

Набережночелнинский институт
Казанского Федерального Университета

Электронный журнал

Социально-экономические
и технические системы:
исследование,
проектирование,
оптимизация

№1(93)2023г.



*Журнал " основан в 2003 г. и является рецензируемым сетевым научным изданием.
Учредитель – ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».*

*Издатель – Набережночелнинский институт Казанского (Приволжского) федерального
университета.*

*Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).
Свидетельство о регистрации Эл № ФС77-84008 от 11.10.2022..*

ISSN: 1991-6302

*Материалы журнала размещаются на сайте Научной электронной библиотеки,
включаются в национальную информационно-аналитическую систему РИНЦ
(Российский индекс научного цитирования)*

Адрес редакции: 423823, г. Набережные Челны, пр. Мира, д. 68/19

Контактный телефон: (8552) 39-71-40

Сайт журнала: <https://kpfu.ru/chelny/science/sets>

E-mail: SETS_KFU@mail.ru

Главный редактор

Ганиев М.М., доктор технических наук, профессор

Заместитель главного редактора

Симонова Л.А. – доктор технических наук, профессор

Ответственный секретарь

Макарова И.В., доктор технических наук, профессор

Технический редактор

Валиев А.М.

Редколлегия:

Валиев Р.З., доктор физико-математических наук, профессор, Уфимский государственный авиационный технический университет (г. Уфа).

Ваславская И.Ю. доктор экономических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г.Набережные Челны).

Виноградов А.Ю., доктор технических наук, профессор, Тольяттинский государственный университет (г. Тольятти).

Габбасов Н.С., доктор физико-математических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).

Гунаре М.Г., доктор политических наук, Балтийская международная академия (г. Рига, Латвия).

Дмитриев А.М., доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, Московский государственный технологический университет «Станкин», (г. Москва).

Зазнаев О.И., доктор юридических наук, профессор, член Российской академии политических наук, Американской ассоциации политической науки, Международной ассоциации политической науки, Казанский федеральный университет (г.Казань)

Ильин В.В. – доктор философских наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева (г. Москва)

- Исавнин А.Г.**, доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Исрафилов И.Х.** - доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Киричек П.Н.**, доктор социологических наук, профессор, Международный государственный университет природы, общества и человека "Дубна" (г. Москва)
- Комадорова И.В.**, доктор философских наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Кулаков А.Т.**, доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Маврин Г.В.**, кандидат химических наук, доцент, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Макаров А.Н.** доктор экономических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Макарова И.В.**, доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Мустафина Д.Н.**, доктор филологических наук, доцент, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Панкратов Д.Л.**, доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Пуряев А.С.**, доктор экономических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Рааб Г.И.**, доктор технических наук, профессор, Уфимский государственный авиационный технический университет (г. Уфа).
- Сакаева Л.Р.**, доктор филологических наук, профессор, Казанский федеральный университет (г. Казань).
- Сибгатуллин Э.С.**, доктор физико-математических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Филькин Н.М.**, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова (г. Ижевск).
- Шибakov В.Г.**, доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ	6
<i>Аглямзянова Г.Н., Гумерова Л.З., Гарипова Р.Ф.</i> МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИМПУЛЬСНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.....	6
<i>Баринов А.С., Челтыбашев А.А., Халятин И.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ АВТОНОМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА	13
<i>Барыкин А.Ю.</i> ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛА	21
<i>Гарипов С.Г., Казаков А.В., Нуретдинов Д.И.</i> ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОБУСА КАМАЗ-6282 И УСЛОВИЯ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ	29
<i>Макарова И.В., Мавляутдинова Г.Р., Габсалихова Л.М.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЛАНИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА.....	37
<i>Макарова И.В., Мавляутдинова Г.Р.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ..	49
<i>Макарова И. В., Мавляутдинова Г.Р., Буйвол П. А., Гарявина Е. Е.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ	65
<i>Насыров И.Н., Насыров И.И., Насыров Р.И.</i> МАТРИЧНЫЙ МЕТОД МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РАНЖИРОВАНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ ПО НАДЕЖНОСТИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ДАТА-ЦЕНТРОВ.....	75
<i>Румянцев В.В., Бакирова Э.Р., Валиев Р.Ф.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ДИЗЕЛЕЙ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ.....	86
<i>Румянцев В.В., Нуриев Г. А.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИВОДНОГО НАГНЕТАТЕЛЯ И	

ТУРБОКОМПРЕССОРА В СОСТАВЕ ДВИГАТЕЛЯХ ИСКРОВОГО ЗАЖИГАНИЯ НА АВТОМОБИЛЯХ КАТЕГОРИИ М1	97
<i>Сафронов Н.Н., Харисов Л.Р., Фазлыев М.Р.</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ЛИГАТУРЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ AL-TI-V, ПОЛУЧЕННОЙ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ	106
<i>Челтыбашев А.А., Баринов А.С., Нерубащенко Н.Ю.</i> ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА МУРМАНСКА.....	121
ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ФИНАНСЫ В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ	131
<i>Ханнанова С.А.</i> ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ ПУТЕМ РАННЕГО ВОВЛЕЧЕНИЯ ИХ В ПРОФЕССИОНАЛЬНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.....	131
ЯЗЫК В СИСТЕМЕ КОММУНИКАЦИЙ: ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ И ЛИНГВИСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	143
<i>Салимзанова Д.А.</i> ДИСКУРС ТРАВЕЛОГА: ПОИСК УНИВЕРСАЛЬНОЙ ДЕФИНИЦИИ И РАЗНООБРАЗИЕ ЖАНРОВ.....	143
<i>Соколова И.А.</i> МНОГОЯЗЫЧИЕ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ	149

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 517.9

Аглямзянова Г.Н., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Гумерова Л.З. кандидат педагогических наук, доцент кафедры системного анализа и информатики, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Гарипова Р.Ф., магистрант, ФГБОУ ВО «Набережночелнинский государственный педагогический университет»

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИМПУЛЬСНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Аннотация: Данная статья посвящена истории развития импульсных нейронных сетей, изучению работ ученых. Рассматриваются математические модели импульсных нейронных сетей. Ставится проблема численной реализации.

Ключевые слова: Нейронные сети, импульсные нейронные сети, спайки, система дифференциальных уравнений, численное решение.

Одним из важнейших направлений в современном мире является изучение искусственных нейронных сетей. Создание математических моделей искусственных нейронных сетей и изучение их свойств представляет собой важнейший метод исследования в области нейротехнологий. За их основу берут биологические нейроны. Все механизмы, которые обрабатывает мозг человека, являются своего рода электрическими сигналами, проходящими через нервную систему. Основным элементом является нейрон. Нейрон или нервная клетка - это электрически возбудимая клетка, которая общается с другими клетками через специализированные соединения, называемые синапсами.

Актуальность данного исследования заключается в необходимости подробного изучения, и дальнейшего внедрения нейронных сетей для решения ряда задач в экономике, математике и информатике.

Работа над теориями искусственных нейронных сетей велась уже давно. Первыми рассматривали У. Мак-Каллок и В. Питтс, а также Д. Хебб и Дж. Экклс. За это время были разработаны различные модели нейрона, однако они не соответствовали свойствам биологического.

С помощью исследований ученых выделили три поколения искусственного интеллекта:

1. Нейронные сети первого поколения получились не похожими на биологические нейроны. Такие модели носят название перцептроны.
2. Второе поколение планировало глубокое обучение и сверточные сети, однако они также не были близки к биологическим.
3. Третье поколение – импульсные (спайковые) нейронные сети. Биологическую правдоподобность можно назвать одним из основных принципов их построения.

Наиболее точный процесс передачи спайков от одного нейрона к другому были рассмотрены учеными А. Ходжкином и Э. Хаксли. Их модель представляет собой нелинейную систему из четырех дифференцированных уравнений в соответствии с рисунком 1.

$$c \frac{dV}{dt} = g_{Na} m^3 h (V_{Na} - V) + g_K n^4 (V_K - V) + g_l (V_l - V),$$

$$\frac{dm}{dt} = \frac{m_{\infty}(V) - m}{\tau_m(V)},$$

$$\frac{dh}{dt} = \frac{h_{\infty}(V) - h}{\tau_h(V)},$$

$$\frac{dn}{dt} = \frac{n_{\infty}(V) - n}{\tau_n(V)},$$

Рис. 1. Уравнения модели Ходжкина-Хаксли

Здесь V - потенциал нейрона, c – емкость мембраны. Введем обозначения

$$I_{Na} = m^3 h g_{Na} (V_{Na} - V)$$

$$I_K = n^4 g_K (V_K - V)$$

$$I_l = g_l (V_l - V)$$

Тогда I_l – ток утечки, I_{Na} – ток, обусловленный протеканием ионов натрия через мембрану, I_K – ток, обусловленный протеканием ионов калия через мембрану. Здесь $V_{Na}, V_K, V_l, g_{Na}, g_l$ являются константами модели, которые определяют равновесные потенциалы ионных каналов, а также их максимальные проводимости соответственно. Нужно отметить, что проводимость ионных каналов имеет нелинейную зависимость от трансмембранного потенциала. Именно в силу этого возникает сложная динамика в модели. Для описания данного эффекта в модель введены так называемые воротные переменные m, h, n . Важно, что первое уравнение на рисунке 1 описывает динамику отдельного нейрона. В это уравнение добавляются еще слагаемые, если рассматривать взаимодействие между нейронами:

$$I_i^{sin} = \sum_j G_{ij} r_j(t) (V_{syn} - V_i), \quad j \neq i, \quad j = 1, \dots, N$$

Нейроны связываются друг с другом посредством синаптических связей и передающихся по ним нервных импульсов. Константа G_{ij} определяет максимальную проводимость синаптической связи от нейрона с номером j к нейрону с номером i , V_{syn} является в модели параметром, определяющим равновесный потенциал синаптической связи. Динамические переменные r_i описывают активацию синаптической связи в результате изменения мембранного потенциала V_i :

$$\frac{dr_i}{dt} = \alpha F(V_i) (1 - r_i) - \beta r_i$$

где $F(V_i) = \frac{1}{1+e^{-\frac{10-V_i}{2}}}$ - нелинейная активационная функция; α , β константы.

С помощью этих уравнений авторы модели Ходжкина-Хаксли объясняли процессы распространения импульса по цепочки нейрона.

Коэффициенты в уравнениях подбираются экспериментально. Они представляют собой параметры скоростей калиевых и натриевых потоков, а также уровни концентрации ионов вне и внутри клеток. Выбор коэффициентов является самой сложной частью построения модели. Важно не только построить модель, но также обозначить область ее применимости. Система дифференциальных уравнений на рисунке 1 служит описанием переходного периода – генерации спайка. Авторы, Ходжин и Хаксли, не рассматривали вопрос совмещения полученных экспериментально данных с данными, полученными по математической модели после переходного периода. Ученые только успешно объясняли процесс распространения нервного импульса по волокнам.

Дальнейшее совершенствование построенной модели было связано с вопросами переноса теории на другие нейронные образования. Здесь возникает проблема, связанная с тем, что функция нервного волокна – это реакция на внешние раздражители, а многие нейроны обладают свойством авторитмичности, т.е. нейроны спонтанно генерируют спайки с определенной периодичностью. Исследователи в этой области рассматривают два аспекта:

- 1) если нервные структуры функционируют нормально, то проявляется периодическая активность;
- 2) периодическая активность задействована в процессах хранения и переработки информации на клеточном уровне.

Были предприняты попытки выбора коэффициентов в системе дифференциальных уравнений модели мозга Ходжкина-Хаксли таким

образом, чтобы наблюдалась периодичность. Однако это искусственный способ, так как форма спайка задает ограничения на параметры из системы.

Для решения проблемы периодичности было предложено также дополнить математическую модель. Но в этом случае, количество параметров увеличивается, что усложняет систему.

В 1990 году В.В. Майоров предложил свою модель импульсного нейрона. В основу этого метода лег калиево-натриевый цикл. Ученый за начало отчета взял уровень наибольшей поляризации мембраны – состояние гиперполяризации.

Модель В.В.Майорова основана на дифференциальном уравнении с запаздывающим аргументом в соответствии с рисунком 2.

$$c\dot{u} = I_{Na} + I_K + I_l.$$

Здесь

$$I_l = g_l (u_l - u),$$

Рис. 2 Уравнение Майорова

Здесь переменная u описывает положительное отклонение мембранного потенциала от состояния гиперполяризации.

С одной стороны, она достаточно точно описывает процессы, приводящие к генерации спайков, имеет глубокий биологический смысл, достаточно проста и объясняет авторитмичность нейронов. С другой стороны, сети из таких нейронов можно исследовать аналитически с помощью специального метода большого параметра, разработанного С. А. Кащенко.

Таким образом, математической моделью импульсных нейронных сетей является система обыкновенных дифференциальных уравнений. Если задать начальные условия, то задачу Коши можно решить посредством численных методов, реализовав их в программном коде. Параллельная реализация численного решения поставленной задачи для модели мозга

типа Ходжина-Хаксли была реализована авторами ранее. В дальнейшем планируется осуществить численное решение в других реализациях, а также для других моделей нейронных сетей.

Благодаря модели импульсного нейрона были разработаны феноменологические модели. Последние имитируют функционирование нейрона на высшем уровне. На основе таких моделей нейронные сети решают задачи хранения и обработки информации, распространения импульсов по аксону.

В первую очередь речь идет о моделях нейронного клеточного автомата и обобщенного нейронного элемента. Такие модели отличаются биологической адекватностью и достаточной простотой, что позволяет решать с их помощью более широкий класс задач, исследуя соответствующие нейронные сети как аналитическими, так и численными методами.

Список использованных источников

1. Hodgkin A. L., Huxely A. F. A quantitative description of membrane current and its applications to conduction and excitation in nerve // J. Physiol. London, 1952 V. 117. P. 500–544.
2. Аглямзянова Г.Н., Гумерова Л.З. Параллельная реализация численного решения одной системы дифференциальных уравнений// Russian Journal of Education and Psychology. – 2021. - Том 12, № 1-2. – С. 7-13
3. Андреева Е.А., Пустарнакова Ю.А. Оптимизация нейронной сети с запаздыванием: Применение функционального анализа в теории приближений: //Сб. научн. тр. - Тверь: ТвГУ, 2000.
4. Ануфриенко, С. Е. Нейронные модели на основе импульсного нейрона: учебное пособие / С.Е. Ануфриенко, Е.В. Коновалов; Ярославль: 2012.
5. Галушкин, А.И. Нейронные сети: история развития теории: Учебное пособие для вузов. / А.И. Галушкин, Я.З. Цыпкин. - М.: Альянс, 2015.

6. Кащенко С.А. Исследование стационарных режимов дифференциально-разностного уравнения динамики популяции насекомых. Моделирование и анализ информационных систем. 2012
 7. Майоров В. В., Ануфриенко С. Е. Импульсные нейросети: учебное пособие. Ярославль: ЯрГУ, 2006. 98 с
 8. Майоров В. В., Мышкин И. Ю., Математическое моделирование нейронной сети на основе уравнений с запаздыванием, Матем. моделирование, 1990.
 9. Николенко С., Архангельская Е., Кадурын А. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. Санкт-Петербург: 2020.
 10. Рашид,Тарик Создаем нейронную сеть. Санкт-Петербург: ООО «Альфа-книга», 2017.
 11. Ростовец В.С. Искусственные нейронные сети: учебник для вузов, Издательство «Лань», 2021.
-

Aglyamzyanova G.N. Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics, Naberezhnye Chelny Institute of the Kazan (Volga Region) Federal University

Gumerova L.Z. Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of System Analysis and Computer Science, Naberezhnye Chelny Institute of the Kazan (Volga Region) Federal University

Garipova R.F. master's student, Naberezhnye Chelny State Pedagogical University

MATHEMATICAL MODELS OF IMPULSE NEURAL NETWORKS

Abstract: This article is devoted to the history of the development of impulse neural networks, the study of the works of scientists. Mathematical models of impulse neural networks are considered. The problem of numerical implementation is posed.

Keywords: Neural networks, impulse neural networks, spikes, system of differential equations, numerical solution.

УДК 656.1; 656.07

Баринов А.С., старший преподаватель, ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет», barinovas@mstu.edu.ru, Мурманск, Россия.

Челтыбашев А.А., к.п.н., заведующий кафедрой, ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет», cheltybashevaa@mstu.edu.ru, Мурманск, Россия.

Халяпин И.В., студент 4 курса, ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет».

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОНОМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Аннотация: В статье рассматривается понятие автономного транспорта. Определяется уровень автономности автомобиля, необходимый для выполнения производственных задач на предприятиях. Предлагаются конкретные варианты применения автономных транспортных средств в промышленности. Рассмотрена существующая автономная техника от заводов производителей. В результате сделаны выводы о перспективах применения автономных автомобилей в регионах Крайнего Севера.

Ключевые слова: автономный транспорт, уровень автономности, беспилотные автомобили.

Введение

Направление создания беспилотных транспортных средств является достаточно актуальным. Автономный транспорт – это вид транспорта, основанный на автономной системе управления.

Внедрение беспилотных автомобилей обеспечит развитие транспортной инфраструктуры. При эксплуатации беспилотного транспорта повысится возможность внедрения более эффективных методов управления дорожным движением. Также это будет способствовать улучшению экологической обстановки [4;6]. Понятие автономного транспортного средства подразумевает автомобиль, способный перемещаться по дорогам без непосредственного участия человека [1;3]. Для выполнения таких функций автомобили оснащают

необходимым оборудованием. В качестве такого оборудования могут применяться радары, лидары, камеры, навигационные системы [2;7].

Главной задачей оборудования является локализация на местности транспортного средства и составления трехмерной карты окружающего пространства. На рисунке 1 представлен пример размещения на автомобиле необходимого оборудования.



Рис. 1 Схема размещения оборудования на автономном автомобиле

Уровни автономности

Стандартная классификация SAE определяет шесть уровней автономности. В статье [2] приводится описание этих уровней. Нулевой уровень соответствует полному отсутствию автоматизации. Уровни один и два определяют при наличии «частичной автоматизации», то есть, когда системы помощи водителю обеспечивают контроль над рулевым управлением или ускорением, торможением в определенных заданных условиях. Уровень три - это уже применение не только лидаров, радаров, камер и датчиков, но и искусственного интеллекта. Высокая степень автоматизации обеспечивается при четвертом уровне. Функции автоматизации при четвертом уровне: полностью самостоятельный автомобильный автопилот, берущий на себя

контроль над управлением. Пятый уровень автоматизации соответствует полному автопилоту. Техника, оснащенная четвертым и пятым уровнями автоматизации, подходит для работы в закрытых пространствах. Например, предприятия горнодобывающей промышленности.

Применение автономного транспорта.

Распространение беспилотного транспорта имеет некоторые сложности. Во-первых, отсутствует законодательная база, которая однозначно может разрешить конфликтные ситуации [5]. Во-вторых, проблема разработки достаточно надежных средств защиты автомобиля от внешнего вмешательства. В-третьих, этические вопросы [5;9].

Кроме того, в условиях Крайнего Севера дополнительные проблемы при функционировании беспилотного транспорта будут вызывать климатические факторы. Большую часть года дорожное покрытие находится под снегом, в результате чего может изменяться ширина проезжей части, ухудшаться видимость [8]. Поэтому для безопасного внедрения автономного транспорта необходимы определенные условия. Наиболее важным из них является возможность всех участников движения взаимодействовать между собой. Такие условия можно реализовать на промышленных предприятиях, работающих на закрытых территориях.

В районах Крайнего Севера России функционирует множество предприятий металлургии, горно-химической промышленности, рыбной промышленности.

На горнодобывающих предприятиях специфика условий труда некоторых профессий характеризуется как неблагоприятная. К таким профессиям относятся водители специальной карьерной техники. Техника представлена самосвалами, бульдозерами, экскаваторами, погрузчиками и т.д. Основные виды работ, выполняемые бульдозерами это рыхление грунта, удаление горных пород. В задачи экскаваторов входит выемка грунта и его перемещение. Функции погрузчиков – выполнять операции перемещения грузов. Микроклиматические условия производственной среды характеризуются

высокой вредностью. При этом, у работающих возрастает риск возникновения некоторых характерных заболеваний.

Содержание токсических веществ на рабочих местах может составлять до 1,22 мг/м³ диоксида азота; 1,56 мг/м³ сажи; до 0,92 мг/м³ формальдегидов. Кроме этого, негативное воздействие оказывают шум и вибрации. В результате у работающих могут развиваться болезни костно-мышечной системы и опорно-двигательного аппарата, нейро-сенсорная тугоухость, вибрационная болезнь.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что целесообразно заменить технику, работающую в тяжелых условиях труда для человека на беспилотную.

Разработки автономных моделей автомобилей ведутся различными компаниями. Так, например, «БелАЗ» на базе БелАЗ-7513R (рисунок 2) уже тестировал автономную сеть beCloud.



Рис. 2. БелАЗ-7513R

Некоторые компании тестируют внедрение автономного транспорта. Новые интеллектуальные системы управления самосвала БЕЛАЗ-7513R включают в себя:

- электрогидравлическую систему рулевого управления и тормозов с электронным управлением;
- более развернутое сканирование местности, в том числе в зимних условиях;
- присутствует челночный режим движения самосвала, который позволяет снизить износ шин, а также уменьшить на 12 процентов время маршрута за счет отсутствия разворотов.

Применение роботизированных карьерных самосвалов уже осуществляется некоторыми предприятиями в России. Производителем предполагается регулярное обновление программного обеспечения.

Также новые возможности предоставляют роботизированные погрузчики, которые могут проектировать 3D-модель горной массы, ориентироваться в пространстве. При этом управление может задаваться перед началом работы и требовать корректировок только в особых ситуациях.

Автономные транспортные средства оснащаются компьютерами, ультразвуковыми сенсорами, радары, лидарами и контроллерами. Радары сканируют местность до 250 метров. Лидары формируют объемную карту. На рисунке 3 показана схема размещения оборудования на самосвале БелАЗ.

При этом автономный транспорт оснащен системой распознавания. Эта система обнаруживает устройства, находящиеся у персонала, и обеспечивает безопасность технологического процесса.

Осуществление рабочего процесса при помощи автономного транспорта выполняется по следующему циклу: формирование задания, определение количества подвижного состава и маршрута для выполнения работы. Работа может разбиваться на циклы.

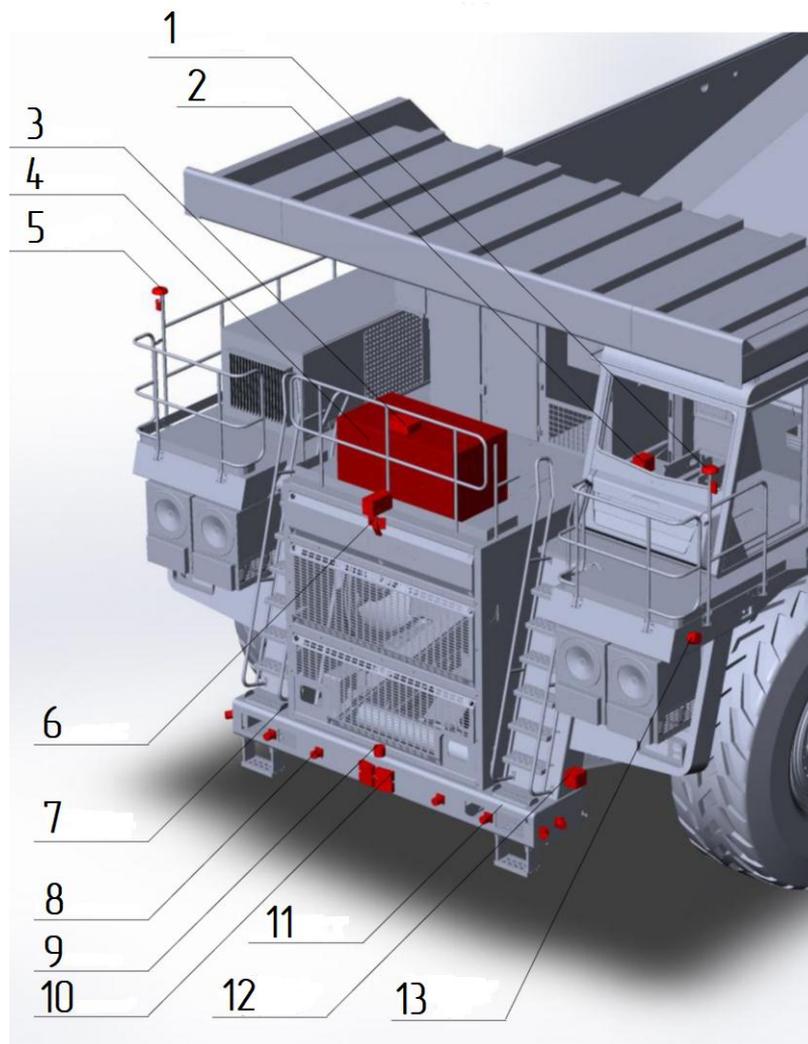


Рис. 3 Схема размещения оборудования на самосвале БелАЗ

1 – антенны левый борт; 2 – контроллеры МКУ; 3 – MESH роутер; 4 – шкаф управления; 5 - антенны правый борт; 6 – видеокамеры; 7 – концентратор КУ-03; 8 – УЗ датчики (8 штук); 9 – 3D-лидар; 10 – радары (4 штуки); 11 - концентратор КУ-03; 12 – кнопка, переговорное устройство; 13 - 2D-лидар (правый и левый борт).

Выводы

В результате проведённого исследования можно сделать вывод о том, что использование автономной транспортной техники на предприятиях, работающих в закрытых контурах очень перспективно. Необходимо отметить важность развития автономного транспорта для Крайнего Севера. На Крайнем Севере находятся предприятия металлургии, горно-химической промышленности, рыбной промышленности. Условия труда водителей карьерной техники относятся к тяжелым. При этом организовать работу

автономного транспорта на территории некоторых предприятий представляется возможным. Поэтому внедрение автономных автомобилей в структуру подвижного состава подобных предприятий является целесообразным.

Список использованных источников

1. Makarova, I. V. Advantages, perspectives and risks to use autonomous vehicles / I. V. Makarova, A. Pashkevich, K. A. Shubenkova // Vestnik of the Lugansk Vladimir Dahl National University. – 2019. – No. 6(24). – P. 137-146.
2. Баринов, А. С. Перспективы развития автономности автомобилей в условиях Крайнего Севера / А. С. Баринов // Наука и образование в Арктическом регионе: Материалы Международной научно-практической конференции, Мурманск, 22–24 мая 2019 года. – Мурманск: Мурманский государственный технический университет, 2019. – С. 355-359.
3. Автономные автомобили и безопасность транспортной системы: проблемы и пути решения / И. В. Макарова, Э. М. Мухаметдинов, К. А. Шубенкова, А. Д. Бойко // Современные проблемы безопасности жизнедеятельности: интеллектуальные транспортные системы и ситуационные центры : Материалы V Международной научно-практической конференции, Казань, 27–28 февраля 2018 года / Под общей редакцией Р.Н. Минниханова. Том Часть 2. – Казань: ООО "Центр инновационных технологий", 2018. – С. 111-122.
4. Ensuring sustainability of the city transportation system: Problems and solutions (ICSC) / I. Makarova, R. Khabibullin, K. Shubenkova, A. Boyko // E3S Web of Conferences, Ekaterinburg, 19 мая 2016 года. Vol. 6. – Ekaterinburg: EDP Sciences, 2016. – P. 02004. – DOI 10.1051/e3sconf/20160602004.
5. Наниев, А. Т. Правовые аспекты эксплуатации беспилотного (автономного) транспорта в Российской Федерации / А. Т. Наниев // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 32. – С. 491-494.
6. Reducing the Impact of Vehicles on the Environment by the Modernization of Transport Infrastructure / I. Makarova, V. Mavrin, K. Magdin [et al.] // Lecture Notes

in Networks and Systems. – 2020. – Vol. 117. – P. 531-540. – DOI 10.1007/978-3-030-44610-9_52.

7. Суфиянов, Р. Ш. Лидар в системе обеспечения безопасности эксплуатации беспилотного автомобиля / Р. Ш. Суфиянов // . – 2022. – № 82-2. – С. 87-90. – DOI 10.18411/trnio-02-2022-58.

8. Челтыбашев, А. А. Особенности перевозки опасных грузов автомобильным транспортом в условиях Арктики / А. А. Челтыбашев, А. С. Баринов // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. – 2021. – № 2(88). – С. 137-147.

9. Лось, А. В. Современное состояние подходов к синтезу наземных беспилотных транспортных средств и основные проблемы концепции "беспилотный автомобиль" / А. В. Лось // Молодой ученый. – 2022. – № 22(417). – С. 91-94.

Barinov A.S., senior lecturer, FGAOU VO "Murmansk State Technical University", barinovas@mstu.edu.ru, Murmansk, Russia.

Cheltybashev A.A., Ph.D., Head of the Department, FGAOU VO "Murmansk State Technical University", cheltybashevaa@mstu.edu.ru, Murmansk, Russia,

Khalyapin I.V., 4th year student, FGAOU VO "Murmansk State Technical University", Murmansk, Russia.

APPLICATION OF AUTONOMOUS VEHICLES IN THE CONDITIONS OF THE FAR NORTH

Abstract: The article deals with the concept of autonomous transport. The level of vehicle autonomy required to perform production tasks at enterprises is determined. Specific options for the use of autonomous vehicles in industry are proposed. The existing autonomous equipment from manufacturing plants is considered. As a result, conclusions were drawn about the prospects for the use of autonomous vehicles in the regions of the Far North.

Keywords: autonomous transport, level of autonomy, unmanned vehicles.

УДК 629.3.021

*Барыкин А.Ю., канд. техн. наук, доцент, Набережночелнинский институт
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», e-mail:
AJBarykin@kpfu.ru*

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛА

Аннотация: В статье приведены результаты анализа факторов, определяющих эксплуатационную надёжность дифференциала автомобиля в различных условиях движения. Дано описание математической модели межколёсного конического дифференциала малого трения, оснащённого механизмом принудительной блокировки. Предложена целевая функция, характеризующая уровень работоспособности и безотказности дифференциала.

Ключевые слова: автомобиль, дифференциал, сателлит, полуосевая шестерня, механизм блокировки, условия эксплуатации

Введение

В трансмиссии современных автомобилей, как правило, используется механизм, обеспечивающий распределение крутящих моментов по ведущим колёсам при возможном кинематическом рассогласовании в приводе колёс. Если в конструкции предусмотрены две ведущие оси или более, необходимо учитывать возникающее межосевое рассогласование и применять соответствующее конструктивное решение. Поэтому в трансмиссии многоосных и полноприводных автомобилей могут применяться несколько распределяющих механизмов, которые получили названия межколёсных и межосевых дифференциалов [1, с. 176]. Значительно реже в трансмиссиях автомобилей специального назначения используют также межбортовые дифференциалы [2, с. 147].

При движении в сложных дорожных условиях для обеспечения проходимости автомобиля применяют дифференциалы с повышенным или переменным трением, а для шестерённых дифференциалов с малым внутренним трением используют механическую блокировку [3, с. 122-123]. Как

правило, необходимость ограничения рассогласования в межколёсном и межосевом приводах возникает в тех случаях, когда ведущие колёса перемещаются по опорным поверхностям со значительной разницей коэффициентов сцепления и сопротивления качению, продольных и поперечных уклонов. Соответственно отличаются и вертикальные реакции на колёсах, что в итоге приводит к изменению возможности реализации тяговых сил [4, с. 17-18]. При этом принудительная блокировка дифференциалов может приводить к значительному нагружению трансмиссии из-за возникновения циркулирующих моментов [2, с. 152].

Рациональный выбор механизма распределения мощности необходимо осуществлять с учётом ряда факторов естественно-технической системы «водитель – автомобиль – дорога – окружающая среда», обуславливающих возможность реализации тяговых сил в различных условиях [5, с. 18].

Факторы обеспечения эксплуатационной надёжности дифференциала

Долговечность и безотказность конструкции дифференциала является важной составляющей частью обеспечения эксплуатационной надёжности автомобиля в целом. Рассмотрим факторы, определяющие нагруженность межколёсного конического дифференциала малого трения с механизмом принудительной блокировки зубчатой муфтой, как наиболее часто применяемой конструкции механизма распределения мощности (рис. 1).

Опыт эксплуатации показывает, что отказы деталей дифференциала происходят как в результате воздействия однократных динамических реакций, так и вследствие длительных циклических нагрузок, что приводит к возникновению трещин, обломов, сколов деталей (в первом случае), задиров, рисков и износа во втором случае [6, с. 127-130]. Обеспечение эксплуатационной надёжности дифференциала может быть получено при последовательном решении вопросов конструирования и эксплуатации узла, связанных с обоснованием выбора технических параметров деталей и последующим контролем технического состояния.



Рис. 1. Межколёсный дифференциал автомобиля КАМАЗ

При конструировании дифференциала необходимо принять рациональные значения размеров основных деталей (полуосевых шестерён, сателлитов, крестовины), параметры пар трения скольжения (сателлит – чашка дифференциала, сателлит – ось крестовины, полуосевая шестерня – чашка дифференциала), выбрать тип зубчатой муфты и рациональные значения размеров блокирующих элементов (рис. 2). Для определённых типоразмеров автотранспортных средств может возникнуть необходимость выбора числа сателлитов и формы опорной поверхности сателлита, контактирующей с чашкой дифференциала.



Рис. 2. Зубчатая муфта механизма блокировки межколёсного дифференциала автомобиля КАМАЗ

Основы математической модели дифференциала

Методика расчёта параметров дифференциала должна учитывать влияние факторов, приводящих к сокращению срока службы. В отечественных условиях эксплуатации необходимо прежде всего обращать внимание на тепловое состояние деталей и трансмиссионного масла, так как в зимних условиях эксплуатации высока вероятность отказов из-за ухудшения условий смазки и возрастания хладноломкости. Кроме того, следует принимать во внимание воздействие динамических нагрузок при движении по неровным дорогам и пересечённой местности.

В работе [7, с. 84] предложены зависимости, определяющие окружное усилие, передаваемое сателлитом на полуосевую шестерню, и напряжение смятия, действующее на опорную поверхность чашки дифференциала, в которых учтены динамические нагрузки и неравномерность нагружения сателлитов.

В работе [8, с. 93-94] установлены нормальные и касательные напряжения, действующие на зубья муфты блокировки межколёсного дифференциала (рис. 2), и осевое усилие, создаваемое механизмом блокировки в шлицевом соединении с полуосью. В данной методике учтены условия сцепления ведущих колёс с опорной поверхностью и нестабильность усилия гидропривода включения муфты, вызванная изменением вязкости рабочей жидкости.

Условия контакта сателлитов и корпуса дифференциала на поверхностях усечённого конуса и шарового слоя рассмотрены автором в работе [9, с. 48-49], где выведены математические выражения площадей контакта и напряжений смятия для обоих конструктивных вариантов. Предложенная методика позволяет повысить точность расчётов и произвести выбор рациональной конструкции для заданных условий эксплуатации:

$$S_{con} = 0,25\pi(d_{otv}^2 - d_{ak}^2) \cos(\delta/2)$$
$$S_{shs} = 2\pi L_{ob}(l_{sat} - b_{sat} \cos(\delta/2)) + 0,25\pi(d_{otv}^2 + d_{ak}^2)$$

где S_{con} - площадь контакта сателлита и корпуса дифференциала на поверхности усечённого конуса; S_{shs} - площадь контакта сателлита и корпуса дифференциала на поверхности шарового слоя; d_{otv} - диаметр отверстия ступицы сателлита; d_{ak} - внешний диаметр антифрикционного кольца; δ - угол делительного конуса сателлита; L_{ob} - длина образующей конуса сателлита; l_{sat} - длина ступицы сателлита; b_{sat} - ширина зуба сателлита.

$$\sigma_{smc} = \frac{4P_{sat} \tan(\alpha_{\omega}) \tan(\delta/2)}{\pi(d_{otv}^2 - d_{ak}^2)}$$
$$\sigma_{sms} = \frac{4P_{sat} \tan(\alpha_{\omega}) \sin(\delta/2)}{2\pi L_{ob}(l_{sat} - b_{sat} \cos(\delta/2)) + 0,25\pi(d_{otv}^2 + d_{ak}^2)}$$

где σ_{smc} - напряжение смятия на поверхности усечённого конуса; σ_{sms} - напряжение смятия на поверхности шарового слоя; P_{sat} - сила, действующая на сателлит; α_{ω} - угол зацепления.

Техническое состояние дифференциала, как показано выше, существенно зависит от условий эксплуатации, в особенности при воздействии низких температур [10, с. 63-64], и поэтому требует контроля по заданным параметрам. Необходимо учитывать, что межколёсный дифференциал расположен внутри картера главной передачи и балки ведущего моста (рис. 1), поэтому непосредственный контроль состояния деталей, оценка степени износа, наличие повреждений и т. д. представляются весьма сложными, так как требуется разборка соответствующих узлов. Трудоёмкость таких действий возрастает из-за необходимости обеспечения жесткости главной передачи за счёт создания предварительного натяга подшипников. Нарушение преднатяга подшипников, приработки деталей, герметичности узлов могут быть причинами выхода из строя ведущих мостов [11, с. 223].

