС задачи централизованного управления выполняет ППКОП — прибор приемно-контрольный охранно-пожарный);

2) оборудование сбора и обработки информации с датчиков охранно-пожарной сигнализации: приборы приемно-контрольные охранно-пожарные (панели);

3) сенсорные устройства — датчики и извещатели охранно-пожарной сигнализации.

Метод SWOT — анализа считается одним из самых эффективных инструментов в стратегическом менеджменте.

Сущность SWOT — анализа заключается в анализе внутренних и внешних факторов компании, оценке рисков и конкурентоспособности товара в отрасли.

Данный анализ объекта морской техники заданного класса охватывает типы «пожарных сигнализаций» в целом, без учета конкуренции внутри него (оборудование и т. п.) [1, с. 65].

Пожарные сигнализации делятся на три типа:

— «Пороговая (традиционная) система пожарной сигнализации». Данный вариант прием в качестве базового для сравнения при оценке ПР;

— «Адресная система пожарной сигнализации». Данный вариант прием в качестве базового для сравнения, лидера в отрасли, при оценке КС, свойства которого приведены на рис. 1.2;

— «Адресно-аналоговая система пожарной сигнализации».

Для современных сложных морских эргатических систем (МЭС), к числу которых в полной мере относятся АСПС, оценка АПК представляет собой сложный и специфический исследовательский процесс. Поэтому в рамках настоящей работы используем метод выбора из уже известных подходов и методов моделирования качества АС с

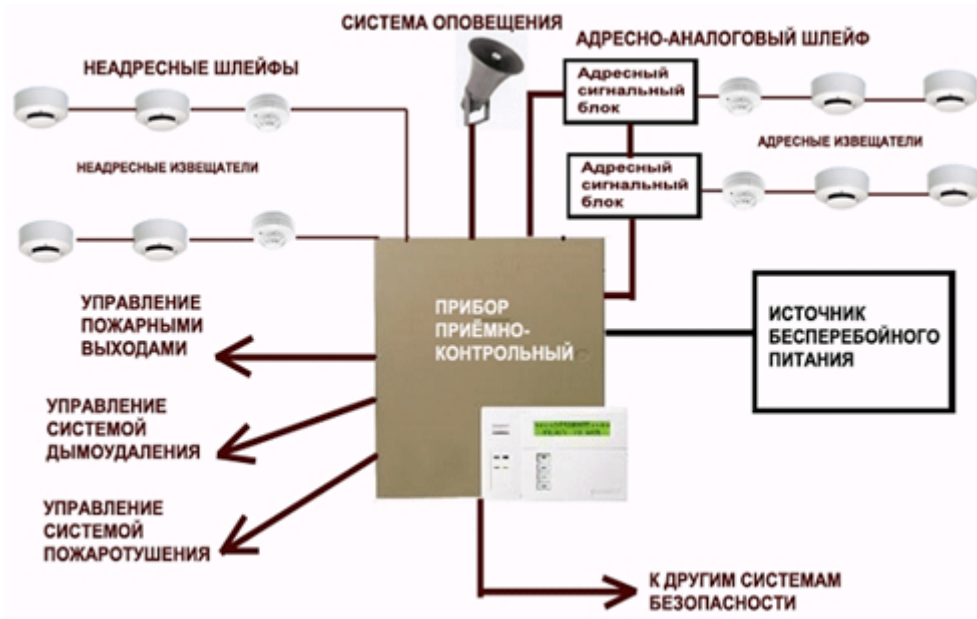


Рис. 1. Схема автоматической системы пожарной сигнализации

соответствующей адаптацией (обоснование системы критериев и соответствующих показателей) их к условиям оценивания качества системы. В качестве последних используем ПК «MPRIORITY», «КС», «КСР» [3, с. 112].

Таблица 1. SWOT-анализ Традиционной, пороговой системы пожарной сигнализации

S. Преимущества объекта	W. Слабые стороны
1. Низкая стоимость оборудования 2. Простота в обслуживании 3. Доступность комплектующего оборудования	1. Позднее обнаружение пожара 2. Отсутствие контроля работоспособности датчиков 3. Неэкономичный расход монтажных материалов 4. Низкая информативность сигналов, полученных от датчиков
O. Перспективы развития	T. Угрозы развития
1. Разработка отечественных аналогов. 2. Обесценивание используемых комплектующих элементов АС	1. Неоправданные риски, не окупаемость капиталовложений. 2. Отсутствие научных разработок, недостаточность ресурсной базы.