Необходимо осуществлять контроль технического состояния межколёсного дифференциала по косвенным параметрам, которые имеют достаточно хорошую корреляцию с пробегом до предотказного состояния. При этом использование комплекса параметров позволяет исключить

ошибочную оценку ресурса дифференциала. В работе [12] автором предложена целевая функция Λ , которая учитывает в качестве частных критериев следующие параметры: минимальный радиус поворота автомобиля R_{min} , разность крутящих моментов на колёсах ΔM_t , уровень шума в картере ведущего моста H_t , среднеобъёмную температуру картера T_{vm} :

$$\Lambda = \sum_{i=1}^4 F_i = \chi_1 \left(\frac{R_{mine} - R_{min}}{R_{mine}} \right) + \chi_2 \left(\frac{\Delta M_{te} - \Delta M_t}{\Delta M_{te}} \right) + \chi_3 \left(\frac{H_{te} - H_t}{H_{te}} \right) + \chi_4 \left(\frac{T_{vme} - T_{vm}}{T_{vme}} \right)$$

где $\chi_1 \dots \chi_4$ – весовые коэффициенты, R_{mine} , ΔM_{te} , H_{te} , T_{vme} – эталонные значения соответствующих частных критериев.

Относительное отклонение данных параметров от некоторого эталонного значения характеризует в целевой функции приближение к предотказному состоянию. При этом достоверность оценки оценивается по условию весомого отклонения большинства критериев.

Выводы

Использование описанных методик позволяет, по мнению автора, повысить достоверность выбора конструктивных параметров и точность оценки технического состояния автомобильного дифференциала. Своевременный контроль технического состояния даст возможность с наименьшими затратами добиться высокого уровня безотказности узла и повысить его эксплуатационную надёжность.

Список использованных источников

1. Гусаков, Н. В. Конструкция автомобиля. Шасси / Н. В. Гусаков, И. Н. Зверев, А. Л. Карунин [и др.] // Под общ. ред. А. Л. Карунина. – Москва: МАМИ, 2000. – 528 с. – Текст: непосредственный.
2. Осепчугов, В. В. Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета: Учебн. для студ. вузов по спец. «Автомобили и автомобильное хозяйство» / В.

- В. Осепчугов, А. К. Фрумкин. – Москва: Машиностроение, 1989. – 304 с. – Текст: непосредственный.
3. Селифонов, В. В. Теория автомобиля. Учебное пособие. – Москва: ООО «Гринлайт», 2009. – 208 с. – Текст: непосредственный.
4. Барыкин, А. Ю. Самоблокирующийся дифференциал: вероятность и способы использования сцепления колёс с дорогой / А. Ю. Барыкин. – Текст: непосредственный // Автомобильная промышленность. – 2004. – № 9. – С. 17-21.
5. Барыкин, А. Ю. Сравнительные характеристики межколёсных дифференциалов различных типов / А. Ю. Барыкин. – Текст: непосредственный // Автомобильная промышленность. – 2005. – № 5. – С. 15-19.
6. Азаматов, Р. А. Восстановление деталей автомобилей КамАЗ / Р. А. Азаматов, В. Г. Дажин, А. Т. Кулаков [и др.]. – Вологда: ПФ «Полиграфист», 1994. – 215 с. – Текст: непосредственный.
7. Барыкин, А. Ю. К вопросу моделирования эксплуатационных нагрузок в приводе колес грузового автомобиля / А. Ю. Барыкин, Р. М. Галиев, Э. М. Мухаметдинов, В. М. Нигметзянова, Д. И. Нуретдинов. – Текст: непосредственный // Научно-технический вестник Поволжья. – 2021. – №11. – С. 82-84.
8. Барыкин, А. Ю. Математическая модель рабочего процесса механизма блокировки межколёсного дифференциала грузового автомобиля / А. Ю. Барыкин, Р. Р. Басыров, Р. М. Галиев, Д. И. Нуретдинов, И. Ф. Шайхутдинов. – Текст: непосредственный // Научно-технический вестник Поволжья, 2021. – № 10. – С. 92-94.
9. Барыкин, А. Ю. Влияние конструктивных особенностей и условий эксплуатации деталей на долговечность и ремонтпригодность дифференциалов малого трения / А. Ю. Барыкин. – Текст: непосредственный // Итоговая научная конференция: (2016; Набережные Челны): сб-к докладов. В 3-х ч. Часть 1. – Набережные Челны: ИПЦ НЧИ К(П)ФУ, 2016. – С. 47-50.

10. Курдин, П.Г. Современные проблемы эксплуатации автомобилей в условиях низких температур независимо от климатической зоны / П.Г. Курдин, Ю.К. Филиппов, В.А. Токарев. – Текст: непосредственный // Итоговая научная конференция: (2018; Набережные Челны): сб-к докладов. - Набережные Челны: ИПЦ НЧИ К(П)ФУ, 2018. – С. 62-73.
11. Лоскутов, М. А. Причины выхода из строя ведущих мостов большегрузных автомобилей в процессе эксплуатации / М. А. Лоскутов, Н. П. Мамаков, М. М. Мухаметдинов, В. А. Токарев. – Текст: непосредственный // Гуманитарные, естественно-научные и технические решения современности в условиях цифровизации. Материалы XII Международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: Южный университет «ИУБИП», ООО «Издательство ВВМ», 2021. – С. 223-225.
12. Барыкин, А. Ю. К вопросу оценки технического состояния межосевых и межколёсных конических дифференциалов / А. Ю. Барыкин. – Текст: непосредственный // Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства. материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. – Ижевск: ИжГТУ, 2022. – С. 23-27.
-

Barykin A.Yu., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Naberezhnye Chelny Institute of the Kazan (Volga Region) Federal University

OPERATIONAL RELIABILITY OF THE AUTOMOBILE DIFFERENTIAL

Abstract: The article presents the results of the analysis of factors determining the operational reliability of the differential of the car in various driving conditions. The description of a mathematical model of a low-friction inter-wheel conical differential equipped with a forced locking mechanism is given. An objective function is proposed that characterizes the level of operability and reliability of the differential.

Keywords: car, differential, satellite, semi-axial gear, locking mechanism, operating conditions

УДК 629.08

Гарипов С.Г., магистрант 1 г.о, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Казаков А.В., магистрант 1 г.о, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Нуретдинов Д.И., канд. техн. наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОБУСА КАМАЗ-6282 И УСЛОВИЯ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы особенностей эксплуатации электробусов КАМАЗ 6282. Приведены эксплуатационные и технические характеристики электробуса, изменения, внедрённые в конструкторскую документацию на 1-ю сотню электробусов поставленные в 2018-2019 г., изменения, внедрённые в конструкторскую документацию на 2-ю сотню электробусов для поставки в 2019-2020 г., а также изменения, планируемые к внедрению на 3-ю сотню электробусов. Рассмотрены особенности электробуса большого класса поколения 2+, а также вопросы разработки электробуса на базе унифицированной платформы.

Ключевые слова: КАМАЗ-6282; Телематическое оборудование; конструкторская документация; электробус

В условиях повышения экологичности транспорта созданию электробусов уделяется большое внимание.

В 2018 году началось производство первого серийного российского низкопольного электробуса КАМАЗ-6282, совместной разработки ПАО «НефАЗ» и ПАО «КАМАЗ». Данный электробус создан для эксплуатации в городской среде. Электробус двухосный, задние колёса ведущие. Передняя подвеска независимая, пневматическая с системой электронного управления и функцией наклона корпуса.



Рис. 1. Электробус КАМАЗ-6282

Конструкция электробуса, а также его эксплуатационные и технические характеристики позволяют утверждать, что КАМАЗ-6282 представляет собой машину второго поколения, которую отличает от предшественника (электробуса НефАЗ модели 529943) новый дизайн и модернизированные агрегаты. Новинка изготовлена на базе научно-технического центра ПАО «КАМАЗ», где и прошли предварительные испытания.

В трансмиссии электробуса используется электропортальный мост ZF AVE130 с двумя асинхронными бортовыми мотор-редукторами мощностью по 115 кВт каждый, которые смонтированы по типу мотор-колесо.

Работа двигателей обеспечивается литий-титанатными аккумуляторными батареями емкостью 105 кВт ч. На восстановление их заряда с 0 до 100 процентов требуется от 6 до 20 минут. Без подзарядки КАМАЗ-6282 может проехать до сотни километров.

«Заправка» бортовых накопителей энергии осуществляется от станции ультрабыстрой зарядки с помощью полупантографа. Длительность такой зарядки — до 30 минут. Как заявляет производитель, срок службы батареи

рассчитан на 10 лет. Эксплуатация транспортного средства возможна при температуре от +40 до -45 градусов Цельсия, что идеально подходит для использования практически во всех регионах России.

Отметим, что в КАМАЗ-6282 предусмотрена возможность подзарядки от различных источников электрической энергии, которые характеризуются напряжением в 380 вольт, в том числе и от троллейбусной сети. Для этого используется особый токоъемник.

При эксплуатации электробусов были выявлены недостатки, представленные на рисунке 2.

С учетом выявленных недостатков поэтапно были внедрены изменения в конструкцию электробуса.

Изменения, внедрённые в конструкторскую документацию на 1-ю сотню электробусов поставленные в 2018-2019 г., представлены ниже.

Компоненты высоковольтного электрооборудования:

- 1) изменение схемы оборудования для повышения устойчивости к импульсам повышенного напряжения в переходных режимах и перегрузки блоков;
- 2) внедрение CAN-фильтров для уменьшения влияния ЭМ воздействия;
- 3) внедрение силовых контакторов другого поставщика для исключения их залипания.

Компрессорная установка:

- 1) повышение устойчивости к импульсам повышенного напряжения;
- 2) переход на управление по току;
- 3) обеспечение работоспособности при низком уровне заряда ТАБ.

Конструкция жгутов управляющих проводов: конструкция CAN-шины типа «линия» повышающая надежность обмена данными с системой управления дверями и телематической системой.

Низковольтное электрооборудование: применены разъемы с повышенным классом защищенности.

Климатическая система: применение повышающего преобразователя на компрессор с питанием 380 В для обеспечения работоспособности климатической системы при низком уровне заряда тяговых аккумуляторных батарей.

Телематическое оборудование: переход на новую версию программного обеспечения.



Рис. 2. Выявленные недостатки при эксплуатации электробуса

Изменения, внедрённые в конструкторскую документацию на 2-ю сотню электробусов для поставки в 2019-2020 г. представлены ниже.

Каркас настила:

- 1) улучшение технологичности сборки;
- 2) конструкция силовых проводов;
- 3) улучшение технологичности монтажа проводов.

Климатическая система:

1) применение компрессора с питание 220 В для обеспечения работоспособности климатической системы при низком уровне заряда тяговых аккумуляторных батарей;

2) применение патрубков фирмы Leiland и хомутов Brezee для обеспечения герметичности гидравлических соединений;

3) применение нового насоса ПЖД для увеличения скорости потока жидкости в магистрали.

Компрессорная установка: применение компрессора без синус-фильтра.

Пневмосистема:

1) добавление функции отключения регулировки пневмоподвески во время заряда;

2) повышение герметичности пневмосоединений для уменьшения утечек воздуха.

Конструкция салона:

1) увеличено число сидячих мест до 35;

2) новые стекла, позволяющие устранить запотевание.

Аккумуляторные батареи установлены на выдвижные ролики для упрощения обслуживания.

Конструкция низковольтных проводов:

повышение коррозионной стойкости и повышение надежности электрических соединений.

Изменения, планируемые внедрить на 3-ю сотню электробусов:

- аккумуляторные батареи Forsee Power;
- альтернативный поставщик компрессора;
- тормозная система Knorr-Bremse с функцией ESP;
- доработанная пневмосистема с параметрами утечки воздуха до 0,1 атм. в час;
- пневморессоры другого производителя;
- телематическое оборудование Continental;
- климатическая система Thermo King или Латрак.

Анализируя выявленные в эксплуатации неисправности, ПАО «КАМАЗ» модернизирует конструкцию электробусов, что позволяет снизить их отказы и эксплуатационные затраты.

Электробус большого класса поколения 2+

Потребительские свойства:

- Ёмкость тяговых батарей NMC 150 кВт*ч;
- Тормозная система с EBS и ESP;
- Продвинутая система экстренного торможения;
- Оптимизированная климатическая система с опциями:
 - с инфракрасным подогревателем от -10°C и heat pump до -10°C ;
 - с дизельным подогревателем от -10°C и heat pump до -10°C ;

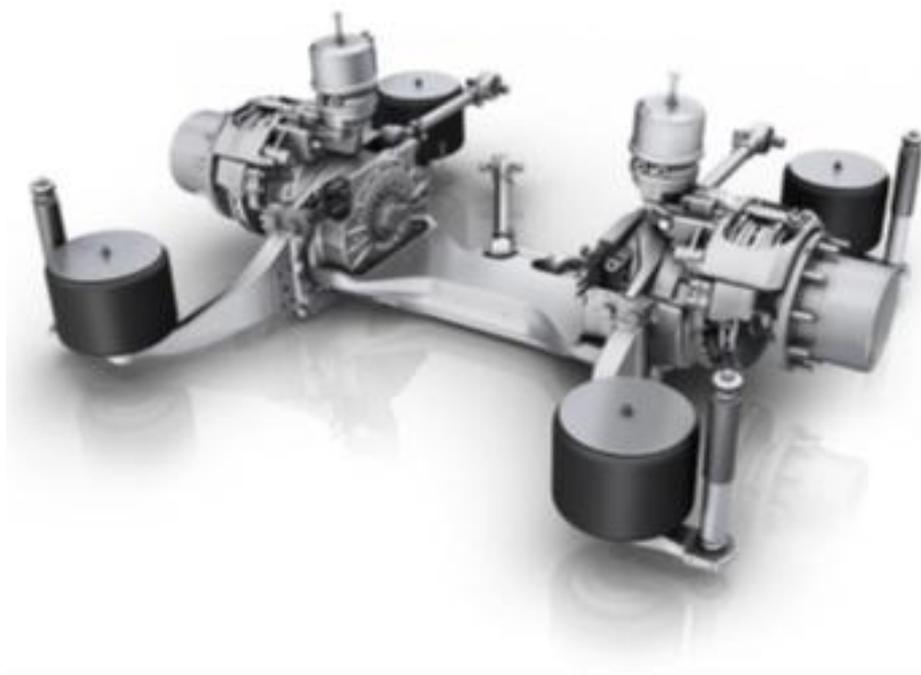


Рис. 3. Электропортальный мост ZF AVE 130

Разработка электробуса на базе унифицированной платформы

Цели проекта

- Унификация платформы и модульность конструктивных решений.



Рис. 4. Электробус особо большого класса

- Соответствие современным и перспективным требованиям, применяемым, в том числе, при конкурсах на поставку пассажирского транспорта в города-мегаполиса.
- Повышения комфорта и безопасности пассажирских перевозок.
- Увеличение сроков службы электробуса и надежности агрегатов.
- Уменьшение затрат на перевозку одного пассажира.

Пункты, требующие дополнительного обсуждения

1. П.8.5 «Поручни в салоне». Окрашивание поручней и стоек поручней эмалью контрастного (желтого) цвета или изготовление из нержавеющей стали не соответствуют существующему стилевому решению по цвету интерьера.

2. П.8.10 «Пассажирские сиденья». Применение сидений с габаритными размерами: ширина 440 ± 5 мм, высота 640 ± 5 мм, глубина 570 ± 5 мм, в существующей компоновке салона электробуса приведет к его несоответствию правилам ЕЭК ООН №107, в части требований по расстоянию между сиденьями.

3. П.8.4 «Боковые стекла салона». Предлагаем рассмотреть применение одинарного остекления, применение которого совместно с эффективной климатической системой позволит контролировать влажность в салоне, избежать запотевания и образования наледи.
4. Переход на телематическое оборудование Mid-Temp.
5. Изготовление тренажера в рамках контракта. Сроки разработки и изготовления тренажера не менее 1 года.

Список использованных источников

1. Интернет-ресурс: КамАЗ-6282. - <https://ru.wikipedia.org/wiki/КамАЗ-6282>.
2. Интернет-ресурс: <https://transphoto.org/photo/1225162>.

Garipov S.G., graduate student, Naberezhnye Chelny Institute, Kazan (Volga Region) Federal University

Kazakov A.V. graduate student, Naberezhnye Chelny Institute, Kazan (Volga Region) Federal University

Nuretdinov D.I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Naberezhnye Chelny Institute of the Kazan (Volga Region) Federal University

DESIGN FEATURES OF THE KAMAZ-6282 ELECTRIC BUS AND ITS OPERATING CONDITIONS

Abstract: The article discusses the issues of operating features of electric buses KAMAZ 6282. The operational and technical characteristics of the electric bus, the changes introduced into the design documentation for the 1st hundred electric buses delivered in 2018-2019, the changes introduced into the design documentation for the 2nd hundred electric buses for deliveries in 2019-2020, as well as changes planned for implementation on the 3rd hundred electric buses. The features of an electric bus of a large class of generation 2+, as well as the development of an electric bus based on a unified platform, are considered.

Keywords: KAMAZ-6282; Telematics equipment; design documentation; electric bus

УДК 629.331

Макарова И.В., доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Мавляутдинова Г.Р., старший преподаватель, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Габсалихова Л.М., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЛАНИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Аннотация: Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации предусматривает создание новой единой арктической транспортной системы и формирование региональных кластеров на основе развития транспортной инфраструктуры. Важно развивать северные территории таким образом, чтобы транспортная система была экологичной, энергоэффективной и доступной для людей. Одной из эффективных мер будет переход на технику, использующую газомоторное топливо, поскольку природный газ, является наиболее экономичным и экологичным топливом для ДВС, и, кроме того, при сжигании не выделяет черный углерод. Экономическая деятельность в Арктической зоне России связана, прежде всего, с поисками месторождений полезных ископаемых и дальнейшей их эксплуатацией. В статье рассмотрена возможность снижения негативной нагрузки на окружающую среду на примере горнопромышленного комплекса Мурманской области, входящей в Арктическую зону России. Предложен перевод карьерных самосвалов, а также вахтовых автобусов на газомоторное топливо.

Ключевые слова: экологическая безопасность, Арктика, карьерный самосвал, вахтовый метод.

Введение

Одной из стратегических целей России, является развитие Арктической зоны, представляющей значительный потенциал как в области освоения природных ресурсов, так и при решении задач обеспечения связности территорий. По оценкам специалистов, в недрах Арктики сосредоточены около трети всех мировых запасов природного газа и до 13% нефти, более 30% мировых запасов пресной воды, огромные запасы угля, золота, редких металлов, а также водных биологических ресурсов. Большая часть полезных ископаемых России сосредоточена именно там.

В Российской Арктике создаётся 12% ВВП России и обеспечивается около четверти ее экспорта.

Развитие территорий связано с рядом проблем, вызванных их урбанизацией, нарушением экосистем, что в особенности негативно скажется на Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ). Поэтому обеспечение устойчивости территориального развития является приоритетным направлением.

Особенностью северных территорий России является низкая плотность населения (рис. 1) и, в связи с этим, как правило, слабо развитая транспортная инфраструктура.

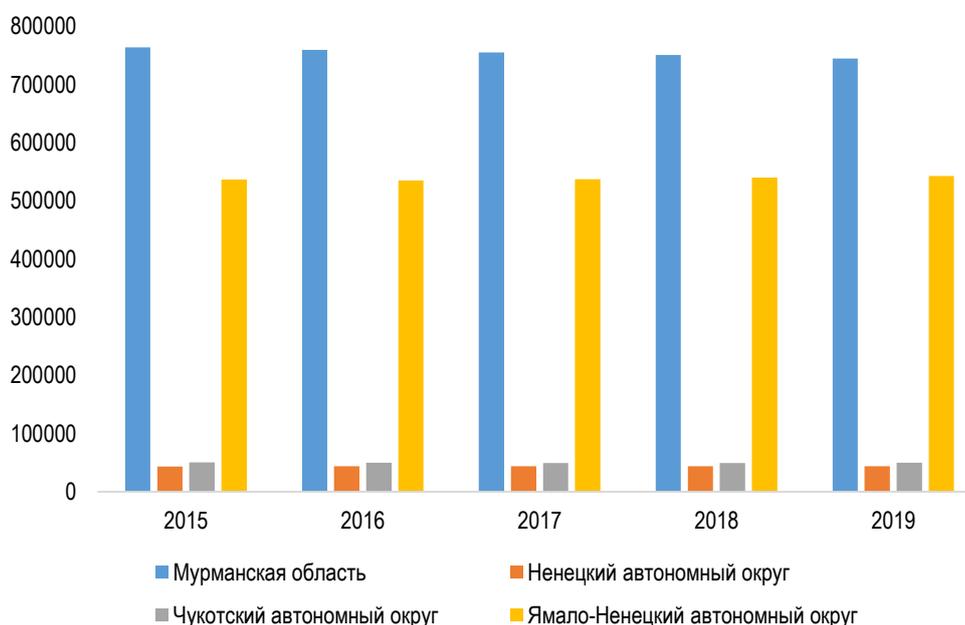


Рис. 1. Численность населения в некоторых регионах Арктической зоны

Вышесказанное даёт основание выделить следующие проблемы развития Арктических городов России:

1. Слабая внутренняя и внешняя логистическая связанность Арктики с остальными регионами страны.
2. Малый объем внутреннего рынка ввиду высоких темпов оттока людей (и, как следствие, низкая плотность населения) и бизнеса.
3. Нехватка или полное отсутствие квалифицированных кадров.
4. Особенности природно-климатических условий [1], вследствие чего любая хозяйственная деятельность в Арктике требует уникальных технологий.

5. Объективная зависимость от поставок множества жизненно-необходимых товаров.

Для решения стратегических задач развития Арктических территорий необходимо решить указанные выше проблемы, в частности, путем внедрения новых направлений экономического развития, преодоления одноотраслевого характера региона, а также создания современной инфраструктуры, обеспечивающей необходимый качественный уровень жизни. [2]

Это можно сделать, только используя потенциал Севера, включая транспортную инфраструктуру, систему населенных пунктов, действующих промышленных предприятий, а также модернизации и развития территорий с учетом специфики Крайнего Севера и Арктики. [3]

Возможные пути развития АЗРФ

Учитывая важность северных территорий для развития страны, основные задачи по развитию Крайнего Севера были сформулированы правительством в Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации, в которой подчеркивается, что для развития территории необходимо преодолеть одноотраслевой характер экономики, в том числе за счет дополнения ее новыми функциями. Создание новой единой арктической транспортной системы становится стратегическим вектором развития [4].

Для реализации стратегии развития Арктики создан ряд так называемых опорных зон, отличающихся как по потенциалу, так и по природно-климатическим условиям, в связи с чем, при разработке стратегических проектов по развитию АЗРФ, необходимо учитывать ряд ее особенностей:

1. Неравномерность развития транспортной инфраструктуры в опорных зонах.
2. Недостаточная связность отдельных территорий и экономических центров между собой, даже внутри одного региона.
3. Значительная удаленность территорий АЗРФ от других, более развитых, регионов страны (логистических центров, центров производства продукции, сырья и материалов).

4. Неблагоприятные и опасные как для жизни, так и для трудовой деятельности, природно-климатические условия.

5. Особо чувствительные экосистемы.

6. Многонациональное население.

Поскольку основная особенность АЗРФ наличие значительных залежей полезных ископаемых, то способствовать устойчивому развитию территорий при развитии горнодобывающей промышленности могут инновационные технологии и принципы циркулярной экономики, реализующие концепцию ресурсосбережения.

Существуют противоположные мнения по вопросу развития территорий для добычи и переработки минерально-сырьевых ресурсов: строить постоянные города, заселять их людьми или ограничиться такой альтернативой как вахтовое поселение. При освоении новых территорий в АЗРФ неизбежно возникновение моногородов на начальном этапе хозяйственной деятельности, поэтому необходимо предусматривать варианты комплексных планов развития территорий, которые позволили бы снизить негативные последствия таких решений, обеспечив комплексное развитие на последующих этапах. Транспортная инфраструктура АЗРФ в настоящий момент не обеспечивает в должной степени возможность всесезонной доставки грузов, т.к. отсутствует полноценная связь между существующими транспортными коммуникациями. Единственно возможные для некоторых территорий АЗРФ воздушные и речные перевозки являются дорогостоящими, и, кроме того, воздушный транспорт не обеспечивает доставку крупногабаритных грузов, что вызывает необходимость первоочередной реализации инфраструктурных проектов для обеспечения транспортной доступности развивающихся опорных зон АЗРФ.

Пути повышения транспортной доступности

Важным фактором, который позволит максимально повысить транспортную доступность населенных пунктов Крайнего Севера и реализовать транзитный потенциал АЗРФ, является развитие транспортно-логистической инфраструктуры. С учетом суровости климата АЗРФ, удаленности трудовых

ресурсов от мест работы, а также неразвитости территорий, наиболее эффективным способом развития предприятий нефтегазовой отрасли и горнопромышленного комплекса на начальном этапе освоения АЗРФ является вахтовый метод доставки персонала. Специфика вахтового метода предусматривает особый режим труда и отдыха для работников, занятых в сферах нефтегазодобычи и горнопромышленном комплексе. Существуют внутрирегиональный и вахтово-экспедиционный (межрегиональный) разновидности вахтового метода. При вахтово-экспедиционном методе работники по пути от места постоянного жительства к вахтовым поселкам преодолевают значительные расстояния, пересекая при этом различные климатические зоны и часовые пояса. Продолжительность вахт может составлять от двух недель до двух месяцев. Для внутрирегионального вахтового метода характерны короткие, чаще всего внутри одного района, перемещения персонала и небольшая продолжительность вахт. Дальний Север – территория сложная для постоянной жизни, и лучше ее осваивать вахтовым методом.

Основные преимущества внутрирегионального вахтового метода заключаются в следующем: снижение транспортных затрат за счет экономии средств и времени доставки работников; привлечение работников, непосредственно проживающих в Арктических городах, т.к. они более приспособлены к суровым природно-климатическим условиям Крайнего Севера; реализация региональных и территориальных бюджетов в части строительства объектов инженерной инфраструктуры (дорог, линий связи и т.д.). Развитие транспортной инфраструктуры может решить проблемы транспортировки работников, доставки строительных материалов, тем самым обеспечив успешность реализации стратегических проектов и развития территорий.

Каждый вид транспорта имеет специфические особенности и характеристики, определяющие возможности его использования для вахтовых перевозок (рис. 2).

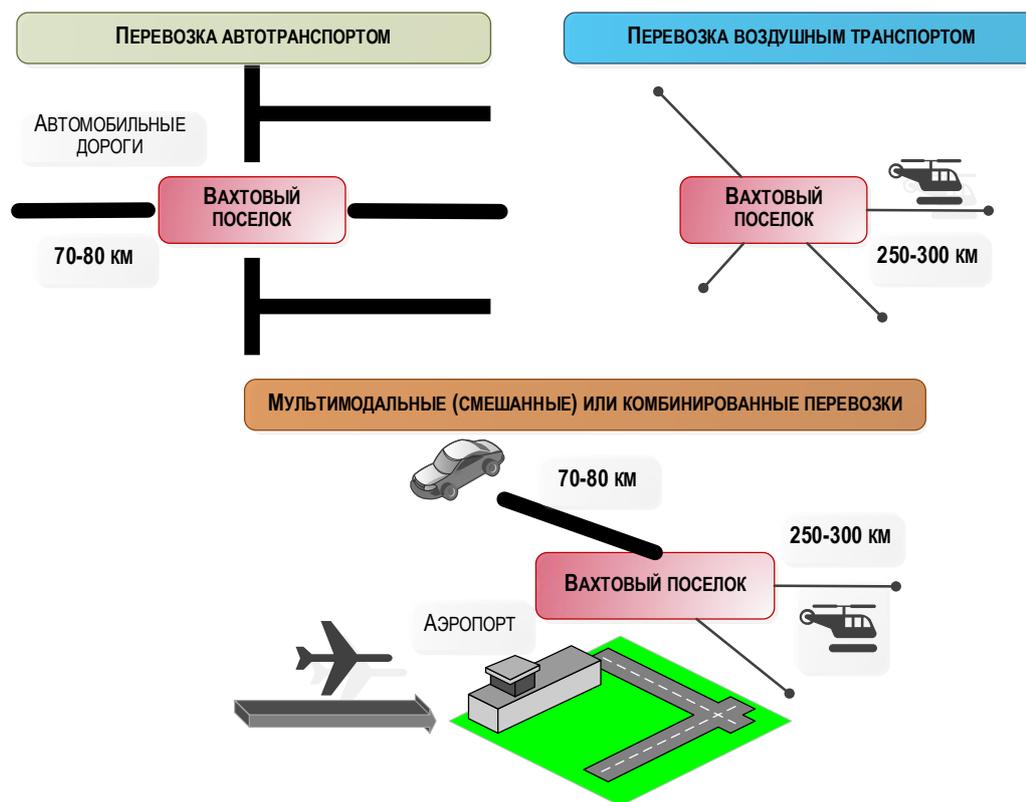


Рис. 2 Особенности использования транспорта для перевозки вахтовых работников [4]

Авторы статьи [4] считают самым надёжным видом транспорта железнодорожный, поскольку он обеспечивает регулярные и бесперебойные перевозки и характеризуется высокими скоростями и большой пропускной способностью. Однако нужно учитывать, что железнодорожный транспорт можно использовать только в том случае, если рядом с предприятием и вахтовым поселком проходит железнодорожная ветка.

Водный транспорт является самым дешевым, и это его главное преимущество. Кроме того, для организации его работы (особенно, если учитывать создание инфраструктуры, например, строительство железных дорог) требуется относительно малое время. Однако использование водного транспорта ограничено, во-первых, наличием акватории, а во-вторых, сезонностью использования этого вида транспорта (летний период навигации).

Автомобильный транспорт может обслуживать города круглый год, как при развитой инфраструктуре, так и в условиях бездорожья, хотя основные проблемы

при организации автотранспортных услуг в АЗРФ, по мнению авторов работы [5], это неразвитая дорожная сеть на огромной территории, а также низкая плотность населения.

Одним из наиболее рациональных видов транспорта для связи с базовыми городами Арктики является воздушный транспорт. При его использовании для перевозки пассажиров резко увеличивается радиус потенциального обслуживания, а время, затрачиваемое на доставку на работу, значительно сокращается. Однако его использование зависит от погодных условий, что является серьезным препятствием для пассажирских перевозок воздушным транспортом [6].

Осваиваемые территории в большинстве случаев характеризуются неблагоприятными инженерно-строительными условиями (болота, вечная мерзлота, наводнения и т.д.), которые значительно усложняют строительство наземных коммуникаций и увеличивают его стоимость [7].

Для обеспечения бесперебойной связи в системе вахтового метода доставки работников можно использовать дублирующие транспортные линии, которые значительно повышают надежность связи между вахтовыми поселками и базовыми городами [8]. В противном случае график вахты может быть нарушен из-за погодных и других условий.

С добычей полезных ископаемых в карьерах АЗРФ тесно связано и решение проблем их транспортировки от мест добычи до мест переработки. Это расширение сети автомобильных и железных дорог, строительство и реконструкция морских портов, что негативно сказывается на экологическом состоянии региона. Доставка руды и минерального сырья от карьеров до мест складирования и переработки осуществляется автотранспортом, который, согласно статистическим данным, вносит самый существенный вклад в загрязнение окружающей среды. Для того, чтобы снизить это воздействие, можно либо повысить экоэффективность самих автотранспортных средств, либо оптимизировать маршруты и сократить их суммарную протяженность.

Еще одной проблемой при организации работы в карьерах является доставка работников до рабочих мест. Так, например, в Мурманской области проблема

решается путем организации вахтовых перевозок. Такое решение эффективно с экологической точки зрения. Поскольку карьеры находятся в удалении от мест постоянного проживания работников, то наиболее эффективным способом является организация поселков вахтовиков, где работники могут отдыхать между сменами. При таком способе организации работы сокращается число рейсов автотранспорта, что положительно влияет на состояние окружающей среды. Кроме того, перевод автотранспорта, осуществляющего вахтовые перевозки на газомоторное топливо, снизит объемы выбросов в окружающую среду.

Горнорудная промышленность Мурманской области

Мурманская область – один из наиболее развитых регионов АЗРФ. Это обусловлено как наиболее мягким, по сравнению с другими опорными зонами, климатом (незамерзающим Баренцевым морем за счет теплого течения Гольфстрим), так и большим количеством месторождений полезных ископаемых, которые разрабатываются уже в течение десятилетий.

Среди отраслей промышленности Мурманской области, Северо-Востока России и прилегающих районов преобладает горнодобывающая, включая добычу руды, переработку полезных ископаемых и технологическую металлургию. Предприятия отраслей расположены вблизи от месторождений полезных ископаемых и населённых пунктов, где живут работники отрасли [9].

В Мурманской области действуют 4 крупных горнодобывающих предприятия, на которых работает порядка 200 карьерных самосвалов, потребляющих до 85% дизельного топлива отрасли.

Добыча рудных полезных ископаемых ведется открытым (карьерным) способом, ввиду чего возникает целый ряд экологических проблем, которые, в совокупности с природно-климатическими особенностями региона, негативно отражаются на экологии и здоровье работников. Добыча горной породы и минеральных ресурсов сопровождается выбросами углекислого газа, пыли, углеводородов за счет использования взрывчатых веществ на месторождениях. Избыточное количество пыли мешает работе операторов и плохо сказывается на здоровье работников. Улучшает условия работы очистка воздуха от пыли в области

карьера, кроме того, это положительно влияет на долговечности двигателей самосвалов.

Источниками вредных выбросов, в том числе черного углерода, который в значительной мере влияет на таяние арктического льда, являются и сами карьерные самосвалы. Работы в карьерах ведутся круглосуточно и в среднем карьерный самосвал работает более 6300 часов в год, при этом общие годовые выбросы черного углерода карьерной техникой составляют порядка 280 тонн, то есть примерно 70% общего объема выбросов черного углерода в Мурманской области.

Улучшение экологических характеристик карьерных самосвалов

В карьерах Мурманской области доминирует техника двух компаний: БЕЛАЗ и Caterpillar. В 2019 г. большую долю рынка составляли карьерные самосвалы грузоподъемностью до 60 тонн – 66,5% от всего объема рынка в натуральном выражении.

Если рассматривать рынок карьерных самосвалов в разрезе брендов, то важно отметить, что в 2019 г. Как в натуральном, так и в стоимостном выражении лидером на рынке стал БЕЛАЗ, составивший соответственно 46,4% и 59,4% объема рынка.

Как видно из табл. 1 только 4 мировые фирмы - БЕЛАЗ, Komatsu, Caterpillar, Euclid-Hitachi - производят полный ряд карьерных автосамосвалов, охватывающий диапазон грузоподъемности от 30 до 320 т.

Учитывая сложную экологическую ситуацию, необходимо в рамках обновления парка рассматривать возможность перевода карьерных самосвалов на газомоторное топливо. Возможны два варианта – использование газотурбинного двигателя для карьерного самосвала БЕЛАЗ грузоподъемностью 120... 130 тонн. Другой вариант – карьерный самосвал БЕЛАЗ на газодизельном топливе, сжигающий сжиженный природный газ, что снижает не только экологическую нагрузку на окружающую среду, но и затраты на топливо. Кроме того, ведутся разработки дистанционно-управляемых автомобилей. Дистанционно управляемый карьерный самосвал позволяет повысить производительность труда, повысить безопасность технологического процесса, снизить влияние человеческого фактора:

искусственный интеллект поможет выполнять тяжёлые и опасные работы в карьере, применяя полностью безлюдные технологии.

Таблица 1.

Парк карьерных самосвалов

Фирма производитель	Грузоподъемность, т								
	30-50	51-70	75-113	120-136	140-170	170-197	200-238	270-290	300 и более
БЕЛАЗ	7528 7540 7548 75473	7555A	7549	7512 7514 75131		75215	75303	75501 75600	75600
Komatsu	HD325-6 HD405-6	210M HD465-5 HD605-5	330M HD785-5 HD985-5	HD1200-1 HD1200-ID HD1200M	510E 530M HD1600M	63 0E 685E 730E	830E 930E	930E	
Caterpillar	769D 771D	773D 775D	777D	785B		789B	793C		797
Euclid-Hitachi	R32, R36 R40 R50	R65	R85	R130	R150	R170, R190, R220	R260		
Unit Rig			MT 3000	MT 3300	MT 3600B	MT 3700B	MT 4400	MT 4800	MT 5500
Liebherr						T252	T262	T272	T262

При таком переходе, и поскольку эффективность горнодобывающего предприятия зависит от надёжности применяемой техники, важно решать вопросы эксплуатационной надёжности карьерных самосвалов, которая пока недостаточно изучена, особенно в арктической зоне. Эксплуатация АТС в суровых арктических условиях сопряжена со значительными трудностями, связанными с низкими температурами воздуха. Подвижные пары сопряженных деталей механизмов подвергаются повышенному трению, общий КПД падает, что приводит к увеличению расхода топлива.

Выводы

Проведенные исследования показали, что для снижения негативного воздействия автотранспорта на окружающую среду необходимо совершенствовать управление во всех подсистемах транспортной системы. Одним из таких направлений является использование энергоэффективных транспортных средств. Показано, что при развитии горнопромышленного комплекса, которое является частью стратегических проектов развития АЗРФ, основным источником

загрязнения воздуха и выбросов черного углерода являются карьерные самосвалы, в силу чего, одним из возможных вариантов решения проблемы, является переход на сжиженный природный газ. Снизить негативную нагрузку на окружающую среду АЗРФ можно также путём использования автобусов, работающих на газомоторном топливе для доставки персонала в вахтовые поселки или до места работы в карьеры. При этом важной задачей является организация сопутствующей инфраструктуры (заправочной и сервисной) с учетом стратегии развития региона.

Список использованных источников

1. Barjouei A. Road transportation challenges in the Arctic / A. Barjouei, O. Gudmestad, J. Barabady // WIT Transactions on Engineering Sciences. – 2020. – Vol. 129. – P. 229-240. DOI: 10.2495/RISK200201.
2. Sinenko P.V. Features of the socio-economic development of the Far North and the Arctic zone of the Russian Federation // Economics: Yesterday, Today and Tomorrow. – 2016. - № 6 (12A). - P. 18-25
3. Vershinin I.S. Socio-economic factors in the development of the Arctic region // Bulletin of the Institute of World Civilizations. – 2020. - № 11 (1 (26)). - P. 55-59
4. Perov F. Requirements for transport accessibility during service organization in the settlement system in the north of Tyumen Region // Transportation Research Procedia. – 2021. – Vol. 57. – P. 392-397. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.066>
5. Baskov V. Mechanism for assessing the adaptation of motor vehicles to operation in the Arctic zone of the Russian Federation / V. Baskov, A. Denisov, A. Ignatov, E. Isaeva // Transportation Research Procedia. – 2021. – Vol. 57. – P. 56-62. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.025>
6. Malygin I. Decision support systems for ensuring safety of overland traffic at major airports / I. Malygin, O. Borodina, V. Komashinsky // Transportation Research Procedia. – 2020. – Vol. 50. P. 422–429. DOI: 10.1016/j.trpro.2020.10.050.
7. Petrov A. Analysis of possibilities for achieving targets of Russian Road Safety Strategy / A. Petrov, S. Evtyukov // Transportation Research Procedia. – 2020. – Vol. 50. – P. 518–527. DOI: 10.1016/j.trpro.2020.10.061.

8. Perov F.V. Transport hubs as drivers of urban areas. In: Current Problems of architecture / F.V. Perov, L.A. Gorobets // Proceedings of the 70th All Russian Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduate Students and Young Scientists, Part 1. Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg/ - 2017/ - P. 296–301.
 9. Keikkala G. Estimation of the potential for reduced greenhouse gas emission in North-East Russia: A comparison of energy use in mining, mineral processing and residential heating in Kiruna and Kirovsk-Apatity / G. Keikkala, A. Kask, J. Dahl, V. Malyshev, V. Kotomkin // Energy Policy. – 2007. – Vol. 35. - Issue 3. P. 1452-1463.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.01.023>
-

Makarova I.V., Doctor of Sciences (Tech.), professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

Mavlyautdinova G.R., senior lecturer, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

Gabsalikhova L.M., PhD in Engineering sciences, associate professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

IMPROVEMENT OF ROAD TRANSPORT PLANNING IN THE FAR NORTH

Abstract: The Strategy for the Development of the Arctic Zone of the Russian Federation provides for the creation of a new unified Arctic transport system and the formation of regional clusters based on the development of transport infrastructure. It is important to develop the northern territories in such a way that the transport system is environmentally friendly, energy-efficient and accessible to people, so one of the effective measures will be the transition to vehicles that use natural gas for vehicles, because natural gas does not emit black carbon when burned. Economic and research activities in the Arctic Zone of the Russian Federation are associated primarily with the search for mineral deposits and their further exploitation. We consider the possibility of reducing the negative impact on the environment on the example of the mining complex of the Murmansk region, which is the part of the Arctic Zone of the Russian Federation. We propose to convert mine dump trucks, as well as shift buses to natural gas for vehicles.

Keywords — environmental safety, Arctic, mine dump truck, fly-in fly-out job.

УДК 629.331

Макарова И.В., доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Мавляутдинова Г.Р., старший преподаватель, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Аннотация: Для развития Российских регионов, имеющих как разный потенциал в области применения альтернативных видов моторных топлив, так и разные стратегии социально-экономического развития, необходимы такие комплексные проекты по развитию транспортных систем, в которых учитываются особенности региона, возможности и риски реализации таких проектов, привязки к регионам и стратегии развития. Это, по мнению авторов статьи, позволит эффективно использовать имеющийся потенциал для применения альтернативных видов моторного топлива в России. Целью настоящего исследования является оценка потенциала внедрения газомоторного топлива в транспортном секторе Арктической зоны Российской Федерации - одном из наиболее перспективных регионов России.

Ключевые слова: газомоторное топливо, автомобильный транспорт, Арктическая зона Российской Федерации, экологическая безопасность.

Введение

Транспорт участвует в процессах устойчивого развития городов, регионов и стран, способствуя решению задач перевозки грузов и обеспечения мобильности граждан. При этом, несмотря на разные определения устойчивости развития, на практике ее оценивают по трём измерениям – экономическому, экологическому и социальному. Словосочетание «устойчивое развитие» в контексте глобальной повестки рассматривается как потенциальное решение многообразных международных, региональных и местных проблем, с которыми сегодня сталкивается общество: перенаселение, болезни,

политические конфликты, ухудшение инфраструктуры, загрязнение окружающей среды и рост уровня урбанизации при ограниченных ресурсах [1].

Концепция устойчивого развития транспорта представляет собой долгосрочный комплексный план действий, направленный на достижение стратегических целей, которые заложены в общей стратегии устойчивого развития. Экономическое измерение этих целей выражается в стремлении повысить экономическую эффективность пассажирских и грузовых перевозок. В социальном аспекте функционирование транспортной системы подчинено повышению доступности, качества и безопасности перевозок. Третий, экологический аспект, отражает меры по снижению негативного воздействия на окружающую среду, включая минимизацию выбросов парниковых газов и уровня шума, снижение энергопотребления [2].

Для достижения устойчивости транспортной системы страны необходимо инвестировать в развитие городских и региональных транспортных систем, обеспечить связность территорий страны, а также реализацию проектов, имеющих кумулятивный эффект, включая механизмы, способствующие быстрой окупаемости и требующие минимальных затрат [3].

Основополагающими документами по развитию транспортной системы страны являются «Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года» и государственная программа «Развитие транспортной системы», в которых отражены количественные параметры, показатели и направления развития различных видов транспорта России [4]. При этом важной характеристикой устойчивого развития России обозначено движение в направлении развития экономики/общества с низким уровнем выбросов («Зеленая революция», декарбонизация) [5].

Транспортная система является важным аспектом функционирования регионов страны, поскольку, объединяя их и образуя единый транспортно-дорожный комплекс, удовлетворяет потребности материального производства и населения в грузовых и пассажирских перевозках [6].

Современное состояние автотранспортного комплекса России

Обеспечение связности регионов России, обозначенное в качестве одной из новых целей стратегии государственного развития, достигается с помощью транспортных коридоров, в том числе и международных [7], которые сочетают разные виды транспорта, вследствие чего должно быть обеспечено оптимальное взаимодействие между ними как путём построения и развития инфраструктурных объектов, так и оптимизации процессов в логистических цепочках.

Основными коридорообразующими видами круглогодичного транспорта на территории России являются железнодорожный, автомобильный, морской и трубопроводный его виды (рис. 1). Авторы работы [8] указывают, что приоритетным видом транспорта для развития регионов России является автомобильный, обеспечивающий более 75% общего объёма грузооборота в стране с учётом перевозок по национальным транспортным коридорам.

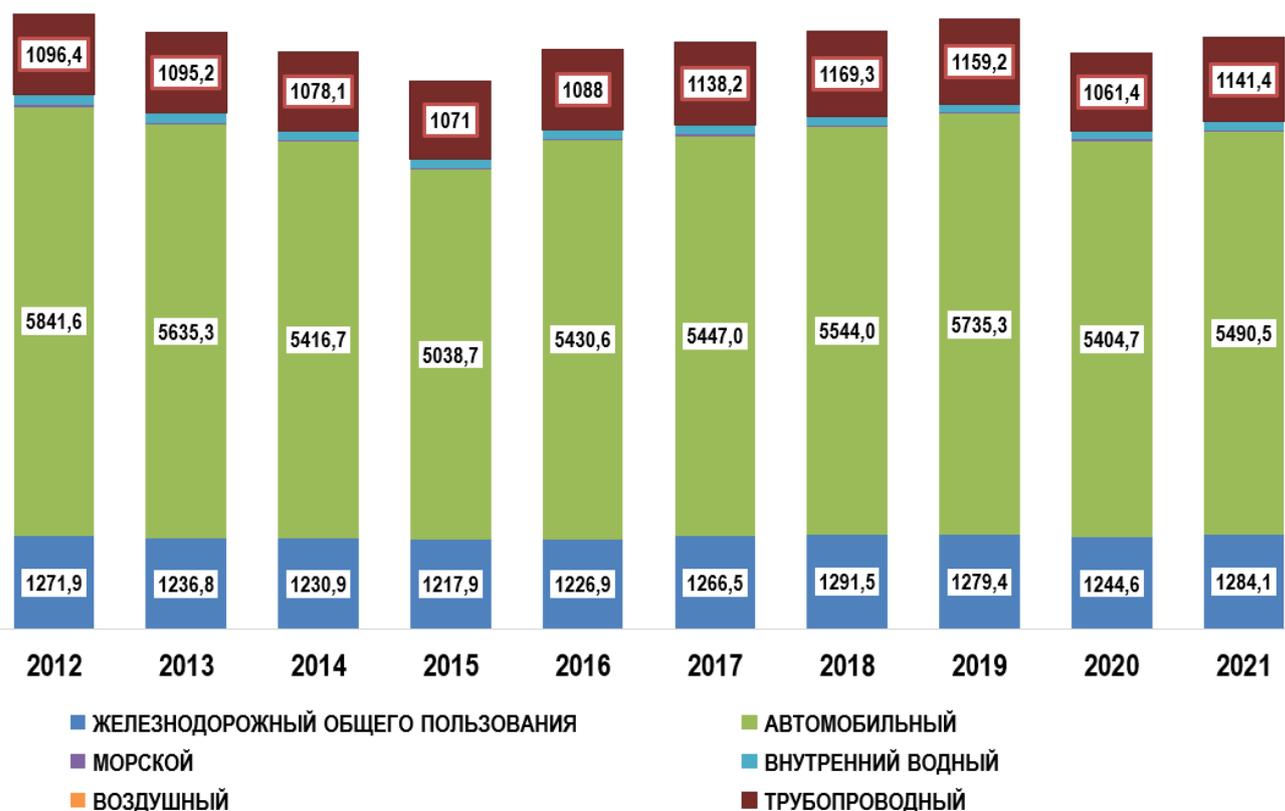


Рис. 1. Грузооборот по видам транспорта (млрд. т)

Важную роль в развитии регионов играют пассажирские перевозки, существенную долю в которых составляют автобусные. Как отмечено в «Стратегии развития автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта Российской Федерации на период до 2030 года» [9], автомобильный транспорт является основным видом транспорта при обеспечении подвижности населения с трудовыми, бытовыми и культурными целями. Согласно статистическим данным, большая часть грузов и пассажиров в России перевозится именно автомобильным транспортом (рис. 1, 2).

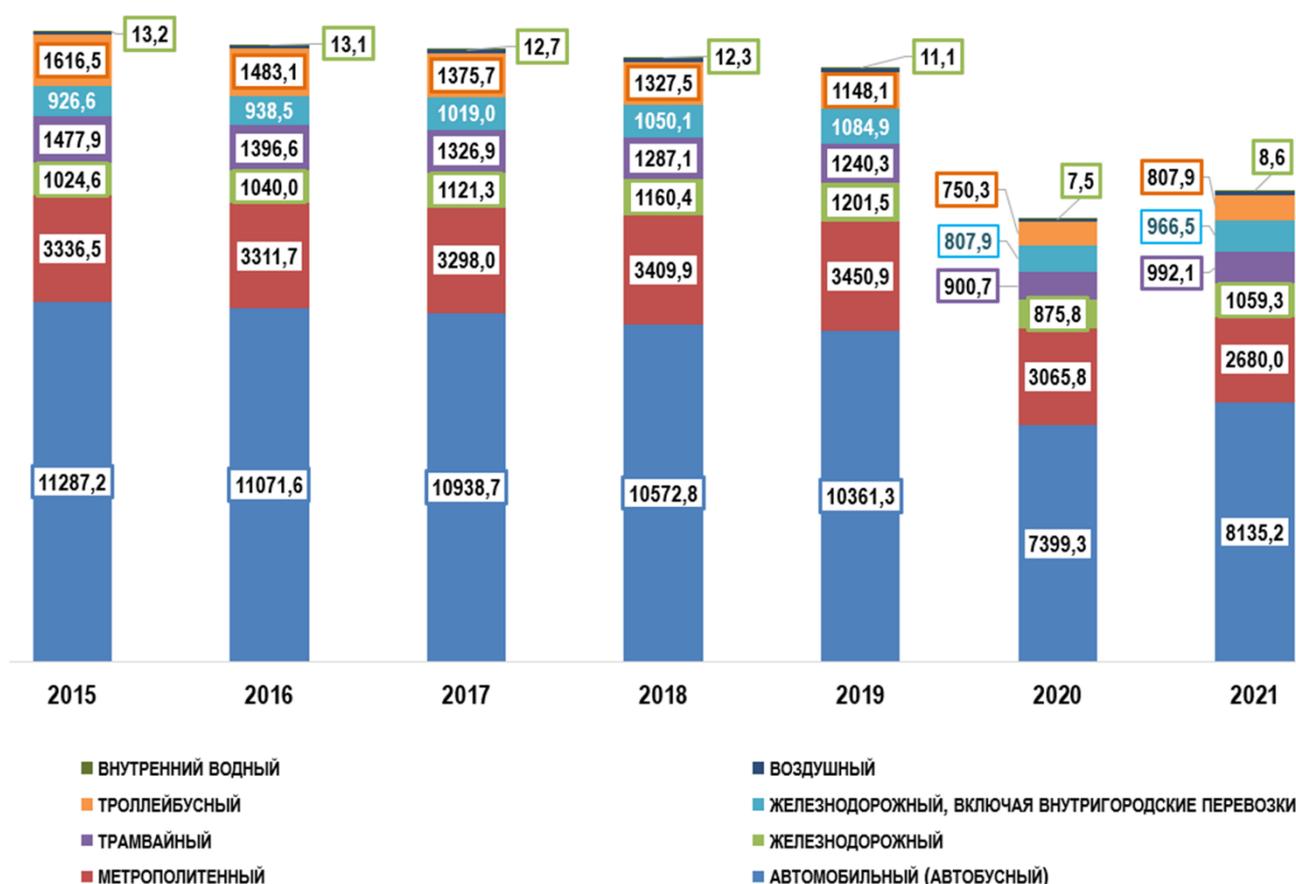


Рис. 2. Перевозки пассажиров разными видами транспорта (млн. чел.)

Возможности повышения экологичности транспортного сектора России

Функционирование транспортной отрасли напрямую определяется эффективностью топливно-энергетического комплекса (ТЭК), который играет важную роль в экономике страны, не только принося доходы в государственный бюджет и обеспечивая социально-экономическое развитие

страны, но и являясь крупнейшим потребителем продукции российской промышленности. С точки зрения государства, благополучие и эффективность ТЭКа гарантирует макроэкономическую стабильность страны, что определяет устойчивость транспортного комплекса.

Правительство России, формулируя цели устойчивого развития к 2030 году, обозначило в качестве приоритетов достижение экологической устойчивости во всех секторах экономики [10]. Согласно последней редакции Энергетической стратегии России, опубликованной в 2020 году, основными задачами российской газовой промышленности являются совершенствование внутреннего рынка газа и удовлетворение внутренних потребностей в энергии; гибкое реагирование на динамику мирового рынка газа; развитие производства и потребления СПГ; развитие и использование газа в качестве моторного топлива [11]. При этом следует учитывать тот факт, что хотя Россия является мировым лидером по добыче и производству большинства энергоресурсов — нефти, газа (рис. 2), угля, электроэнергии, — а также обладает значительным физическим потенциалом развития возобновляемых источников энергии, на практике, отсутствие институциональной поддержки, высокая стоимость технологий использования возобновляемых источников энергии и удалённость от их источников (например, в Арктике), в значительной степени затрудняют достижение целей по их использованию [12].

Вопрос о поиске альтернативных видов моторного топлива для транспортного сектора не теряет своей актуальности на протяжении последних лет во всем мире. Это обусловлено также тем, что текущая экологическая ситуация заставляет общество предпринимать меры по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. В данной ситуации рядом преимуществ обладает, природный газ метан, применение которого в качестве альтернативного топлива на автомобильном транспорте позволит решить целый ряд проблем, как экономического, так и экологического характера [13].

Имея существенные запасы природного газа (рис. 3), развитую сеть газопроводов, Россия обладает всеми необходимыми ресурсами, чтобы обеспечить безуглеродное будущее с опорой на отечественные технологии и оборудование, с учетом региональных особенностей, для реального повышения качества жизни граждан нашей страны [7].

В России накоплен большой опыт применения газомоторного топлива для различных видов транспорта: железнодорожного, морского и речного. Использование природного газа в качестве моторного топлива для тягового подвижного состава (ТПС) значительно снижает нагрузку на окружающую среду по оксидам азота и на 25% снижает выбросы парниковых газов. Испытания показали, что при использовании локомотивов, работающих только на природном газе, происходит снижение выбросов оксидов азота NO_x по сравнению с дизельными аналогами (более чем на 80 %) и практически полному отсутствию дымности [7].

В настоящее время в мире эксплуатируются около 130 судов, работающих на СПГ, и порядка 120 судов находятся в стадии проектирования и строительства по заказам судоходных компаний.

В ПАО «Совкомфлот» эксплуатирует 10 морских судов-газовозов, построенных на зарубежных верфях. В 2017 году флот ОАО «Совкомфлот» пополнился первым арктическим танкером-газовозом СПГ грузоместимостью 172,6 тыс. м³ для обслуживания проекта «Ямал СПГ».

Согласно Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года, использование метанового топлива является одной из наиболее эффективных мер по снижению загрязнения воздуха автомобильными выбросами. Так, за счет применения техники на ГМТ в период 2016-2020 гг. удалось снизить выбросы парниковых газов на 7,27 млн. т, а загрязняющих веществ — на 119,21 тыс. т. [14].

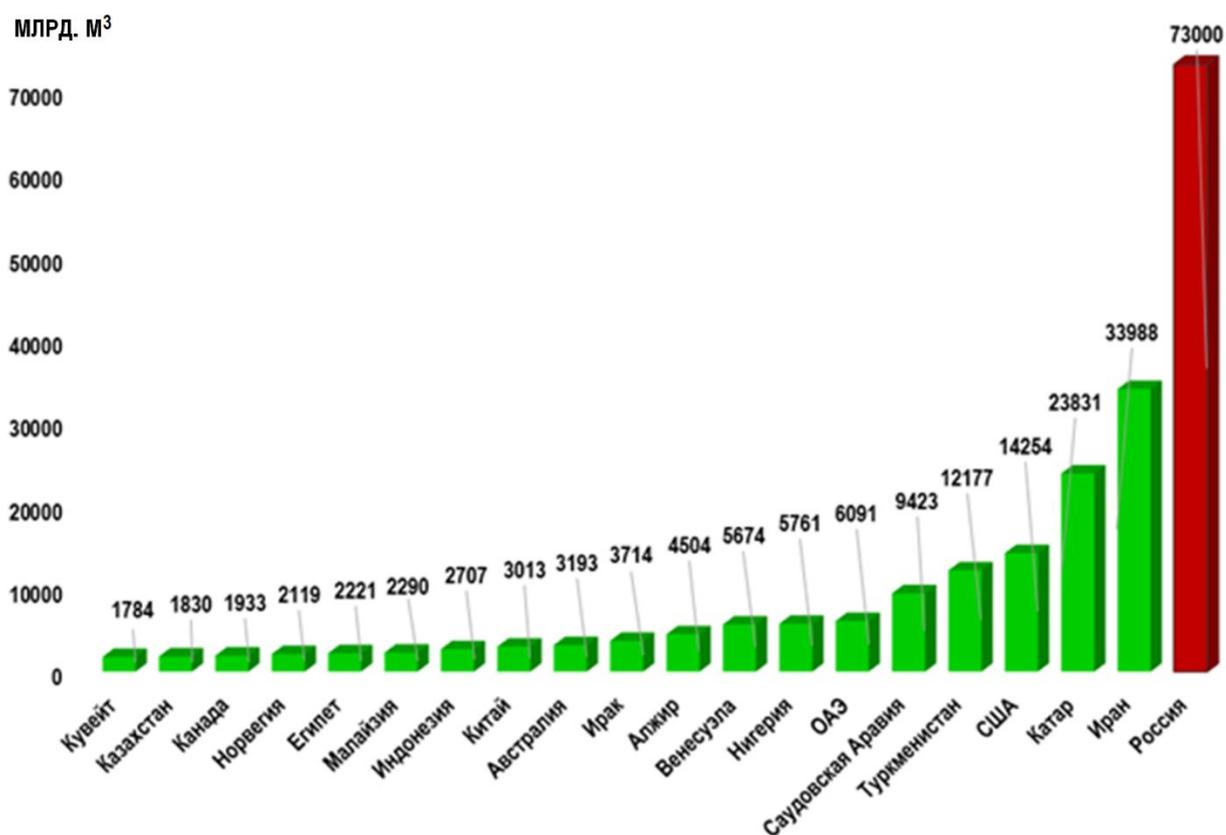


Рис. 3. Рейтинг стран по запасам природного газа в 2022 году

Применение каталитических нейтрализаторов, сажеуловителей и повышение качества топлива в соответствии с евростандартами может снизить выбросы от автотранспорта в городах. Учитывая, что возникающие в условиях санкций проблемы с поставкой высокотехнологичных компонентов, вызывающие упрощение технических регламентов в России, могут вынудить автопроизводителей к выпуску автомобилей более низких, чем EURO-5, экологических классов, что приведёт к росту объёмов выбросов вредных веществ. Соответственно, использования природного газа, который по сравнению с дизельным и бензиновым видами топлива более экологичен, является реальной альтернативой снижения негативного воздействия на окружающую среду автотранспортного комплекса.

Так, одним из результатов мероприятий подпрограммы «Развитие рынка газомоторного топлива» государственной программы РФ «Энергоэффективность и развитие энергетики», является увеличение

численности парка и расширение модельного ряда автомобильной техники, использующей природный газ (метан) в качестве моторного топлива. Для решения вопроса, каким образом формирование состава автомобильного парка в конкретном регионе может способствовать улучшению экологической ситуации, необходимо при формировании транспортных стратегий регионов исходить из стратегий их экономического развития.

На начальном этапе перехода в регионе на газомоторное топливо основными заказчиками могут стать владельцы крупных автопарков и техники на газомоторном топливе, такие как:

- коммунальные службы;
- службы доставки (транспортные компании)
- крупные промышленные добывающие и перерабатывающие предприятия (в том числе, имеющие парки карьерной техники, спецтехники нефтяной отрасли, агропромышленного комплекса и т.п.);
- автобусные предприятия и службы вахтовых перевозок;
- службы скорой помощи и другие

Эффективный перевод автомобильного парка предприятий на газомоторное топливо (сжатый природный газ, сжиженный природный газ) предполагает работы в трех направлениях: создание спроса на газомоторное топливо, организацию производства газомоторного топлива и сети автозаправок, обеспечение эксплуатации и сервиса автотранспорта на газомоторном топливе.

Расширение парка техники на газомоторном топливе возможно путем:

1. Расширения модельного ряда и объемов производства автомобильной техники в заводском исполнении.
2. Переоборудования транспортных средств на использование природного газа в качестве моторного топлива.

Особенности использования автомобильного транспорта в Арктической Зоне Российской Федерации

Повсеместное использование автомобильного транспорта объясняется его универсальностью и возможностью доставки грузов и пассажиров «от двери до двери». Автомобильный транспорт может работать как при развитой инфраструктуре, так и в условиях бездорожья. Эти его свойства, а также относительно низкие капитальные затраты на организацию перевозки и обслуживание, делают этот вид транспорта незаменимым в условиях Крайнего Севера и Арктики, хотя в суровых условиях значительно возрастают требования к надёжности и безопасности перевозок. Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ) - выделенная в рамках программы по освоению Арктики геостратегическая территория, что обусловлено не только наличием огромных запасов природных ресурсов, но и особенной уязвимостью с точки зрения экологии, что вызывает проблемы с организацией качественного транспортного обслуживания населения, особенно в отдалённых районах.

Поскольку развитие АЗРФ невозможно без эффективного транспорта, обеспечивающего доставку грузов и пассажиров, а инфраструктура в большинстве случаев отсутствует, что делает невозможным перевозки железнодорожным и воздушным видами транспорта, то автомобильный транспорт зачастую является единственной возможностью освоения и развития новых территорий. Особенности и возможности развития транспортной системы Арктики описаны в многочисленных научных трудах, посвящённых изучению вопросов повышения эффективности перевозок, качества работы транспортно-логистического комплекса, транспортной доступности, а также экологической и транспортной безопасности, в том числе с учетом специфики транспортно-дорожной сети АЗРФ [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21].

Поскольку значительная часть территорий АЗРФ находится за полярным кругом, природно-климатические условия которых имеют продолжительный зимний период, сопровождающийся обильными снегопадами, ветрами и низкими температурами, доставка грузов и

пассажиров часто затруднена. Перевозка тяжелых грузов осуществляется морским, железнодорожным и воздушным транспортом, а доставка конечному потребителю – автомобильным и реже воздушным транспортом. По мнению авторов работы [22] неразвитая дорожная сеть на огромной территории, а также низкая плотность населения – это основные проблемы при организации автотранспортных услуг в АЗРФ.

Следует отметить, что наряду с традиционными видами автотранспортных средств, в частности полноприводных, снегоходов и вездеходов со сплошной гусеницей, используются также транспортные средства на воздушной подушке, транспортные средства типа амфибий, созданные на базе военных бронетранспортеров.

В условиях резко континентального климата ухудшаются пусковые свойства двигателей, тепловой режим комплектов, нарушаются характеристики конструкционных и эксплуатационных материалов, повышается интенсивность изнашивания деталей. Для того, чтобы обеспечить запуск механизма в пределах нормальных значений вязкости, используются различные методы предварительного подогрева двигателей внутреннего сгорания и агрегатов, работающих на гидравлических маслах. Среди имеющихся решений этой проблемы можно выделить следующие средства, облегчающие пуск двигателя: электрические нагреватели масла и теплоносителя в непосредственном контакте со средой; автономные жидкотопливные нагреватели теплоносителя; автономные воздушные нагреватели [23].

Автомобильный транспорт на газомоторном топливе для Арктической Зоны Российской Федерации

В 2022 году Правительство России утвердило комплекс мероприятий по снижению выбросов в Арктической зоне РФ. В план включено 13 мероприятий, направленных на сокращение выбросов в атмосферу и сбросов в морские и речные акватории. Каждое из мероприятий закреплено за конкретным министерством или ведомством.

Минэнерго и Минстрой, а также власти регионов должны будут принять меры по сокращению использования мазута и угля в качестве топлива и модернизации ТЭЦ и котельных для перевода их на биотопливо, природный газ или древесные пеллеты и щепу. Минэнерго поручено разработать планы по стимулированию перехода автомобильного, морского и внутреннего водного транспорта на газомоторное топливо [24].

Как было отмечено выше, расширить парк автотранспортных средств на газомоторном топливе можно путем расширения модельного ряда и производства автотехники в заводском исполнении. Лидерами производства автотехники на газомоторном топливе в России являются компании КАМАЗ и ГАЗ. Так, в 2023 году КАМАЗ получил большой госзаказ на новейшие автобусы-вездеходы для вахтовых перевозок. С энергетической компанией «Газпром» заключен контракт на поставку 420 полноприводных автобусов КАМАЗ-6520 и 80 передвижных мастерских КАМАЗ-62501. Передача техники будет происходить поэтапно с 2023-го по 2025 год. Основную часть автобусов КАМАЗ выполнит в газомоторном исполнении и адаптирует для эксплуатации в условиях Крайнего Севера. Планируется, что новинкой должны заинтересоваться компании, добывающие полезные ископаемые, а также госструктуры [25].



Рис.4. Полноприводный автобус КамАЗ-6250

Реализация мероприятий по производству техники на газомоторном топливе для АЗРФ позволит повысить качество жизни северян, увеличит вклад арктической зоны в российскую экономику, обеспечит сохранение окружающей среды в Арктике и устойчивое развитие региона.

Выводы

Перспективность применения альтернативных видов топлива обусловлена особенностями АЗРФ, такими как: потребность в топливе (структура автомобильного парка), доступность топлива, возможность развития заправочной инфраструктуры и необходимость интеграции с другими регионами и рынками.

Текущий мировой кризис должен послужить мощным стимулом для внутреннего развития регионов, компаний-поставщиков, отечественных производителей и увеличить потребление природного газа в качестве газомоторного топлива в самое ближайшее время.

Список использованных источников

1. Karieva E. Green economy in the world and in Russia: preconditions and prospect / E. Karieva¹, L. Akhmetshina, A. Mottaeva // E3S Web of Conf. (January 2020). – P.8. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021707008>.
2. Kadyraliev A.T. Investments in transport infrastructure as a factor of stimulation of economic development / A.T. Kadyraliev, G.T. Supaeva, Baktiar Bakas, T.Y. Dzholdosheva, Nurdin Dzholdoshev, S.L. Balova, Y.G. Tyurina, K.V. Krinichansky // Transportation Research Procedia. – 2022. – Vol. 63. - P. 1359-1369. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.146>.
3. Romanova, A.T. Problems of the formation of a single transport space on sections of international transport corridors / A.T. Romanova, A. Vygnanov, M. Vygnanova, E. Sokolova, J. Eiduks // Procedia Computer Science. - 2019. - Vol. 149. - P. 537-541. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.173>.
4. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 ноября

2021 г. № 3363-р. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11577?ysclid=le bqct5wcp629635426> (дата обращения 20.01.2023).

5. Konoplyanik A.A. Challenges and potential solutions for Russia during global gas transformation and “Green Revolution”. / A.A. Konoplyanik // Energy Policy. - 2022. - Vol. 164. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112870>.

6. Karieva E. Economic problems of the Russian transport system development / E. Karieva, A. Mottaeva, L. Akhmetshina // Transportation Research Procedia. – 2022. – Vol. 63. – P. 1454–1461. - DOI:10.1016/j.trpro.2022.06.156.

7. Макарова И.В. Перспективы создания единого транспортного пространства России за счет совершенствования системы автомобильных перевозок / И.В. Макарова, Л.М. Габсалихова, Г.Р. Мавляутдинова, Э.М. Мухаметдинов // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 3-2(78). – С. 133-142. – DOI 10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-133-142. – EDN QARUXW.

8. Pugachev I. Peculiarities of strategic transport development in the Russian Far East and the Arctic / I. Pugachev, Y. Kulikov, G. Markelov, A. Ostapenko // Transportation Research Procedia. - 2021 – Vol. 57(1) – P. 511-517. - DOI:10.1016/j.trpro.2021.09.079.

9. Стратегия развития автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта Российской Федерации на период до 2030 года. Проект | Министерство транспорта Российской Федерации (mintrans.gov.ru) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/documents/7/9306?ysclid=ld51zyqj1a993975478> (дата обращения 20.01.2023).

10. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации Цели устойчивого развития ООН и Россия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ac.gov.ru/files/publication/a/11068.pdf> (дата обращения 20.01.2023).

11. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года распоряжение Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1026?ysclid=ld51llez9v575655539> (дата обращения 20.01.2023).
12. Gritsenko D. Sustainable Energy Policies and Programs in Yakutia / D. Gritsenko // Discourses on Sustainability. – 2020. - P. 185–206.
13. Посметьев В.И. Особенности использования природного газа в народном хозяйстве и перспективы его внедрения на автомобильный транспорт / В.И. Посметьев, С.В. Блинов // ВОРОНЕЖСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК. - 2014. - Том: 3. - № 3 (9). – С. 56-79.
14. V международная Конференция “Газомоторное топливо 2022”: Пост-релиз • LNGnews.Ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lngnews.ru/2022/03/23818/cal-v-mezhdunarodnaya-konferenciya-gazomotornoe-toplivo-2022-post-reliz/?ysclid=le9uv2cw6o413286583> (дата обращения 20.01.2023).
15. Kapustin A. Method for improving the safety of diesel vehicles when operating on gas engine fuel (gas diesel engines) / A. Kapustin, S. Vorobiev, V. Gordienko, A. Marusin / Transportation Research Procedia. – 2020. - Vol. 50. – P. 226–233. DOI: 10.1016/j.trpro.2020.10.028.
16. Makarova I.V. Decision-making on development of cycling infrastructure through safety assessment at design and operation stages / I.V. Makarova, A.D. Boyko, Z.V. Almetova / Transportation Research Procedia. – 2020. - Vol. 50. – P. 397–404. DOI: 10.1016/j.trpro.2020.10.047
17. Makarova I.V. Improvement of environmental compliance of urban transport system through enlarging fleet of gas-engine municipal machinery / I.V. Makarova, L.M. Gabsalikhova, A.V. Gritsenko // Transportation Research Procedia. – 2020. - Vol. 50. – P. 405–413. DOI: 10.1016/j.trpro.2020.10.048.
18. Makarova I.V. Modeling as a method to improve road safety during mass events / I.V. Makarova, R.G. Khabibullin, A. Pashkevich, K.A. Shubenkova //

Transportation Research Procedia. -2017. – Vol. 20. – P. 430–435. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.070.

19. Makarova I.V. Improving safety on the crosswalks with the use of fuzzy logic / I.V. Makarova, K.A. Shubenkova, V.G. Mavrin, P.A. Buyvol // Transport Problems. – 2018. – Vol. 13 (1). – P. 97–109. DOI: 10.21307/tp.2018.13.1.9.

20. Marusin A.V. Development of a mathematical model of fuel equipment and the rationale for diagnosing diesel engines by moving the injector needle / A.V. Marusin, I.K. Danilov, S.V. Khlopkov, A.V. Marusin, I.A. Uspenskiy // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (January 2020). – 422. - 012126. DOI: 10.1088/1755-1315/422/1/012126.

21. Mavrin V.G. Reduction of environmental impact from road transport using analysis and simulation methods / V.G. Mavrin, K.A. Magdin, V.D. Shepelev, I. Danilov // Transportation Research Procedia. – 2020. – Vol. 50. – P. 451–457. DOI: 10.1016/j.trpro.2020.10.053.

22. Baskov V. Mechanism for assessing the adaptation of motor vehicles to operation in the Arctic zone of the Russian Federation / V. Baskov, A. Denisov, A. Ignatov, E. Isaeva // Transportation Research Procedia. – 2021. – Vol. 57. – P. 56-62. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.025>.

23. Bardyshe O. Study on the aspects of organizing the repair of construction machinery in the Arctic / O. Bardyshe, S. Repin, A. Zazykin, S. Evtyukov, J. Rajczyk, I. Ruchkina, A. Maksimova, M. Korotkevich // Transportation Research Procedia. – 2021. – Vol. 57. – P.49-55. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.024>

24. Комплекс мероприятий по снижению выбросов в Арктической зоне распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 октября 2022 г. № 3219-р. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1026?ysclid=ld51llez9v575655539> (дата обращения 20.01.2023).

25. КамАЗ получил большой госзаказ на новейшие автобусы-вездеходы — Motor [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://motor.ru/news/kamaz-6250-gazprom-23-10-2022.htm> (дата обращения 20.01.2023).
26. Газомоторное топливо для подвижного состава. Neftegaz.RU. №9 (117) 2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/transportirovka/697694-gazomotorное-toplivo-dlya-podvizhnogo-sostava/> (дата обращения 20.04.2023).
27. Makarova I.V., Doctor of Sciences (Tech.), professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University
-

Makarova I.V., Doctor of Sciences (Tech.), professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

Mavlyautdinova G.R., senior lecturer, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

IMPROVEMENT OF THE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF ROAD TRANSPORT IN THE IMPLEMENTATION OF THE DEVELOPMENT STRATEGY OF THE REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Abstract: For the development of Russian regions, which have different potential in the field of alternative types of motor fuels application, as well as different strategies of social and economic development, it is necessary to implement comprehensive projects on development of transport systems, which would take into account the specifics of the region, opportunities and risks of such projects, linkages to regions and development strategies. This, according to the authors of the article, will make it possible to effectively use the existing potential for the use of alternative motor fuels in Russia. The purpose of this study is to assess the potential for the introduction of natural gas for vehicles in the transport sector of the Arctic zone of the Russian Federation, one of the most promising regions of Russia.