Пороговая система пожарной сигнализации

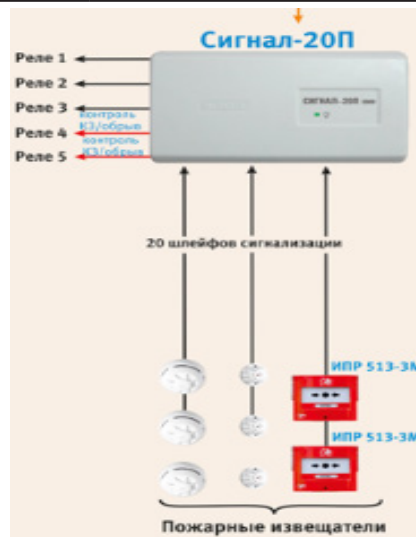


Таблица 2. SWOT-анализ Адресной системы пожарной сигнализации

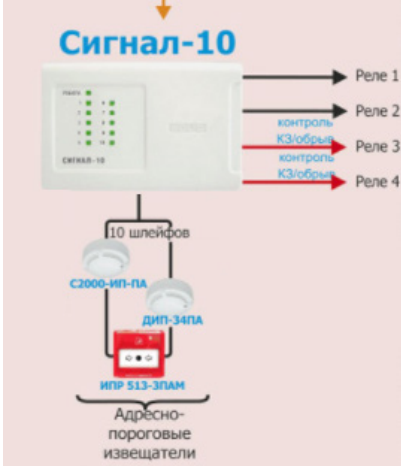
S. Преимущества объекта	W. Слабые стороны
1. Выгодное соотношение цена/качество 2. Высокая информативность полученных сообщений 3. Контроль работоспособности пожарных извещателей 4. Простота в обслуживании и эксплуатации.	1. Позднее обнаружение пожаров 2. Неэкономичный расход монтажных материалов
O. Перспективы развития	T. Угрозы развития
1. Обесценивание используемых комплектующих элементов. 2. Разработка отечественными производителями комплектующих элементов системы.	1. Неоправданные риски, не окупаемость капиталовложений. 2. Отсутствие научных разработок, недостаточность ресурсной базы.
Адресная система пожарной сигнализации	
	

Таблица 3. SWOT-анализ Адресно-аналоговой системы пожарной сигнализации

S. Преимущества объекта	W. Слабые стороны
1. Действительно раннее обнаружение пожаров. 2. Экономия на монтажных работах и расходных материалах 3. Контроль работоспособности пожарных извещателей 4. Компенсация чувствительности датчиков	1. Высокая стоимость оборудования. 2. Сложность в обслуживании
O. Перспективы развития	T. Угрозы развития
1. Разработка отечественными производителями комплектующих элементов системы. 2. Обесценивание используемых комплектующих элементов. 3. Разработка беспроводных средств передачи сигналов на расстояние	1. Отсутствие квалифицированных кадров по разработке. 3. Неоправданные риски, Не окупаемость капиталовложений. 4. Отсутствие научных разработок, недостаточность ресурсной базы.
Адресно-аналоговая система пожарная сигнализация	
	

Основной задачей систем пожарной сигнализации является раннее обнаружение очага возгорания с помощью пожарных извещателей, а также передача сигналов управления на средства пожарной автоматики. К этим средствам можно отнести установки автоматического пожаротушения, дымоудаления, аварийного оповещения, кнопки ручных пожарных извещателей, устройства управления вентиляцией и другим технологическим оборудованием [1, с. 48].

Пожарная безопасность современного здания — задача, решаемая исключительно в комплексе организационно-административных и технико-экономических мероприятий, направленных на выполнение правил и норм пожарной безопасности с целью предотвращения пожаров, а также их обнаружения и принятия мер по тушению. Важную и действенную роль в решении этой задачи играет оборудование взрывопожароопасных помещений автоматическими установками пожарной сигнализации и пожаротушения.

Литература:

1. Навацкий, А. Н. Производственная и пожарная автоматика. — М.: РИО ВИПТШ МВД СССР, 1985.
2. Шачнев, А. И. Устройства и системы охранно-пожарной сигнализации. — Минск: УП «Технопринт», 2002.
3. Автоматические системы пожаротушения и пожарной сигнализации. Правила приемки и контроля. Методические рекомендации. — М.: ВНИИПО МЧС России, 1999.