Key words: natural gas motor fuel, motor vehicles, The Arctic Zone of the Russian Federation, environmental safety.

УДК 656.13

Макарова И. В., заведующий кафедрой СТС, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», kativm@mail.ru.

Мавляутдинова Г.Р., Старший преподаватель кафедры СТС, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», sadygova_1988@mail.ru.

Буйвол П. А., к.т.н., доцент, доцент каф. СТС, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», skyeyes@mail.ru.

Гарявина Е. Е., студент 4 курса, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», eegaryavina@stud.kpfu.ru.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Аннотация: Развитие Арктики, обладающей огромными природными ресурсами, является приоритетом в настоящее время для Российской Федерации. Хозяйственно-исследовательская деятельность в Арктической зоне России связана, прежде всего, с поисками месторождений полезных ископаемых и дальнейшей их эксплуатацией. Однако необходимо заранее позаботиться о том, чтобы уникальность ее природно-климатического ландшафта не была нарушена. В статье представлены пути снижения негативной нагрузки на окружающую среду, проанализирована возможность перевода крупных парков техники (карьерные самосвалы) на газомоторное топливо, описана структура разработанной имитационной модели доставки руды карьерными самосвалами на горно-обогатительные комбинаты Арктики при переходе на газомоторное топливо и расчет оптимального размера парка с ее использованием.

Ключевые слова: экологическая безопасность, Арктика, карьерный самосвал, имитационное моделирование.

Введение

Одной из стратегических целей России, является развитие Арктической зоны (АЗР), представляющей значительный потенциал, как в области освоения природных ресурсов, так и для решения задач обеспечения связности

территорий. Арктика обладает огромным ресурсным потенциалом. В Российской Арктике производится 12% ВВП России и обеспечивается около четверти ее экспорта.

Несмотря на суровые климатические условия АЗР, необходимо повышать привлекательность региона. Присутствие жителей в Арктической зоне обеспечивает России возможность осуществлять контроль над этими огромными территориями, при этом важным является экологическая безопасность транспортной системы.

В связи с тем, что проблемы экологии становятся все более актуальными, перспективность применения альтернативных видов топлива в регионе получает все большее значение. Это могут быть как альтернативные источники энергии, так и различные методы снижения токсичности выхлопных газов [1, 2]. Возможности для развития заправочной инфраструктуры и применения экологически чистых видов транспорта в Арктической зоне России имеются, однако, для полноценной реализации этого потенциала необходимо развивать соответствующую технологическую инфраструктуру.

Снижение экологической нагрузки от горнопромышленного комплекса (на примере Мурманской области)

Мурманская область – один из наиболее развитых регионов АЗР. Это обусловлено как наиболее мягким климатом из всех регионов АЗР (незамерзающим Баренцевым морем за счет теплого течения Гольфстрим), так и большим количеством месторождений полезных ископаемых, которые разрабатываются уже в течение десятилетий [3]. Поскольку добыча рудных полезных ископаемых ведется открытым (карьерным) способом, то возникает целый ряд экологических проблем, которые, в совокупности с природно-климатическими особенностями региона негативно отражаются на экологии и здоровье работников.

Добыча горной породы и минеральных ресурсов сопровождается выбросами углекислого газа, пыли, углеводородов за счет использования взрывчатых веществ на месторождениях. Избыточное количество пыли мешает

работе операторов и плохо сказывается на здоровье работников. Очистка воздуха от пыли в области карьера положительно сказывается на условиях работы, также увеличивается долговечность двигателей самосвалов. Источниками вредных выбросов, в том числе черного углерода, который значительно способствует таянию арктического льда, являются и сами карьерные самосвалы.

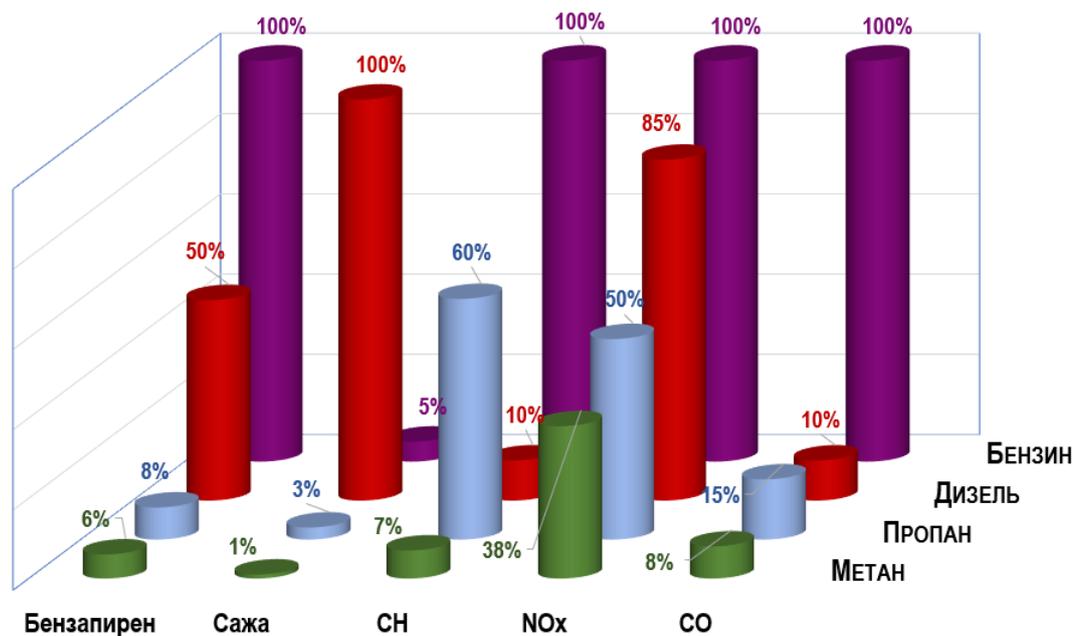


Рис. 1. Сокращение выбросов при использовании газового топлива

Учитывая сложную экологическую ситуацию, необходимо рассматривать возможность перевода автомобильной техники на газомоторное топливо (рис.1). В исследовании [4] рассматривается улучшение экологических характеристик карьерных самосвалов колесного типа грузоподъемностью 120... 130 тонн путем использования газотурбинного двигателя. В статье [5] анализируется работа самосвала БелАЗ на газодизельном топливе, сжигающего сжиженный природный газ. Использование сжиженного природного газа в качестве моторного топлива снижает не только экологическую нагрузку на окружающую среду, но и затраты на топливо. В статье [6] подробно описан способ установки криогенных топливных баков на шахтный самосвал серии БелАЗ 7513 полезной грузоподъемностью 130 тонн.

Поскольку при работе в карьерах существует риск возникновения опасности для жизни и здоровья водителей, ведутся разработки дистанционно-управляемых автомобилей. В исследованиях [7, 8] обосновывается необходимость создания автономной системы управления самосвалами. Исследование [9] посвящено возможностям снижения эксплуатационных затрат на транспортировку полезных ископаемых путем применения предлагаемой компоновки и количества больших шин при проектировании новых самосвалов, в том числе роботизированных и беспилотных.

Дистанционно управляемый карьерный самосвал позволяет повысить производительность труда, повысить безопасность технологического процесса, снизить влияние человеческого фактора: искусственный интеллект поможет сделать тяжелые и опасные работы в карьере полностью безлюдными.

С добычей полезных ископаемых в карьерах АЗР тесно связано решение проблем их транспортировки от мест добычи до мест переработки. Это расширение сети автомобильных и железных дорог, строительство и реконструкция морских портов, что негативно сказывается на экологическом состоянии региона. Доставка руды и минерального сырья от карьеров до мест складирования и переработки осуществляется автотранспортом, который, согласно статистическим данным, вносит самый существенный вклад в загрязнение окружающей среды. Для того, чтобы снизить это воздействие, можно либо повысить экологическую эффективность самих автотранспортных средств, либо оптимизировать маршруты и сократить их суммарную протяженность.

Еще одним важным вопросом, который необходимо решать при реализации стратегии развития региона, является создание инфраструктуры по эксплуатации автотехники на газомоторном топливе. Для этих целей на первом этапе можно использовать мобильные заправочные установки, а для организации технического обслуживания и ремонта необходимо переоборудование существующих сервисных центров, либо создание новых,

для чего существуют легковозводимые специальные конструкции. Такие мероприятия позволят расширить парк экологичных транспортных средств.

Использование имитационных моделей процесса доставки руды для оценки оптимального количества грузовиков (на примере Кировского филиала АО «Апатит»)

У Кировского филиала АО «Апатит» в распоряжении находятся шесть (Кукисвумчорское, Юкспорское, Апатитовый Цирк, Расвумчорр, Коашвинское и Ньюоркпахксое) рудников и две обслуживающие фабрики (АНОФ-2 и АНОФ-3). Три раза в день рудникам необходимы грузовики для загрузки руды и отправки их на фабрику, где происходит разгрузка.

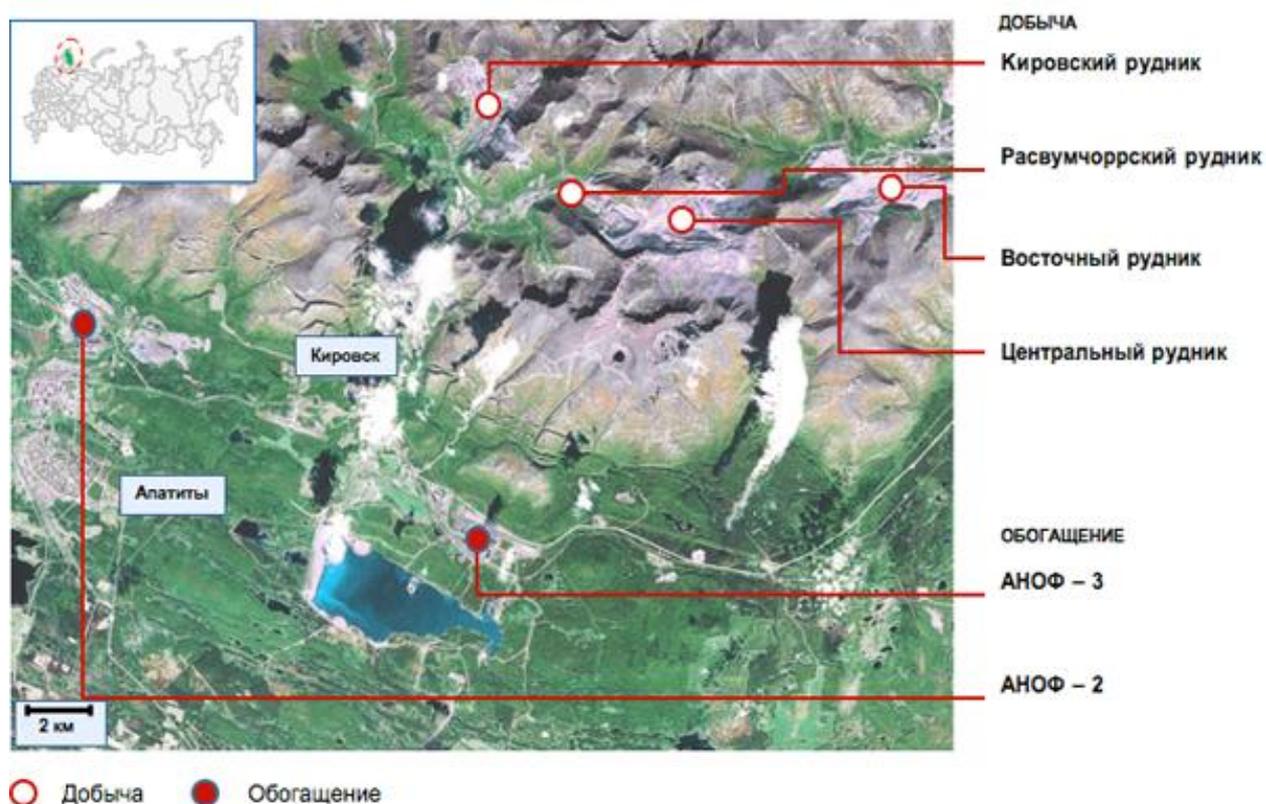


Рис. 2. Кировский филиал АО «Апатит»

Оповещение от рудника на фабрику происходит в форме заказа. После чего свободный грузовик отправляется на рудник, где в течение двух часов он загружается с помощью пяти экскаваторов. По завершению загрузки рудник отправляет сообщение фабрике, и загруженный грузовик отправляется на фабрику и разгружается от одного до двух часов. Для

оценки оптимального количества грузовиков был смоделирован процесс доставки руды. На рисунках 2 и 3 представлены расположения рудников и фабрик.

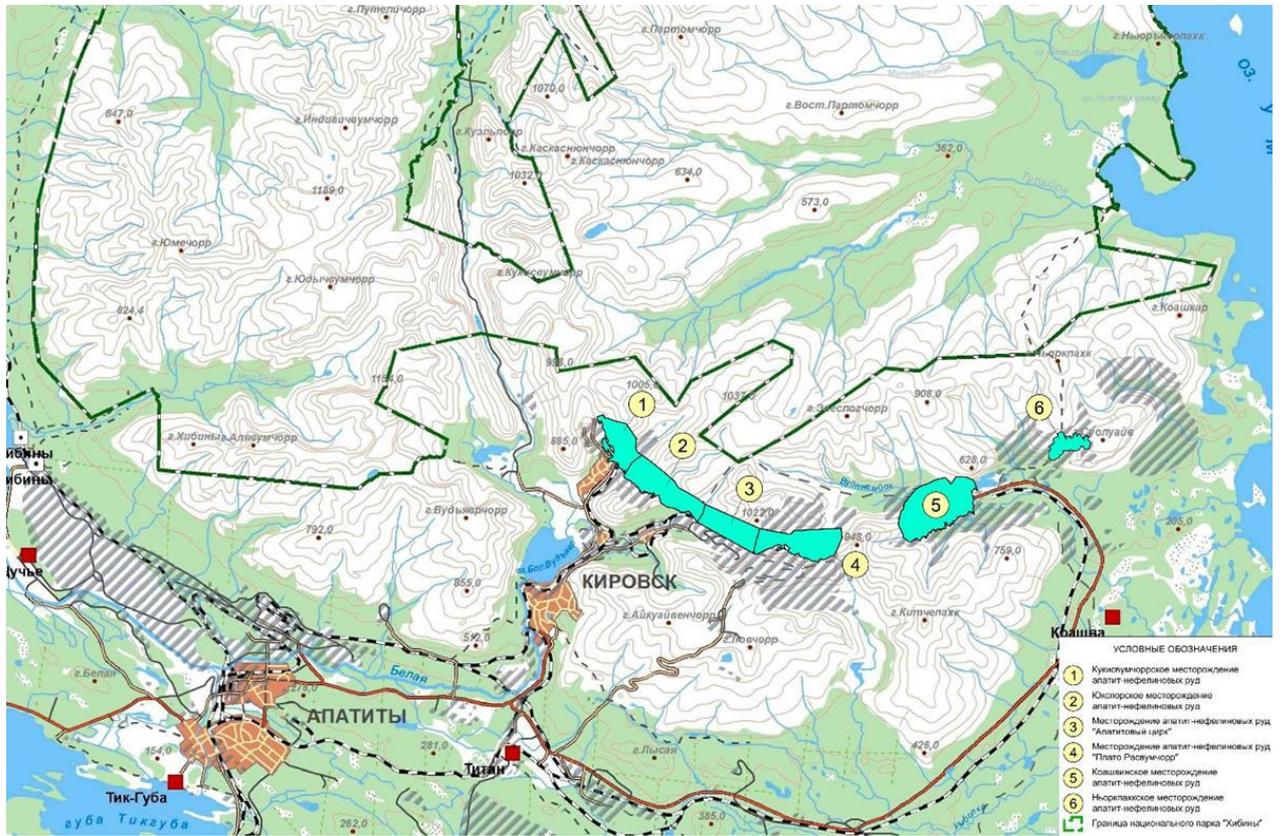


Рис. 3. Схема расположения месторождений апатит-нефелиновых руд

Во время симуляционного эксперимента (рис. 4) на анимации модели, созданной на основе ГИС-карты региона, можно увидеть, как грузовики выезжают с фабрики, доезжают до рудников, загружаются и возвращаются обратно. При изменении масштаба карты видно, что грузовики движутся по реальным маршрутам, которые, как и сама карта, подгружаются из сети во время исполнения модели.



Рис. 4. Симуляционный эксперимент

Важно заметить, что в имитационной модели заложен компонент, в который вложена функция (рис. 5) для передачи на фабрику названия рудника, сделавшего заказ и выбора ближайшего свободного грузовика необходимый для отправки. Данная функция помогает определить оптимальный маршрут от фабрики до рудника и сократить излишний расход топлива.

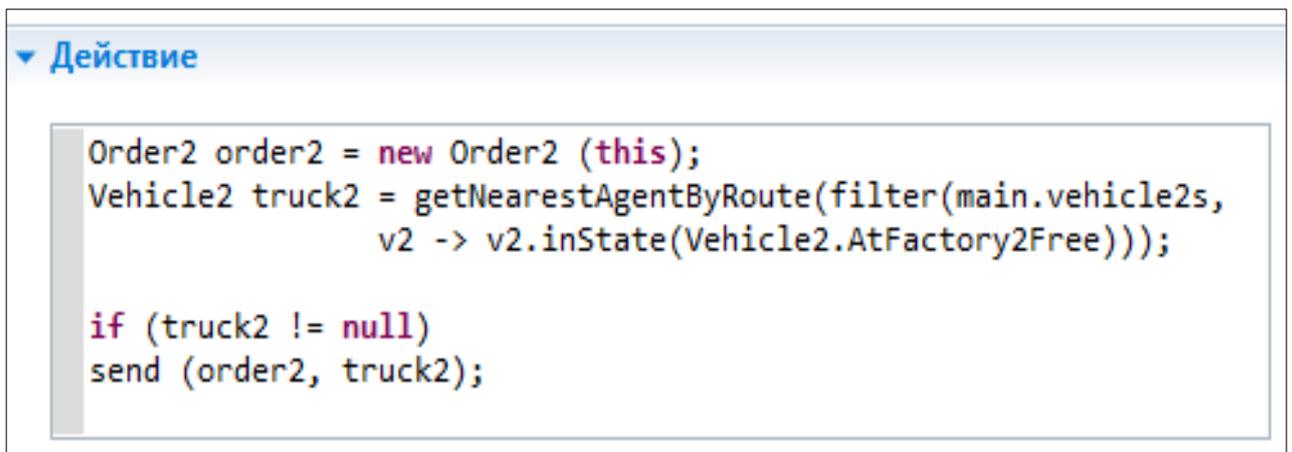


Рис. 5. Функция применяемого компонента

Во время проведения оптимизационного эксперимента на модели (рис. 6) было установлено, что оптимальное количество подвижного состава равно 26 единицам.

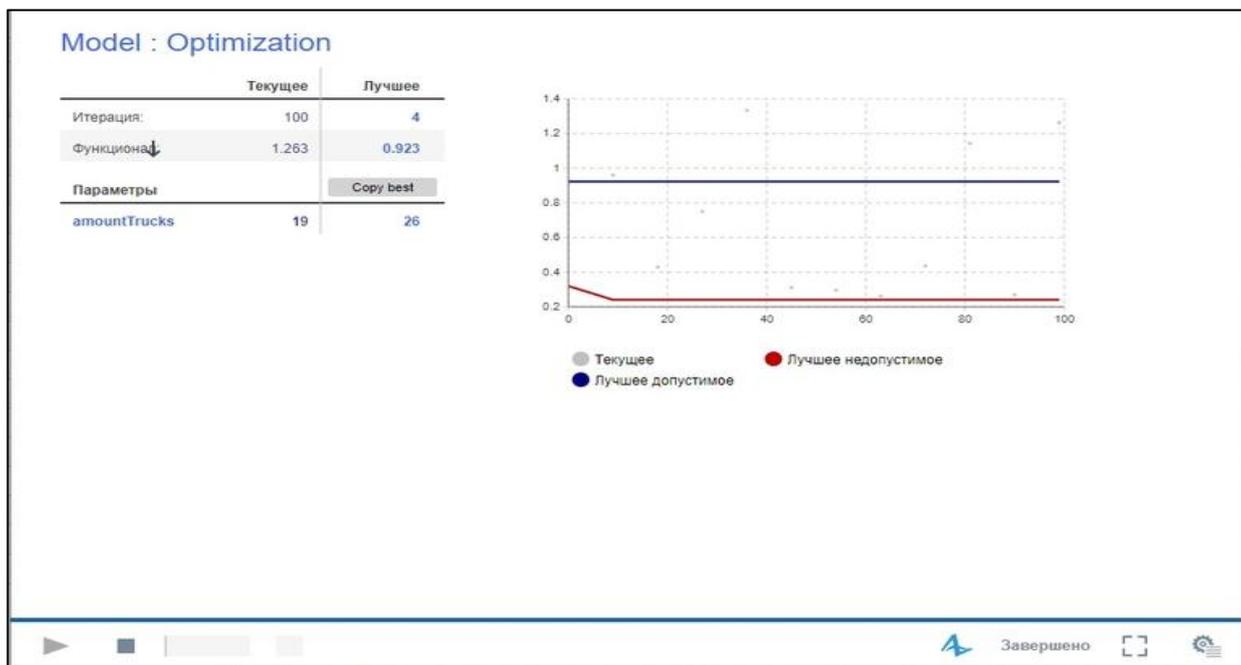


Рис. 6. Оптимизационный эксперимент

Выводы

Проведенные исследования показали, что для снижения негативного воздействия автотранспорта на окружающую среду необходимо совершенствовать управление во всех подсистемах транспортной системы. Одним из таких направлений является использование энергоэффективных транспортных средств. Показано, что при развитии горнопромышленного комплекса, которое является частью стратегических проектов развития АЗР, основным источником загрязнения воздуха и выбросов черного углерода являются карьерные самосвалы, в силу чего, одним из возможных вариантов решения проблемы, является переход на СПГ.

Список использованных источников

1. Ablyazov, T. Development of the Arctic transport infrastructure in the digital economy / T. Ablyazov, V. Asaul // Transportation Research Procedia. – 2021. -Vol. 57. P. 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.018>.

2. Wenz, K.-P. Route prioritization of urban public transportation from conventional to electric buses: A new methodology and a study of case in an intermediate city of Ecuador / K.-P. Wenz, X.Serrano-Guerrero, A. Barragán-Escandón, L.G.González, J-M. Clairand // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2021. - Vol. 148, № 111215. DOI:10.1016/j.rser.2021.111215.

3. Grove, C. Alaska's first electric bus for public transit ready for Anchorage streets / C. Grove // *Alaska Public Media*. - 2018. Available at: <https://www.alaskapublic.org/2018/01/15/alaskas-first-electric-bus-for-public-transit-ready-for-anchorage-streets/>.

4. Koptev, V. Structure of energy consumption and improving open-pit dump truck efficiency / V. Koptev, A. Kopteva // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2017. - Vol. 87, Issue 2, № 022010. DOI:10.1088/1755-1315/87/2/022010.

5. Azikhanov, S. Development of the instrumentation system for gas-and-diesel fuelled BelAZ dump truck / S. Azikhanov, A. Bogomolov, G. Dubov, S. Nokhrin // *MATEC Web of Conferences*. – 2019. - Vol. 297, № 03001. DOI <https://doi.org/10.1051/matecconf/201929703001>.

6. Dubov, G. Method for installing cryogenic fuel tanks on the deck of BelAZ 7513 mining dump truck / G. Dubov, D. Trukhmanov, S. Nokhrin, A. Sergel // *E3S Web of Conferences*. – 2020. - Vol. 174, №03016. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017403016>.

7. Komatsu, T. Autonomous Driving of Six-Wheeled Dump Truck with a Retrofitted Robot / T. Komatsu, Y. Konno, S. Kiribayashi, K. Nagatani, T. Suzuki, K. Ohno, T. Suzuki, N. Miyamoto, Y. Shibata, K. Asano // *Field and Service Robotics*. – 2021. - P. 59–72.

8. Allahkarami, Z. Reliability Analysis of Motor System of Dump Truck for Maintenance Management / Z. Allahkarami, A.R. Sayadi, A. Lanke // *Current Trends in Reliability, Availability, Maintainability and Safety*. – 2015. - P. 681–688.

9. Dubinkin, D. Justification of the Number and Type of Tire Size for a Dump Truck with a Lifting Capacity from 90 to 130 Tons / D. Dubinkin, A. Kulpin, D. Stenin // E3S Web Conf. – 2020. - Vol. 174, № 03015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20201740301>.

Makarova I. V., Head of the STS Chair, Naberezhnye Chelny Institute, Kazan (Volga Region) Federal University.

Mavlyautdinova G. R., Senior Lecturer of the STS Chair, Naberezhnye Chelny Institute, Kazan (Volga Region) Federal University.

Buyvol P. A., Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the STS Chair, Naberezhnye Chelny Institute, Kazan (Volga Region) Federal University.

Garyavina E.E., 4th year bachelor student, Naberezhnye Chelny Institute, Kazan (Volga Region) Federal University.

THE USE OF SIMULATION FOR OPTIMIZATION OF THE TRANSPORT SYSTEM OF THE ARCTIC TERRITORIES

Abstract: The development of the Arctic, which has huge natural resources, is currently a priority for the Russian Federation. Economic research activities in the Russian Arctic zone are primarily associated with the search for mineral deposits and their further exploitation. However, it is necessary to take care in advance that the uniqueness of its natural and climatic landscape is not violated. The article presents ways to reduce the negative impact on the environment, analyzes the possibility of transferring large fleets of equipment (quarry dump trucks) to gas motor fuel, describes the structure of the developed simulation model for the delivery of ore by mining dump trucks to mining and processing plants in the Arctic when switching to gas motor fuel and calculates the optimal size of the fleet with its use.

Key words: environmental safety, Arctic, mining dump truck, simulation.

УДК 658.155:330.13:004.33

*Насыров И.Н., профессор, доктор экономических наук, доцент,
Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский)
федеральный университет», ecoseti@yandex.ru*

*Насыров И.И., доцент, кандидат технических наук, Набережночелнинский
институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
ecoseti@yandex.ru*

*Насыров Р.И., старший преподаватель, Набережночелнинский институт ФГАОУ
ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», ecoseti@yandex.ru*

МАТРИЧНЫЙ МЕТОД МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РАНЖИРОВАНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ ПО НАДЕЖНОСТИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ DATA-ЦЕНТРОВ

Аннотация: Выполнено многопараметрическое ранжирование продолжающих функционировать, снятых досрочно, вышедших из строя накопителей по диапазонам надежности на основе находящихся в открытом доступе данных одного из крупнейших в мире коммерческих data-центров компании Backblaze. Обнаружено, что большое число работающих накопителей имеет низкие показатели надежности со значениями, отличными от нуля. Предложен матричный метод увеличения эффективности (прибыли) для промышленных data-центров за счет распределения информации по степени важности с ценой хранения соответственно степени надежности накопителей.

Ключевые слова: накопитель; информация; надежность; показатель; эффективность; data-центр.

Введение

При многопараметрическом ранжировании продолжающих функционировать, снятых досрочно, вышедших из строя накопителей по диапазонам надежности обнаружено, что большое число работающих накопителей имеет низкие показатели надежности со значениями, отличными от нуля. В связи с этим представляется актуальным снизить риск их применения на основе дифференциации записываемой информации по степени важности с целью увеличения прибыли при использовании в промышленных data-центрах. Научная проблема заключается в необходимости разработки специального метода повышения эффективности хозяйственной деятельности предприятий,

адаптированного к объектам указанного типа. Предлагается решение на основе установления соответствия между степенью важности информации и ценой ее хранения в зависимости от надежности накопителей.

Методы исследования

Для повышения эффективности (прибыли) data-центров надо как увеличивать доходы, так и снижать расходы. Доходы можно увеличить за счет расширения круга клиентов, в том числе внешних. Расходы можно снизить за счет продолжения эксплуатации накопителей с пониженной надежностью вместо их досрочного снятия. Однако для промышленных data-центров вследствие требований безопасности как к объектам критической информационной инфраструктуры есть некоторые ограничения на клиентуру.

С учетом указанных обстоятельств конкретными задачами в рамках обозначенной проблемы являются:

- 1) выявление среди параметров состояния накопителей информации универсальных (существующих для всех торговых марок и одинаково интерпретируемых производителями) показателей надежности;
- 2) подбор критериев в виде границ диапазонов значений показателей для группировки продолжающих работать, снятых досрочно и вышедших из строя накопителей информации по степени надежности;
- 3) формулировка матричной модели многопараметрического ранжирования накопителей информации по надежности.

Для решения указанных задач предлагается использовать следующие методы: сортировки, группировки, структуризации.

Информационной базой исследования являются опубликованные в открытом доступе ежедневные записи SMART-данных (self-monitoring, analysis and reporting technology – технология самоконтроля, анализа и отчетности) около 200 тысяч накопителей информации группы data-центров облачного хранения одной из крупнейших в мире коммерческих компаний Backblaze (<https://www.backblaze.com/b2/hard-drive-test-data.html>) за период с 01.04.2013 по 30.06.2022 [1]. Использование исследователями по всему миру одной и той же базы

данных о надежности накопителей информации позволяет адекватно сравнивать полученные ими выводы [2].

Результаты

Не только хранимые свыше одного зеттабайта сведения, но и сами 325415056 строк ежедневных записей состояния накопителей за рассмотренный период представляют из себя большие данные [3]. Для обеспечения возможности их анализа были выбраны строки на последнюю упоминаемую дату по каждому из 318826 накопителей, имеющих отличающиеся друг от друга серийные номера. После устранения неточностей в данных они были сгруппированы в 151 модель, из них 137 на жестких дисках (HDD – hard disk drive), 14 твердотельные на микросхемах (SSD – solid state drive).

Для универсальности нужно не просто наличие непустых значений у параметров [4], но и чтобы они были у большинства накопителей более чем половины торговых марок. В таблице 1 приведены доли параметров в процентах для HDD накопителей, в таблице 2 – для SSD.

Таблица 1

Доли параметров SMART, имеющие непустые значения, для HDD накопителей разных торговых марок, %

SMART	00MD00	HGST	Hitachi	Samsung	ST	Toshiba	WDC
1	100,00	100,00	100,00	100,00	99,97	100,00	99,73
2		100,00	99,07		0,49	99,99	75,22
3	100,00	100,00	99,07	100,00	99,22	99,99	98,31
4	100,00	100,00	99,07	100,00	99,22	99,99	98,31
5	100,00	100,00	100,00	100,00	99,97	100,00	99,99
7	100,00	100,00	99,07	100,00	99,22	99,99	98,31
8		100,00	99,07	100,00	0,49	99,99	75,22
9	100,00	100,00	100,00	100,00	99,97	100,00	99,99
10	100,00	100,00	99,07	100,00	99,22	99,99	98,31
11		0,01		100,00	0,49	0,01	23,09
12	100,00	100,00	99,07	100,00	99,22	99,99	98,57
13		0,01		100,00	0,02	0,01	
15		0,01			0,02	0,01	
16		0,01			0,02	0,01	
17		0,01			0,02	0,01	
18		0,01			35,65	0,01	

SMART	00MD00	HGST	Hitachi	Samsung	ST	Toshiba	WDC
22		52,68			0,02	0,01	75,22
23		0,01			0,02	97,50	
24		0,01			0,02	97,50	
160		0,01			0,02	0,01	
161		0,01			0,02	0,01	
163		0,01			0,02	0,01	
164		0,01			0,02	0,01	
165		0,01			0,02	0,01	0,26
166		0,01			0,02	0,01	0,26
167		0,01			0,02	0,01	0,26
168		0,01			0,02	0,01	0,26
169		0,01			0,02	0,01	0,26
170		0,01			0,02	0,01	0,26
171		0,01			0,02	0,01	0,26
172		0,01			0,02	0,01	0,26
173		0,01			0,02	0,01	0,26
174		0,01			0,02	0,01	0,26
175		0,01			0,02	0,01	
176		0,01			0,02	0,01	
177		0,01			0,02	0,01	
178		0,01			0,02	0,01	
179		0,01			0,02	0,01	
180		0,01			0,02	0,01	
181		0,01			0,02	0,01	
182		0,01			0,02	0,01	
183	100,00	0,01		100,00	25,93	0,01	
184	100,00	0,01		100,00	41,51	0,01	0,27
187	100,00	0,01		100,00	98,75	0,01	0,27
188	100,00	0,01		100,00	98,75	0,01	0,27
189	100,00	0,01			41,51	0,01	
190	100,00	0,01		100,00	98,75	0,01	0,01
191	100,00	0,01			40,42	91,32	1,26
192	100,00	100,00	99,07		97,66	99,99	97,83
193	100,00	100,00	99,07		97,19	99,99	97,83
194	100,00	100,00	100,00	100,00	99,97	100,00	99,99
195		0,01		100,00	52,96	0,01	
196		100,00	99,07	100,00	0,49	99,99	98,31
197	100,00	100,00	100,00	100,00	99,97	91,43	99,73
198	100,00	100,00	99,07	100,00	99,22	99,99	98,31
199	100,00	100,00	99,07	100,00	99,22	99,99	98,57
200		0,01		100,00	58,42	0,01	23,09
201		0,01		100,00	0,02	0,01	
202		0,01			0,02	0,01	
206		0,01			0,02	0,01	
210		0,01			0,02	0,01	

SMART	00MD00	HGST	Hitachi	Samsung	ST	Toshiba	WDC
218		0,01			0,02	0,01	
220		0,01			0,02	91,32	
222		0,01			0,02	91,32	
223		4,92			0,49	91,32	16,47
224		0,01			0,02	91,32	
225		0,01			0,49	0,01	
226		0,01			0,02	91,32	
230		0,01			0,02	0,01	0,26
231		0,01			0,02	0,01	
232		0,01			0,02	0,01	0,26
233		0,01			0,02	0,01	0,26
234		0,01			0,02	0,01	0,26
235		0,01			0,02	0,01	
240	100,00	0,01			98,69	91,32	0,68
241	100,00	4,92			98,69	8,57	16,90
242	100,00	4,92			98,69	8,57	16,90
244		0,01			0,02	0,01	0,26
245		0,01			0,02	0,01	
246		0,01			0,02	0,01	
247		0,01			0,02	0,01	
248		0,01			0,02	0,01	
250		0,01			0,08	0,01	
251		0,01			0,08	0,01	
252		0,01			0,08	0,01	
254		0,01			0,31	0,01	0,15
255		0,01			0,02	0,01	

Таблица 2

Доли параметров SMART, имеющие непустые значения, для SSD накопителей
разных торговых марок, %

SMART	CT	DELLBOSS	HP SSD	MTFDDAV	Samsung SSD	Seagate	SSDSCKKB
1	100,00		100,00	100,00		100,00	100,00
5	100,00		100,00	100,00	100,00		100,00
9	100,00		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
12	100,00		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
13				100,00			100,00
16						100,00	
17						100,00	
160			100,00				
161			100,00				
163			100,00				
164			100,00				
165			100,00				

SMART	CT	DELLBOSS	HP SSD	MTFDDAV	Samsung SSD	Seagate	SSDSCKKB
166			100,00				
167			100,00				
168			100,00			100,00	
169			100,00				
170						100,00	100,00
171	100,00						
172	100,00						
173	100,00			2,02		100,00	100,00
174	100,00			2,02		100,00	100,00
175			100,00	2,02			100,00
176			100,00				
177			100,00		100,00	100,00	
178			100,00				
179				100,00	100,00		100,00
180	100,00			100,00			100,00
181			100,00	100,00	100,00		100,00
182			100,00	100,00	100,00		100,00
183	100,00			2,02	100,00		
184	100,00			2,02			100,00
187	100,00				100,00		
188				2,02			
190					100,00		
192			100,00			100,00	
194	100,00		100,00	100,00		100,00	100,00
195			100,00	100,00	100,00		100,00
196	100,00		100,00	2,02			
197	100,00		100,00				100,00
198	100,00		100,00	100,00			100,00
199	100,00		100,00	100,00	100,00		100,00
201				100,00			100,00
202	100,00			100,00			100,00
206	100,00			2,02			
210	100,00			2,02			
218						100,00	
231						100,00	
232			100,00			100,00	
233				100,00		100,00	100,00
234						19,97	100,00
235				2,02	100,00	100,00	100,00
241			100,00	2,02	100,00	100,00	100,00
242			100,00			100,00	100,00
245			100,00	100,00			100,00
246	100,00						
247	100,00			2,02			
248	100,00			2,02			

Сравнение значений параметров состояния отказавших и работающих HDD накопителей позволило выявить среди них следующие универсальные показатели надежности: 1, 5, 7, 10, 196, 197, 198.

Для накопителей отдельных торговых марок могут хорошо подходить не универсальные показатели, значения которых вообще отсутствуют у других торговых марок [5].

Для SSD накопителей таких универсальных показателей нет. В связи с этим для отдельных торговых марок рассматривались параметры 177, 198, 199, 232, 235, 241, 245.

Исходя из распределения числа накопителей информации в зависимости от значений показателей были подобраны следующие критерии в виде границ: 0 – для точечного диапазона с нулевыми значениями показателей надежности; 1 – для точечного диапазона, в котором хоть один показатель надежности имеет значение, равное единице; 2-8 – для диапазона, в котором значение хотя бы одного показателя надежности больше единицы, но не превышает восьми, т.е. одну дорожку секторов записи/считывания; >8 – полуоткрытый диапазон со значениями хотя бы одного показателя надежности больше восьми.

Группировка продолжающих работать накопителей информации по диапазонам согласно степени их надежности и соответствующей долей оплаты от максимального тарифа для HDD приведена в таблице 3, для SSD – в таблице 4. На 30.06.2022 нет работающих HDD накопителей торговых марок 00MD00 и Samsung, а также SSD накопителей торговых марок CT, HP, MTFDDAV, Samsung, SSDSCKKB. У SSD накопителей DELLBOSS (Boot Optimized Storage Solution – оптимизированное для загрузки решение для хранения данных) отсутствуют значения всех показателей за весь временной период.

Там же указаны упущенная выгода, рассчитанная как неполученный по максимальному тарифу доход, а также дополнительный доход по сниженным тарифам, экономия за счет отказа от досрочного снятия накопителей, прибыль при оплате услуг по хранению 3 терабайт информации по тарифу 5700 руб. в год

(Яндекс) и базовой цене накопителя такой емкости в 5000 руб.

Таблица 3

Матричная модель ранжирования HDD накопителей по надежности, отн. ед.

надежность	0	1	2-8	>8	упущен. выгода	дополн. доход	экономия на накоп.	прибыль, руб./шт.
оплата	1,00	0,75	0,50	0,25				
00MD00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
HGST	0,978	0,003	0,003	0,003	0,022	0,009	0,022	38,05
Hitachi	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
Samsung	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
ST	0,000	0,000	0,000	0,250	1,000	0,250	1,000	725,55
Toshiba	0,986	0,006	0,002	0,001	0,014	0,008	0,014	36,98
WDC	0,989	0,001	0,003	0,001	0,011	0,005	0,011	20,37

Таблица 4

Матричная модель ранжирования SSD накопителей по надежности, отн. ед.

надежность	0	1	2-8	>8	упущен. выгода	дополн. доход	экономия на накоп.	прибыль, руб./шт.
оплата	1,00	0,75	0,50	0,25				
CT	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
DELLBOSS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
HP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
MTFDDAV	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
Samsung	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
Seagate	0,000	0,000	0,000	0,250	1,000	0,250	1,000	725,00
SSDSCKKB	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00

На рисунках 1 и 2 приведены зависимости прибыли за год от доли базовой цены HDD и SSD накопителей за шт.

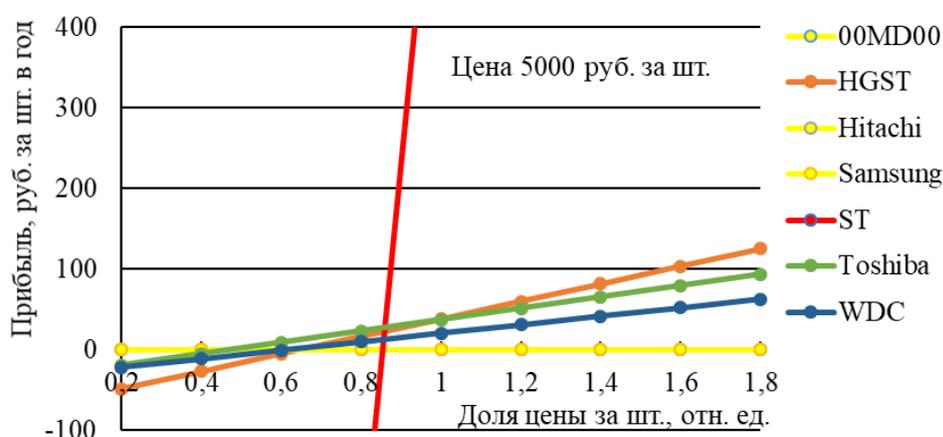


Рис. 1. Зависимость прибыли за год от цены HDD накопителя за шт. при оплате услуг по хранению 5700 руб. за 3 Тб

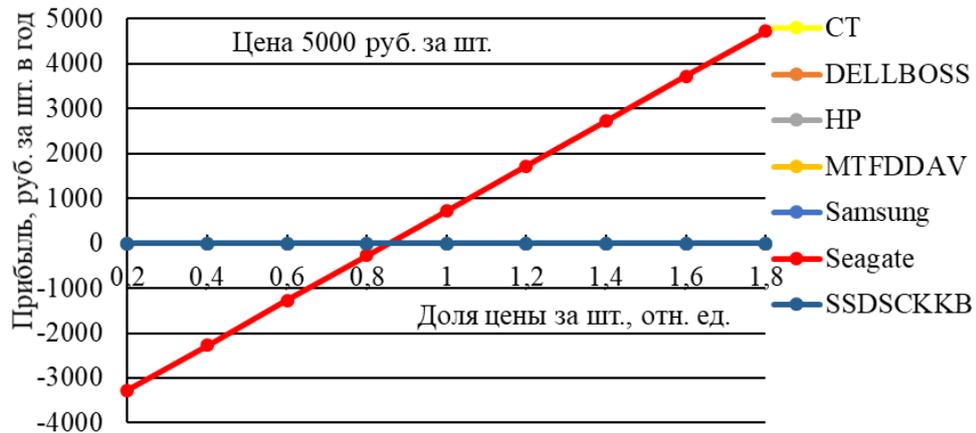


Рис. 2. Зависимость прибыли за год от цены SSD накопителя за шт. при оплате услуг по хранению 5700 руб. за 3 Тб

Для лучшей детализации ось ординат на рисунке 1 растянута. При этом зависимость для накопителей торговой марки ST совпадает с Seagate на рисунке 2.

Прибыль получается за счет значительной экономии на накопителях при их высокой цене по сравнению с уменьшением дохода при сниженной оплате от услуг хранения на не вполне надежных накопителях.

Обсуждение и выводы

По определению надежностью считается время наработки на отказ. Однако из-за большой «младенческой смертности» HDD и SSD накопителей в виде выхода из строя в начальный период эксплуатации соответствующий параметр 9 Power-on hours (количество часов во включенном состоянии) не удовлетворил предъявляемым требованиям универсальности.

Как видно из таблиц 1 и 2 число накопителей с ненулевыми значениями параметров SMART, имеющимися в наличии сразу у всех или хотя бы у большинства торговых марок, невелико. Отсюда можно сделать первый вывод: скорее всего, при практической реализации метода придется подбирать показатели надежности под каждую торговую марку отдельно.

Судя по таблице 3 среди продолжающих работать HDD накопителей торговой марки ST фирмы Seagate имеется большое число тех, у которых значения показателей надежности находятся в зоне с наибольшим риском отказа. Детальный

анализ показывает, что речь идет о конкретном показателе 7 Seek error rate, указывающим на ошибки позиционирования блока магнитных головок. Похожее распределение по диапазонам надежности в таблице 4 наблюдается и у SSD накопителей торговой марки Seagate той же фирмы. Исходя из этого можно сделать второй вывод: не приобретать накопители торговых марок с конструктивными недостатками.

Однако, как следует из рисунков 1 и 2, эти накопители с большими значениями показателей надежности при высоких ценах выгодно продолжать эксплуатировать, а не снимать досрочно. Поэтому можно сделать третий вывод: для повышения эффективности функционирования data-центров следует уменьшить цену хранения на таких накопителях соответственно степени их надежности тем самым повысив привлекательность услуги для хранения некритической информации.

Заключение

Научная новизна исследования заключается в формулировке матричной модели многопараметрического ранжирования накопителей информации по диапазонам надежности, основанной на установлении соответствия между степенью важности информации и ценой ее хранения в зависимости от надежности накопителей, позволяющей повысить эффективность хозяйственной деятельности data-центров за счет экономии на накопителях.

Перспективными областями применения предложенного метода являются не только крупные промышленные предприятия, но и обслуживающие их банки, торговля, а также экотуризм для работников.

Список использованных источников

1. Ходжаева Д.Ф. Лучшие облачные сервисы, используемые в сфере образования // Проблемы современной науки и образования. 2022. № 1 (170). С. 24-27. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48118613>
2. Diallo M.S., Mokeddem S.A., Braud A., Frey G., Lachiche N. Identifying benchmarks for failure prediction in industry 4.0 // Informatics. 2021. 8 (4). P. 68.

<https://doi.org/10.3390/informatics8040068>

3. Насыров И.Н., Насыров И.И., Насыров Р.И. Большие данные по надежности накопителей информации в data-центрах // Цифровая экономика. 2022. № 2 (18). С. 33-37. <https://doi.org/10.34706/DE-2022-02-04>

4. Cahyadi, Forshaw M. Hard disk failure prediction on highly imbalanced data using LSTM network // IEEE International Conference on Big Data (Big Data, 15-18 December 2021, Orlando, FL, USA). 2021. P. 3985-3991. <https://doi.org/10.1109/BigData52589.2021.9671555>

5. Демидова Л.А., Филатов А.В. Разработка модели классификации состояния жестких дисков на основе LSTM-нейронных сетей // Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии. 2021. Т. 5. № 1. С. 37-42. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46592613>

Nasyrov I.N., professor, doctor of economic Sciences, assistant professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University, ecoseti@yandex.ru

Nasyrov I.I., assistant professor, candidate of technical Sciences, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University, ecoseti@yandex.ru

Nasyrov R.I., senior teacher, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University, ecoseti@yandex.ru

MATRIX METHOD OF INFORMATION STORAGE DEVICES MULTIPARAMETRIC RANKING BY RELIABILITY TO IMPROVE INDUSTRIAL DATA CENTERS EFFICIENCY

Abstract: A multiparametric ranking of continuing functioning, prematurely removed, failed drives by reliability ranges was performed based on publicly available data from one of the world's largest commercial data centers of Backblaze. It was found that a large number of working drives have poor reliability indicators with values other than zero. A matrix method of increasing efficiency (profit) for industrial data centers is proposed due to information distribution according to importance with the cost of storage depending drives' reliability degree.

Key words: drive; information; reliability; indicator; efficiency; data-center.

УДК 621.436

*Румянцев В.В., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
e-mail: vvr1954@mail.ru*

*Бакирова Э.Р., студентка, 4 курс, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
e-mail: elmira.bakirova.01@mail.ru*

*Валиев Р.Ф., студент, 4 курс, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
e-mail: valeika_omg@mail.ru*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ДИЗЕЛЕЙ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Аннотация: Приводится сравнительный анализ параметров комбинированных дизелей большегрузных автомобилей. Отмечено, что при существующих ограничениях по выбросам вредных веществ необходимо введение принципиальных изменений в рабочий процесс для достижения теплового коэффициента полезного действия двигателей более 0,5 и выше.

Ключевые слова: Двигатель внутреннего сгорания, дизель, сравнительный анализ, коэффициент полезного действия.

Сравнительный анализ основных параметров конкретных однотипных изделий позволяет оценить как общий уровень их совершенства, так и уровень совершенства конкретного изделия. Важной задачей анализа является определение путей совершенствования данных изделий.

Обычно для сравнения поршневых двигателей внутреннего сгорания и уровня их совершенства (развития) применяют такие параметры, как: среднее эффективное давление цикла P_e , литровая мощность N_e , удельный эффективный расход топлива g_e и т.д. При этом сравниваются двигатели одинакового рабочего объема V_h , одного класса по выбросам вредных веществ, конкретного назначения (автомобильные, тракторные, стационарные) и одной конструктивной схемы (рядные, V-образные и др.). Хотя последнее не обязательно.

Основным производителем большегрузных автомобилей категории N3 в Российской Федерации является ПАО КАМАЗ. На данные автомобили в настоящее время устанавливаются рядные шестицилиндровые двигатели с воспламенением от сжатия (дизели). Основные параметры дизелей КАМАЗ P6 и дизелей основных зарубежных производителей приведены в таблице 1 [2-10].

Таблица 1

Основные показатели дизелей грузовых автомобилей

			КАМАЗ P6	Daimler	Volvo	MAN	Scania	DAF	Navistar	Cummins	Weichai
	Показатель	Ед. изм.	КАМАЗ 910.10	OM 471	D13K 540	D2676	DC13 101	Paccar MX13	A 26	X15	WP13
1	BBB	-	Евро-5	Euro-6	Euro-6	Euro-6	Euro-6	Euro-6	Euro-6	Euro-6	China 6
2	V _h	л	12	12.8	12.8	12.4	12.7	12.9	12.4	14.9	12.54
3	ε	-	17.5	18.3	17.8	18	18	17.7	18.5	18.9	-
4	D	мм	130	132	131	126	130	130	126	137	127
5	S	мм	150	156	158	166	160	162	166	169	165
6	S/D	-	1.15	1.18	1.21	1.32	1.23	1.25	1.32	1.23	1.30
7	Ne	кВт	331	390	397	353	368	375	389	416	412
8	n _N	мин ⁻¹	1900	1600	1800	1800	1900	1750	1700	1600	1900
9	M _{e,max}	Н·м	2300	2600	2600	2500	1900	2500	2373	2770	2550
10	n _M	мин ⁻¹	1000- 1300	1100	862- 1458	930-1400	1000- 1350	1000- 1425	975- 1000	950- 1150	950- 1400
			1000	1100	862	930	1000	1000	975	950	950
12	N _{e,л}	кВт/ л	27.6	30.5	31.0	28.5	29.0	29.1	31.4	27.9	32.9
13	g _e	г/кВт г·ч	182.5	183	189	188	186	-	-	-	-
14	P _e	МПа	1.74	2.29	2.07	1.90	1.83	1.99	2.21	2.09	2.08
15	K _m	-		1.12	1.23	1.33	1.03	1.22	1.09	1.12	1.23
16	COOГ	-	SCR	DOC+DPF+SCR							
17	N _П	кВт/ дм ²	41.6	47.5	49.1	47.2	46.2	47.1	52.0	47.0	54.2
18	N _{ПМ}	кВт/ дм ²	30.2	36.5	29.0	32.5	25.0	32.9	32.4	31.2	33.4

В таблице 1 обозначено: V_B – нормы выброса вредных веществ, V_h - рабочий объем; ϵ - степень сжатия; D - диаметр цилиндра; S - ход поршня; N_e - номинальная мощность двигателя; n_N - номинальная частота вращения коленчатого вала; $M_{e,max}$ - максимальный крутящий момент; n_M - частота вращения, соответствующая максимальному крутящему моменту; $N_{e,l}$ - литровая мощность; g_e - минимальный удельный эффективный расход топлива; P_e - среднее эффективное давление; K_m - коэффициент приспособляемости; СООГ - система обработки отработавших газов; N_{II} - поршневая мощность на режиме $N_{e,max}$; $N_{II,m}$ - поршневая мощность (режим M_{max}). Прочерки означают нет данных.

Видно, что зарубежные моторы имеют больший литраж. Даже при сравнимом уровне форсирования по среднему эффективному давлению P_e зарубежные дизели имеют большую мощность.

Все двигатели комбинированные, со свободным турбокомпрессором, снабжены охладителем надувочного воздуха. Система топливоподачи Common Rail. Газораспределение четырехклапанное.

Для сравнения удобнее рассматривать диапазоны изменения основных параметров рассматриваемых двигателей с дизелем КАМАЗ Р6, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2

Параметры зарубежных дизелей и дизеля КАМАЗ Р6.

№ п/п	Наименование параметра	Значение	КАМАЗ Р6
1	Диаметр цилиндра D , мм	126-132	130
2	Ход поршня S , мм	156...166	150
3	Отношение S/D (параметр длинноходности)	1,182...1,317	1,15
4	Рабочий объем, л	12,40...12,90	11,94
5	Степень сжатия ϵ	18,0...18,5	17,5
6	Мощность (кВт)/номинальная частота вращения коленчатого вала n_N , мин ⁻¹	353...397	331
7	Номинальная частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	1600...1900	1900
8	Максимальный крутящий момент $M_{e,max}$ (Н×м) при частоте	2373...2600	2060

№ п/п	Наименование параметра	Значение	КАМАЗ Р6
	вращения вала n_M (мин^{-1})		
9	Частота вращения коленчатого вала n_M , соответствующая максимальному моменту, мин^{-1}	930...1400	1000...1300
10	Литровая мощность на номинальном режиме работы N_L , кВт/л	27,8...32,3	27,72
11	Среднее эффективное давление P_e , МПа	1,8...2,3	1,75
12	Минимальный удельный эффективный расход топлива g_e (г/кВт×ч) по внешней скоростной характеристике	183...189	182,5
13	Коэффициент приспособляемости K_M	1,09...1,35	1,24
14	Давление впрыска топлива, бар	1800...2700	1800
15	Система топливоподачи	Common Rail	Common Rail
16	Количество клапанов на цилиндр, тип головки блока	4 клапана на цилиндр, моноголовки, индивидуальные.	4 клапана на цилиндр индивидуальные
17	Расположение распределительного вала	верхнее, среднее	среднее
18	Скоростной коэффициент K_C	0,53-0,74	0,53...0,68
19	Экологический класс, применяемые мероприятия	Euro VI, US10, China VI SCR+DOC+DPF	Euro V

По прогнозу аналитиков AVL [1] к 2015 году литровая мощность дизелей большегрузных автомобилей должна была составить 35...40 кВт/л. Видно, что данный уровень форсирования до сих пор не достигнут. Здесь основным сдерживающим фактором можно считать ужесточение норм по выбросам вредных веществ (ВВВ). Последнее влияет и на экономичность двигателей. Так, для дизелей КАМАЗ Р6 удельный эффективный расход топлива g_e составляет 182,5 г/(кВт×ч) при выполнении требований по ВВВ на уровне Euro V (таблица 1). Тогда как зарубежные аналоги имеют в основном более высокие значения $g_e = 183...189$ г/(кВт×ч) при выполнении норм Euro VI и равных им (Таблица 2). Так можно ориентировочно оценить «ущерб» от перехода на более высокий уровень требований по ВВВ.

Делая прогнозы в отношении перспективных параметров дизелей КАМАЗ Р6 для большегрузных автомобилей будем учитывать следующее:

- выполнение законодательно установленных нормы токсичности по выбросам вредных веществ является обязательным;

- автомобильная техника, на которую предполагается установка перспективного дизеля, соответствует уровню дорожных сетей и условиям безопасности дорожного движения;

- на базе перспективного дизеля возможна реализация двигателей соответствующего мощностного ряда.

Перспективные параметры получаются в результате эволюционного развития базового (серийно выпускаемого) дизеля. Революционные, принципиально новые пути развития, меняющие облик двигателя, будут рассмотрены без количественной оценки эффективности их внедрения.

Рабочий объем перспективного двигателя КАМАЗ Р6

Наиболее простым способом повышения эффективной мощности дизелей КАМАЗ Р6 по аналогии с зарубежными двигателями можно считать увеличение рабочего объема.

Рабочий объем рассматриваемых зарубежных двигателей составляет 12,4...12,9 л. При этом объем одного цилиндра 2,07...2,15 л. (дизель Cummins X15 не рассматривается, т.к. относится к дизелям с условным рабочим объемом 15 л.). Рабочий объем одного цилиндра определяют диаметр D и ход поршня S .

В таблице 2 максимальное значение диаметра цилиндра $D=132$ мм. Ход поршня для схемы Р6 с условным рабочим объемом 13 л ($i=6$):

$$S=V_h \times 10^6 / (\pi \times D^2 \times i / 4) = 158,4 \text{ мм.}$$

Если окончательно принять (округлить) $D=158$ мм, отношение $(S/D) = 1,196$ рабочий объем составит: $V_h = \frac{(\pi \times D^2 \times S)}{4} = 12,97 \text{ Дм}^2 \approx 13 \text{ л.}$

При сохранении литровой мощности базового двигателя КАМАЗ Р6 $N_{л} = 27,72$ кВт/л номинальная мощность составит 359 кВт (488 л.с.), что соответствует нижнему пределу зарубежных аналогов (таблица 2).

Следует отметить, что повышение «длинноходности» (повышение S/D) приводит к росту относительного времени на процессы смесеобразования и

сгорания топлива, а некоторый рост механических потерь может быть снижен за счет снижения частоты вращения коленчатого вала в первую очередь на режимах n_M (downspiding).

Среднее эффективное давление цикла, литровая мощность

Анализ параметров рассматриваемых дизелей показывает (таблица 2), что среднее эффективное давление цикла находится в пределах $P_e = 1,8 \dots 2,3$ МПа. Соответственно литровая мощность на номинальном режиме работы $N_{л} = 27,8 \dots 32,3$ кВт/л. Перспективными будем считать параметры, приведенные в [1] (рисунок 1 и 2).



Рис. 1. Диапазон изменения литровой мощности (кВт/л)



Рис. 2. Диапазон изменения среднего эффективного давления (МПа)

Форсирование базового дизеля КАМАЗ Р6 до уровня 2,3 МПа, что соответствует литровой мощности $N_{л} = 30,5$ кВт/л (Daimler OM 471) позволит повысить номинальную эффективную мощность до $N_e = 395,6$ кВт (489 л.с.), что соответствует верхнему пределу аналогичных зарубежных двигателей (таблица 2).

Форсирование по среднему эффективному давлению потребует повышения цикловой подачи топлива (давления впрыска до 2700 бар) и повышенного воздухообеспечения за счет подбора и настройки турбокомпрессора.

Максимальный крутящий момент при сохранении коэффициента приспособляемости $K_M = 1,24$ базового двигателя составит: $M_{\text{emax}} = (9549N_e/n_N) \times K_M = 2465 \text{ н} \times \text{м}$ при $n_M = 1000 \text{ мин}^{-1}$.

Если принять значение литровой мощности в соответствии с прогнозами на уровне 35...40 кВт/л [1], то мощность может составить 454...519 кВт (617...706 л.с.), а максимальный крутящий момент 2829...3234 н×м. Однако, практика создания как отечественных, так и зарубежных дизелей показала, что при соответствующих ограничениях по ВВВ на уровне Euro VI, реализация подобного уровня форсирования весьма проблематична.

Степень сжатия

Если рассматривать перспективные нормы по ВВВ, то следует учитывать и ограничение по выбросам CO_2 . В первую очередь это достигается снижением расхода топлива. Снижение расхода топлива достигается повышением эффективного теплового КПД цикла двигателей.

Если оценивать КПД по формуле К.Циннера [11] $\eta_e = 86/g_e$, то для рассматриваемых двигателей его значение составляет 0,455...0,462. Формула Циннера получена при значении низшей теплоты сгорания топлива $H_U = 4,1868 \times 10^7$ Дж/кг. Для современных дизельных топлив $H_U = 4,26 \times 10^7$ Дж/кг. Тогда $\eta_e = 84,5/g_e = 0,445...0,447$. В любом случае значение η_e не превышает 50%.

В начале 2021 года на страницах интернета появилась следующая информация [12]:

«Крупнейший производитель двигателей – китайская государственная корпорация Вейчай (Weichai Group), в 2020 разработал коммерческий дизельный двигатель с эффективным КПД (коэффициент полезного действия) 50,26%.

Это очень серьёзный прорыв в деле снижения расхода дизельного топлива и выброса CO_2 , поскольку до сих пор эффективный КПД дизелей, производящихся во всём мире, не превышал 46%.

В итоге, увеличение КПД дизеля на 4% приведёт к снижению расхода дизтоплива на 8%, что в мировых масштабах даёт огромную экономию – а это миллионы тонн топлива».

В соответствие с [11] удельный эффективный расход топлива должен составлять 171 г/(кВт×ч).

На значение эффективного КПД в первую очередь влияет степень сжатия. Так для теоретического цикла справедлива зависимость:

$$\eta_t = 1 - A \times \left(\frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \right),$$

где: $A=1$ для цикла с подводом теплоты при постоянном объеме (ДВС искрового зажигания, цикл Отто); для цикла Тринклера (со смешанным подводом теплоты) $A=f(\lambda, \rho, k)$; ε , λ , ρ , k - соответственно степень сжатия, степень изохорного повышения давления, степень предварительного расширения и показатель адиабаты.

Поскольку в современных дизелях стремятся снизить значение ρ (предварительный впрыск в системах Common Rail) можно оценить относительное повышение η_t при $A=1$.

Так, при значении $\varepsilon = 18$ (среднее из таблицы 2) и $k=1,33$ (для продуктов сгорания углеводородных топлив) $\eta_t = 0,615$; при $\varepsilon = 21$ $\eta_t = 0,634$; при $\varepsilon = 23$ $\eta_t = 0,645$. Прирост КПД соответственно 3,1% и 4,8%. Поэтому можно предположить, что повышение экономичности дизелей и снижение CO_2 будет связано с необходимостью повышения степени сжатия ε .

Топливоподача и воздухообеспечение

На сайте министерства энергетики США участники проекта Super Truck II в течение 2022 года отчитались о результатах работ [13-15]. К примеру, компания Volvo оценивает абсолютный прирост за счет совершенствования процесса сгорания и воздухообеспечения (турбонаддув) по 1% соответственно (рисунок 3). Подобные результаты получены Cummins, Daimler, Navistar, Paccar - участники проекта Super Truck II.

Прогресс - Проверка технологий для силовых агрегатов

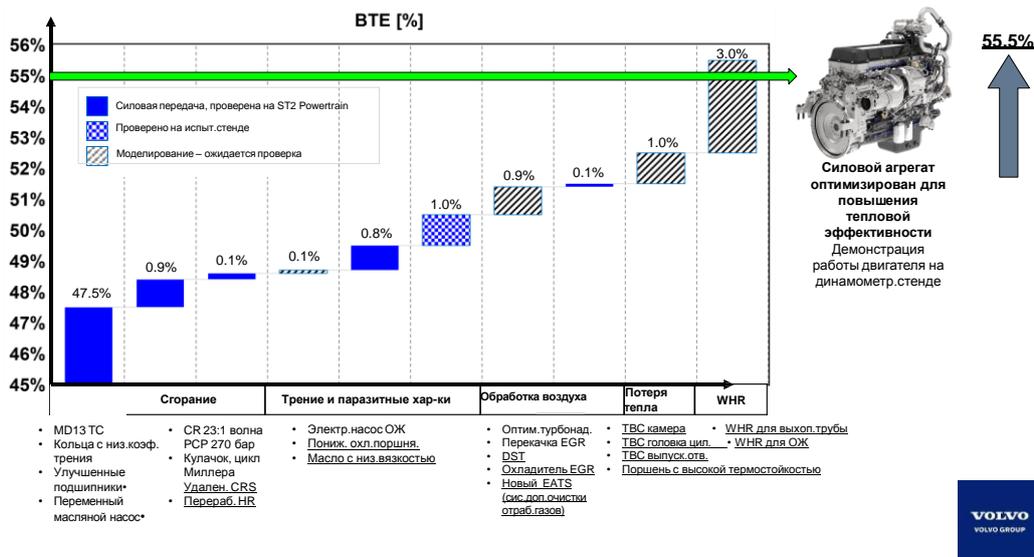


Рис. 3. Вклад различных технологий в повышение теплового КПД.

Давление впрыска топлива прогнозируется на уровне 2700 бар и выше, система топливоподачи Common Rail X-Pluse ф.Bosch (рисунок 4). Применяются волновые камеры сгорания (рисунок 5). Рассматривается применение регулируемого наддува, в некоторых двигателях (Cummins) двухступенчатого. Компании Volvo и Daimler рассматривают реализацию схем с силовой турбиной – турбокомпаунд (turbo compound). Все двигатели имеют «укороченный» процесс впуска по циклу Миллера.

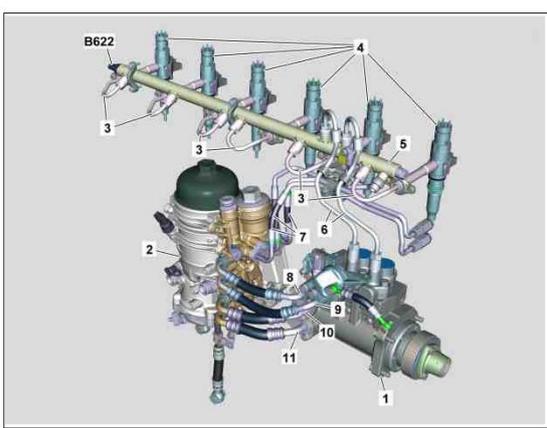


Рис. 4. Система подачи топлива Common Rail X-Pluse



Рис. 5. Волновая камера сгорания

Следует добавить, что программа Super Truck II предусматривала достижение теплового КПД двигателей 55%, что и было продемонстрировано всеми участниками при испытаниях на тормозных стендах. Однако при этом

понадобилось применение системы WHR - рекуперация отработанного тепла. Последнее вносит принципиальные изменения в конструкцию двигателя, который по сути становится регенеративной энергетической системой.

К перспективным технологиям можно отнести электропривод водяного и масляного насосов, компрессора EGR (Exhaust Gas Recirculation – система рециркуляции выхлопных газов).

Заключение

Если остановиться на перечне технологий, позволяющих обеспечить тепловой КПД дизелей КАМАЗ Р6 для большегрузных автомобилей категории N3 без принципиального изменения состава систем (WHR, турбокомпаунд и т.д.) на уровне 50...52% можно предложить следующее:

- повышение рабочего объема базового двигателя до 13 л.;
- изменение отношения S/D до 1,2;
- повышение степени сжатия до $\varepsilon=21...23$;
- реализация значений давления впрыска топлива 2700 бар и выше;
- реализация цикла Миллера с укороченным процессом впуска;
- создание высокоэффективного регулируемого турбокомпрессора.

Ожидаемое значение минимального удельного эффективного расхода топлива $g_e = 162,5...169,0$ г/(кВт×ч). Последнее позволит снизить уровень CO₂ от сгорания углеводородных топлив.

Список использованных источников

1. Франц К. Мозер. Дизель в 2015 г. Требования и направления развития технологий дизелей для легковых и грузовых автомобилей // Журнал автомобильных инженеров. – 2008. - №4(51).
2. КАМАЗ 910.10 перспективный дизельный мотор: <https://www.zr.ru/content/articles/804952-novye-turbodizeli-kamaza-perspektivnyj-ryad/>
3. Двигатель Mercedes OM 471: <https://yourmotor.ru/engines/mercedes/dvigatel-om471/>

4. Двигатель Volvo D13K: <https://dostavka99.ru/drugoe/dvigatel-d13-volvo.html>
5. Двигатель MAN D2676: <https://yourmotor.ru/engines/man/dvigatel-d2676/>
6. Двигатель Scania DC13: https://truck-and-bus.ru/news/new_items/25768/
7. Двигатель DAF Paccar MX13: [:https://www.daf.ru/-/media/files/document-library/infosheets/engines/euro-6/mx-13/daf-paccar-mx-13-engines-ru-527061.pdf](https://www.daf.ru/-/media/files/document-library/infosheets/engines/euro-6/mx-13/daf-paccar-mx-13-engines-ru-527061.pdf)
8. Двигатель Navistar Int.A26: <https://www.internationaltrucks.com/engines/international-a26>
9. Двигатель Cummins X15: <https://www.cummins.com/ru/engines/x15-productivity-series>
10. Двигатель Weichai WP13: https://adg-energy.ru/dizelnye_dvigateli/weichai/weichai-wp13d385e200/
11. Циннер К. Наддув двигателей внутреннего сгорания = Aufladung von Verbrennungsmotoren: перевод с немецкого/Под ред. д-ра техн. наук Н.Н.Иванченко. – Л., Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978. – 264 с., ил.
12. <https://dzen.ru/a/X-7Z3P5OaG9qGaws>
13. https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/06/f63/ace100_Rotz_2019_o_5.1_10.55am_jl.pdf
14. <https://dieselnet.com/news/2020/07supertruck.php>
15. <https://www.volvotrucks.com/en-en/news-stories/press-releases/2022/jun/volvo-trucks-showcases-new-zero-emissions-truck.html>

Rumyancev V.V., candidate of technical Sciences, assistant professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University, e-mail: vvr1954@mail.ru

Bakirova E.R., student of the 4th year of the direction of training 13.03.03 Power engineering, profile – internal combustion engines, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University, e-mail: elmira.bakirova.01@mail.ru

Valiev R.F., student of the 4th year of the direction of training 13.03.03 Power engineering, profile – internal combustion engines, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University, e-mail: valeika_omg@mail.ru

COMPARATIVE ANALYSIS OF PARAMETERS OF COMBINED DIESEL ENGINES OF HEAVY-DUTY VEHICLES

Abstract: A comparative analysis of the parameters of combined diesel engines of heavy-duty vehicles is given. As a result, a forecast is given for the promising parameters of KAMAZ P6 diesels. It is noted that with the existing restrictions on emissions of harmful substances, it is necessary to introduce fundamental changes in the workflow in order to achieve a thermal efficiency of engines of more than 0.5 and higher.

Keywords: Internal combustion engine, diesel, comparative analysis, efficiency.

УДК 621.43.004

Румянцев В.В., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», e-mail: vvr1954@mail.ru

Нуриев Г. А., студент 4-го курса направления подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение, профиль – двигатели внутреннего сгорания, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», e-mail: fox.99999966@gmail.com

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИВОДНОГО НАГНЕТАТЕЛЯ И ТУРБОКОМПРЕССОРА В СОСТАВЕ ДВИГАТЕЛЯХ ИСКРОВОГО ЗАЖИГАНИЯ НА АВТОМОБИЛЯХ КАТЕГОРИИ М1

Аннотация: Проведен расчетный сравнительный анализ эффективности применения турбокомпрессоров и приводных нагнетателей в составе поршневых двигателей внутреннего сгорания с принудительным воспламенением рабочей смеси. Приведены зависимости для оценки потерь мощности на привод приводного нагнетателя.

Ключевые слова: Двигатель внутреннего сгорания, принудительное воспламенение, наддув, приводной нагнетатель, турбокомпрессор, расчетный анализ.

Отечественные автопроизводители на сегодняшний день не производят двигателей искрового зажигания с наддувом. Известны попытки создания

опытных моторов для автомобилей ВАЗ совместно с английской компанией Ricardo, сведения о которых появились в 2013 году. Позже в 2019 году появилась информация об установке на автомобилях «Лада» двигателей Renault H5Ht (TCe 150), созданный совместно с Daimler AG и последующей локализацией производства на территории РФ. По понятным причинам в настоящее время эти планы не были реализованы.

Совместно с Тольяттинским государственным университетом (ТоГУ) АвтоВАЗ в 2015 году планировал испытания двигателя ВАЗ-11192 с приводным нагнетателем.

Преимущество приводных нагнетателей заключается в быстром отклике на изменение режимов работы самого двигателя. К недостаткам следует отнести следующее: невозвратные потери мощности на привод и ограничение по степени повышения давления π_K , которое ограничено обычно значением 1,8. Схема комбинированного двигателя с приводным нагнетателем приведена на рисунке 1.

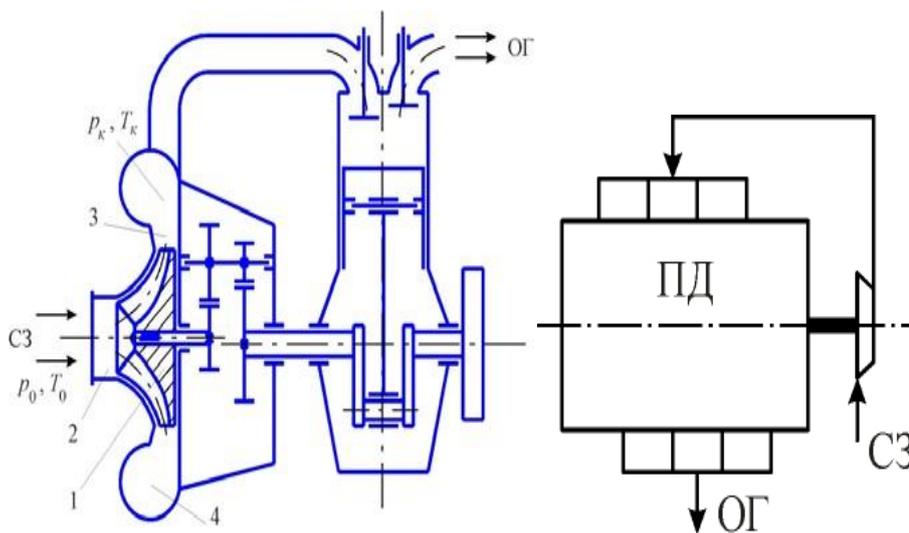


Рис.1. Принципиальная схема комбинированного двигателя с механической связью:

1 – колесо компрессора; 2 – входное устройство; 3 – диффузор; 4 – воздухоотборник; ПД – поршневой двигатель; ОГ – отработавшие газы; СЗ – свежий заряд.