Модернизация боевого робототехнического комплекса «Уран-9» путем установки динамической защиты

Юшанов Алексей Владимирович, студент;

Куклин Иван Алексеевич, студент;

Поезжаева Елена Вячеславовна, кандидат технических наук, профессор

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

В статье рассматривается возможность модернизации боевого робота «Уран-9», который имеет в своем вооружении 30-мм автоматическую пушку 2А72, 7,62-мм пулемет ПКТМ, комплекс управляемого вооружения «Атака» и реактивные пехотные огнеметы РПО ПДМ-А «Шмель-М», предназначенные для уничтожения живой силы и техники противника; систему предупреждения о лазерном облучении и систему постановки дымовых завес. Помимо всего этого, предлагается установка динамической защиты «Контакт-5» по большей части периметра корпуса и башни, для увеличения общей живучести робота.

Ключевые слова: боевой робототехнический комплекс «Уран-9», робот, динамическая защита, ДЗ «Контакт-5».

Динамическая защита (ДЗ) — разновидность защиты боевых бронированных машин. Она состоит из металлических контейнеров, содержащих элемент динамической защиты (ЭДЗ), который включает в себя два слоя взрывчатого вещества (ВВ) и тонкую металлическую пластину, расположенную между ними.

«Уран-9» — гусеничное, управляемое на расстоянии боевое средство, относящееся к категории наземных боевых беспилотных аппаратов UCCG (Unmanned Combat Ground Vehicle). Данную робототехническую платформу можно использовать для установки различных систем вооружения.

Робот уже имеет в своем арсенале 30-мм автоматическую пушку 2А72, 7,62-мм пулемет ПКТМ, комплекс управляемого вооружения «Атака» и реактивные пехотные огнеметы РПО ПДМ-А «Шмель-М», предназначенные для уничтожения живой силы и техники противника; систему предупреждения о лазерном облучении и

систему постановки дымовых завес. Помимо всего этого, предлагается установка динамической защиты «Контакт-5» по большей части периметра корпуса и башни, для увеличения общей живучести робота.



Установка динамической защиты увеличит вес робота, но при этом значительно улучшит его общие показатели по защищенности. Конструктивно динамическая защита «Контакт-5» состоит из отдельных элементов (ЭДЗ), которые монтируются поверх внешней брони. Каждый элемент 4С22 (рис. 1) представляет собой металлическую коробку с размерами 25×13×1,3 см при массе 1,37 кг, из которых масса ВВ — 0,28 кг с тротильным эквивалентом — 0,33 кг. Обеспечена избирательность срабаты-

вания динамической защиты, заряд взрывчатого вещества не детонирует при:

- 1) простреле блока любыми типами пуль и снарядов калибра до 30 мм включительно;
- 2) попадании осколков осколочно-фугасных снарядов с расстояния более 10 м;
- 3) Горении напалма или горючей смеси на поверхности блока.



Рис. 1. Пример установки элементов 4С22 динамической защиты «Контакт-5» на башне танка

ДЗ позволяет защищать танк от большинства современных противотанковых средств (ПТС), например, таких как ОБПС, ПТРК, РПГ и т. Д. Действие происходит в результате соприкосновения пластины и взрывчатого вещества с атакующим боеприпасом, отклоняя его под определенным углом или полностью уничтожая. Крышка блока

ДЗ из толстой высокопрочной стали при ударе в нее БПС генерирует поток высокоскоростных осколков, которые и детонируют ЭДЗ. Воздействие движущейся толстой крышки и пластин ЭДЗ оказывается достаточным, чтобы снизить бронепробивные характеристики, каккумулятивных средств, так и БПС.

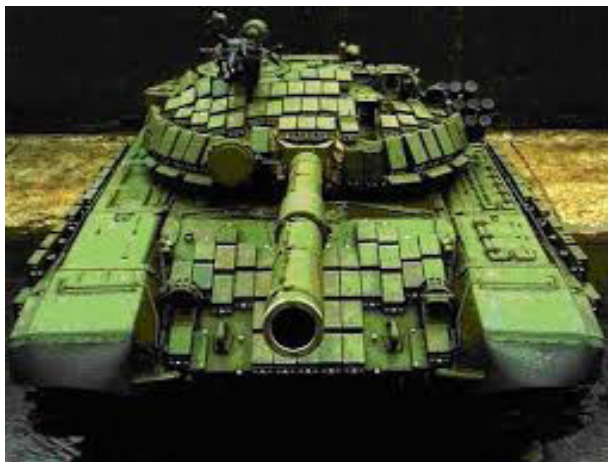


Основные технические характеристики

Масса ЭДЗ 4С22	1,37 кг
Габаритные размеры	251,9×131,9×13 мм

Таким образом, можно говорить, что установка динамической защиты «Контакт-5» вполне возможна, ввиду небольшого веса и размеров элементов 4С22. Также нужно понимать, что нет необходимости в установке элементов

ДЗ по всему периметру роботехнического комплекса, т. к. основной удар на себя в большинстве случаев берет передняя часть корпуса и башни.