В качестве приводных нагнетателей обычно применяются нагнетатели объемного типа Roots, они проще по конструкции по сравнению с нагнетателями типа Lysholm [1, 6], а значит дешевле (Рисунок 2). Габаритные размеры и масса подобных нагнетателей зависит от массового расхода рабочего тела (воздуха) через них. Поэтому в двигателях VW TSI приводной нагнетатель работает на частичных режимах, далее включается турбокомпрессор. Вследствие нагрева воздуха в нагнетателях данного типа необходимо применение охладителя, что также усложняет и удорожает конструкцию двигателя. Установка охладителя обусловлена и борьбой с негативным для двигателей искрового зажигания явлением – детонацией. Давление наддува ограничено значениями 0,18...0,20 МПа, что вполне приемлемо для ДВС искрового зажигания. Адиабатический КПД $\eta_{KS} = 0,6...0,8$ в диапазоне степени повышения давления 1,1...2,0 [2].

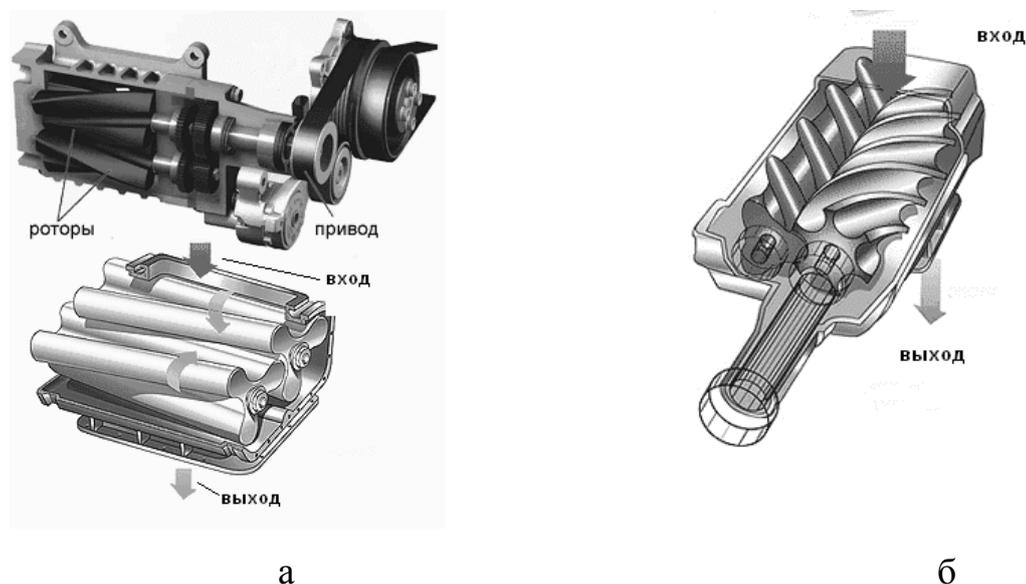


Рис. 2. Приводные винтовые компрессоры:

а – типа ROOTS (Рутс); б – типа Lysholm (Лисхольм)

Затраты мощности N_K (Вт) на осуществление процесса сжатия воздуха в нагнетателях (компрессорах) любого типа:

$$N_K = G_B \times \frac{H_{KS}}{\eta_{KS}},$$

где: G_B – расход воздуха через компрессор [кг/с], H_{KS} – удельная работа сжатия (напор) [Дж/кг], η_{KS} – адиабатический (изоэнтропный) КПД.

Удельная работа сжатия в свою очередь определяется:

$$H_{KS} = \frac{k}{k-1} R \times T_{K1} \times \left(\pi_k^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right),$$

Здесь $\pi_k = P_{2K}/P_{1K}$ – степень повышения давления воздуха в компрессоре; T_{K1} – температура воздуха на входе в компрессор; $k = 1,41$ – показатель адиабаты идеального газа (воздуха); $R=297,3$ Дж/(кг×К) – массовая газовая постоянная для воздуха.

С целью определения затрат мощности на привод компрессора были проведены следующие расчеты:

- расчет удельной работы сжатия (удельного напора) H_{KS} при расходе $G_B=1$ кг/с;
- расчет воздуха через двигатель рабочим объемом $V_h = 1,6$ л ($1,6 \times 10^{-3}$ м³) при различных значениях $\pi_k = 1,4 \dots 2,0$ и частоте вращения коленчатого вала двигателя ($n=0 \dots 5600$ мин⁻¹).

Диапазон значений расхода воздуха при различных значениях π_k и КПД η_{KS} ограничивался значениями $0,02 \dots 0,16$ кг/с.

Зависимость удельной работы H_{KS} от степени повышения давления π_k приведена на рис. 3.

Затраты мощности на привод компрессора при различных значениях расхода G_B и КПД η_{KS} иллюстрированы графиком на рис.4.

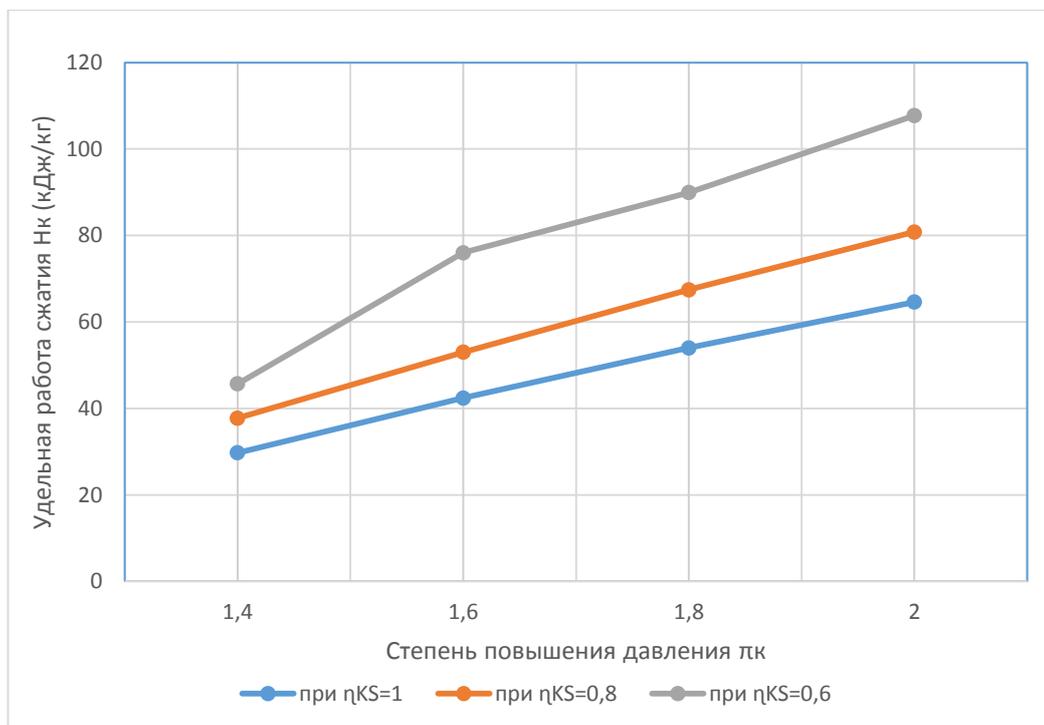


Рис.3. Зависимость удельной работы сжатия от степени повышения давления и адиабатического КПД

Степень повышения давления воздуха в компрессорной ступени турбокомпрессора задавалась исходя из условия $p_k = 2,0$.

Остальные исходные данные (углы опережения зажигания, фазы газораспределения, продолжительность сгорания и т.д.) задавались согласно рекомендациям [7]. Сочетанием отдельных параметров достигалось значения коэффициентов избытка воздуха $\alpha \approx 1,0$. При этом контролировалась эмиссия вредных веществ в отработавших газах и удельный эффективный расход топлива.

Внешняя скоростная характеристика того же двигателя, но со свободным турбокомпрессором показана на рис.5 [7]. Расчет проводился на девяти скоростных режимах работы двигателя .

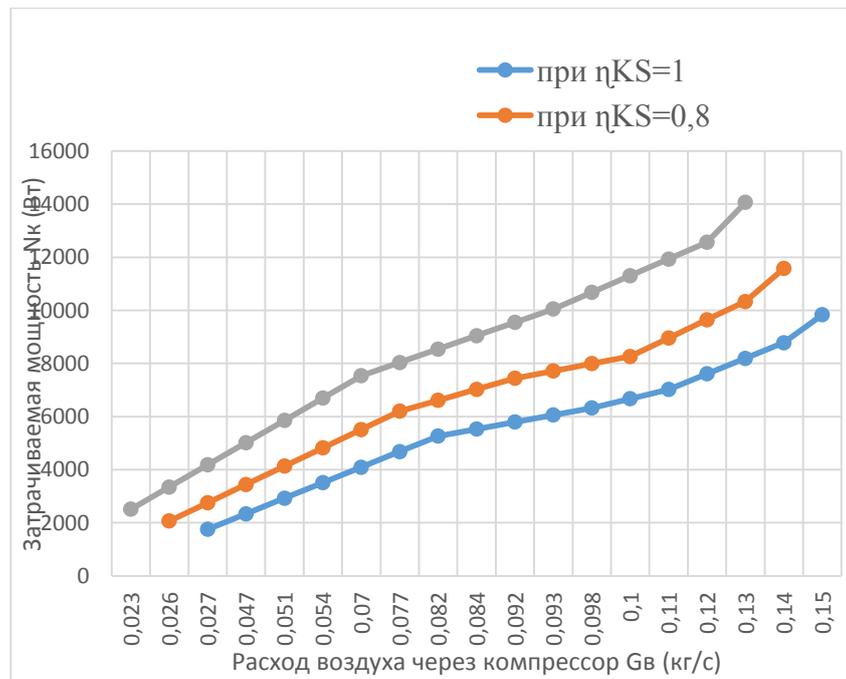


Рис.4. Затраты мощности на привод компрессора при различных расходах воздуха и КПД

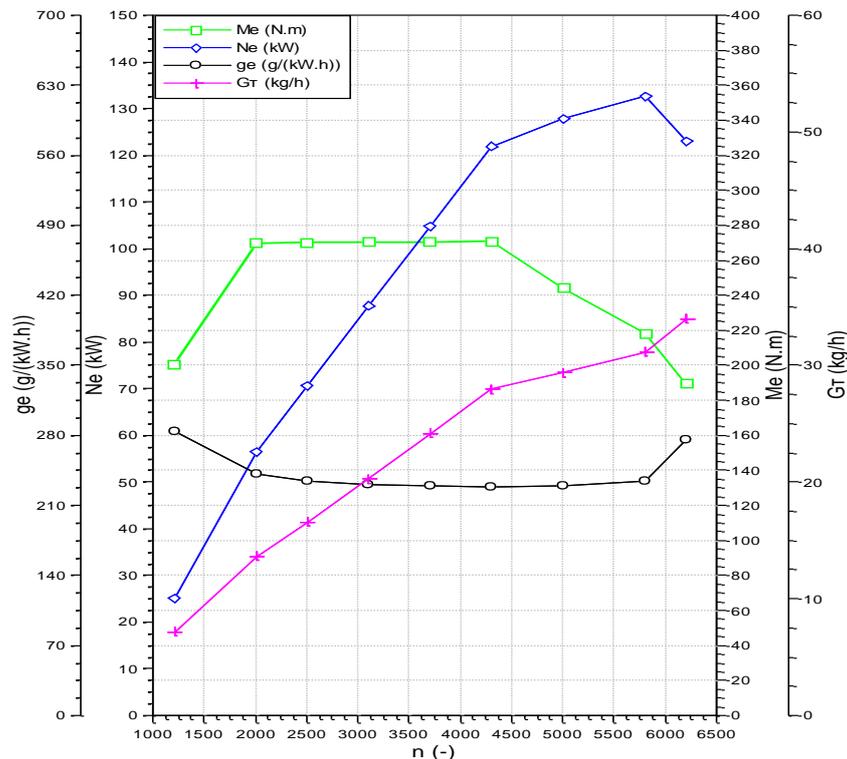


Рис.5. Внешняя скоростная характеристика двигателя

В результате анализа характеристик компрессорных ступеней различных турбокомпрессоров, выпускаемых отечественными производителями [5], был

выбран турбокомпрессор производства ПАО КАМАЗ ТКР7С- 6 Характеристика компрессорной ступени данного турбокомпрессора показана на рис.4 [5], на которую нанесена линия (толстая сплошная) совместных режимов работы с самим двигателем.

По результатам теплового расчета расход воздуха через двигатель изменялся от 0,0548 кг/с при частоте вращения коленчатого вала $n=2000 \text{ мин}^{-1}$ до 0,1680 кг/с при $n=5800 \text{ мин}^{-1}$.

При этом степень повышения давления в компрессоре сохранялась постоянной $\pi_k = 2,0$ в указанном диапазоне частот.

Видно, что часть расходной характеристики двигателя лежит за границей помпажа, что недопустимо. Поэтому в диапазоне часто вращения коленчатого вала от 2000 мин^{-1} до 3600 мин^{-1} сделана корректировка расходной характеристики (толстая пунктирная линия на рис.6). Данная линия удалена от границы помпажа на расстоянии $\Delta K_y = 10...12\%$. Указанные значения коэффициента запаса устойчивой работы ΔK_y на практике реализуются соответствующими значениями цикловой подачи топлива $q_{т.ц}$ и регулированием турбины, о чем речь пойдет ниже.

Проведенные тепловые расчеты для двигателя ВАЗ-21126 ($V_h = 1,6 \text{ л}$; $n = 5600...6800 \text{ мин}^{-1}$) при значении $\pi_k = 2,0$ показали возможность форсирования по мощности на номинальном режиме работы:

- для варианта с турбокомпрессором 1,36...1,86 (до $N_e = 132 \text{ кВт}$)
- для варианта с приводным компрессором 1,16...1,6.

Важно подчеркнуть, что по результатам теплового расчета значения адиабатического КПД компрессорной ступени составило $\eta_{кs} = 0,71$ при $n=4300 \text{ мин}^{-1}$ и $\eta_{кs} = 0,73$ при $n=5800 \text{ мин}^{-1}$.

В заключении можно отметить, что форсирование двигателей искрового зажигания с помощью приводных нагнетателей (компрессоров) вполне возможно и эффективно. Тем более, что применение турбокомпрессоров типа ТКР потребует их регулирования [3,4], а значит, усложнения конструкции ТКР.

В силу указанных обстоятельств зарубежные производители двигателей, такие как DaimlerChrysler, Ford и General Motors, устанавливают на некоторые свои автомобили механические нагнетатели типа Рутс.

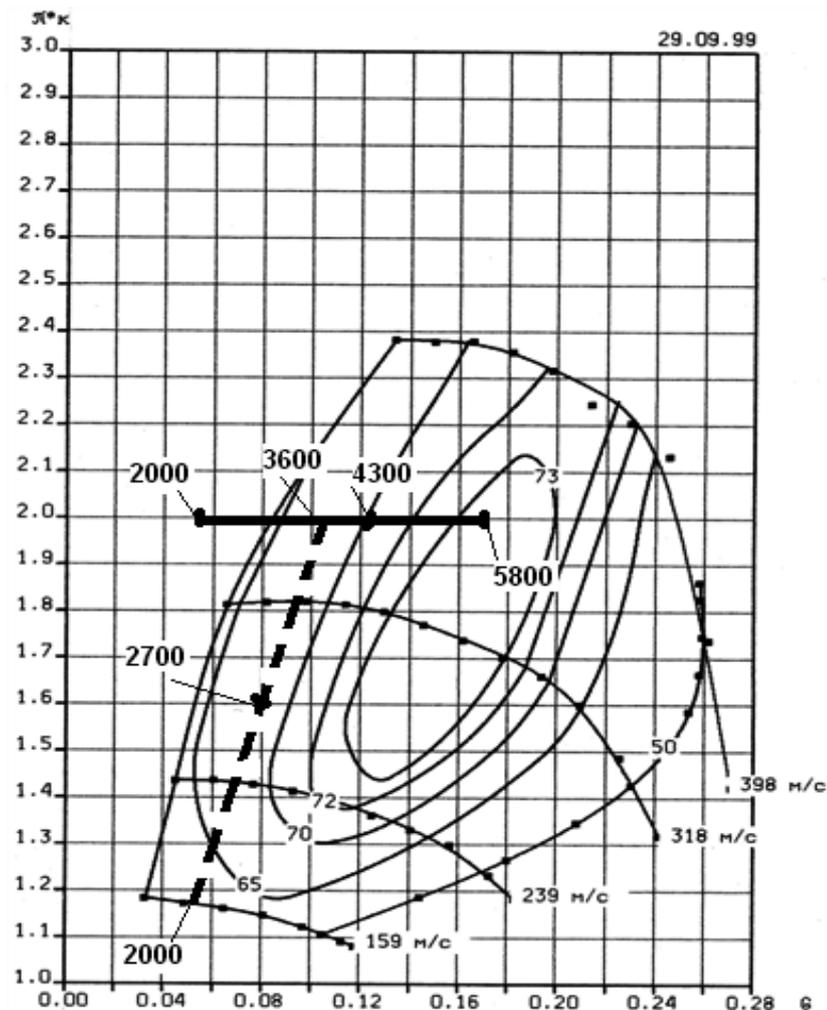


Рис.6. Характеристика компрессорной ступени турбокомпрессора ТКР7-С и расходная характеристика двигателя (толстая сплошная и пунктирная линии)

Список использованных источников

1. Лазарев Е.А., Лазарев В.Е. Конспект лекций по агрегатам наддува двигателей/Учебное пособие (электронная версия). – Челябинск, 2010г. – 187с.
2. Визгалов С.В., Ибраев А.М. Влияние типа профиля ротора на характеристики компрессора типа Рутс// Вестник Казанского технологического университета. – 2013. - №23(16). – С. 156-158.
3. Румянцев В.В. Регулирование турбокомпрессоров автотракторных двигателей: Монографическое исследование/ В.В.Румянцев, С.В.Тиунов,

Р.Л.Биктимиров - Наб.Челны: Камская государственная инженерно-экономическая академия, 2010. – 212 с. ил.

4.Румянцев В.В. Перспективы развития систем наддува транспортных дизелей//Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. – Набережные. Челны, НЧИ КФУ – 2016 – № 3 (70). – С.11 –20.

5. Гатауллин Н.А., Гафуров Г.Г., Галеев А.Х. и др. Создание малоразмерных автотракторных турбокомпрессоров в ОАО КамАЗ. Труды юбилейной научно-практической конференции «Перспективы развития автомобилей и двигателей в республике Татарстан». Набережные Челны, 8-9 декабря 1999 г.: Изд-во ОАО «КамАЗ», 1999, С. 95-101.

6. <https://www.drive2.com/b/622386/>

7. Румянцев В.В., Вазетдинов Р.Р., Соснин Р.Р. Модернизация турбокомпрессоров типа ТКР7 отечественного производства установкой регулируемого соплового аппарата турбины для работы в составе двигателей ВАЗ-21126/Вестник транспорта Поволжья, 2022, №6 (96). С. 93-104.

Nuriev G.A. student of the 4th year of the direction of training 13.03.03 Power engineering, profile – internal combustion engines, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

Rumyancev V.V. candidate of technical Sciences, assistant professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE USE OF A DRIVE SUPERCHARGER AND A TURBOCHARGER AS PART OF A SPARK IGNITION ENGINE ON M1 CATEGORY VEHICLES

Abstract: A calculated comparative analysis of the efficiency of the use of turbochargers and drive superchargers as part of reciprocating internal combustion engines with forced ignition of the working mixture was carried out. Dependences for estimating power losses on the drive of the drive supercharger are given.

Keywords: Internal combustion engine, forced ignition, supercharging, drive supercharger, turbocharger, calculation analysis.

УДК 669.046.527

*Сафронов Н.Н., д.т.н., профессор, Набережночелнинский институт
Казанского (Приволжского) Федерального университета*

*Харисов Л.Р., к.т.н., доцент, Набережночелнинский институт Казанского
(Приволжского) Федерального университета*

*Фазлыев М.Р., соискатель Набережночелнинский институт Казанского
(Приволжского) Федерального университета*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ЛИГАТУРЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ Al-Ti-B, ПОЛУЧЕННОЙ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Аннотация: Установлены закономерности физико-химических и физико-механических процессов формирования лигатуры Al-Ti-B, позволяющей оптимальными технологическими свойствами и экологической чистотой. Разработана математическая модель физико-химического процесса формирования структуры лигатуры Al-Ti-B в зависимости от состава исходных материалов. Разработана математическая модель эксплуатации лигатуры Al-Ti-B с целью измельчения зерна сплава системы Al-Si.

Ключевые слова: сплавы алюминия, модифицирование, лигатура Al-Ti-B, зародышеобразование, электрошлаковое литье, дисперсные отходы машиностроения

Введение

Алюминиевые сплавы находят широкое применение в авиа-, автомобилестроении и других отраслях машиностроения благодаря малой плотности, высоким значениям удельных характеристик прочностных и пластических свойств, относительно низкой стоимостью [1, 2]. Эти положительные качества алюминиевых сплавов во многом обусловлены модифицирующей обработкой их жидкого состояния, значительно повышающей свойства обсуждаемых сплавов при неизменном химическом составе. Из ряда применяемых модификаторов лигатура на основе системы Al-Ti-B имеет достаточно широкое распространение. Область использования данной лигатуры достаточно обширна: это производство слитков для последующей экструзии, фольги, ответственных корпусных отливок в кокиль и песчаные формы. Поэтому

исследования, направленные на улучшение её модифицирующих свойств, являются актуальными [3].

Технологический процесс получения лигатур насчитывает большое множество способов, среди которых можно отметить три основных, нашедших применение в производственной практике: сплавление чистых компонентов, алюмотермическое восстановление легирующего металла из его солей или оксидов и электролизное восстановление. Каждый способ получения лигатуры имеет преимущества и в тоже время обладает недостатками. В настоящем исследовании поставлена задача – использовать для синтеза лигатуры Al-Ti-B дисперсные отходы машиностроения в виде стружечных отходов. Для решения указанной задачи, по нашему мнению, предложена эффективная технология в виде комплекса порошковой металлургии и электрошлакового литья. Методы порошковой металлургии позволяют провести подготовительные работы по формированию расходуемого электрода электрошлакового литья посредством таких технологических операций, как сушка стружечных отходов, их измельчение и смешивание в шаровой мельнице, работающей на определенных долях от критической скорости вращения, мундштучное прессование. Электрошлаковое литьё позволяет совместить процессы приготовления жидкой фазы синтезируемой лигатуры и получения литого пруткового изделия. Использование в комплексе методов порошковой металлургии и электрошлакового литья позволяет избавиться от многих недостатков традиционных способов получения лигатуры Al-Ti-B, упрощая этот процесс, дает возможность регулировать соотношение фаз и структуру синтезируемой лигатуры с использованием дисперсных отходов машиностроения за счет варьирования состава исходной шихты, позволяет получать материалы с минимально возможным содержанием примесей [4].

Проблема оптимизации силуминовых расплавов опытной лигатурой Al-Ti-B.

В настоящей работе исходными материалами для изготовления опытной лигатуры Al-Ti-B служили стружечные отходы литейного сплава марки АК7,

технического титана марки ВТ1-00 и аморфный бор марки А. Указанные материалы измельчались до фракции <50 мкм, смешивались и компактировались мундштучным прессованием с получением пруткового изделия диаметром 10 мм и длиной 500 мм. Это изделие служило расходной субстанцией электрошлакового процесса литья прутковой лигатуры диаметром 10 мм. Объектом модифицирования был сплав марки АК7. Эта же марка алюминиевого сплава в виде стружечных отходов, как было выше указано, использовалась в качестве основного компонента шихтовой композиции для формирования расходной субстанции электрошлакового процесса литья прутковой лигатуры, и исполняла роль её матрицы. Приготовление расплава, поддержание его температуры и проведение модифицирования указанной марки алюминиевого сплава производили в электропечи сопротивления САТ-0,16 в стальных тиглях. В качестве исходных шихтовых материалов использовали алюминий марки А7 (ГОСТ 11069-2001), сплав АК12пч (ГОСТ 1583-93) и магний МГ95 (ГОСТ 1583-93). Введение модификатора в приготовленный расплав осуществлялось при температуре $720 \pm 20^\circ\text{C}$. Исследование структуры модифицированного металла проводилось на образцах, вырезанных из слитков круглого поперечного сечения диаметром 150 мм, полученных заливкой расплава в подогретый до 300°C стальной кокиль. Анализ микроструктуры проводили с использованием микроскопа «NEOPHOT-21», а количественную её оценку с помощью программы для анализа цифровых изображений Axio Vizion (Carl Zeiss) с использованием измерительных модулей Interactive Measurement (Program Wizard).

Объектом исследования как кибернетическая система «черный ящик» [5] в настоящей работе является зерноизмельчающий эффект опытной лигатуры Al-Ti-B, выраженный размером литого зерна модифицируемого сплава АК7. Этот параметр играет роль отклика – количественной величины, характеризующей объект исследования. Задача определения функциональной зависимости отклика от влияющих на него факторов решалась посредством активного эксперимента, отличающегося от пассивного большей скоростью и эффективностью

нахождения решения. В качестве варьируемых управляемых факторов выбраны те, которые характеризуют особенности комбинации шихтовых материалов получения опытной лигатуры Al-Ti-B предлагаемым нами способом, и количество вводимой в расплав АК7 этой лигатуры: x_1 – массовое соотношение в шихтовой композиции титан- и борсодержащих материалов при допустимых пределах варьирования 2-10; x_2 – массовая доля (%) в шихтовой композиции борсодержащего материала при допустимых пределах варьирования 0,2- 1; x_3 – количество вводимой в расплав лигатуры (кг/т расплава) при допустимых пределах варьирования 0-0,6. Характерно, что первый управляемый фактор одновременно указывает на количество в шихтовой композиции титансодержащего материала при известном количестве борсодержащего.

Английский статистик Рональд Фишера в своей работе [6] доказал целесообразность одновременного варьирования всеми факторами, существенно влияющими на оптимизируемый параметр. Поэтому за основу установления функциональной зависимости между откликом и указанными выше управляемыми факторами (математическая модель) нами было выбрано планирование опытных исследований по плану полного факторного эксперимента [7]. План является насыщенным в виду того, что число опытов равно числу определяемых коэффициентов математической модели, отражающей влияние трёх управляемых факторов на размер литого зерна модифицируемого сплава АК7:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^3 b_i x_i + \sum_{i,u=1}^3 b_{iu} x_i x_u + b_{123} x_1 x_2 x_3. \quad (1)$$

Реализация указанного плана позволяет определить оценки всех коэффициентов математической модели (1). Обсуждаемый план говорит о том, что управляемые факторы варьируются только на двух уровнях – верхнем и нижнем и соответственно обозначены 1 и -1. Следует отметить, что управляемые факторы, представленные в таблице 1, имеют кодированные значения. Методика кодирования приведена в работе [8]. Столбцы x_1 , x_2 , x_3 задают планирование эксперимента – по ним определяют результаты опыта; столбцы x_0 , $x_1 * x_2$, $x_1 * x_3$, $x_2 * x_3$, $x_1 * x_2 * x_3$ служат только для расчета. Члены уравнения регрессии (1),

содержащие произведения $x_1 * x_2$, $x_1 * x_3$, $x_2 * x_3$, отражают парное взаимодействие факторов, член уравнения регрессии $x_1 * x_2 * x_3$ – отражает тройное взаимодействие.

Откликом кибернетической системы является результат наблюдения величины средневзвешенного размера литого зерна модифицируемого сплава АК7 из анализируемой совокупности. Этот параметр носит случайный характер. Поэтому для уменьшения погрешности оценки истинного значения отклика необходимо в каждой точке плана проводить несколько параллельных опытов. По их результатам определяют среднее значение отклика. Такая методика даёт возможность уменьшить погрешность оценки истинного значения отклика в \sqrt{m} раз (m количество параллельных опытов). В настоящей работе принято $m=3$. Кроме того для каждого опыта проделана процедура по выявлению возможных грубых промахов или выскакивающих значений в серии параллельных откликов при одинаковых значениях управляемых факторов. Указанная процедура проводилась нами с использованием широко применяемого для малой выборки метода максимального относительного отклонения [9]. Максимальное относительное отклонение $\tau_{\text{макс}}$ – это относительное отличие проверяемого (крайнего) результата $u_{\text{кр}}$ от среднего арифметического $u_{\text{ср}}$, выраженное в долях среднеквадратичной ошибки S_m и вычисляемое по следующей формуле:

$$\tau_{\text{макс}} = \left| \frac{1}{\sqrt{(m-1)/m}} \frac{u_{\text{ср}} - u_{\text{кр}}}{S_m} \right| \leq \tau_{\text{табл.}} \quad (2)$$

Формула (2) указывает на то, что вычисленное значение максимального относительного отклонения необходимо сравнить с табличным на предмет, является ли проверяемый отклик входящим в данную числовую совокупность. Положительный ответ будет в случае соблюдения неравенства. Значение эталонного (табличного) показателя в условиях настоящего исследования $\tau_{\text{табл.}}=1,41$ [10]. Оно применимо для объёма выборки $m=3$ и риска ошибиться, равного 5%.

С целью оценки качества проведенного в данной работе исследования проверялась однородность дисперсий, имевших место в 8 сериях опытов.

Поскольку каждая серия насчитывала одинаковое количество параллельных опытов ($m=3$), указанная проверка однородности производилась по критерию Кохрена [11]. Данный критерий означает долю максимальной дисперсии в сумме всех имеющихся, то есть вычисляется по формуле:

$$G = (S_y^2)_{\max} / \sum S_y^2 \leq G_{\text{крит.}} \quad (3)$$

Формула (3) одновременно даёт основание судить о равнозначности 8 серий опытов. Критическое значение критерия Кохрена ($G_{\text{крит.}}$) определяется в зависимости от числа степеней свободы каждой дисперсии (в настоящем исследовании оно равно $m-1=2$), числа серий опытов (8) и уровня значимости ($\alpha=0,05$). Расчётное значение критерия Кохрена (G) сравнивалось с критическим $G_{\text{крит.}}=0,5157$.

Определение коэффициентов уравнения регрессии (1) основано на методе наименьших квадратов, и являются они результатом скалярного произведения столбца y_i на соответствующий столбец плана (таблица 1) с соотношением к числу опытов в матрице планирования $N=8$. В соответствии с этим вычисления коэффициентов уравнения регрессии (1) осуществляются по следующим формулам:

$$b_{j(0,1,2,3)} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 x_{ji} y_i, \quad b_{12} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 (x_1 x_2)_i y_i, \quad b_{13} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 (x_1 x_3)_i y_i, \\ b_{23} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 (x_2 x_3)_i y_i, \quad b_{123} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 (x_1 x_2 x_3)_i y_i. \quad (4)$$

Оценка значимости коэффициентов уравнения регрессии производилась путём их сопоставления с границей (ε) доверительного интервала. Критерием значимости является превышение абсолютной величины коэффициента этой границы. Чем больше это превышение, тем более значим коэффициент уравнения регрессии. Это обстоятельство приобретает важное значение при анализе коэффициентов уравнения регрессии на предмет их вклада в величину отклика кибернетической системы. Характерной особенностью её является то, что коэффициенты регрессии не коррелированы между собой, так как матрица полного факторного эксперимента является диагональной. Вследствие этого диагональные элементы ковариационной матрицы равны между собой, и поэтому все коэффициенты уравнения регрессии определяются с одинаковой

точностью, характеризуемой стандартным отклонением S_{bi} . Кроме того, если какие-либо коэффициенты уравнения регрессии окажутся незначимыми, то их исключение из уравнения (1) не скажется на остальных коэффициентах.

Граница доверительного интервала определялась по следующей формуле:

$$\varepsilon = t^* S_{bi}, \quad (5)$$

в которой t^* – табличное значение критерия Стьюдента, выбранного для уровня доверия 95% и числа степеней свободы $N(m-1)=16$, $t^*=2,12$. Стандартное отклонение для коэффициентов уравнения регрессии (1) S_{bi} определялось извлечением корня квадратного из дисперсии для них, которая вычислялась по следующей формуле:

$$S_{bi}^2 = \frac{S_{воспр.}^2}{Nm}, \quad (6)$$

где $S_{воспр.}^2$ – дисперсия воспроизводимости. Данная величина определялась на основании проведенных экспериментов 8 серий опытов, каждая из которых повторялась трижды. Дисперсия воспроизводимости в этом случае – это среднеарифметическое значение из 8 однородных построчных дисперсий.

После выше указанных действий формируется в окончательном виде математическая модель отклика кибернетической системы. Однако, чтобы ею пользоваться, необходимо исследовать обсуждаемую математическую модель на адекватность полученным экспериментальным данным. С этой целью определялась дисперсия адекватности [12] при условии равенства повторений опытов в каждой серии:

$$S_{ад.}^2 = \frac{m}{N-d} \sum_{i=1}^N (\hat{y}_i - y_i)^2, \quad (7)$$

которая характеризует расхождение между значениями, полученными по уравнению регрессии (\hat{y}_i), и результатами эксперимента (y_i). В формуле (7) d – число коэффициентов проверяемого уравнения регрессии. Далее полученное значение дисперсии адекватности сравнивается с дисперсией воспроизводимости. Если первая дисперсия меньше второй, то однозначно делается вывод об адекватности полученной математической модели. В противном случае их отношение больше 1. В этом случае для разрешения

проблемы адекватности прибегают к критерию Фишера [13], который регламентирует указанное отношение на предмет адекватности полученной математической модели.

Результаты экспериментального исследования и их анализ.

Результаты по исследованию размера литого зерна сплава АК7, модифицированного опытной лигатурой на основе системы Al-Ti-B, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Размер литого зерна сплава АК7 (мкм), модифицированного опытной лигатурой Al-Ti-B

№ серии	№ параллельного опыта			Среднее значение размера зерна, мкм
	1	2	3	
1	802	828	842	824
2	942	1020	1085	1016
3	515	547	646	569
4	763	769	799	777
5	485	481	505	490
6	701	663	721	695
7	214	229	300	248
8	434	462	448	448

В таблице 1 помимо экспериментальных данных имеются и расчётные – среднее значение размера зерна (правый столбец) – отклик кибернетической системы. Учитывая важность этого параметра, необходимо убедиться в отсутствии грубых промахов или выскакивающих значений в каждой серии параллельных откликов. С этой целью были вычислены максимальные относительные отклонения $\tau_{\text{макс}}$ в 8 сериях плана исследования. Кроме того, необходимо оценить качество проведенных опытов, на основе которых будет построена математическая модель. О надлежащем качестве можно судить, если все 8 серий опытов проведены с равной точностью, о чём свидетельствует критерий Кохрена. В таблице 2 приведены результаты расчётов построчных

значений стандартных отклонений, дисперсий, максимальных относительных отклонений (2):

Таблица 2

Статистические характеристики параллельных опытов серий экспериментов

№ серии	Стандартное отклонение	Дисперсия	Максимальные относительные отклонения $\tau_{\text{макс}}$
1	20,3	412	1,33
2	72,0	5187	1,26
3	68,0	4630	1,37
4	19,3	373	1,40
5	12,9	165	1,40
6	29,2	854	1,34
7	45,8	2100	1,40
8	13,9	194	1,22

Данные таблицы 2 дают основания считать, что в планируемом эксперименте получены результаты, которые являются приемлемыми для построения математической модели. Все 8 серий параллельных опытов проведены так, что выскакивающих значений не обнаружено. Рассчитанные величины максимальных относительных отклонений не превышают эталонного (табличного) показателя, равного $\tau_{\text{табл.}}=1,41$. Построчные дисперсии однородны в силу того, что расчётное значение критерия Кохрена не превышает критического значения

$$G = \frac{5187}{412+5187+4630+373+165+854+2100+194} = 0,3728 < G_{\text{крит.}} = 0,5157.$$

После установления репрезентативности данных таблицы 3 рассчитаем значения коэффициентов уравнения регрессии (1) по формулам (4):

$$b_0=633,4; b_1=100,6; b_2=122,9; b_3=163,1; b_{12}=1,4; b_{13}=0,6; b_{23}=0,6; b_{123}=-2,6.$$

Произведенные расчёты показывают, что коэффициенты уравнения регрессии значительно отличаются не только по знаку, но и по абсолютной величине в ряде случаев на 3 порядка. Это обстоятельство обуславливает провести анализ коэффициентов на их значимость, чтобы сформировать уравнение отклика кибернетической системы для последующей её оптимизации. Сначала рассчитаем

дисперсию воспроизводимости, которая необходима не только для анализа коэффициентов уравнения регрессии на значимость, но и для анализа на адекватность полученного уравнения отклика кибернетической системы:

$$S_{\text{воспр.}}^2 = \frac{1}{8} (412 + 5187 + 4630 + 373 + 165 + 854 + 2100 + 194) = 1739.$$

Далее определяем дисперсию коэффициентов уравнения регрессии по формуле (6):

$$S_{bi}^2 = \frac{1739}{8 \cdot 3} = 72$$

стандартное отклонение для них (ошибка):

$$S_{bi} = \sqrt{72} = 8,5$$

и границу доверительного интервала по формуле (5):

$$\epsilon = 2,12 \cdot 8,5 = 18,0$$

Сравнение коэффициентов уравнения регрессии (1) с границей доверительного интервала показывает, что значимыми являются b_0 , b_1 , b_2 , b_3 . Остальные коэффициенты незначимы для доверительной вероятности 95% и их можно не учитывать.