Установка динамической защиты значительно увеличит защищенность робота, что позволит ему дольше на-

ходиться в боевых условиях и выполнять все представленные перед ним задачи.

Литература:

1. Поезжаева, Е. В. Концепция развития робототехники/Е. В. Поезжаева — Пермь: Издательство ПНИПУ, 2017.
2. Поезжаева, Е. В. Теория механизмов и механика систем машин/Е. В. Поезжаева. — Пермь: Издательство ПНИПУ, 2015
3. Идиятуллин, Р. С. «Динамическая защита танков» [электронный ресурс] — [http://www. arms-expo. ru/analytics/science/dinamicheskaya-zashchita-tankov. htm](http://www.arms-expo.ru/analytics/science/dinamicheskaya-zashchita-tankov.htm) — статья в интернете

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

Международный научный журнал

Выходит еженедельно

№ 50 (184) / 2017

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Ахметов И. Г.

Члены редакционной коллегии:

Ахметова М. Н.
Иванова Ю. В.
Каленский А. В.
Куташов В. А.
Лактионов К. С.
Сараева Н. М.
Абдрасилов Т. К.
Авдеюк О. А.
Айдаров О. Т.
Алиева Т. И.
Ахметова В. В.
Брезгин В. С.
Данилов О. Е.
Дёмин А. В.
Дядюн К. В.
Желнова К. В.
Жуйкова Т. П.
Жураев Х. О.
Игнатова М. А.
Калдыбай К. К.
Кенесов А. А.
Коварда В. В.
Комогорцев М. Г.
Котляров А. В.
Кошербаева А. Н.
Кузьмина В. М.
Курпаяниди К. И.
Кучерявенко С. А.
Лескова Е. В.
Макеева И. А.
Матвиенко Е. В.
Матроскина Т. В.
Матусевич М. С.
Мусаева У. А.
Насимов М. О.
Паридинова Б. Ж.
Прончев Г. Б.
Семахин А. М.
Сенцов А. Э.
Сенюшкин Н. С.
Титова Е. И.
Ткаченко И. Г.
Федорова М. С.
Фозилов С. Ф.

Яхина А. С.

Ячинова С. Н.

Международный редакционный совет:

Айрян З. Г. (Армения)
Арошидзе П. Л. (Грузия)
Атаев З. В. (Россия)
Ахмеденов К. М. (Казахстан)
Бидова Б. Б. (Россия)
Борисов В. В. (Украина)
Велковска Г. Ц. (Болгария)
Гайич Т. (Сербия)
Данатаров А. (Туркменистан)
Данилов А. М. (Россия)
Демидов А. А. (Россия)
Досманбетова З. Р. (Казахстан)
Ешиев А. М. (Кыргызстан)
Жолдошев С. Т. (Кыргызстан)
Игиснинов Н. С. (Казахстан)
Кадыров К. Б. (Узбекистан)
Кайгородов И. Б. (Бразилия)
Каленский А. В. (Россия)
Козырева О. А. (Россия)
Колпак Е. П. (Россия)
Кошербаева А. Н. (Казахстан)
Курпаяниди К. И. (Узбекистан)
Куташов В. А. (Россия)
Кыят Э. Л. (Турция)
Лю Цзюань (Китай)
Малес Л. В. (Украина)
Нагервадзе М. А. (Грузия)
Прокопьев Н. Я. (Россия)
Прокофьева М. А. (Казахстан)
Рахматуллин Р. Ю. (Россия)
Ребезов М. Б. (Россия)
Сорока Ю. Г. (Украина)
Узаков Г. Н. (Узбекистан)
Федорова М. С. (Россия)
Хоналиев Н. Х. (Таджикистан)
Хоссейни А. (Иран)
Шарипов А. К. (Казахстан)
Шуклина З. Н. (Россия)

Руководитель редакционного отдела: Кайнова Г. А.

Ответственный редактор: Осянина Е. И.

Художник: Шишков Е. А.

Верстка: Бурьянов П. Я., Голубцов М. В., Майер О. В.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

почтовый: 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231;

фактический: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; <http://www.moluch.ru/>

Учредитель и издатель:

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Подписано в печать 27.12.2017. Тираж 500 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, 25