Проведенный выше анализ привёл к тому, что в окончательном виде математическая модель отклика кибернетической системы является линейной функцией исследуемых трёх переменных параметров. Перед тем, как делать определённые выводы по влиянию входных факторов на размер зерна модифицируемого лигатурой Al-Ti-B сплава АК7 необходимо убедиться в адекватности полученной линейной модели экспериментальным данным. Для этого определим дисперсию адекватности по формуле (7):

$$S_{\text{ад.}}^2 = \frac{3}{8-4} [(819-824)^2 + (1020-1016)^2 + (573-569)^2 + (774-777)^2 + (493-490)^2 + (694-695)^2 + (247-248)^2 + (448-448)^2] = 57$$

и сравним её с дисперсией воспроизводимости. Первая дисперсия оказалась значительно меньше второй, что позволяет утверждать об адекватности полученной линейной модели. Данная модель является результатом обработки экспериментальных опытов, проведенных на верхних и нижних уровнях управляемых факторов. Для полной убеждённости в возможности использования полученной линейной модели были проведены дополнительные 4 эксперимента, в которых управляемые факторы имели значения, соответствующие нулевому

(основному) уровню. Среднее значение отклика кибернетической системы составило:

$$y_0 = \frac{579+663+603+581}{4} = 606,5$$

Линейная модель при нулевых уровнях управляемых факторов прогнозирует $\hat{y} = b_0 = 633,4$. Имеющаяся разность $633,4 - 606,5 = 26,9$ между прогнозом и экспериментом на нулевом уровне относительно невелика и составляет 4,2%, что позволяет утвердиться в справедливости гипотезы о возможности использования полученной линейной модели. Об этом же говорит также тот факт, что дисперсия опытов на нулевом уровне управляемых факторов ($S_0^2 = 1537$) больше дисперсии адекватности.

Полученная адекватная линейная модель, описывающая влияние управляемых факторов: x_1 – массовое соотношение в шихтовой композиции титан- и борсодержащих материалов, x_2 – массовая доля (%) в шихтовой композиции борсодержащего материала, x_3 – количество вводимой в расплав лигатуры (кг/т расплава) на величину средневзвешенного размера литого зерна модифицируемого опытной лигатурой Al-Ti-B сплава АК7, позволяет с достаточной степенью достоверности (95%) утверждать, что факторы x_2 и x_3 являются зерноизмельчающими, а фактор x_1 наоборот – зерноукрупняющим. Зерноизмельчающий эффект от воздействия факторов x_2 и x_3 очевидно связан с увеличением в модифицируемом сплаве АК7 количества зародышеобразующих частиц. Зерноукрупняющий эффект от воздействия фактора x_1 объясняется тем, что в зародышеобразующей субстанции опытной лигатуры объёмная доля мелких интерметаллидных частиц TiB_2 снижается с одновременным возрастанием объёмной доли крупных интерметаллидных частиц Al_3Ti . Это обстоятельство обуславливает уменьшение количества зародышеобразующих частиц в модифицируемом расплаве.

В адекватной линейной модели коэффициенты при факторах x_1 , x_2 , x_3 имеют одинаковый порядок абсолютной величины, что говорит о примерно равном влиянии рассматриваемых факторов на размер зерна модифицируемого сплава. Однако некоторая разница в коэффициентах присутствует. В этой связи можно

отметить следующее ранжирование управляемых факторов по влиянию на отклик кибернетической системы по убывающей последовательности x_3, x_2, x_1 .

Обсуждаемая адекватная линейная модель может исполнять роль целевой функции, исследуя которую можно решить оптимизационную задачу по определению значений управляемых факторов, обуславливающих минимально возможный размер зерна модифицируемого сплава. Поскольку модель линейная в настоящей работе использовалась методика линейного программирования для решения указанной задачи [14]. Произведенное исследование показало, что область поверхности отклика кибернетической системы, соответствующей минимальным размерам зерна модифицируемого сплава АК7, находится при кодированных значениях управляемых факторов вблизи вершины куба с координатами x_1, x_2, x_3 соответственно $-1, +1, +1$. Указанные значения управляемых факторов гарантируют модифицирующий эффект для сплава АК7 под воздействием опытной лигатуры Al-Ti-B с получением мелкого литого зерна размером на уровне 250 мкм.

Заключение

В настоящей работе исследован и оптимизирован процесс модифицирования сплава АК7 опытной лигатурой на основе системы Al-Ti-B, изготовленной из стружечных отходов машиностроения с использованием комбинации процессов порошковой металлургии и электрошлакового литья. Получена адекватная линейная модель на основе проведенного исследования по плану полного факторного эксперимента 2^3 , в котором управляемыми факторами являлись: массовое соотношение в шихтовой композиции титан- и борсодержащих материалов (стружечные отходы технического титана марки ВТ1-00 и аморфный бор марки А) при допустимых пределах варьирования 2–10; массовая доля (%) в шихтовой композиции борсодержащего материала при допустимых пределах варьирования 0,2–1; количество вводимой в расплав лигатуры (кг/т расплава) при допустимых пределах варьирования 0–0,6. Роль растворителя в шихтовой композиции исполнял стружечный отход литейного сплава марки АК7. Откликом кибернетической системы являлся размер литого

зерна модифицируемого сплава АК7. Установлен зерноизмельчающий эффект у второго и третьего управляемого фактора и зерноукрупняющий у первого. Сила влияния на эффект модифицирования у трёх управляемых факторах имеет один порядок. Однако некоторое различие имеет место и выражено по возрастанию влияния иерархической последовательностью, отмеченной выше. Минимальной возможный размер литого зерна модифицированного сплава АК7 гарантирован с 95% вероятностью на уровне 250 мкм при комбинации кодированных управляемых факторов -1, +1, +1.

Список использованных источников

1. Бакулин Д.В. Влияние модифицирующей лигатуры Al-Ti-V на алюминиевые сплавы // Евразийский Научный Журнал. – 2020. – № 5. – Рубрика: Технические науки.
2. Александров В.М. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Учебное пособие. Часть 1. Материаловедение. Стандарт третьего поколения / В.М. Александров. – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет, 2015. – 327 с.
3. Гончаренко Е.С., Трапезников А.В., Огородов Д.В. Литейные алюминиевые сплавы (к 100-летию со дня рождения М.Б. Альтмана) // Электронный научный журнал «Труды ВИАМ». – 2014. – № 4.
4. Попов Д.А., Огородов Д.В., Трапезников А.В. Альтернативные источники борсодержащего сырья для производства лигатуры Al-V (обзор) // Труды ВИАМ. – 2015. – № 10. – С. 41-47.
5. Поваров Г.Н. Норберт Винер и его "Кибернетика" (от редактора перевода). // Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. – 2-е издание. – М.: Наука; Главная редакция изданий для зарубежных стран, 1983. – С. 5-28.
6. Vox G. Problems in the analysis of growth /G. Vox – N-Y, – 1936, p.376.
7. Чубинский А.Н. Методы и средства научных исследований. Методы планирования и обработки результатов экспериментов: учебное пособие для

студентов, обучающихся по направлениям 35.03.02 и 35.04.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств», профиль «Технология деревообработки» / А.Н. Чубинский, Д.С. Русаков, И.М. Батырева, Г.С. Варанкина – СПб.: СПбГЛТУ, 2018. – 109 с.

8. Макаричев Ю.А., Иванников Ю.Н. Методы планирование эксперимента и обработки данных: учеб. пособие / Макаричев Ю.А., Иванников Ю.Н. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2016. – 131 с.: ил.

9. Третьяк Л. Н. Основы теории и практики обработки экспериментальных данных: учеб. пособие для бакалавриата и магистратуры / Л.Н. Третьяк, А.Л. Воробьев; под общ. ред. Л.Н. Третьяк. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 217 с. (Серия: Университеты России).

10. Бараз В.Р. Использование MS Excel для анализа статистических данных: учеб. Пособие / В.Р. Бараз, В.Ф. Пегашкин; М-во образования и науки РФ; ФГАОУ ВПО «УрФУ им. Первого Президента России Б.Н.Ельцина», Нижнетагил. техн. ин-т (филиал). – 2-е изд., перераб. и доп. – Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2014. – 181с.

11. Бондарчук С.С., Бондарчук И.С. Статобработка экспериментальных данных в MS Excel: учебное пособие. – Томск: Издательство Томского государственного педагогического университета, 2018. – 433 с.

12. Ерещенко Т.В. Планирование эксперимента [Электронный ресурс]: учебно-практическое пособие / Т.В. Ерещенко, Н.А. Михайлова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос.archit.-строит. ун-т. – Электронные текстовые и графические данные (1,1 Мбайт). – Волгоград: Волг. ГАСУ, 2014. – Учебное электронное издание сетевого распространения. – Систем. требования: PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0. – Официальный сайт Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/on-line/> – Загл. с титул. экрана. ISBN 978-5-98276-728-8.

13. Ермолаев-Томин, О.Ю. Математические методы в психологии: учебник для академического бакалавриата / О.Ю. Ермолаев-Томин. — 5-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2017. — 511 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-03201-7. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode>
14. Анисимова Н.П., Ванина Е.А. Линейное программирование [Текст]: учеб.-метод. пособие / Н.П. Анисимова, Е.А. Ванина; Санкт-Петербургский филиал Нац. исслед. ун-та «Высшая школа экономики». — СПб.: НИУ ВШЭ — Санкт-Петербург, 2012. — 70 с. — 150 экз. ISBN 978-5-00055-003-8 (в обл.).
-

Safronov N.N., professor, Naberezhnye Chelny Institute, Kazan (Volga Region) Federal University

Kharisov L.R., assistant professor, Naberezhnye Chelny Institute, Kazan (Volga Region) Federal University

Fazliyev M.R., post-Graduate Student Naberezhnye Chelny Institute, Kazan (Volga Region) Federal University

PREDICTION AND OPTIMIZATION OF STRUCTURE LIGATURES BASED ON
THE AL-TI-B SYSTEM DERIVED ELECTROSLAG TECHNOLOGY FROM
MAN-MADE WASTE ENGINEERING

Abstract: Regularities of physical-chemical and physical-mechanical processes of formation of Al-Ti-B ligature, which allows optimal technological properties and environmental cleanliness, have been established. A mathematical model has been developed for the physicochemical process of formation of the Al-Ti-B ligature structure depending on the composition of the starting materials. A mathematical model for the operation of the Al-Ti-B ligature for the purpose of grinding grains of the Al-Si system alloy has been developed.

Keywords: aluminum alloys, modification, Al-Ti-B addition alloy, nucleation, electroslag casting, dispersed mechanical engineering waste.

УДК 656.1; 656.07

Челтыбашев А.А., к.п.н., заведующий кафедрой, ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет», cheltybashevaa@mstu.edu.ru, Мурманск, Россия.

Баринов А.С., старший преподаватель, ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет», barinovas@mstu.edu.ru, Мурманск, Россия.

Нерубащенко Н.Ю., начальник отдела организации пассажирских перевозок и дорожного движения комитета по развитию городского хозяйства администрации города Мурманска.

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА МУРМАНСКА

Аннотация: В статье рассмотрены проблемы роста издержек на транспортные перевозки в городе Мурманск. Приведены примеры способов повышения эффективности функционирования улично-дорожной сети. Сделаны выводы о выборе наиболее эффективного варианта решения для города Мурманск. Рассмотрены разные алгоритмы управления автоматизированной системой управления дорожным движением (АСУДД). Приведены этапы реализации внедрения АСУДД в городе Мурманск. Сделаны выводы о предполагаемой эффективности внедрения АСУДД в Мурманске.

Ключевые слова: автоматизированная система управления дорожного движения, транспортные потоки, светофорные объекты.

Введение

С ростом уровня автомобилизации увеличивается количество возникающих заторов на дорогах города. При этом, и продолжительность задержки транспортного потока растет [1;9]. В результате этого процесса возрастают издержки на транспортные перевозки и нагрузка на окружающую среду, а также снижается уровень безопасности на дорогах [4;11]. Внедрение

современных методов управления дорожным движением позволит снизить результаты этих факторов [2;7;10].

В числе способов повышения эффективности функционирования улично-дорожной сети существуют следующие меры:

- ограничение движения;
- ограничение въездов в определённые районы города;
- платные парковочные места;
- повышение штрафов за неправильную парковку транспортных средств;
- повышение привлекательности использования общественного транспорта.

Применение этих способов даёт эффект в долгосрочной перспективе [4]. Кроме того, эти способы снижают мобильность населения. В настоящее время решение проблемы возрастающей нагрузки на улично-дорожную сеть актуально для города Мурманска.

Для её решения, властями города и региона рассматривались различные варианты изменения существующей инфраструктуры, путем расширения существующих улиц, строительства эстакад и тоннелей, объездных дорог и т.п. Это, конечно, позволяло на какой-то промежуток времени снизить для Мурманска остроту данной проблемы, за счет перераспределения транспортных потоков, но высокая стоимость работ и при этом отсутствие финансирования не позволяют принять данные решения для модернизации инфраструктуры и снижения количества «пробок» на дорогах города.

Поэтому наиболее эффективным решением является внедрение автоматизированных систем управления дорожным движением (АСУДД). АСУДД поможет достигнуть положительного эффекта быстрее других способов при меньшем объеме затрат [1;2;5].

Преимущества и перспективы применения АСУДД

Это система программных и аппаратных компонентов. АСУДД выполняет сбор и последующий анализ информации о ситуации на дорогах для последующего управляющего воздействия [6].

Применение АСУДД позволит снизить задержки транспортных потоков и количество вредных выбросов, повысит безопасность на дорогах и эффективность работы светофорных объектов. В таблице 1 приведены функции АСУДД [1;3;6].

Таблица 1

Функции АСУДД

Управляющие	Информационные	Вспомогательные
<ul style="list-style-type: none"> - автоматическое локальное, координированное управление движением транспортных средств на отдельных перекрестках или группе перекрестков; - координированное управление движением транспортных средств на дорожной сети города; - управление транспортными потоками на дорожной сети; - автоматический поиск и прогнозирование мест заторов на участках дорожной сети и автомагистрали с выбором соответствующих управляющих воздействий; - обеспечение преимущественного проезда транспортных средств через перекрестки или автомагистрали. 	<ul style="list-style-type: none"> - сбор данных о характеристиках транспортных потоков; - накопление, анализ и вывод статистических данных о параметрах объекта управления; - обеспечение возможности визуального наблюдения за движением транспортных средств на участках дорожной сети - обеспечение аварийно-вызывной связи вдоль автомагистралей; - обеспечение возможности оперативной связи оператора системы с дорожно-патрульной службой, службами скорой медицинской и технической помощи, дорожно-эксплуатационными службами; - регистрация смены режимов работы АСУД. 	<ul style="list-style-type: none"> - автоматизация процессов подготовки исходных данных, кодирования, анализа и т.п.

Алгоритмы управления

Разделяют три основных варианта организации дорожного движения.

Фиксированная программа предполагает отсутствие реакции светофорного объекта на изменение ситуации на перекрестке.

При локальном адаптивном режиме светофорный объект подстраивается под ситуацию на участке, но не как не связан с соседними перекрестками.

Использование сетевой адаптации светофорный объект подстраивается под существующую ситуацию, а его работа связана с другими объектами. Сетевая адаптация предполагает наиболее эффективную работу улично-дорожной сети города [1;5;8].

На рисунке 1 представлены основные составляющие АСУДД.



Рис. 1 Основные составляющие АСУДД

Построение АСУДД на территории города Мурманска планируется с применением:

- Программного обеспечения eDaptiva;
- Дорожных контроллеров RS4 Cross;
- Радиолокационных детекторов и видеодетекторов.

Этапы реализации

Комплексной схемой организации дорожного движения муниципального образования город Мурманск определен следующий перечень мероприятий по внедрению АСУДД (таблица 2):

Таблица 2

Перечень мероприятий по внедрению АСУДД в городе Мурманск

№	Название улицы	Протяженность, км	Количество светофорных объектов, шт
1	Кольский просп. (от ул. Капитана Пономарева до просп. Ленина) просп. Ленина (от просп. Кольского до ул. Карла Либкнехта)	4	14
2	Кольский просп. (от пр. Нагорного до ул. Капитана Пономарева)	2,5	8
3	ул. Академика Книповича	1,6	4
4	просп. Героев-североморцев (от ул. Лобова до ул. Челюскинцев)	2,6	8
	ИТОГО	10,7	34

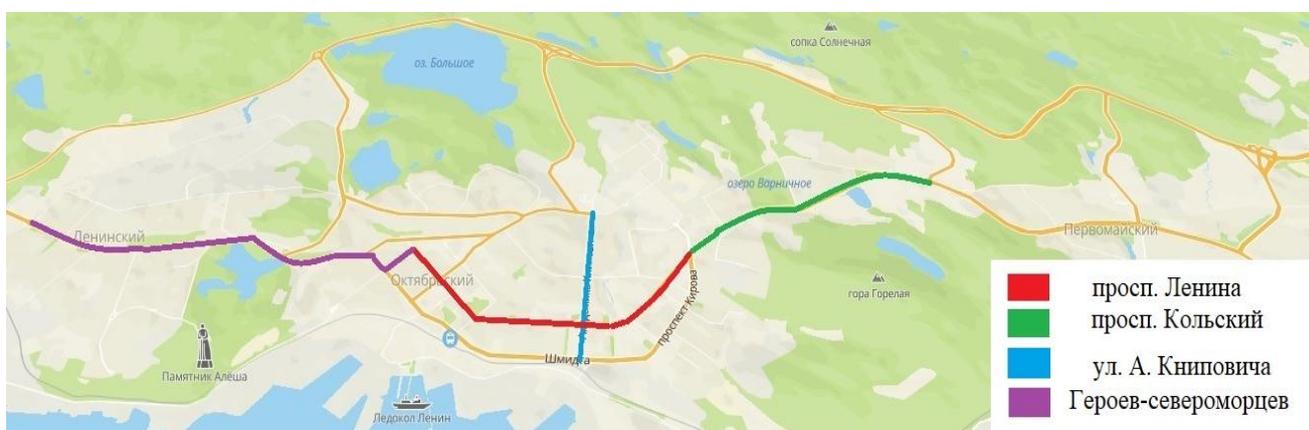


Рис. 2. Улицы города, на которых запланировано внедрение АСУДД

На рисунке 2 обозначены проспекты и улицы города Мурманск, на которых планируется внедрение АСУДД. В таблице 3 приведены детальные данные по размещению элементов АСУДД на участке по проспекту Кольскому и проспекту Ленина.

План мероприятий по построению АСУДД по просп. Кольскому, просп. Ленина.

Участок	Светофорный объект	Алгоритм управления	Оборудование и ПО	
			Тип	Кол-во
просп. Кольский (от ул. Капитана Пономарева до просп. Ленина) просп. Ленина (от просп. Кольского до ул. Воровского)	просп. Кольский - ул. Капитана Пономарева	Координированный режим	ДК	1
			Детектор	0
			Лицензия	1
	просп. Кольский - просп. Ленина - просп. Кирова	Координированный режим	ДК	1
			Детектор	0
			Лицензия	1
	просп. Ленина – ул. Полярные Зори – ул. Заводская	Координированный режим	ДК	1
			Детектор	0
			Лицензия	1
	просп. Ленина - ул. Марата	Координированный режим	ДК	1
			Детектор	0
			Лицензия	1
	просп. Ленина - ул. Генерала Журбы	Координированный режим	ДК	1
			Детектор	0
			Лицензия	1
	просп. Ленина, д. 35	Координированный режим	ДК	1
			Детектор	0
			Лицензия	1
	просп. Ленина - ул. Академика Книповича	Координированный режим (Сетевая адаптация)	ДК	1
			Детектор	4
			Лицензия	1
просп. Ленина - ул. Дзержинского	Координированный режим	ДК	1	
		Детектор	0	
		Лицензия	1	
просп. Ленина, д. 65	Координированный режим	ДК	0	
		Детектор	0	
		Лицензия	0	
просп. Ленина - ул. Капитана Егорова	Координированный режим	ДК	1	
		Детектор	0	
		Лицензия	1	
просп. Ленина - ул. Комсомольская	Координированный режим	ДК	1	
		Детектор	0	
		Лицензия	1	
просп. Ленина - ул. Воровского	Координированный режим	ДК	1	
		Детектор	0	
		Лицензия	1	

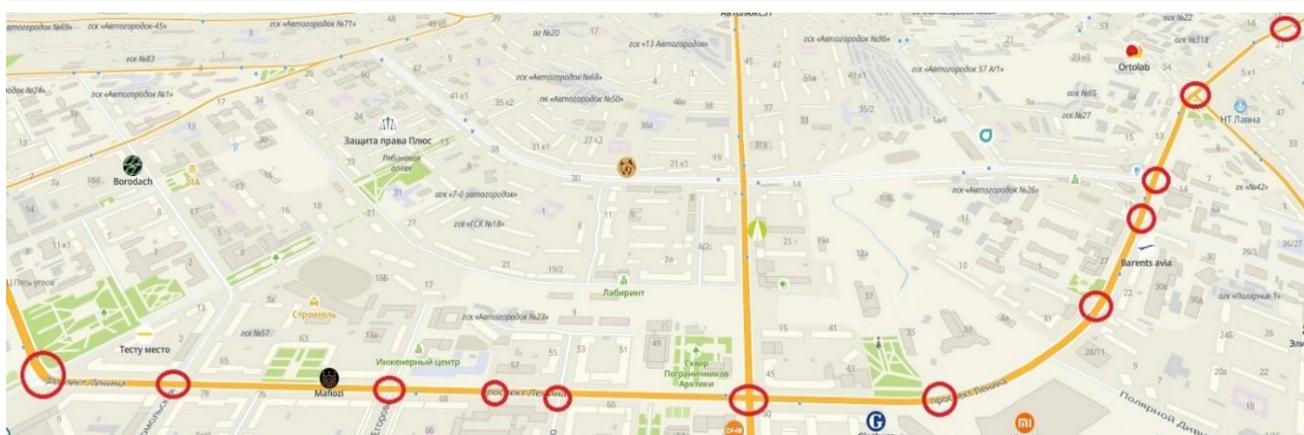


Рис. 3. Расположение объектов АСУДД по проспекту Ленина на карте города

На рисунке 3 обозначены светофорные объекты по проспекту Ленина, на которых будет производиться внедрение элементов АСУДД.

В таблице 4 приведено устанавливаемое оборудование и метод управления светофорными объектами на улице Академика Книповича. На рисунке 4 обозначены светофорные объекты по улице Академика Книповича, на которых проводится внедрение элементов АСУДД.

Таблица 4

План мероприятий по построению АСУДД по ул. Академика Книповича, ул. Подгорной, ул. Траловой

Участок	Светофорный объект	Алгоритм управления	Оборудование и ПО	
			Тип	Кол-во
ул. Академика Книповича	ул. Академика Книповича - ул. Шмидта	Сетевая адаптация	ДК	2
	ул. Траловая - ул. Подгорная		Детектор	12
	ул. Траловая, 14		Лицензия	2
	ул. Академика Книповича - ул. Полярные Зори	Локально-адаптивный режим	ДК	1
			Детектор	4
			Лицензия	1

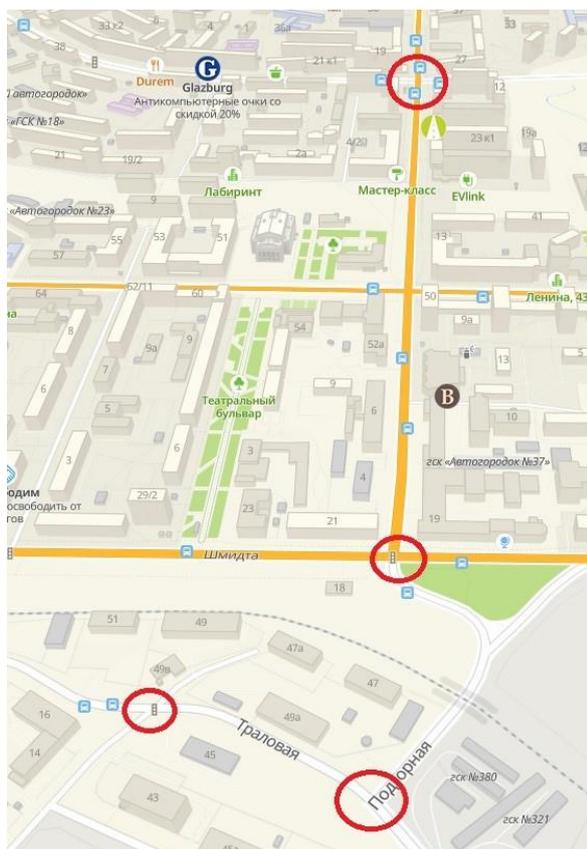


Рис. 4. Расположение объектов АСУДД по ул. Академика Книповича на карте города

Выводы

Внедрение АСУДД в городе Мурманск даст ряд положительных эффектов:

- повысит безопасность на дорогах города;
- даст возможность воздействовать на загруженные перекрестки, что позволит снизить время задержек транспортного потока или обеспечить приоритетный проезд автомобилей;
- снизит негативное воздействие транспорта на окружающую среду.

Внедрение АСУДД позволит более эффективно решать проблемы на перекрестках города. Реализация данных мероприятий позволит стабилизировать ситуацию с транспортными потоками в городе Мурманск.

Список использованных источников

1. Improving the City's Transport System Safety by Regulating Traffic and Pedestrian Flows / I. Makarova, K. Magdin, V. Mavrin [et al.] // Reliability and

Statistics in Transportation and Communication (RelStat 2020) : Selected Papers from the 20th International Conference, Riga, 14–17 октября 2020 года. – Riga: Springer Nature, 2021. – P. 518-527. – DOI 10.1007/978-3-030-68476-1_48.

2. Ensuring sustainability of the city transportation system: Problems and solutions (ICSC) / I. Makarova, R. Khabibullin, K. Shubenkova, A. Boyko // E3S Web of Conferences, Ekaterinburg, 19 мая 2016 года. Vol. 6. – Ekaterinburg: EDP Sciences, 2016. – P. 02004. – DOI 10.1051/e3sconf/20160602004.

3. Improving the road network of small cities / V. Mavrin, K. Magdin, A. Boyko [et al.] // VEHITS 2020 - Proceedings of the 6th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems : 6, Virtual, Online, 02–04 мая 2020 года. – Virtual, Online, 2020. – P. 634-641.

4. Reducing the Impact of Vehicles on the Environment by the Modernization of Transport Infrastructure / I. Makarova, V. Mavrin, K. Magdin [et al.] // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2020. – Vol. 117. – P. 531-540. – DOI 10.1007/978-3-030-44610-9_52.

5. Makarova, I. et al., 2016. Increase of city transport system management efficiency with application of modeling methods and data intellectual analysis. In Studies in Systems, Decision and Control Volume, vol. 32, pp. 37-80.

6. Баринов, А. С. Применение автоматизированных систем управления дорожным движением / А. С. Баринов, Е. С. Гусев // Наука и образование - 2021 : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Мурманск, 01 декабря 2021 года / Мурманский государственный технический университет. – Мурманск: Мурманский государственный технический университет, 2022. – С. 367-370.

7. Makarova, I., Yakupova, G., Buyvol, P., 2019. Improving road safety by affecting negative factors. VEHITS - Proceedings of the 5th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems. 2019. P.629-637

8. Lee, S., Kim, Y., Kahng, H., Park, J., Kim, S.B., 2020. Intelligent traffic control for autonomous vehicle systems based on machine learning. Expert Systems with Applications, 144, 113074.

9. Wei, D., Liu, H., Tian, Z.: Vehicle delay estimation at unsignalised pedestrian crosswalks with probabilistic yielding behaviour. *Transportmetrica A Transp. Sci.* 11(2), 103–118 (2014)
 10. Анализ рисков при внедрении системы управления безопасностью дорожного движения / И. В. Макарова, П. А. Буйвол, Г. А. Якупова, А. М. Абашев // *Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник.* – 2022. – № 5. – С. 51-59. – DOI 10.36535/0236-1914-2022-05-10.
 11. Buivol, P.A. et al., 2020. Search and optimization of factors to improve road safety. In *International Journal of Engineering Research and Technology*, vol. 13 (11), pp. 3751-3756.
-

Barinov A.S., senior lecturer, FGAOU VO "Murmansk State Technical University", barinovas@mstu.edu.ru, Murmansk, Russia.

Cheltybashev A.A., Ph.D., Head of the Department, FGAOU VO "Murmansk State Technical University", cheltybashevaa@mstu.edu.ru, Murmansk, Russia.

Nerubashchenko N.Y., Head of the Department for the Organization of Passenger Transportation and Traffic of the Committee for the Development of the Urban Economy of the Administration of the City of Murmansk.

FEATURES OF THE IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF MURMANSK

Abstract: The article deals with the problems of rising costs for transportation in the city of Murmansk. Examples of ways to improve the efficiency of the road network are given. Conclusions are drawn about the choice of the most effective solution for the city of Murmansk. Various control algorithms for an automated traffic control system (ATCS) are considered. The stages of implementation of the implementation of ATCS in the city of Murmansk are given. Conclusions are drawn about the expected effectiveness of the implementation of ATCS in Murmansk.

Keywords: automated traffic control system, traffic flows, traffic lights.

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ФИНАНСЫ В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

УДК 331.5.024.5

*Ханнанова С.А., ассистент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО
«Казанский (Приволжский) федеральный университет», email:
svetochka1989@mail.ru*

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ ПУТЕМ РАННЕГО ВОВЛЕЧЕНИЯ ИХ В ПРОФЕССИОНАЛЬНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Аннотация. В рамках статьи предложен практико-ориентированный подход к обучению студентов экономического профиля. Проведен анализ затрат предприятий на прием и адаптацию вновь принятых выпускников, изучены возможные рабочие места для студентов-экономистов. Основной целью проведения исследования является поиск решения по удовлетворению потребностей субъектов студенческого рынка труда: государства, предприятий, высших учебных заведений и студентов.

Ключевые слова: студенческий рынок труда, практико-ориентированный подход, затраты на прием выпускника, студенческий трудовой стаж

Введение

Экономические специальности довольно продолжительное время занимают одно из лидирующих мест по уровню востребованности у выпускников школ. Развитие цифровой экономики предполагает появление новых профессий в сфере экономики, сегодня, вопреки прогнозам прошлых лет, по-прежнему востребованы бухгалтеры, финансовые аналитики, специалисты в области банковского дела, а также аналитики по работе с большими данными, специалисты по разработке личных финансовых планов, финансовые инженеры – разработчики программного обеспечения, специалисты краудфандинговых платформ и другие.

С одной стороны, по данным Министерства образования около 30% выпускников экономических направлений не находят работу по специальности, с другой - наличие экономических знаний дает возможность работать не только

по специальности, но и во многих других отраслях, в том числе на стыке профессий. Сегодня государство нацелено на развитие малого и среднего предпринимательства, начинающий предприниматель будет гораздо успешнее, имея фундаментальные экономические знания. Поэтому экономическое образование востребовано не только у выпускников школ, но и в качестве второго высшего образования, магистратуры и повышения квалификации.

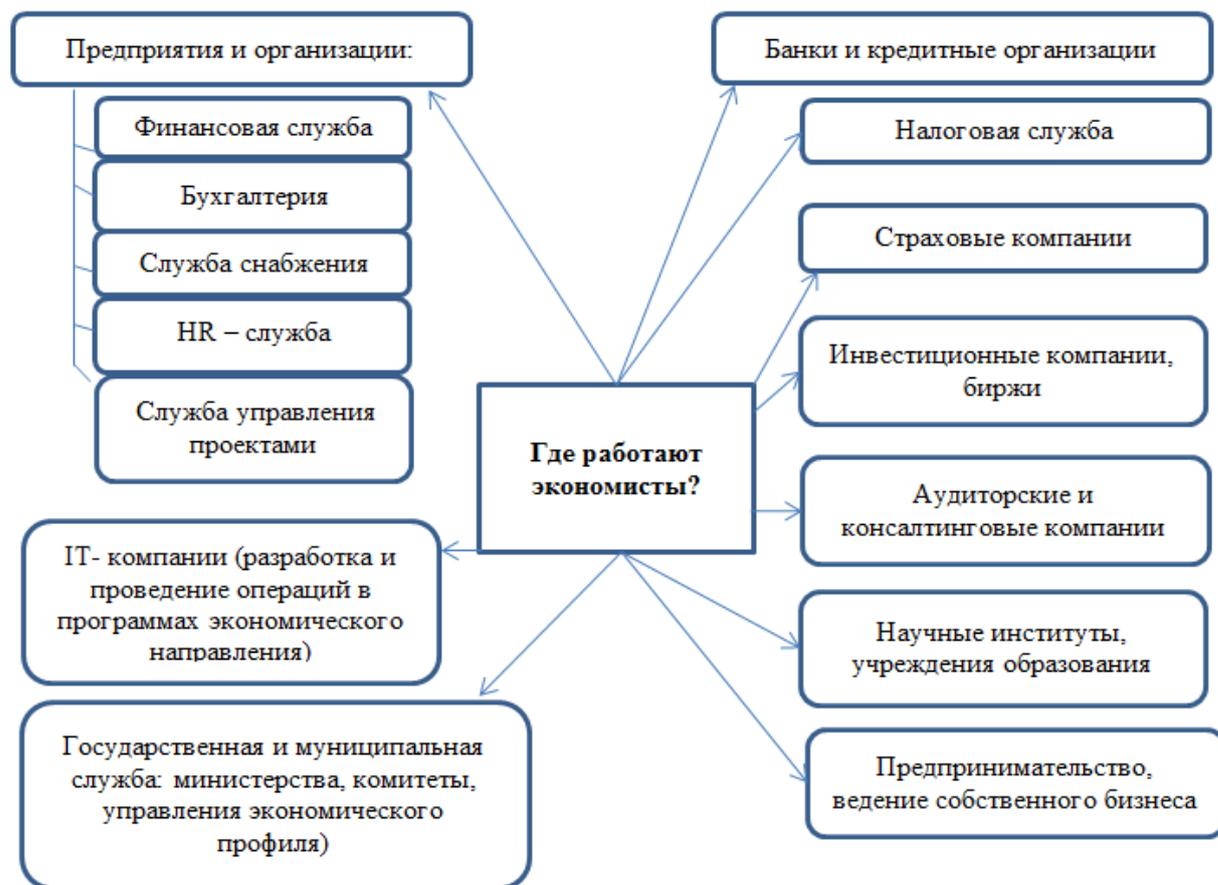


Рис. 1. Сферы применения экономического образования

Проблемы в области экономического образования

Подготовка обучающихся экономического профиля имеет ряд сложностей, в числе которых и низкая степень применения практико-ориентированных форм обучения. Получение теоретических знаний, а также прохождение нескольких учебных практик не позволяет в полной мере сформировать у выпускников представление о профессии, особенностях профессионального сообщества, а также получить необходимые базовые

навыки и умения на базе реальных предприятий. Довольно часто наставники от предприятий не желают «тратить время» на общение с практикантами, не осознавая значимость подготовки будущих специалистов, как для своего предприятия, так и для региона в целом. Студенты же в свою очередь, приходя на практику, не проявляют инициативу, довольствуясь лишь предоставленной для формирования отчетов по практике информацией.

Ввиду снижения количества бюджетных мест по экономическим направлениям в ВУЗах и ежегодно дорожающей стоимости обучения, многие студенты дневных отделений вынуждены работать, чтобы, в том числе, оплачивать свое обучение. Современное поколение студентов готово выйти на рынок труда до окончания обучения в ВУЗе и активно ищет работу. Однако, список работ, которые доступны для студентов, весьма далек от их будущей профессиональной деятельности. В десятку студенческих профессий входят: официант, курьер, аниматор, помощник повара, продавец-консультант, оператор ЭВМ, специалист call-центра [2]. Из-за нестыковок графиков обучения и работы, часто студенты отдают предпочтение работе вместо посещения лекций и семинаров. В результате предприятия получают в работники выпускника, который не получил должных теоретических и практических навыков. Приходя на первое рабочее место по специальности, выпускники, как правило, получают доступ лишь к низко квалифицированному труду (разбор архивов, составление простейших документов). Поручение более серьезных задач может привести к ошибкам в расчетах и неверно принятым решениям. Часть предприятий имеют возможность предоставить молодому специалисту наставника, а также оплатить его дополнительное обучение. Исследования показывают, что на адаптацию молодого сотрудника требуется до 3 месяцев, а потери рабочего времени в течение дня составляют 10-12%. Если к выпускнику прикреплен наставник, то и он несет потери рабочего времени на разъяснения и прочую работу. Если система адаптации на предприятии развита плохо, возникает проблема высокой текучести молодых специалистов.

Результаты и обсуждение

Рассмотрим систему затрат на поиск и прием молодых специалистов в банках и на крупных предприятиях города Набережные Челны: ПАО «КАМАЗ», ООО «Хайер Индастри РУС», ООО «Набережночелнинский трубный завод». Начальная сумма заработной платы работника экономической службы в среднем по данным поисковика работы HH.ru составляет 25000 рублей, ведущего экономиста, как правило выступающего в качестве наставника – от 35000 до 45000 рублей. Банки предлагают своим сотрудникам от 35000 рублей на начальном этапе и от 50000 рублей на этапе наставничества. В таблице 1 представлен список основных затрат на поиск и введение в работу вновь принятого выпускника. Эти затраты можно условно разделить на прямые (целенаправленные на закрытие определенной вакансии и удержании на ней сотрудника) и косвенные (например, доступ к базе резюме и затраты на мобильную связь).

Современные цифровые технологии предполагают, что поиск сотрудника ведется в основном с помощью «работных» сайтов, таких как hh.ru, Superjob и АВИТО (как правило, крупные компании размещают свои вакансии сразу на нескольких сайтах). Стоимость доступа к базам резюме занимает значительную часть расходов на поиск работника, компании с высокой текучестью вынуждены покупать доступ к этому ресурсу постоянно.

Следующей большой частью затрат является оплата труда всех сотрудников компании, занятых в поиске нового работника: HR- менеджера, руководителя отдела кадров, работника службы безопасности, непосредственного руководителя на этапе собеседований и оформления документов, а также оплата труда наставника (назначенного или спонтанного) в период адаптации выпускника на рабочем месте. Сегодня многие компании принимают работников по реферальной системе, то есть по системе рекомендаций с оплатой премии (до 10% заработной платы вновь принятого) сотруднику, который привел вновь принятого.

Затраты на прием молодого специалиста

Перечень затрат	Заработная плата для расчета, руб.	Кол-во рабочих часов за месяц	Стоимость 1 часа, руб.	Часы	Стоимость, руб.	Итого
Оплата труда специалиста отдела кадров за поиск	40000	160	250	30	7500	7500
Оплата руководителям за время проведения собеседований	100000	160	625	4	2500	2500
Оплата труда службы безопасности	60000	160	375	3	1125	1125
Затраты на мобильную связь и интернет					50000	50000
Доступ к базе резюме hh.ru по РТ на 3 месяца					80062	80062
Размещение вакансии на hh.ru					1345	1345
Реклама вакансии в социальных сетях					50000	50000
Размещение вакансии на АВИТО					850	850
Оплата услуг кадрового агентства					2000	2000
Оплата услуг аутсорсинговой компании					10000	10000
Выплаты рефералам (до 10% от заработной платы новичка)					2500	2500
Оплата медицинского осмотра					3000	3000
Закупка спецодежды и СИЗ						
Оборудование рабочего места						
Подъемные выплаты выпускникам					3000	3000
Оплата труда специалиста отдела кадров на оформление документов	40000	160	250	1	250	250
Оплата труда наставника	50000	160	312,5	10%	5000	5000
Потери рабочего времени наставника	50000	160	312,5	40	12500	12500
Сопровождение специалиста ОК на время адаптации	40000	160	250	10	2500	2500
Переплата в период адаптации	25000	160	156,25	12%	3000	3000
Стоимость обучения в учебном центре	До 25000 рублей в зависимости от специфики					
Итого затраты, руб.	Более 200000 рублей					

Часть затрат формируется непосредственно на выход работника на рабочее место: возврат расходов на медицинский осмотр, оборудование (мебель, компьютер, канцтовары), спецодежда (халаты, СИЗ). В результате общая сумма затрат на поиск, прием и адаптацию сотрудника с минимальными знаниями составляет приблизительно 200000 рублей. При этом, современная молодежь не всегда держится за рабочее место, компании рискуют вложить значительную сумму и потерять сотрудника в первый же рабочий день.

Часто складывается ситуация, когда на работу экономиста принимаются люди с непрофильным образованием (с любым дипломом о высшем образовании). Компании должны иметь возможность предлагать рабочее место в первую очередь выпускникам соответствующего направления, а не вкладывать деньги и время на поиск специалистов из всего предложения на рынке труда. В свою очередь студенты экономических отделений должны иметь возможность начинать работу в компаниях параллельно с обучением в ВУЗах, а после получения диплома иметь прямой доступ к имеющимся вакансиям. ВУЗ становится связующим звеном между работодателями и будущими выпускниками.

Важно внедрять практико-ориентированный метод еще на этапе обучения студентов в высшем учебном заведении. Например, в ПАО «КАМАЗ» для студентов технического профиля работает программа целевой подготовки студентов, по которой студенты могут работать на предприятии (в отделах по своей специальности) в течение 4 часов до обеда, а после обеденного перерыва обучаться в институте, при этом получая заработную плату и повышенную стипендию. Таким образом будущие инженеры комфортно вливаются в рабочую среду и чаще закрепляются на рабочих местах по окончании университета, что позволяет частично решить проблему оттока кадров из регионов, когда выпускники не могут найти работу и уезжают.

Организация подобной системы для студентов экономических отделений позволит им также более комфортно выходить на рынок труда и быть конкурентоспособными. Чтобы выпускники не теряли бонусов при поступлении на первое рабочее место, возможно внести в электронную трудовую книжку блок «Студенческий трудовой стаж», где будет отражаться стаж, полученный в период обучения в ВУЗе. Что касается студентов женского пола, то получение трудового стажа во время обучения в ВУЗе также повысит их шансы на поиск работы по специальности при выходе из декретного отпуска в том случае, если они не успели получить основной трудовой стаж. Таким образом будет удовлетворено желание работодателей получить сотрудника с опытом работы. Данная концепция полностью отвечает Федеральному закону от 30.12.2020 года № 489-ФЗ «О молодежной политике в Российской Федерации», где в статье 6 среди основных направлений обозначено содействие трудоустройству молодых граждан, а также профессиональное развитие молодых специалистов [1].

Изучив программу подготовки бакалавров экономического отделения, можно составить список возможных студенческих рабочих мест и обязанностей (табл. 2). По окончании второго курса университета, как правило, все студенты достигают совершеннолетия и не имеют ограничений по трудовой деятельности. Программа обучения предполагает, что после второго курса студенты получили знания, достаточные для выполнения простейших трудовых задач на базе профильных служб предприятий.

По окончании третьего курса и в течение четвертого студенты могут работать в государственных структурах, банках, страховых и инвестиционных компаниях. Чаще всего выпускники менее конкурентоспособны на рынке труда по причине незнания правового и программного обеспечения компаний, а также неумения презентовать себя и выстраивать взаимодействие в коллективах. В результате предложенного подхода выпускается специалист, имеющий представление о работе на

предприятиях и в организациях города и минимальный, но востребованный у работодателей, трудовой стаж.

Таблица 2

Возможные рабочие места в соответствии с утвержденной программой
обучения экономистов-бакалавров

Курс	Изучаемые дисциплины	Возможное рабочее место и должностные обязанности
2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Экономика предприятия 2. Менеджмент и маркетинг 3. Бухгалтерский учет 4. Корпоративные информационные системы 5. Планирование на предприятии 6. Финансы 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Экономические службы предприятий: выполнение простейших операций по заполнению баз данных, оформлению первичной документации, поиск и структурирование информации
3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Экономический анализ 2. Экономика и организация производства 3. Налоги и налогообложение 4. Экономика инновационной деятельности 5. Деньги, кредит, банки 6. Бюджетная система 	<ol style="list-style-type: none"> 2. Налоговая служба, государственные экономические структуры: работа с архивом, оформление первичной документации 3. Банки: помимо выполнения задач руководителей, студенты могут встречать клиентов банка, помогать с банкоматами и т.д.
4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Финансовый учет и отчетность 2. Страхование 3. Финансовая деятельность предприятий 4. Инвестиционная деятельность предприятий 5. Финансовое планирование и бюджетирование 6. Аудит и ревизия 7. Бизнес-планирование 	<ol style="list-style-type: none"> 4. Страховые компании 5. Инвестиционные компании <p>При успешном освоении профессиональных навыков студента, руководители могут расширять список должностных обязанностей в рамках студенческого трудового договора</p>

В таблице 3 отражены возможности всех субъектов рынка труда при предложенном подходе к обучению.

Таблица 3

Возможности субъектов студенческого рынка труда в результате внедрения практико-ориентированного подхода

<p>Предприятие:</p> <ul style="list-style-type: none"> - снижение расходов на поиск работников, закрытие вакансий минимального уровня - возможность отбора лучших студентов на этапе обучения - получение в штат специалиста с опытом работы и более лояльного компании, чем человек «с улицы» - свежие идеи и проекты через дипломные работы студентов, совершенствование и модернизация процессов - развитие корпоративной культуры «со студенческой скамьи», поддержка однокурсников, взаимопомощь 	<p>Студент:</p> <ul style="list-style-type: none"> - материальное вознаграждение - получение первичных профессиональных навыков в разных экономических сферах - своевременное закрепление теоретических знаний на практике - отработка навыка включения в новый коллектив, изучение способов личной адаптации - ознакомление с реальными условиями труда, лояльность (или нет) компании - приобретение трудового стажа (трудовая книжка студента)
<p>ВУЗ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - повышение качества образования студентов за счет применения теории на практике - рост уровня взаимодействия с предприятиями региона, возможность развития прикладной научной деятельности - совершенствование учебного процесса через запросы реальных работодателей 	<p>Государство/регион:</p> <ul style="list-style-type: none"> - повышение уровня занятости молодого населения - снижение количества выпускников, не работающих по специальности («потерянных» дипломов) - развитие науки и более быстрое внедрение проектов через совместную деятельность ВУЗов и предприятия - снижение уровня преступности, алкоголизма и других негативных последствий безработицы среди молодежи - более равномерное распределение трудовых ресурсов по регионам

Механизм реализации практико-ориентированного подхода к обучению включает налаживание системного взаимодействия между ВУЗами, предприятиями и государством (в лице региональной службы занятости, так как компании обязаны подавать информацию об имеющихся вакансиях в центры занятости муниципального образования). На рисунке 2 представлены варианты взаимодействия субъектов студенческого рынка труда.

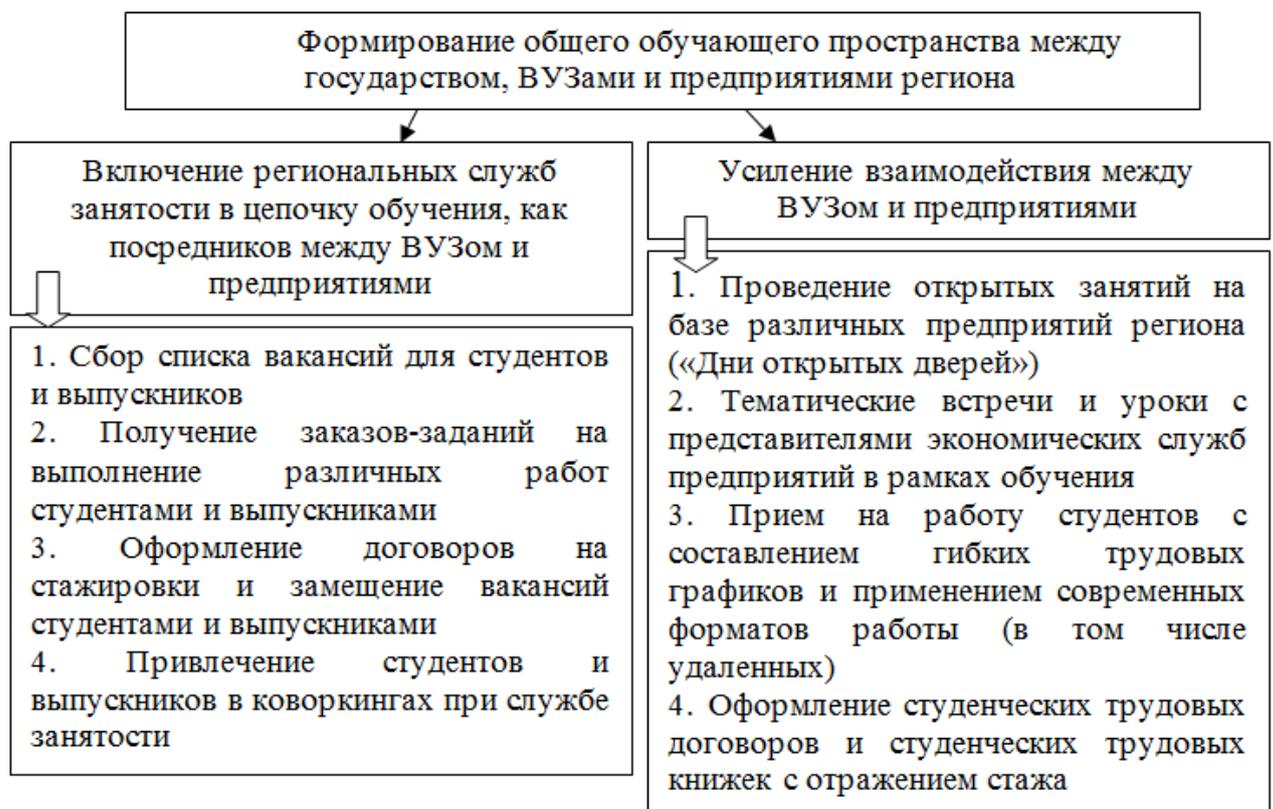


Рис. 2. Механизм реализации практико-ориентированного подхода к обучению студентов экономического профиля

Возможно также прямое взаимодействие между учебными заведениями и предприятиями, а также самостоятельное трудоустройство студента. Суть подхода заключается в предоставлении возможности студентам получения опыта работы и повышения их конкурентоспособности на рынке труда, а

предприятиям – получения доступа к профильным кадрам и возможности снижения издержек на поиск и удержание персонала.

Выводы

Современные вызовы требуют современных решений. В следствие снижения численности экономически активного населения по причинам демографического спада, миграционного оттока и мобилизационных мероприятий, возникает необходимость замещения рабочих мест. Студенческое сообщество может стать качественным резервом для этой цели. Раннее вхождение в профессию позволит молодым людям быстрее адаптироваться к реальным условиям труда, научиться налаживать контакты с коллегами, изучать особенности корпоративной культуры компаний и, в последствии делать более осознанный выбор первого рабочего места. А студенческая трудовая книжка с открытым стажем позволит быть более конкурентоспособным на рынке труда.

Процесс профессиональной подготовки «сожмется» практически до периода обучения в ВУЗе, предприятию не нужно будет дополнительно обучать выпускников непосредственно на рабочем месте и затрачивать средства на оплату различных курсов внутреннего и внешнего профессионального обучения. Регулярное поступление на работу студентов профильных отделений позволит работодателям снижать издержки на поиск персонала.

Государство, в свою очередь, реализует положение молодежной политики о содействии в трудоустройстве молодежи, частично решит проблему оттока кадров из регионов, снизит процент безработной молодежи и выпускников, не работающих по профессии.

Список использованных источников

1. Федеральный закон "О молодежной политике в Российской Федерации" от 30.12.2020 N 489-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. URL:

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372649. Дата обращения 20.01.2023

2. Вишнеvский В.А., Букреев И.А. Формирование единого делового пространства в подготовке студентов экономических специальностей к профессиональной деятельности. Гуманитарные науки. – 2021. - № 4(56). – С. 78-84.

3. Савицкая Т.В., Варпаева И.А. Современный взгляд на содержание затрат на персонал. Управленческий учет. – 2021. - № 6-3. – С. 782-792. [Электронный ресурс].

4. Самые востребованные отрасли для молодых специалистов. [Электронный ресурс]. URL: <https://naberezhnye.hh.ru/article/30532>. Дата обращения 22.01.2023

Khannanova S.A., Assistant, Naberezhnye Chelny Institute of the Kazan (Volga Region) Federal University, email: svetochka1989@mail.ru

IMPROVING THE QUALITY OF EDUCATION OF STUDENTS OF ECONOMIC PROFILE BY EARLY INVOLVEMENT IN PROFESSIONAL ACTIVITIES

Abstract: Within the framework of the article, a practice-oriented approach to teaching students of an economic profile is proposed. The analysis of the costs of enterprises for the admission and adaptation of newly admitted graduates was carried out, possible jobs for economics students were studied. The main purpose of the research is to find a solution to meet the needs of the subjects of the student labor market: the state, enterprises, higher educational institutions and students.

Keywords: student labor market, practice-oriented approach, graduate admission costs, student work experience

ЯЗЫК В СИСТЕМЕ КОММУНИКАЦИЙ: ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ И ЛИНГВИСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 82-1/-9

*Салимзанова Д.А., кандидат филологических наук, доцент,
Набережночелнинский институт ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский)
федеральный университет».*

ДИСКУРС ТРАВЕЛОГА: ПОИСК УНИВЕРСАЛЬНОЙ ДЕФИНИЦИИ И РАЗНООБРАЗИЕ ЖАНРОВ

Аннотация: Цель данного исследования заключается в описании полиструктурного понятия дискурс травелога. Травелог – дефиниция, сравнительно недавно вошедшая в отечественный лингвостилистический обиход, данный культурный феномен имеет многослойную концептуально-категориальную структуру со сложной системой компонентов. Предлагается понимание термина «дискурс травелога» в его широком и узком понятии, перечисляются его жанры, а также приведены причины разграничения понятий «дискурс травелога» и «туристический дискурс».

Ключевые слова: травелог, записки путешественников, дискурс, дискурс травелога, концептосфера, категориальный концепт, туристический дискурс, жанры травелога

Травелог имеет многослойную концептуально-категориальную структуру и многомерный характер его методологических исследований, также травелог характеризуется системой жанров.

Сам травелог, рассматриваемый как повествование (нарратив) о путешествиях – одна из самых древних форм творчества человека. Человек – существо саморассказывающее. С момента появления феномена наррации, представление о травелоге стало дифференцироваться посредством появления таких категорий как Путь, Путник, Приключение (мыслится как Преодоление Препятствий), Переход, Маршрут, Возвращение. С появлением категории Путь неизбежно возникает проблема Начала и Конца Пути, обозначения Мест Пребывания (локаций). Путь – существенно необходимый компонент для формирования Путника, его представления о

себе (Путь как Самопознание), о пережитых испытаниях (Путь как «посвящение», инициация) [1].

Прежде всего, отметим, что под дискурсом травелога, рассматриваемом в широком его понимании, мы подразумеваем сложно структурированную систему, состоящую из основных компонентов: интенциональный план, актуальный план, дескриптивно-аналитический план, контекстуальный план, репрезентационный и «осадочный» план дискурса травелога [2, с 160].

В узком смысле слова, под дискурсом травелога нами понимается ментальное образование, связанное с реализацией дескриптивно-аналитического плана данного дискурса и выполняющее свои коммуникативно-семиотические функции.

В общих чертах наше исследование посвящено раскрытию содержания существующих трактовок травелога в современной литературе и разработке авторской схемы структурного анализа травелога как социальной практики, направленной на творческое освоение действительности.

Кроме того, мы ставим перед собой цель доказать отличие дискурса травелога от туристического дискурса, поскольку видим принципиальные различия в структуре этих понятий.

Сегодня можно констатировать, что научные представления о самом понятии «травелог» достаточно продвинулись в плане их предметной конкретизации и концептуализации, однако, глядя на существующие трактовки данного концепта, мы считаем, что пока еще рано говорить об относительно полном выявлении и раскрытии его основных структурных компонентов, а также – способов их жанровой репрезентации. Даже самый беглый обзор видов и жанров травелога свидетельствует о чрезвычайном их многообразии. Ведь это всевозможных путях и путниках, о странствиях мифологических героев в поисках подвигов и приключений.

К травелогам относятся также различные странствия души в поисках жизненных смыслов и ценностей. Так, наблюдаемое со второй половины

XX века бурное развитие всемирной индустрии туризма и гостеприимства, принявшее в настоящее время глобальный характер, имело неизбежным следствием развитие потребности в путеводителях, картах-схемах, в широком использовании новейших средств связи для обмена «опытом» путешествий. Данный процесс привел к появлению целого спектра новых жанров травелога, в которых произошло решительное обновление и трансформация старых жанровых форм. Появились такие новые жанры травелога, как путеводители по странам и разнообразным туристическим маршрутам, журналистские travel-заметки и travel-исследования и др. Все это стали именовать «Travel Writing» или «Travelogue». Travel Writing (Travelogue) – это целая совокупность известных жанров литературы (закрывающейся в написании «приключенческого письма», исследовании стран и народов, составлении путеводителей и т. д.), посредством которых люди пытаются увидеть новый мир (или по-новому осмыслить мир привычный) через тексты и впечатления писателей, которые выступают информаторами, советниками и гидами.

Поражает воображение и разнообразие видов травелога – сказания, легенды, исторические хроники, летописи походов и завоеваний, отчеты экспедиций, путевые письма, заметки, рассказы, дневники, путеводители и справочники, карты-схемы. В настоящее время также особенно активно развивается телевизионная трэвел-журналистика.

Изучение особенностей маршрутов и локаций травелога, многообразных продуктов его литературных и мультимедийных репрезентаций, а также осуществление анализа произведенных ими эффектов позволяет говорить о многообразии и многоплановости структуры травелога и здесь важно вспомнить о том значительном исследовательском инструментарии, связанном с трудами выдающихся отечественных и зарубежных ученых, которые существенно обогатили теорию и методологию изучения современных категорий и концептов. Авторитетные специалисты в этой области Карл Томпсон, F. Hanusch, R.M.

Tiede, Т.Ю.Редькина, И.В. Показаньева, А.В. Полонский, Н.В. Кривцов, В.М. Русаков и О.Ф. Русакова.

Наиболее ярким воплощением жанра травелога является «приключенческая литература, как синоним П. л. ранее употреблялся также расплывчатый термин «авантюрная литература», которым пользовались в применении к таким разнородным явлениям. Дискурс травелога органически включает в себя дискурс фантастического травелога.

Если бегло перечислить жанры, которые подробно описывают О.Ф. Русакова и В.М. Русаков в своей монографии, посвященной теоретико-методологическому анализу травелогу, то это:

- Архаические виды и жанры травелога: мифы и волшебные сказки
- Современные виды и жанры травелога: литература приключений и мемуары
- Политический, военный и научный травелоги
- Антропоцентрический, художественный и фотодокументальный травелоги

Дискурс травелога, выступая организующим началом целой концептосферы, обладающей мощным воздействием (семиотическим, аксиологическим, институциональным, праксеологическим, кратологическим) на общественное сознание, следовательно – на самих акторов. Находясь в режиме коммуникации с окружающим миром, концептосфера травелога своим дискурсом производит изменения и трансформации в ментальных образах действительности.

В ходе дискурс-анализа травелога удастся наглядно наблюдать насколько мощно и разносторонне воздействует травелог практически на все формы и способы духовно-практического освоения мира человеком.

В целом, теоретико-методологический анализ травелога нацеливает нас на понимание ценности и смысла многообразных форм культуры и антропологических практик, ведь именно человек как субъект своей

жизнедеятельности и коммуникативный носитель, является конструктором реальности дискурса.

С самого первого существования, человек стремился познать окружающий его мир. С первобытности индивид находится в поисках освоения мира и до сих пор, невозможно встретить ни одного человека, который бы не мечтал путешествовать, объехать весь мир. Именно по этой причине тема освоения неизведанного, а именно тема путешествия в поисках новых знаний и самопознания всегда была, есть и будет актуальной для изучения. Ранее нами была обозначена цель доказать, что дискурс травелога и туристический дискурс имеют существенное различие между собой, а конкретно образ и функции путника, который является центральным объектом путешествия. В дискурсе травелога путник – это чаще всего герой романтический, и в свои задачи он включает изучение новых земель, познание и погружение в культуру местного народа. В то время как путник туристического дискурса отправляется в путешествие с целью отдыха.

Однако, стоит отметить, что оба типа дискурса гармонично взаимодействуют друг другом, поскольку путешественник в любом случае корректирует собственную идентичность, меняя представления о месте, в которое он попадает, проводит анализ своей культурной и языковой картины мира и в процессе такого самопознания угол его зрения трансформируется. Таким образом, обыкновенный туристический дискурс может стать травелогом выбора обновленной культурной личности.

Список использованных источников

1. Русакова О.Ф., Русаков В.М. Травелог: Теоретико-методологический анализ / О.Ф. Русакова, В.М. Русаков. – Екатеринбург: Издательский Дом «Дискурс-Пи», 2021. – 266 с

2. Русакова О.Ф. Дискурс травелога: Сборник статей [Текст] / О.Ф. Русакова, В.М. Русаков. – Екатеринбург: Издательский дом «Дискурс-Пи», 2008. – 184 с.
 3. Карасик В. И. Языковой круг: личность, концепты, дискурс. – М. : ИТДГК «Гнозис», 2004. – 390 с.
 4. Салимзанова Д.А., Вильданова К.И., Садыкова Л.Р., Шафигулина И.Ф. Жанр травелог как объект лингвистического исследования // Глобальный научный потенциал. – Санкт-Петербург: Издательский дом «ТМБпринт». – 2023. – № 1(142). – С. 170-173
 5. Макаров М. Л. Основы теории дискурса. – М.: ИТДГК «Гнозис», 2003. – 280 с.
 6. Майга, А.А. специфика жанра [Текст] / А.А. Майга // Филология и культура. – 2014. – Вып. 3 (37). – С. 254-259
-

*Salimzanova D.A. candidate of philologic Sciences, assistant professor,
Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University*

***THE DISCOURSE OF THE TRAVELOGUE: THE SEARCH FOR A UNIVERSAL
DEFINITION AND THE VARIETY OF GENRES***

Abstract: The purpose of this study is to describe the polystructural concept of travelogue discourse. Travelogue is a definition that has recently entered Russian linguo-stylistic use; this cultural phenomenon has a multi-layered conceptual and categorical structure with a complex system of components. An understanding of the term "travelogue discourse" in its broad and narrow concept is proposed, its genres are listed, and the reasons for distinguishing between the concepts of "travelogue discourse" and "tourist discourse" are given.

Keywords: travelogue, travel writing, discourse, travelogue discourse, concept sphere, categorical concept, travel discourse, travelogue genres

УДК 81'246.3

Соколова И.А., Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», старший преподаватель,
e.a.sokolova-fardeeva@mail.ru

МНОГОЯЗЫЧИЕ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Аннотация: В данной статье рассматривается проблема многоязычия. Автор рассматривает взгляды лингвистов на роль языка в многокультурных странах. Целью данного исследования является изучение проблемы многоязычия. Объектом исследования многоязычие. Предметом исследования являются положительные и негативные тенденции многоязычия. Задача исследования заключается в выявлении основных закономерностей функционирования языков в условиях многоязычия. Актуальность рассматриваемой проблемы подтверждается направленностью современной социолингвистики на изучение динамики языковых изменений, билингвизма, межъязыковой интерференции. С помощью метода формализации и статистики мы осуществили количественную характеристику языков в многокультурных странах. Гипотеза исследования заключается в вероятности ограничения основных языковых прав в условиях многоязычия, тенденции потери возможности общаться на языке по своему выбору с угрозой культурного выживания. Результатом исследования являются полученные в результате анализа статистики данные, свидетельствующие о разной степени институциональной и правовой поддержке языков в условиях многоязычия.

Ключевые слова: многоязычие; официальный язык; многонациональный, языковая стандартизация; языковое неравенство.

Введение

В настоящее время в мире насчитывается 6 912 различных языков, на которых говорят в 271 стране. Около трети национальных государств мира имеют в своих конституциях положения об официальном языке. Ввиду того, что существует всего 271 государство, зависимых и других образований, большое количество стран, если не большинство, должны быть многонациональными и многоязычными. Конечно, на многих из этих почти семи тысяч языков говорят в небольших и часто отдаленных и изолированных сообществах. Например, база данных Ethnologue идентифицирует 820 живых языков только в Папуа-Новой Гвинее, 737 в Индонезии, 415 в Индии, 291 в

Мексике, 235 в Китае, 214 в Д.Р. Конго, 188 в Бразилии и 162 в США [1]. Хотя на некоторых из этих языков говорят лишь несколько человек, в основном пожилые люди, и поэтому они с большой вероятностью скоро исчезнут, многие из них представляются жизнеспособными: не считая языков, обозначенных как почти исчезнувшие, их число составляет 797 в Папуа-Новой Гвинее, 705 в Индонезии, 411 в Индии, 283 в Мексике, 235 в Китае, 214 в Конго, 158 в Бразилии и 94 в США. Проблемы, с которыми сталкиваются многоязычные общества, включают вопросы языковой стандартизации, поощрения или запрета региональных языков и языков меньшинств, политического и экономического воздействия такой политики и ее справедливости [2,135].

Языковая политика и стандартизация

Языковая стандартизация часто необходима для того, чтобы общение не стало чрезмерно дорогим или вовсе невозможным. Однако государственная политика, предполагающая уступки и компромиссы, обязательно накладывает существенные ограничения на языковые права некоторых слоев общества. Например, Соединенные Штаты на протяжении своей относительно короткой истории проводили различные ограничительные языковые политики: Калифорния переписала конституцию штата в 1879 году, чтобы отменить права на испанский язык, Пенсильвания в 1897 году сделала знание английского языка условием трудоустройства на своих угольных шахтах, чтобы исключить итальянцев и славян, а соображения безопасности во время Первой мировой войны привели к беспрецедентным запретам на публичное использование немецкого языка в школах, на улице, во время религиозных служб и даже по телефону [3,11], [4,84].

Даже значение официального языка сильно варьируется и зависит от политического контекста. Например, объявить официальный язык символом национальной гордости для небольшой одноязычной страны, такой как Исландия, и для Соединенных Штатов будет иметь разное значение, поскольку политическое воздействие будет заключаться в ограничении и принижении

языков меньшинств, которые уже находятся в подчиненном положении по отношению к английскому. Так в 1991 году Пуэрто-Рико прекратило свое официальное двуязычие, навязанное военной силой в 1902 году, в пользу испанского языка как единственного официального языка [5,115]. Часто случается, что в Пуэрто-Рико в качестве единственного официального языка используется испанский язык. Нередко языковая стандартизация прямо направлена против языков меньшинств. Когда это происходит, это оборачивается огромной ценой для гражданских свобод. Например, Турция объявила использование языков меньшинств вне закона во многих контекстах [6, 137].

Использование английского языка в качестве интернационального растет в Африке и Азии. Языковая политика в африканских странах все еще находится под влиянием их бывшего колониального статуса и языка, который использовали колониальные державы (в основном английский, французский или португальский), однако в последние годы ситуация стремительно меняется. Конституция Демократической Республики Конго 1998 года гласит, что ее официальными языками являются французский и английский.

Исторически разные страны разрабатывали широкий спектр стратегий для решения проблем, связанных с языковой политикой общества. В этом отношении поучительны примеры практик, принятых в лингвистически различных странах. Россия и Китай, например, возвели язык доминирующей этнической группы в ранг общепринятого языка, при этом разрешив широкое использование языков меньшинств на региональном уровне. Аналогичной практики придерживались и европейские государства, такие как Великобритания и Испания.

Однако распространение демократии, как правило, привело к увеличению региональной автономии и, в свою очередь, к более широкому использованию языков меньшинств. Индия, страна, где печатные СМИ используют 87 языков, радио - 71 язык, а школы используют 47 языков в качестве средства обучения, в

конце шестидесятых годов предприняла попытку сформулировать и реализовать справедливое решение проблемы языкового разнообразия. Так называемая формула трех языков была призвана обеспечить баланс между потребностями отдельных людей, сообществ и страны. Согласно этой формуле, которая была компромиссом между различными группами давления, предусматривалось, что жители районов, не говорящие на хинди, должны изучать хинди, английский и свой региональный язык, в то время как носители хинди будут изучать хинди, английский и третий язык. Такой подход был выбран, чтобы учесть интересы групповой идентичности (родные языки и региональные языки), национальной гордости и единства (хинди), а также административной эффективности и технологического прогресса (английский).

Однако на практике эта политика потерпела неудачу по тем же причинам, по которым формула была введена изначально. Хинди-говорящие штаты не обеспечили соблюдение учебной программы, а антихинди настроенное правительство в Мадрасе отменило преподавание хинди в Тамилнаде. Таким образом, даже самые лучшие намерения и тщательное планирование политики сталкиваются с серьезными проблемами, когда отсутствует поддержка вовлеченных языковых групп.

Наряду с естественным многоязычием в мире все шире распространяется, во многом благодаря глобализации, так называемое учебное двуязычие, обусловленное процессами торгового, технологического и информационного (научного, культурного) обмена между различными странами, что диктует необходимость активного изучения и использования участниками этих процессов как минимум одного языка-посредника. Характерным примером в этом смысле является поддерживаемое на государственном уровне изучение английского языка в качестве иностранного в таких странах, как Россия, Казахстан, Китай, Япония, Южная Корея и др. Интересно сравнить статус английского языка в самых больших по населению и традиционно многоязычных странах мира – Индии и Китае. В то время как в Индии английский является государственным языком, обязательным в школьном

образовании, и поэтому здесь можно говорить о естественном многоязычии, в Китае английский широко изучается именно как иностранный язык, поэтому в данной ситуации уместен термин «учебное многоязычие».

В связи с этим возникают такие лингвистические явления как Пиджин – это средство общения между двумя группами людей, которые разговаривают на разных языках. На основе этих языков образуется единый упрощенный язык, который всем понятен. Также пиджин развивается на основе одного языка под сильным влиянием другого, например, в другой стране.

Например, термины спанглиш, хинглиш или чинглиш образованы от двух слов: Spanish и English, Hindi и English или Chinese и English. Такие странные языки, точнее пиджины, получаются при смешении двух языков. Существует еще и рунглиш – языковой феномен на стыке английского и русского языков.

В европейских странах принят широкий спектр подходов к решению проблемы языкового разнообразия. Некоторые предоставляют общенациональное признание двум или более языкам: Бельгия, Финляндия, Ирландия, Люксембург, Мальта и Швейцария. Другие страны признают (некоторые) языки меньшинств на региональном (провинциальном) или муниципальном уровне: Австрия, Болгария, Хорватия, Кипр, Германия, Венгрия, Италия, Литва, Нидерланды, Словакия, Словения, Испания и Великобритания.

Обычно такое признание предоставляется в провинциях, регионах или муниципалитетах, где языковое меньшинство составляет значительную долю населения. Наконец, в последнюю группу стран входят те, которые признают только один официальный или национальный язык: Чехия, Дания, Эстония, Франция, Греция, Исландия, Латвия, Норвегия, Польша, Португалия, Румыния, Швеция, Турция.

Выбор языкового режима, по-видимому, имеет важные последствия для языкового развития меньшинств. Возвращаясь к примеру Франции, большинство представителей языковых меньшинств в настоящее время либо

двуязычны, либо одноязычны на французском языке и лишь частично владеют языком меньшинства - и это несмотря на то, что во времена Французской революции только две пятых населения Франции были носителями французского языка. С другой стороны, ирландский язык был, по сути, возвращен с грани исчезновения благодаря лингвистической политике Ирландии после обретения независимости.

Заключение

Таким образом вопросы языковой стандартизации и бесправия часто возникают в контексте выбора официальных языков. В мире, где насчитывается 6 912 живых языков, определение языков для использования в официальных целях может стать сложным политическим вопросом, который имеет далеко идущие личные и социальные последствия. Существуют причины, по которым трудно найти стабильное и справедливое решение вопроса об официальных языках. К ним относятся разделительный, символический и спорный характер языкового конфликта, несовместимость языковых сообществ, нежелание большинства уступить языковые права меньшинствам, стремление государственных служащих защитить свои языковые привилегии, а также важные и непредсказуемые материальные и символические последствия языкового выбора.

Список использованных источников

1. <http://www.ethnologue.com>
2. Смокотин В.М.: Многоязычие и проблемы преодоления межъязыковых и межкультурных коммуникативных барьеров в современном мире. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2010. – 222 с.
3. Coleman H.: Dreams and Realities. London: British Council, 2011. 16 p.
4. Block D.: Multilingual Identities in a Global City: London stories. Oxford: Palgrave, 2005. 247 с.

5. King L. and Carson L.: The Multilingual City, Vitality, Conflict and Change. Bristol: Multilingual Matters, 2016. 240 p.
 6. De Swaan, A .: Endangered languages, sociolinguistics, and linguistic sentimentalism. Cambridge: European Review, 2004. 567.
-

Sokolova I.A., Naberezhnye Chelny Institute of "Kazan (Volga region) Federal University", senior lecturer, e.a.sokolova-fardeeva@mail.ru

MULTILINGUALISM IN MODERN WORLD

Abstract: This article deals with the problem of multilingualism. The author considers the linguists' views on the role of language in multicultural countries. The aim of this research is to study the problem of multilingualism. The object of the research is multilingualism. The subject of the research is positive and negative tendencies of multilingualism. The aim of the research is to identify the main regularities of the functioning of languages in multilingualism. The relevance of the considered problem is confirmed by the focus of modern sociolinguistics on the study of the dynamics of language changes, bilingualism, interlingual interference. Using the method of formalization and statistics, we have carried out a quantitative characterization of languages in multicultural countries. The hypothesis of the study is the probability of the limitation of basic linguistic rights in multilingualism, the tendency to lose the opportunity to communicate in the language of one's choice with the threat of cultural survival. The result of the study is the data obtained through the analysis of statistics, indicating the varying degrees of institutional and legal support for languages in multilingualism.

Keywords: multilingualism; official language, multinational; language standardization; language disenfranchisement